中国科学院地质研究所

中国的黄土堆积

刘东生等著



中国的黄土堆积

（中国黄土分布图說明书）

刘东生等著

1966.1.31

科学出版社

1965

內 容 簡 介

本书是中国科学院地质研究所第四紀地质研究室从 1955 年以来研究中国黃土的一部总結性专著，是四百万分之一“中国黃土分布图”的說明书。全书共分五章，主要由两部分組成。

第一部分是区域描述，对中国东北、华北、黃河中游、西北四个地区的黃土和黃土状岩石的分布、岩性、厚度、地层划分和成因等分别进行了叙述。

第二部分討論了黃土和黃土状岩石的分布、地层时代、顆粒成分、矿物成分、化学成分等各方面的特征；根据野外測量和室內大量分析数据，討論了中国黃土和黃土状岩石区域和时代上的分布規律、地层划分、接触关系、形成条件、岩相变化及其与河湖相之間的关系。

此外，本书內容还对水土保持、工程建設、土壤改良及农业配置等具有一定参考意义，可供区域地质、第四紀地质、水文地质、工程地质、水土保持和土壤改良工作者及有关高等院校师生参考。

中国的黃土堆积

（中国黃土分布图說明书）

刘东生等著

科学出版社出版
北京朝阳門內大街 117 号
北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号
上海市印刷五厂印刷
新华书店北京发行所发行　各地新华书店經售

1965 年 9 月第一版　开本：787×1092　1/16
1965 年 9 月第一次印刷　印张：15 1/2
精装：0001—1,700　插頁：20
平装：0001—1,700　字数：315,000

統一书号：13031·2077
本社书号：3173·13—14

定价：[科七]精装本 3.70 元
平装本 3.00 元

目　录

第一章　緒言 …… 1

一、編写本书与編制"中国黃土分布图"的目的及意义 …… 1

二、"中国黃土分布图"編制經过和資料来源 …… 2

第二章　中国黃土分布区域研究簡史及"中国黃土分布图"的制图原則 …… 3

一、中国黃土分布区域研究簡史 …… 3

二、制图原則与方法 …… 8

(一) 黃土和黃土状岩石的区分 …… 8

(二) 黃土地层时代的划分与对比 …… 10

(三) 有关中国黃土及黃土状岩石的地层对比問題 …… 11

(四) 制图方法与表現形式 …… 12

第三章　中国黃土和黃土状岩石的区域分布 …… 14

一、中国黃土和黃土状岩石区域分布概况 …… 14

二、东北地区黃土和黃土状岩石 …… 16

(一) 自然地理概况 …… 16

(二) 黃土和黃土状岩石的分布及其厚度变化 …… 17

(三) 黃土和黃土状岩石性质 …… 20

(四) 黃土与黃土状岩石的地层时代 …… 21

(五) 对本区黃土和黃土状岩石成因的看法 …… 23

(六) 区內黃土和黃土状岩石的几个特点 …… 24

三、华北平原黃土和黃土状岩石的分布与地层 …… 24

(一) 区域簡述 …… 24

(二) 黃土和黃土状岩石分布 …… 26

(三) 黃土和黃土状岩石地层 …… 41

(四) 黃土和黃土状岩石的区域特征 …… 47

(五) 若干問題 …… 49

(六) 黃土和黃土状岩石的形成及其成因 …… 53

四、黃河中游黃土和黃土状岩石地层与岩相变化 …… 55

(一) 一般概况 …… 56

(二) 本区黃土分布上的几个主要特点 …… 56

(三) 黃土分布区的地形和古地形 …… 57

（四）黄土沉积的时代、地层划分和其对比……62
（五）黄土的沉积間断……72
（六）关于黄土顆粒自西北向东南逐漸变細的問題……80
五、西北內陆盆地黄土和黄土状岩石的分布与岩性……83
（一）地区概况……83
（二）黄土和黄土状岩石区域分布特点……85
（三）黄土和黄土状岩石的地层、岩性及其变化……94
（四）区內黄土和黄土状岩石若干主要特点……95
第四章 中国黄土和黄土状岩石分布、地层及物质成分特征…… 101
一、中国黄土和黄土状岩石分布上的特征…… 101
（一）中国黄土和黄土状岩石的地理分布…… 101
（二）中国黄土和黄土状岩石的分布形式及其与其他沉积物間的关系…… 103
（三）中国黄土和黄土状岩石的分布面积…… 105
（四）中国黄土和黄土状岩石的分布高度…… 106
（五）中国黄土分布和时代的关系…… 107
（六）中国黄土下伏基岩古地形及其形态…… 108
（七）中国黄土的厚度及其变化…… 110
二、中国黄土和黄土状地层时代上的特征…… 115
（一）中国黄土地层中的化石…… 115
（二）丁氏鼢鼠的地层层位及其地质时代…… 125
（三）关于象和犀牛等动物在黄土中出現的問題…… 129
（四）中国北方黄土相和河湖相沉积之間的关系…… 131
（五）黄土地层的对比…… 135
（六）有关黄土和其他第四紀地层对比及地文期等問題…… 139
三、中国黄土顆粒成分及其主要特征…… 141
（一）黄土的不同粒級組成及其含量…… 142
（二）黄土粒度成分平均含量…… 156
（三）黄土粒度成分变化規律…… 157
（四）有关黄土顆粒分析方法和相变化問題…… 166
四、中国黄土矿物成分及其特征…… 172
（一）黄土的矿物种类及其一般特征…… 173
（二）中国各地黄土矿物含量及其区域特征…… 184
（三）不同时代黄土的矿物成分及其变化…… 192
（四）比較和討論…… 196
五、中国黄土化学成分及其特征…… 202
（一）中国黄土主要化学成分…… 202

(二) 黄土中的二氧化硅(SiO_2)与三氧化二鋁(Al_2O_3)、氧化鉄(FeO)与三氧化二鉄(Fe_2O_3)及其变化 …… 216
(三) 黄土中易溶盐及其酸碱度 …… 221
第五章　結語 …… 228
一、中国黄土和黄土状岩石的分布 …… 228
二、中国黄土堆积的地质时期 …… 228
三、中国黄土物质成分 …… 229
四、中国黄土的沉积条件 …… 230
五、中国黄土的分类及其岩相变化 …… 231
参考文献 …… 233
附录 …… 238
附录一、插表一覽表 …… 238
附录二、插图一覽表 …… 240
附录三、照片一覽表 …… 243

第一章 緒 言

一、編写本书与編制"中国黃土分布图"的目的及意义

黃土和黃土状岩石在地球上分布甚广，据統計面积达 1,300 万平方公里[1]，占陆地总面积的 9.3% 左右[2]。这类岩石在我国特别发育，地层全，厚度大。自东而西主要分布在黑龙江、吉林、辽宁、內蒙、山东、河北、河南、山西、陕西、甘肃、青海、新疆以及江苏与四川等地，总計面积約达 635,280 平方公里[3]，占世界黃土和黃土状岩石分布总面积的 4.9% 左右。

中华人民共和国成立以来，在我国东北、华北和西北等地所进行的农业、工业、水利、交通和建筑等各項建設工程，有許多是在黃土和黃土状岩石分布区內。实踐証明，这些建設是在了解黃土和黃土状岩石的分布、地层、岩性等基础之上进行的，但是直到目前为止，还缺乏这方面資料，也缺乏一幅較大比例尺的黃土图件来供給生产和研究方面应用。所以編著全国性的黃土和黃土状岩石专著和图件，就成了急待解决的一个突出問題。

近几年，許多单位在黃土区中进行过不少研究，有的还填制了区域的或区段的黃土分布图，这就給予編写专著和編制全国黃土分布图提供了有利条件。

为了滿足生产建設和理論研究上的需要，中国科学院地质研究所第四紀地质研究室和北京大学地质地理系地貌教研室，于 1959 年决定对中国各地黃土和黃土状岩石进行研究，并編制一幅全国黃土分布图。本文是在这一图件基础之上继續作补充研究而完成的。文中除对图件和专著編写經过与內容作了扼要的叙述以外，并依次对以下各問題加以描述和討論：首先对黃土分布的研究簡史及制图原則加以叙述，其次則按各地区黃土和黃土状岩石分布的区域特点分为东北、华北、黃土高原、西北內陆盆地等叙述其特征，然后从黃土的分布特征、地层时代、机械成分、矿物成分和化学成分等几个方面来进行討論。

对于分布在我国南方及西南地区的黃土和黃土状岩石，因目前了解的不多，未能予以叙述和討論。

本文是继"黃河中游黃土"一书以后对中国黃土的一个較为全面总結。有关我国黃土的若干問題，一部分已在"黃河中游黃土"一书中討論了，或在本文中作极簡略的介紹。其

1) 据 Keilliack K.(1918 年)。

2) 据 Заморин П. К.(1957 年)。

3) 不包括华北平原及长江流域的黃土状岩石在內。

他在"黃河中游黃土"中尚未涉及的若干重要問題，在本文里将作为重点加以詳細叙述和討論。

二、"中国黃土分布图"編制經过和資料來源

中国科学院地质研究所第四紀地质研究室，于 1955 — 1958 年間曾研究过黃河中游各地的黃土，当时編制过黃河中游黃土分布草图，并于 1962 年出版了"黃河中游第四紀地质調查报告"及于 1964 年出版了"黃河中游黃土"二书，北京大学地质地理系地貌教研室也对甘肅、陝西、山西等地的黃土进行过不少研究。在此基础之上，为了对中国各地黃土进行深入研究，于 1959 年又对青海湟水流域和柴达木盆地，甘肅河西走廊，山东东部和北部以及河北北部等地进行补充調查，收集到各地有关黃土和黃土状岩石大量实际資料。其他如东北、新疆等地則参考了地质部有关省地质局、地质队和高等院校所藏的第四紀地质图、水文地质图和綜合地质图等图件，根据这些实际資料，在一百万分之一地形底图上編制草稿。草稿編成之后，于 1959 年 9 月底縮成二百万分之一图件，最后又經部分修改以四百万分之一比例尺出版。文字部分是在 1959 年 12 月底完成初稿的（在 1960 年到 1961 年間因故未得继續进行），1962 年初又重新按新資料加以修改和补充，于 1963 年 12 月全部脫稿。虽然在編制过程中曾进行过数次修改，力求确切，但因时間和其他条件限制，若干更新材料未及全部加入。特别是由于我們水平所限，遺漏和錯誤之处在所难免，恳請讀者予以批評和指正。

参加本图編制的有中国科学院地质研究所刘东生、王克魯、文启忠、丁国瑜、張瑛以及北京大学王乃樑、曹家欣等人。参加野外調查的有文启忠、王克魯、張瑛（中国科学院地质研究所），錢宗麟、刘廷栋、苏宗正、謝又予、袁家义（北京大学）等人。文字报告是由刘东生和王克魯两人执笔編写的，朱海之、文启忠两人曾参加修改与討論，裴静娴、丁梦麟、高福清等同志协助完成。此外，中国科学院地质研究所第四紀地质研究室内其他許多同志，都在編图及专著編写过程中参加了一部分的工作。

黃土分布图在編制过程中，承蒙青海、甘肅、山东、河北等省地质局及其所属单位提供大量实际資料，并得到长春地质学院刘国昌教授，地质部宋叔和、曹国权、宋鴻年总工程师等热誠支持和帮助，使工作得以順利完成，特此致謝。本图初稿完成以后，本所侯德封所长，叶連俊主任，北京地质学院袁复礼教授，地质部水文地质工程地质研究所張宗祜工程师，鉄道部鉄道科学研究院高长翟以及建筑工程部建筑科学研究院翟礼生等同志，都提供許多宝貴的修改意見，著者等深为感謝。黃土分布图及文内各个插图均系我所业务处測繪組、复照組协助完成，吳泽霖同志为本文出版进行很多的工作，于此一併表示謝意。

第二章　中国黃土分布区域研究簡史及“中国黃土分布图”的制图原則

一、中国黃土分布区域研究簡史*

我国古代“禹貢”一书中曾对当时的土壤进行过分类，并叙述其分布。这是有关我国黃土分布的最早記載[1]。其后历代有关地理疆域的文献，对黃土都有所記載。

R. 龐培利(Pumpelly)[1]，F. 李希霍芬(Richthofen)[2]，B. 維里士(Willis)[3]等虽对中国黃土进行过調查，但沒有发表任何詳細的专門黃土分布图件。

1932 年 H. 施密特耐尔(Schmitthenener)[4]曾根据黃土分布特点将我国北部和东部地区的黃土划分为全部黃土覆盖、零星分布和次生黃土几个类型。但該图黃土分布界綫多限于示意性。

1933 年 B. A. 奥勃魯契夫(Обручев)[5]曾詳細地討論过有关黃土风成理論問題，并认为中国黃土是自蒙古戈壁和沙漠地区吹揚而来。他指出黃土分布和沙漠有密切关系，并編制了中亚細亚境內黃土与沙漠分布略图。

1934 年 G. B. 葛德石 (Cressey)[6]把中国黃土按厚度进行过划分，并編制了图件(图 1)。这一图件就其分布的界綫上看，比以前各图略好，曾被广泛引用。但图中对东北和新疆等地的黃土均未加表示。同时，由于当时对黃土下伏古地形沒有搞清，所以对各地黃土厚度的估計和表示存在很大出入(如白于山地区)。

1941 年 P. 德日进 (Teilhard de Chardin)[7]作了中国第四紀沉积物分布图，在晚更新世建造图中(图 2)，他把晚更新世的黃土和黃土状岩石按其沉积相之不同进行了划分。这对利用相的观点来研究黃土頗有意义，但該图同样对新疆大部分地区的黃土未予表示，而且图中东北与內蒙等地的黃土分布界綫同实际情况出入很大，比例尺又过小，所以也是一种示意性的图件(图 2)。

1944 年，日本帝国主义者侵华时期，日本人富田达、增淵堅吉[8]根据中国的以往資料曾編制过一張黃土分布图[2](图 3)。图中表示了青海以东各地的黃土分布及其厚度，但

---

* 本节着重叙述黃土分布的研究簡史，其他有关研究史已在“黃河中游黃土”文內叙述。

1) 艾南英輯：禹貢图注。

2) 該图后經富田达改繪。

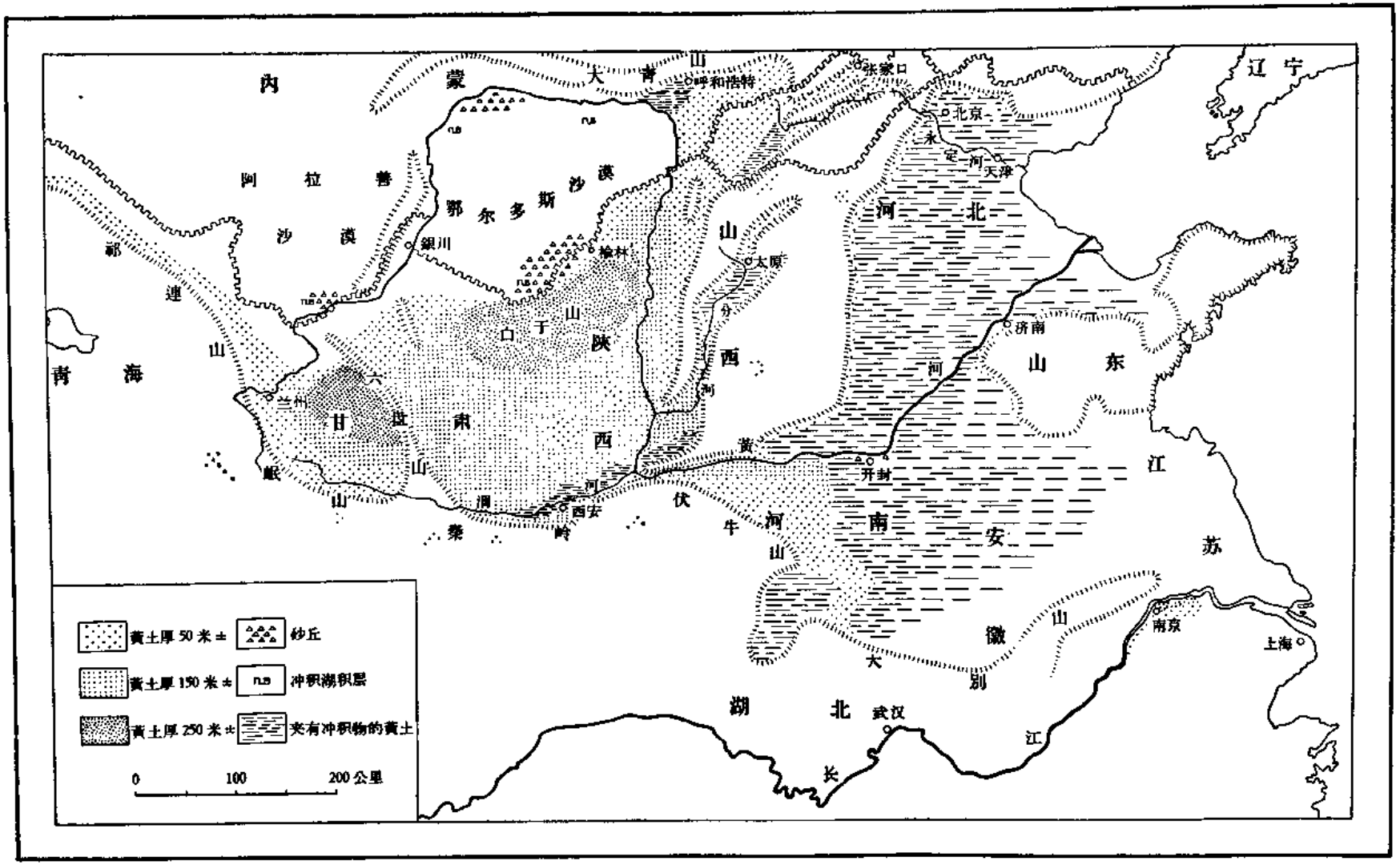


图 1　中国北方黄土及黄土状岩石分布图(据 G. B. 葛德石略加修改，1934)

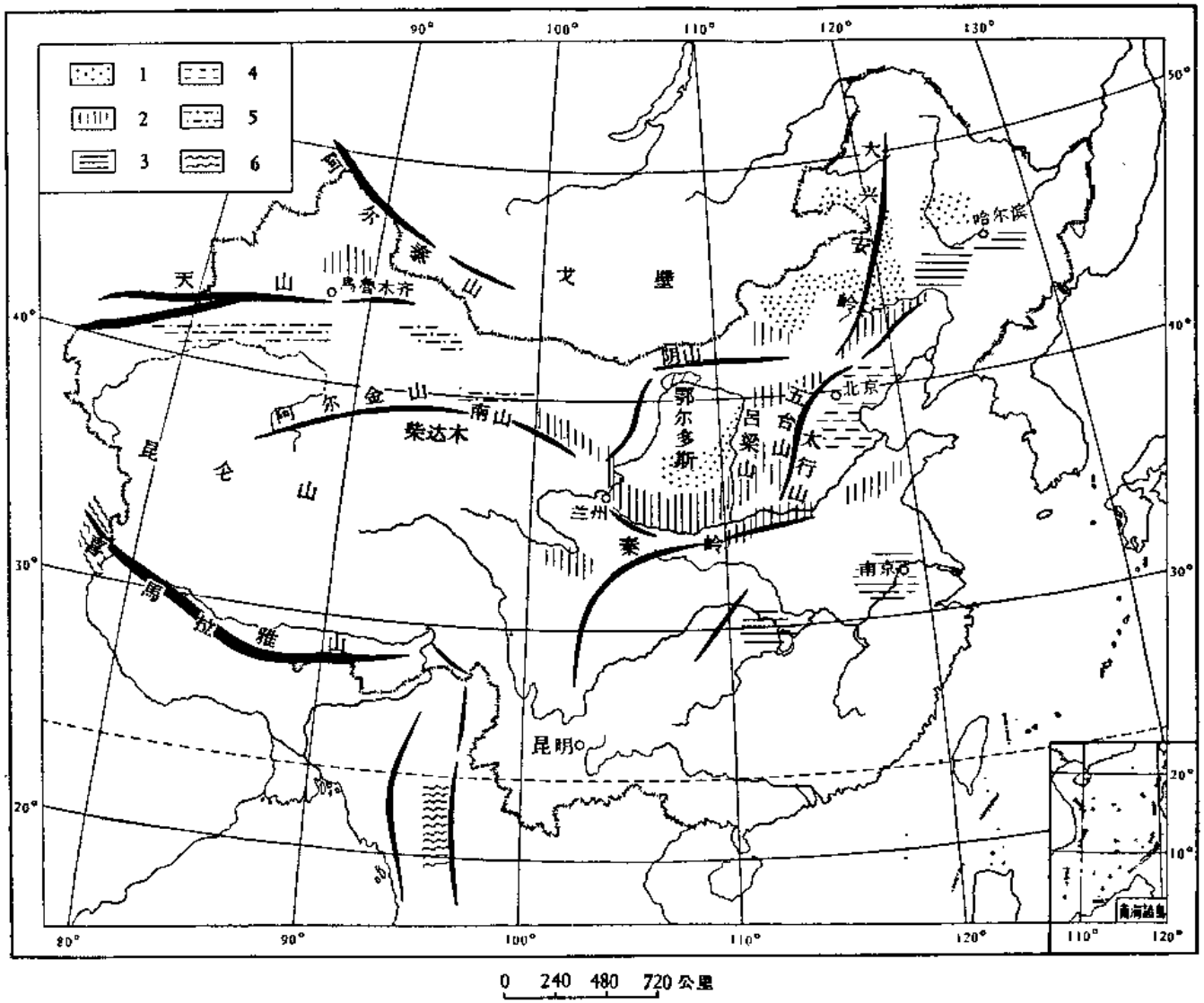


图 2 中国及其西南邻国晚更新世建造图(据 P. 德日进略加修改)

1.砂丘和湖泊沉积相； 2.黄土相； 3.黑土相和褐色亚粘土相； 4.海滩平原淤泥相； 5.湖泊淤泥相； 6.缅甸和孟加普黄土状淤泥相。

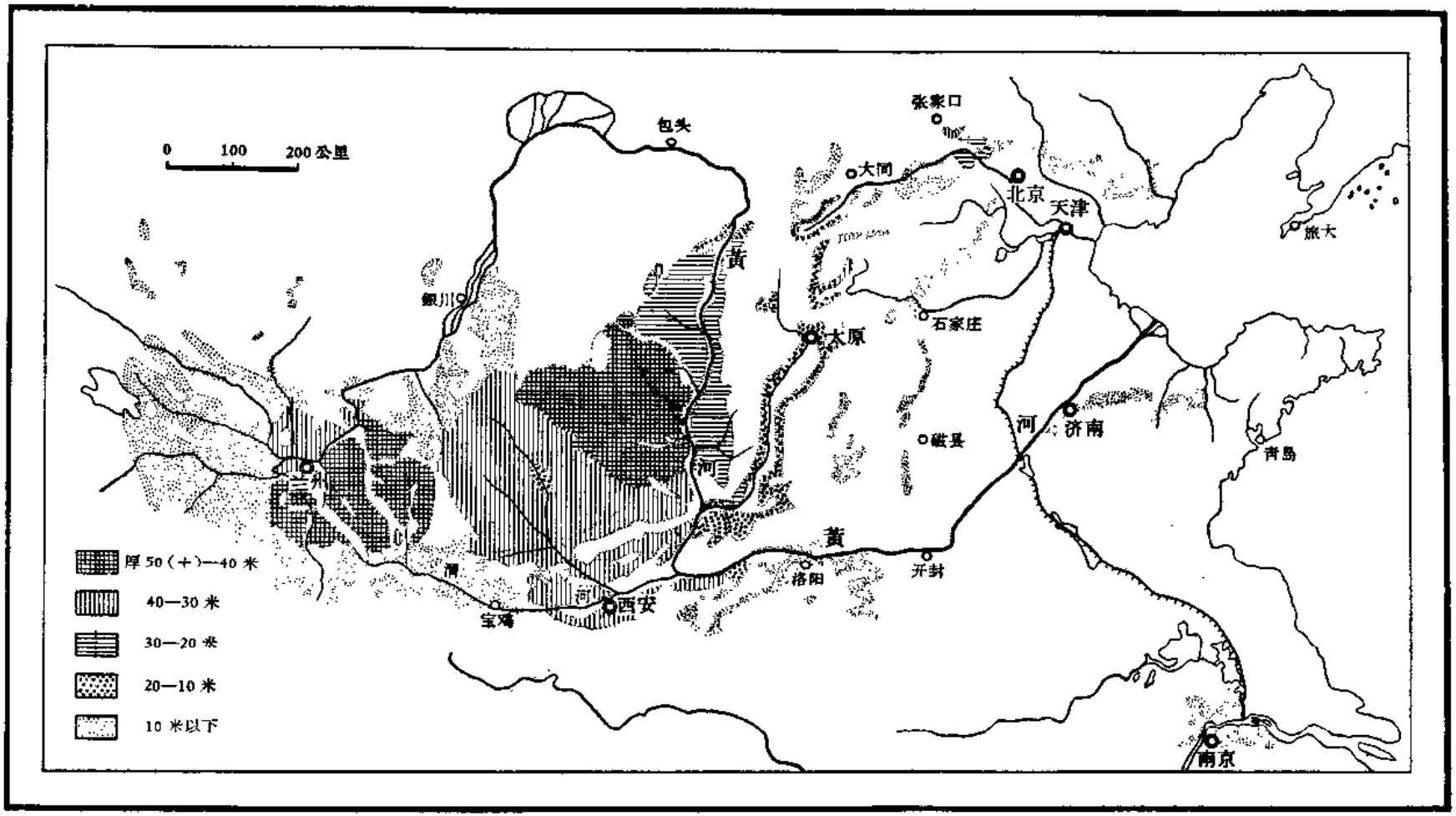


图 3　华北黄土厚度图(据富田达改绘)

图中許多地区的黄土厚度与实际情况并不完全符合。

1949 年，前中央地质調查所曾經編制过三百万分之一的中国地质图，图中对离石-午城黄土(紅色土)、黄土和黄土状岩石(次生黄土)有所表示。虽然該图中黄土分布界綫比起以往各图更为眞实，但它以表示老地层为主，对第四紀沉积物特别是黄土未予詳細表示。

以上这是解放前对中国黄土研究的簡单情况。

解放以后黄土研究工作受到党和政府很大重視，有关生产部門、科学研究单位和高等院校結合各項建設对各地黄土进行了不少研究。例如，黄河規划委員会所属勘測队、中国科学院黄河中游水土保持考察队、甘肃考察队等曾对黄河中、上游地区进行过調查；地质部水文地质工程地质研究所、鉄道部鉄道科学院、建筑工程部、西北水利科学研究所、长春地质学院、北京地质学院等曾对黄土区水文地质、工程地质以及路塹边坡和地基等問題进行过研究；北京大学和中国科学院地理研究所曾对黄土地貌进行过研究；中国科学院土壤研究所曾对埋藏土进行过研究；中国科学院地质研究所和西北大学曾对黄土地层进行过研究；这些研究不論从內容上或深度上都远远超过了解放以前。

1955—1958 年中国科学院地质研究所第四紀地质研究室曾在黄河中游黄土地区进行水土保持調查。当时曾編制了一百万分之一的黄土分布草图，并供給各有关部門参考，該图縮小后曾經发表[9]。图中对黄土分布的界綫，黄土的岩性及黄土与其他地层的关系等都有所表示。

1959 年地质部水文地质工程地质研究所[10]在其发表的“中国黄土及黄土状岩石”一书中，討論了中国各地区的黄土和黄土状岩石的区分、地质特征和工程性質等各种問題，并将中国的黄土和黄土状岩石按不同成因类型进行了分类，又編制了“中国黄土及黄土状岩石成因类型分布图”。虽然該图还不很完善，例如，对准噶尔巴魯克山、天山、柴达木、秦岭北麓(除戶县至藍田外)、南洛河与伊河流域等地的黄土沒有表示，对山西北部的黄土表示得不完全，并且把陝西黄龙山也繪成了黄土。但是，比以上各图更为完整。而对于按不同成因类型来研究黄土，具有很大意义。

根据以上所述，可以看出过去在編制黄土分布图时，各研究者的注意点并不相同。有的从下伏基岩地形和分布出发，如 H. 施密特耐尔；有的則着重于成因关系，闡述风成理論，如 B. A. 奥勃魯契夫和 B. M. 西尼村；也有的以类型和地层問題为主，如 P. 德日进；有的則注意到黄土分布和厚度問題，如增淵坚吉和 G. B. 葛德石。这些图的不足之处是实际調查資料很少，多数地区是推測的，所以实际上属于示意性质的。

著者等在編制“中国黄土分布图”时，除参考了上述各图之外，曾收集以往和最近許多黄土調查和地质普查資料(大比例尺的)，用这些实际資料进行縮制而成，故黄土分布界綫較为准确。并在文中对我国黄土和黄土状岩石若干問題作了討論。当然，还不能說这是一幅完美的正式中国黄土分布图，其中还有許多地方需要补充和修改，但至少把以往黄土

和黄土状岩石資料作了初步归納，我們认为还是很有意义的。

二、制图原則与方法

（一）黄土和黄土状岩石的区分

有关黄土和黄土状岩石，以往有不少学者进行过討論。在我国黄土地质研究中，多采取成因分类的原則，即以风力搬运的黄色粉砂沉积称之为黄土，其他营力搬运的黄色粉砂則不称之为黄土，通常視为次生黄土（現在称之为黄土状岩石）。并认为黄土是第四紀地质时期中某一（或某些）阶段的特定（风力搬运）产物（如称黄土期）。这和根据岩石性质划分黄土类土在原則上是不相同的。

由于我国黄土分布面积广泛，发育良好，且又典型，所以成为世界研究黄土的标准地区。不少学者根据中国黄土研究的結果提出对黄土和黄土状岩石划分方案。如 B. A. 奥勃魯契夫[11] 曾根据构造、分布、产状、粒度、动物群和厚度等因素区分过黄土和黄土状岩石（表 1）。他认为原生黄土是风成的，因此，在其分布上具有很大的規律性，往往成带状

表 1　黄土和黄土状岩石間差别綜合表

	黄　　土	黄土状岩石
物　质	风成的，主要是外来的，也就是从别地方搬来的	殘积的、冲积的、洪积的、冰川的，常常是当地的
結　构	原生的，經常完全无层理	次生的，常常是不完全无层理
顆粒大小	离吹颺区而漸小	决定于原始物质的大小
生物化石	陆地的，偶然有水生的或靠近水池的岸边生物	陆地的、水生的、岸边的或混合的
厚　度	厚的达 400 米，而一般为 10 到 70 米	不厚，除少数外，常为 2—3 米
一般特征	与地形无关，大面积上是均一的	各种各样的，因地形而急剧改变
产　状	到处分布，遍布于分水岭、坡地、谷底和平原上	仅在可能被淹沒过的分水岭地方才有
分　布	在現在或过去的沙漠外緣的干旱草原上	在沙漠中的某些地方，例如在綠洲中，河岸上，泉水周圍
分　带	对吹颺区来說，是成带和有規律的分布，取决于主要风向和地形	成带，但仅取决于地区内的气候条件及被改造成黄土的原岩細顆粒成分

（据 B. A. 奥勃魯契夫）

分布。至于黄土状岩石則是坡积、洪积、冲积、冰川等成因而成，多为黄土的次生沉积[12]，显然他是从成因上把黄土和黄土状岩石区别开来，而不是单純地把黄土看成一种岩石。

1957 年苏联学者 B. B. 波波夫（Попов）[13,14] 对黄土和黄土状岩石的区分是比較詳細的，他不仅注意了黄土和黄土状岩石的外部特征，同时也注意了其內部特征及物理力学性质。虽然他在很大程度上是把黄土当作一种岩石来看待，但实际上这样一种分类的方

法是更多地注意了黃土及黃土状岩石的某些工程物理力学性质，而缺乏从沉积岩石学和成因的观点进行討論。

1959 年地质部水文地质工程地质研究所在其所著的“中国黃土及黃土状岩石”一书中，根据黃土及黃土状岩石外部特征、物质成分、成岩作用的程度、物理性质、地质时代、成因等特征进行了更詳細的区分[10]，这一区分无疑对深入研究我国各地黃土和黃土状岩石具有一定意义。但是，也側重于岩石与物理力学性质方面。

事实上直到目前为止，有关黃土及黃土状岩石的定义，在各国学者之間还缺乏一致的概念，其間存在許多不同看法。著者等对此問題不拟于此多加討論，即根据以往国內所采用的一般用法，并参考了B. A. 奧勃魯契夫的划分方案，以风力搬运堆积未經次生扰动的、无层理的、黃色粉质富含碳酸盐并具有大孔隙的土状沉积物称之为黃土。具体的說就是以分布在山西、陝西和甘肃等地构成黃土高原的黃土作为代表。风力搬运堆积以外的其他成因的黃色的，又常常具有层理和砂、砾石层的粉土状沉积物，称之为黃土状岩石（表 2）。

表 2　中国黃土和黃土状岩石比較表

名称 / 特点	黃　　土	黃土状岩石
分布与产状	成厚层連續分布，掩覆在低分水岭、山坡、丘陵、剝蝕面、凹地和高阶地上，常与基岩不整合接触	成带状或片状与星散状不連續分布，堆积洪积扇前緣，低阶地与冲积平原之上（偶尔在山坡分水岭也有小面积分布），常与松散沉积物接触，并互相过渡
地形与古地形	常为塬、梁、峁以及其他地形，大多数为波浪状起伏不平，現代地形受下伏古地形影响較大，其起伏常与下伏古地形起伏吻合	常为山前洪积平原、冲积平原或現代阶地，一般現代地形平坦，受下伏古地形影响較小，常不互相吻合
厚　　度	一般数米—200 米左右	一般为数米—10 余米，更厚者少見
顏　　色	以灰黃、棕黃色为主，区域变化不大，同一剖面上、下也变化不明显	灰白、灰黃、紅黃、棕黃等色，色調不均匀，区域变化大，同一剖面上、下变化显著
构　　造	无层理，經常夾有埋藏土及石灰质結核，柱状节理发育，常成陡壁几近直立	常有层理，很少夾埋藏土，柱状节理不发育，不易形成陡壁
組織結构	一般疏松，很容易粉碎，肉眼观察下很均匀，具大孔隙很多	一般較为坚硬，不易粉碎，肉眼观察下不均匀，常有微层理和其他包裹体，大孔隙少
均匀性	全层自上而下均匀一致，不含砂、砾石夾层（靠近沙漠除外），顆粒、矿物、化学成分在大面积內部相当类似，无显著差异	全层自上而下不均匀，常夾砂、砾石夾层，顆粒、矿物、化学成分在大面积內不均匀，变化显著
顆粒成分	以粉土（0.05—0.005毫米）为主，含量常＞50%，＞0.25 毫米和＜0.005 毫米的顆粒含量不大，粒度分选較好	粉土(0.05—0.005毫米)含量少，常＜50%，但＞0.25毫米顆粒有时含量很大，＜0.005毫米顆粒有时也含量很高，粒度分选不好
岩相变化	远离沙漠顆粒逐漸变細，Al_2O_3、Fe_2O_3含量逐漸增加	远离山区顆粒变細，矿物、化学成分有显著变化
矿物成分	以石英、长石为主，含有大量不稳定矿物，风化微弱，大面积內类似，与附近山地或下伏基岩联系不大	也以石英、长石为主，但不稳定矿物成分含量小，一般都风化强烈，与附近基岩有联系，向分水岭和河源有規律变化
沉陷性	沉陷性大，易产生陷穴和潛蝕	沉陷性小，不易产生陷穴，不易发生潛蝕
成　　因	风成	洪积、坡积、殘积、冲积和其他成因

但是需要补充說明的是，我們认为在区分黃土和黃土状岩石时，不应当单純地把它們理解为两种岩石，而应当考虑到它們是在不同地质营力作用下形成的，具有不同的构造剖面。黃土与黃土状岩石两者构成一种特殊的黃土类建造。

（二）黃土地层时代的划分与对比

关于我国黃土地层学研究，自 1930 年 P. 德日进、楊钟健开始注意以后，已不断有所发展。特别是解放以来，更取得了不少新的成果。由于中国黃土堆积历史較久，自第四紀初即已开始，并在其后不同时期均有沉积，所以黃土地层实际上和北方第四紀地层有十分密切关系。

已往在編制中国黃土分布图的过程中，为了进一步将我国黃土进行分层，曾按統一級将黃土划分为新黃土和老黃土[15,16]。現根据 1961 年的工作改为馬兰黃土及离石黃土和午城黃土[17]。为了同有关划分方案[10,18-21]对比，現列表于后（表 3）。至于有关黃土地层問題的討論，将在书中专門論述。

表 3　中国黃土地层划分对比表

著者 / 划分方案 / 地层时代	刘东生 (1955—1962)		張宗祜 (1959)	A.C. 凱西 (1959)	严陣 (1960)	楊钟健 (1930—1957)
全新世 Q_4	新黃土 2	馬兰黃土 2	第四組	黃色黃土		
晚更新世 Q_3	新黃土 1	馬兰黃土 1	第三組		新黃土	馬兰黃土
中更新世 Q_2	老黃土上部	离石黃土上部	第二組	帶有堰藏土的黃土	老黃土	紅色土B+C
	老黃土下部	离石黃土下部				
早更新世 Q_1		午城黃土	第一組	紅色黃土	古黃土	
上新世 N_2				粉紅色粘土		紅色土 A
				紅色粘土		

对于华北的黃土及其他有关地层之間的关系，作者等曾于 1963 年进行过討論[22]，这对了解本区黃土及黃土状岩石与其他第四紀地层的关系有一定意义，現将地层划分示意图表示如图 4：

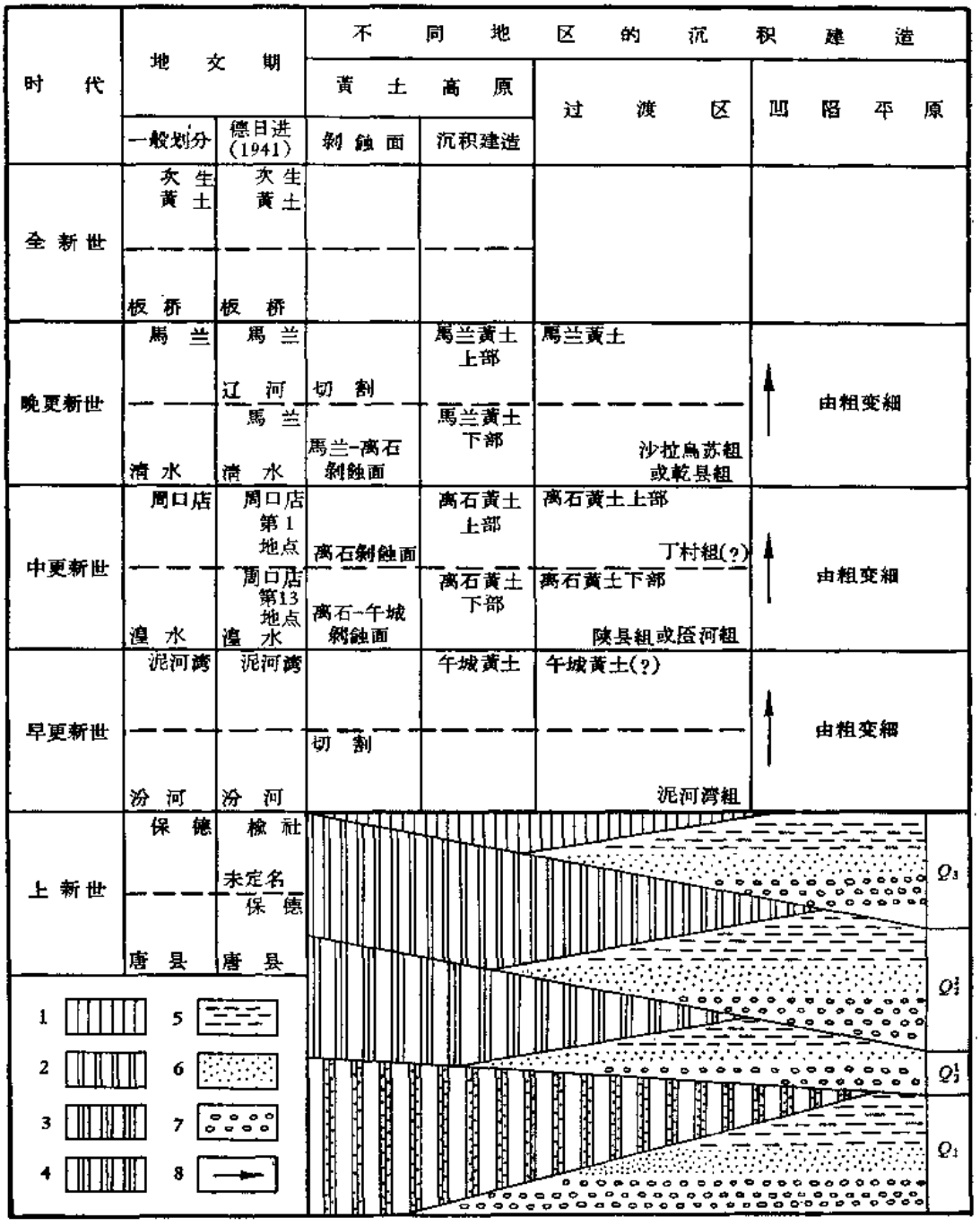


图 4　中国北方黄土与河湖相沉积对比关系图

1.馬兰黄土；　2.离石黄土上部；　3.离石黄土下部；　4.午城黄土；
5.粘土；　6.砂；　7.砾石；　8.变化的方向。

（三）　有关中国黄土及黄土状岩石的地层对比問題

黄河中游地区的黄土地层可作为我国黄土地层的标准，目前已有較詳細的划分方案。但如何同其他地区黄土地层进行对比，到目前还缺乏足够的材料。

根据已知材料，大致可以在以下几种情况下进行直接或間接对比。

1．含有化石层位的如东北的黃土；其中含有披毛犀（*Coelodonta antiguitalis* Blum）猛獁象（*Mammuthus primigenius*）可以和馬兰黃土层相对比。

2．利用埋藏土壤組合（complex）；黃土的沉积在第四紀地层中代表一次干旱的沉积，而埋藏土的发育又代表气候相对湿潤。从黃土高原地区各地黃土剖面研究中所得到的結果来看[23,24]，黃土中的埋藏土壤組合存在一定規律性。这种規律性充分反映了其沉积时期的气候变化节奏性。而气候变化所影响的面积相当广泛，故可在不同区域中利用黃土中埋藏土壤性质及其发育情况来判别地层层位（这一方法近年来已在研究欧洲黃土中曾被广泛应用，并取得了良好的效果）。如在山东周村、白云山等地馬兰黃土之下的离石黃土中，普遍可以見到两层棕紅色的埋藏土，可与太行山东麓峰峰、岳城、微水黃壁庄等地的黃土进行对比。在黃土高原地区的隴中，向西至青海与西宁一带，黃土中所含的埋藏土壤层都逐漸減少，这种現象同黃土高原东部埋藏土較多（多至十几层或更多）的关系如何？現在还不十分清楚，对这一問題的研究除有助于对黃土地层对比外，对黃土分布及其沉积規律的了解甚为重要。

3．利用重矿物法；目前已知各地黃土中重矿物成分在矿物組合及其含量百分比方面都相当类似[25]，但根据王克魯等对山西隰县午城鎮不同时代黃土矿物成分的研究，在不同时代的黃土中不同种类的重矿物标型特点和含量百分比方面也略有不同。这一工作虽然对大面积的黃土地层对比比較困难，但如果在小区内进行詳細的研究以后，也会对黃土地层的划分提供可靠的依据。

（四）　制图方法与表現形式

因本图主要目的是着重表示黃土和黃土状岩石，所以首先划分出黃土类沉积（黃土及黃土状岩石）、非黃土类第四紀沉积物和基岩三大类，然后在每一类中再按其成因类型、岩性、时代等予以詳細划分。

茲就图中所表示的三大类堆积叙述如下：

1．黃土类沉积

在黃土类沉积物中，根据其成因类型和岩石性质首先将黃土类沉积区分为黃土和黃土状岩石两个亚类。然后在黃土亚类之中，根据其时代不同又分成馬兰黃土（上更新統）、离石黃土（中更新統）和午城黃土[1]（下更新統）。对于离石黃土和午城黃土分界不明显的地区，則以离石-午城黃土表示，并将馬兰黃土注以Q_3，将离石-午城黃土注以Q_{1-2}。至于黃土状岩石的时代未予細分。

2．非黃土类的第四紀沉积

1）因各地对黃土地层划分的詳略不等，所以在中国黃土分布图中未将午城黃土单独表示，将之合併在离石黃土之中統称之离石-午城黃土。

非黃土类第四紀沉积物，則根据成因和时代进行概略的划分。如冲积物（alQ_3、alQ_4、alQ）、洪积物（plQ_1、plQ_2、plQ_3、plQ_4、plQ）、湖积物（lQ_1、lQ_2、lQ_3、lQ_4）、风积物（$eolQ_4$、eolQ）、殘积物（elQ）、玄武岩（βQ）以及其他混合成因类型的沉积等等。对于分布在各地基岩上的厚度不大的坡积物、殘积物并未从基岩中分出，将其合併在基岩之中。但由于考慮到北部沙漠干旱地区广泛分布有戈壁砾石存在，有时又具有很大厚度，所以又将之作为殘积层单独表示于图中。对于第四紀玄武岩因其分布面积較广，对研究我国第三紀以来和第四紀中火山活动有关，故亦分别表示在图中。

3．基岩

在制图时根据基岩性质的不同又分成晚第三紀下上新統（N），第三紀未分（R），第三紀玄武岩（βR）和前第三紀基岩[1]（Br）等四个亚类。

图中不同成因类型沉积物采用不同顏色来表示，然后注以时代符号，表示方式如下：

1．用不同顏色和代号来表示地层（或沉积物）的岩性和成因。淡黃和深黃表示黃土，橙黃表示黃土状岩石，綠色表示河流冲积层，棕色表示洪积，藍色表示湖积，藍綠色表示玄武岩，第三紀用紫醬色，基岩用淡紫色等表示。

2．用不同顏色的深淺加代号来表示时代的新、老次序，如晚更新世（Q_3）、中更新世（Q_2）、早更新世（Q_1）、全新世（Q_4）等等。

目前时代尚未完全搞清的，或者爭論較多的均未加时代代号，統注以Q。

3．为了表示砂丘、火山、动植物化石产地、古石器发現地点和砂丘等地理地貌現象，則利用专門符号加以表示。

在編图时遇到的几个問題做几点說明：

1．B. A. 西尼村教授在其編制的新疆地质图当中，对第四紀沉积使用二分法，把全部第四紀分为 Q_1 和 Q_2，并把黃土放在 Q_2 之中，我們在此次編图时把它放在晚更新世中，是否确切有待以后研究。

2．华北平原广大地区中的冲积层里常夹有許多黃土状岩石，但因目前資料不足，对黃土状岩石和冲积层两者界限不易确定，故在图中未予表示。

3．新疆的黃土，B. M. 西尼村冠以地貌名称，在編图中将之所謂的山坡黃土归为黃土中，而把原来平原黃土放在黃土状岩石中。

4．下蜀、成都粘土因分布面积小，仅表示在中国黃土分布图的左角上示意图內。

1）文內图中第三紀岩层未单独分出的統用 Br 以表示前第四紀基岩。

第三章　中国黄土和黄土状岩石的区域分布

一、中国黄土和黄土状岩石区域分布概况

以往国内外研究者曾对中国的黄土分布面积有过不同数字的估計，F. 李希霍芬(Richthofen)估計为 630,000 平方公里[26]，翁文灝估計为 209,800 平方公里[27]，这一估計系根据 1929 年日本地理学会所編东亚地质图得出的，仅包括了兰州、銀川以东，山西汾河流域及河南观音堂以西黄土高原各地。所以較实际的黄土分布面积为小。G. B. 葛德石(Cressey)估計为 308,443 平方公里[28]。他的估計包括了黄土高原及华北平原，因此較翁氏統計的数字为大。但是，实际上如将华北平原除外，其計算之黄土分布面积将大为減少。J. G. 安特生(Andersson)的估計为 1,295,000 平方公里[29]，也是包括华北平原及黄土高原，因其包括兰州以西的大片非黄土分布区，所以其面积較实际情况为大。脇水鉄五郎[30]估計为 1,324,000 平方公里，这一估計与 J. G. 安特生估計有些相似。

由以上数字可知，各研究者对我国黄土分布面积的估計数字相差很大。这是由于不同研究者估計的对象不同而引起的。例如，有的作者估計仅限于黄土（如 F. 李希霍芬及翁文灝），所以数字較小；有的作者把黄土与黄土状岩石以及冲积的砂、砾石等沉积也一併計算在內(如 G. B. 葛德石、J. G. 安特生、脇水鉄五郎等)，所以其估計的数字偏高。

上述的估計数字无論偏高或偏低均非据較好地质資料实测得出。尤其在計算面积时，常常不考虑其間有无岩石露头或其他沉积物的存在而籠統的計算，所以其精确度自然可疑。另外，以上各家的估計多限于黄土高原及华北平原地区，对东北及新疆地区的黄土很少考虑在內，所以其統計也难以反映我国整个黄土分布面积的全貌。

我所郑洪汉同志根据这次所編的黄土分布图底稿(1:200 万)进行面积測量与統計結果，得出黄土的面积为 440,680 平方公里，黄土状岩石面积为 191,840 平方公里[1]，二者共为 632,520 平方公里。如将黄土和黄土状岩石与我国陆地面积进行比較，黄土占陆地总面积的 4.4%，而黄土状岩石占 1.9% 左右。

占面积为 632,520 平方公里的黄土及黄土状岩石，在地理分布上有下列几个显著的特征：

1. 黄土及黄土状岩石基本上分布于北方，大致以秦岭、祁連山、昆侖山为界，在其以南則甚少，分布零星[31]。其分布的地理位置約处于北緯 30°—48°之間。

1) 华北平原未包括在內。

2．黃土及黃土状岩石的分布具有东西延长走向。其分布与延长所以成东西方向，除因受中国北部山脉和地形控制外，也与我国气候的带状分布有联系。例如，从图上可以看出，黃土分布范圍大致在最低月溫度0°C綫以北及年平均降雨量250—500毫米二綫之間地带[32] 1)。

3．黃土及黃土状岩石与沙漠、戈壁順次序自南而北成带状排列，其凸出的部分在黃土高原的南部陝西境內。虽然，这三类沉积物在交界处有彼此过渡及互相交錯的現象，但带状排列的关系在总的区域分布上还是很明显的(見"中国黃土分布图")。

4．黃土和黃土状岩石成为一个貫穿我国北方的东西向的带状沉积，但两者在分布上还有区域的不同。从"中国黃土分布图"上可見，黃土多集中分布于这一带状的中間部分，而黃土状岩石則多分布于带状的两端。

根据上面几个特征来看，黃土和黃土状岩石的分布仍有其区域性的变化，同时在各个地区其分布面积也有很大的不同。

从东到西在东北境內黃土仅見于松辽平原的西南部，与其以北的沙漠相接。黃土状岩石則分布于松辽平原与东北东部山地相接壤的地区。

在华北地区，黃土多分布于山前低丘及河谷高阶地上，如燕山南麓、太行山东麓及山东山地的北麓。黃土状岩石則常見于黃土分布的山地前緣低凹之处。

在黃河中游一带，黃土成大面积分布，填充及覆盖了各式各样的古地形。黃土状岩石則仅見于沟谷之中，多为黃土的次生沉积物。

在河西走廊地区，黃土向西过烏鞘岭以后卽逐漸減少。但黃土状岩石則很发育，多是山前洪积扇的前緣沉积。

在柴达木地区，少量的黃土及黃土状岩石分布于盆地的东南側的香日德及布尔汗布达山一带。

在新疆地区，黃土与黃土状岩石均見于天山的南、北两麓及昆侖山北麓等地区。在准噶尔黃土及黃土状岩石分布于盆地的西側及天山北麓地带。在塔里木盆地黃土及黃土状岩石沿盆地的边緣出現，并在較高的基岩山上有大片的黃土分布。

以上各个地区，黃土的研究程度并不相同，黃河中游是研究得最早和累积資料最多的地区，而新疆地区黃土資料則較少。

黃土和黃土状岩石二者的研究程度也不平衡，一般对黃土的研究較多，无論討論其地层問題，物质成分問題或其分布等等，在各个地区都还有些資料，但对黃土状岩石則感到資料缺乏。这是因为黃土状岩石这一名称，在我国过去的地质文献中使用較少，可能其中大部分現在称之为黃土状岩石的沉积相当于过去的黃土、次生黃土、冲积层等等，一时还难以对比。另一方面目前对于黃土状岩石还缺乏地层与分布的研究，甚至在使用上也沒有統一的标准。这就給編制图件及专著編写带来一定困难。根据这种情况我們在文中則

1) 小于250毫米及大于500毫米降雨量地区，虽有黃土分布，但面积較小。

以目前研究較多的黃土作为主要的描述和討論对象，而对于各地的黃土状岩石根据資料的多少有所詳略。

下面我們将根据黃土和黃土状岩石自东而西分布的地理位置、地层和岩石性质上的一些特征，以及它們研究的詳略程度等，分成东北地区、华北平原、黃土高原、西北內陆盆地等几个区域来描述。

二、東北地区黃土和黃土状岩石

（一） 自然地理概况

区域范圍西起大兴安岭，东至小兴安岭、长白山与千山，北至大兴安岭的伊勒呼里山，南达渤海。全区南北长約 1,000 公里，东西寬近 400 公里。本区中部为东北平原，其西、北、东三面为山脉所环繞。黃土及黃土状岩石主要分布于东北平原及其西南的热河[1]山地一带。

1．东北平原由松嫩、辽河及新开河-西辽河三个冲积-洪积平原所組成。在松嫩平原与辽河平原之間，为西北、东南走向的松辽分水岭，松嫩平原位于其北，辽河平原位于其南。

松嫩平原的西界为大兴安岭，北界为伊勒呼里山，东界为小兴安岭，南邻为松辽分水岭。全区大致成一菱形，地面自东北向西南緩緩傾斜。平原面海拔高度均在 120—200 米之間。在东部山地与平原接壤地带，有黃土状岩石所組成的阶地，平原表面广泛分布有黃土状岩石及冲积、湖积物。

辽河平原位于本区的南部，北起彰武与鉄岭間一綫，向南直达渤海海岸，其西与热河丘陵山地毗邻，向东达长白山山麓，南北长約 230 公里，东西寬約 110 公里，面积約为 25,000 公里。辽河平原地势北高南低，北部海拔高度一般均在 200 米上下，向南逐漸降低至 50 米左右，及至最南部达渤海海岸。平原北部广大地区內均有黃土状岩石分布。

新开河-西辽河平原位于东北平原的西南部，亦称为“热北沙丘覆盖的冲积平原”[2]。平原西北为大兴安岭山地，西南为热河山地，东为长白山与千山，北为松辽分水岭，南为辽河平原。平原东西寬約 270 公里，南北长約 180 公里，地面西高东低，全区地面海拔高度均在 250—400 米之間。平原北部湖泊沼澤发育，西南部地面有各种类型的砂丘与洼地，砂丘常組成形态不同之壠崗，自北西西向南东东成平行的带状排列，再西則广泛分布有黃土。黃土状岩石多分布在本区的东部和南部各地。

松辽分水岭位于本区的中部，自西北向东南方向伸延，地面起伏不平，分水岭之上有

1）热河是从前的行政区，現已不用；本文仅是为了从地形記述方便起見，仍称該地为热河山地。包括灤河、歙厲河、伊逊河、热河以及老哈河上游所在各山地。

2）中国科学院自然区域工作委員会：1958 年，中国地貌区划說明书。

黄土状岩石、砂、砾石等沉积物。据近期文献記載，认为該分水岭隆起时期始于更新世末期[33]。

2．热河山地位于东北平原的西南側，除山地多基岩裸露外，在北部第三紀末到第四紀初期噴发的玄武岩相当发育，多被灤河、老哈河和西拉木倫河等所切割，呈現一种破碎高原景观。在高原与斜坡之上，局部地区有砂和黄土堆积，在河谷低凹之处有少量的黄土状岩石。

热河山地的西北部，为一侵蝕的中山区。地势較高，山峰海拔均在 1,450 米左右。最高山峰如五龙山，其海拔高度可达 2,050 米。在山地較寬的河谷中有 1—3 級阶地，其上堆积有黄土。

热河山地的东南部为一侵蝕低山和丘陵区，地势以西部为高，海拔高度均在 1,000 米上下，东部和南部地势較低，为一丘陵地带，在山谷和山腰堆积有黄土。

（二） 黄土和黄土状岩石的分布及其厚度变化

东北地区的黄土面积較小，多分布于本区西南部新开河-西辽河冲积平原的西側和热河山地侵蝕中山与低山区。于本区的中部、北部和南部各堆，黄土状岩石具有广泛的分布。

黄土分布的北界，大致起于巴林左旗和土城子[1]以北的大坝岭，由之向东向南延續，分布于翁牛特旗（烏丹）、赤峰、建平、边墻山（边墻）、朝阳、凌源、平泉、承德和隆化等地。其中以平泉至赤峰，凌源至建平（叶柏寿）以及朝阳等地最为发育[34]。

境內的黄土，根据其顆粒粗細不同又可分为黄土和砂黄土两类。砂黄土主要分布在翁牛特旗、赤峰、边墻山、郭家屯等地的一綫以北，掩覆于低緩的丘陵（照片 1）、山坡（在海拔 1200—1300 米高山頂山还見有分布[2]）与河谷高阶地之上（图 5 及图 6）。黄土則分布

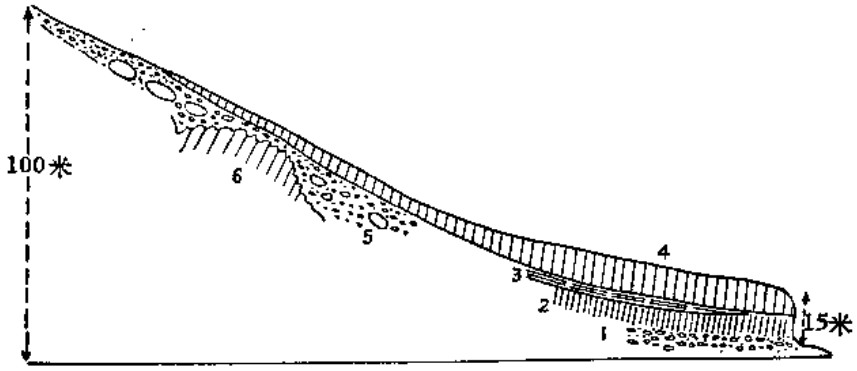


图 5 东家营子更新世沉积剖面（据 P. 德日进）

1. 玄武岩砾石； 2. 含披毛犀（*Coelodonta antiguitatis* Blum.）的砂质黄土；
3. 含軟体动物化石及植物殘体之砂层； 4. 含陆生介壳（*Pupa helix*）的砂质黄土； 5. 泥砾和压碎的流紋岩； 6. 流紋岩。

1）文內提及的有一些較小地名沒有将其一一注入图內。

2）据黄自立、郭紹礼等同志談話。

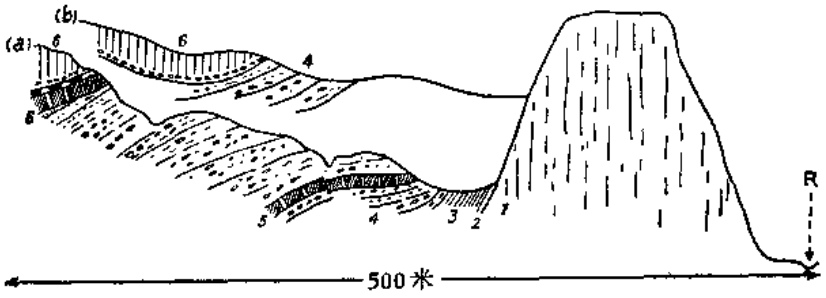


图 6　馬家子附近剖面(据 P. 德日进)

1.流紋岩；　2.礫棱岩；　3.含植物层；　4.下砾石和上砾石；　5.玄武岩流；　6.黄土；R.河流。图中(a)和(b)剖面是从两个不同的山脊切出的。

于此綫以南，且其分布面积較广，自北而南分布与厚度变化如下：

在黄土分布区的西部，赤峰到边墙山間三头巴岭附近，沿山坡(照片 2)和河谷均有黄土分布，厚达 7—10 米。再南在張三营到隆化（皇姑屯）之間，黄土掩覆在 20—30 米高阶地之上，厚約 10 米。由这一带向东，在建平—平泉間，黄土发育較好，在建平以南的三座店、八架垒、八里罕甸子、黄土梁子等均有分布，掩覆在河流两側的丘陵地形之上，厚达 20—30 米。

在建平至凌源間，在張子店的西、北两地区的山麓地带，黄土分布也很广泛，厚达 20—30 米。在陵源南五官营子附近，于其两側山麓距現代河床比高为 20—40 米高的高阶地上堆积有黄土，厚数米。在凌源县东南瓜大海一带丘陵地形中，黄土分布面积很大，厚达 7—8 米。

再向东，在朝阳以及其西北广大地区，如唐家杖子和金山西北地区，黄土广泛分布于山麓，厚度也大，最大厚度可达 20 米左右。

在热河山地的南部平泉、承德以南地区也有黄土分布。如在古北口关門北部地区，黄土掩覆在泰山系片麻岩之上，高出現代河床达 40 米，厚約 7 米左右。在土城子城东黄土厚約 10 米，覆于由砂、頁岩組成的热河层之上。在承德—平泉間的寬城鎮和撒河桥之間，于六沟和平泉門北側山麓，黄土覆于山坡厚为 7—10 米。在平泉以东黄土形成阶地，在平泉的西北山前黄土掩盖于丘陵地形之上，厚达 7—8 米。

黄土状岩石在东北平原境內分布甚广。在松嫩平原除少数沼泽低地（如大賽、肇州、安达、太康之間）及河谷外均有沉积。在辽河平原的北部，沈阳以北各地黄土状岩石分布也很广，但在其南部分布較少，厚度較薄。在两个平原的中間松辽分水岭上也全部被黄土状岩石所覆盖，新开河-西辽河境內黄土状岩石分布較少，仅在东部和南部有少量沉积。在热河山地地区分布面积較小[1]。

黄土状岩石出露較广的地区，是齐齐哈尔之南哈尔濱、榆树、长春、公主岭、铁岭、四

1) 因資料不足未在中国黄土分布图中表示。

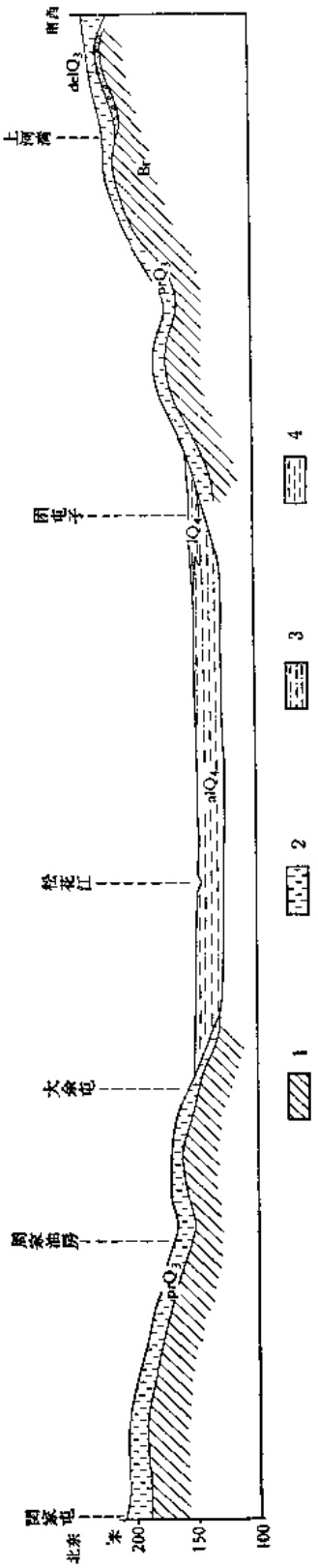


图 7 吉林省榆树县闞家屯—德惠县上河湾间第四纪地层示意剖面(据樟景行等)

1.基岩； 2.黄土状亚粘土； 3.砂、砂土及砾石； 4.亚粘土,砂。

Br——前第四纪基岩； $delQ_3$——上更新统残积坡积层； prQ_3——上更新统黄土状沉积；

alQ_4——全新统河流冲积层； lQ_4——全新统湖积层。

平、沈阳、景星等地。常堆积在波状起伏的古地形之上，与其以前的不同时代的岩层呈不整合接触(图 7)。

在大、小兴安岭与完达山、长白山山地的外緣，黄土状岩石的分布虽不如上述平原地区保存得好，但也有較多的出露，现在多已遭到切割成破碎阶地。例如，大兴安岭东侧的阿倫河—諾敏河之間的阶地；景星—武兴、白城子西北大本站阶地、小兴安岭西侧克东一带的拉哈-納謨尔河谷阶地以及呼兰一带的呼裕尔河、呼兰河之間的阶地等等。

在張广才岭山地之西，黄土状岩石成梯状沿山麓伸延，堆积地面微向平原傾斜。

黄土状岩石的厚度变化較大，常以平原厚，山区薄。在本区的东部厚度一般为 20 米，面在南部最大厚度可达 50—70 米。

（三） 黄土和黄土状岩石性质

分布于本区的黄土为灰黄色—褐黄色，粉砂质，疏松、具大孔隙，富含碳酸盐，柱状节理相当发育，一般全层上下均匀，未見砂、砾石等夹层，但在地势較低的部位(如河谷或盆地) 有时于其底部混有砂、砾石等沉积 (照片 3)。因此有人认为[35]分布于較高位置的黄土系原生典型黄土，为风成沉积。分布于較低位置的黄土是次生黄土，系水成。

分布于区域西南部赤峰、边墻山以及郭家屯到翁牛特旗(烏丹)之間一綫以北广大地区的黄土为砂质黄土，顆粒成分較粗。这一砂质黄土在赤峰一带分布于盆地之中，常与风成砂互相交錯。由赤峰向南和向东南黄土顆粒有逐漸变細的趋势。

分布于平原东部各地的黄土状岩石，为黄土状亚粘土，常为棕黄色或棕色，具有大孔隙和层理(照片 4)，有时具有石灰质結核及砂、砾石等沉积物的夹层，砾石棱角不显。在伊通县大孤家子水庫一带，于此层之中見有錳质結核，直徑大小在 1 毫米左右。在垂直剖面上經常是上細下粗，逐漸变为粗砂层(图 8)。

分布于本区西侧，位于大賚至四平以西的广大地区以及其南部各地的黄土状岩石，主要为黄土状亚砂土，黄色具有大孔隙构造，富含白色鈣质和鉄、錳质結核(图 8)，常成层状，垂直节理相当发育。其顆粒下部粗，上部細。

据长春地质学院的分析結果，此类岩石的矿物或分，主要为石英、长石，其次是云母。小于 0.001 毫米細粒級組分中有高岭土、蒙脫土、水云母等矿物，并以高岭土和蒙脫土为主。可溶盐含量比黄土少，均在 0.02—0.09% 之間。碳酸盐的含量仅为 3% 左右。

本区內的黄土状岩石，沿水平方向自西向东自北向南有逐漸变細的趋势。西临大兴安岭附近，为粗粒黄土状亚砂土和砂、砾石等沉积，向东至长春一带則变为黄土状亚粘土。根据分析得知，分布于北部地区之黄土状岩石，主要为細砂和粉砂成分，含量占岩石总成分的 25—35%。粘土含量少，一般均在 10—15% 左右。向东南于本区之中部，在长春一带，則細砂和粉砂的成分減少，为 10—20%。相反，粘土成分則增加，为 25—30%。剖面从上到下于各个地区变化也极为明显。在东部地区子其底部常过渡为砂、砾石，而在其西

部則变为砂和細砂等沉积。厚度以中部較厚（20—25 米），东部和西部地区較薄（在西部一般厚度为 3 米上下，而其东部常达 5—10 米）。

（四） 黃土与黃土状岩石的地层时代

有关东北地区黃土和黃土状岩石的地层到現在为止还研究很少，所发現的化石也很有限，因此要精确地定其时代还存一定困难。不过在以往的工作中在黃土里还发現一些化石。如 P. 德日进 (Teilhard de Chardin) 曾在圍場东家营子黃土层中发現披毛犀 (*Coelodonta antiguitatis*)[36]。在黃土和砂质黃土当中还发現有水牛 (*Bubalus* sp.)、猛獁象 (*Mammuthus primigenius*)、納瑪象 (*Palaeoloxodon namadicus*)、原始牛 (*Bos primigenius*)、鹿 (*Cervus* sp.)等化石[37]。楊钟健也曾研究过朝阳一带采自黃土中的鼢鼠化石，其中以方氏鼢鼠(*Myospalax fontanieri*)为主[38]。最近在奈曼旗三区杏树园子，四区臥土营子等地的黃土底部也发現有披毛犀和鹿等化石。这些化石中未見古老的种属，而納瑪象和猛獁象則是晚更新世比較典型的化石。所以从化石的証据来看，黃土及其下的砂、砾石层的时代应属于晚更新世，或者有一部分可能属于晚更新世晚期。

本区黃土的岩性主要为灰黃色，疏松的粉砂，不具层理，常有大孔并易形成柱状节理，（在文献上未見記載夾有紅色条带或埋藏土）这些性质都和晋、陕黃土高原地区的馬兰黃土相似，而与較老的离石黃土和午城黃土不同。所以，相形之下，这里的黃土时代当属晚更新世。

值得注意的是，本区黃土經常分布在 20—40 米高的阶地上，而在低阶地上极少見。这也和华北地区的馬兰黃土一样，常停积于高出河而 30—40 米的相当于"馬兰阶地"的位置。所以，从其产状的位置看，亦应属晚更新世的沉积。

另外，在黃土分布区的北部，如赤峰等地黃土常被現代砂丘所覆盖。虽然，对砂丘的时代还不肯定，但至少可以說明黃土沉积时期不会很新。

所以，无論从本区黃土所含的化石，还是岩石性质或地文期的位置以及与砂丘的相互关系等，均証明本区黃土（典型黃土）的时代应当是晚更新世，和馬兰黃土可以对比。

本区內是否有更老的黃土，过去还很少有人提过。根据文献記載，在灰黃色的黃土下部，黃土顏色較深，常呈赭黃色。而这样的黃土在晋、陕間馬兰黃土中从未見过，只有在离石和午城黃土中有时有所发現。所以，可能在以往研究的黃土剖面下部有較老地质时期的黃土存在，这方面有待今后工作注意。

有关黃土中的埋藏土壤的研究，还是近些年以来为地质、土壤工作者所注意。所以，是否以前报告中所提到的含有赭黃色黃土的一部分就是含有埋藏土的离石-午城黃土，也未可知。近来馬溶之提到[1]在內蒙东部老哈河上游一带的黃土中見有埋藏土。从这些綫索来看，东北地区的黃土很可能其上部是上更新統的馬兰黃土，而在其下有一部分是相当

1) 根据談話。

于中更新統一下更新統的离石-午城黄土。当然要证实这个問題还有待以后更多的工作。

全新世时期，在东北普遍发育了黑土。在黑土层中有新石器时代的文化，如齐齐哈尔[39]。这些黑土分布在較現代河床为高的阶地上或坡地上[41]（图 9）以残余古土壤的形

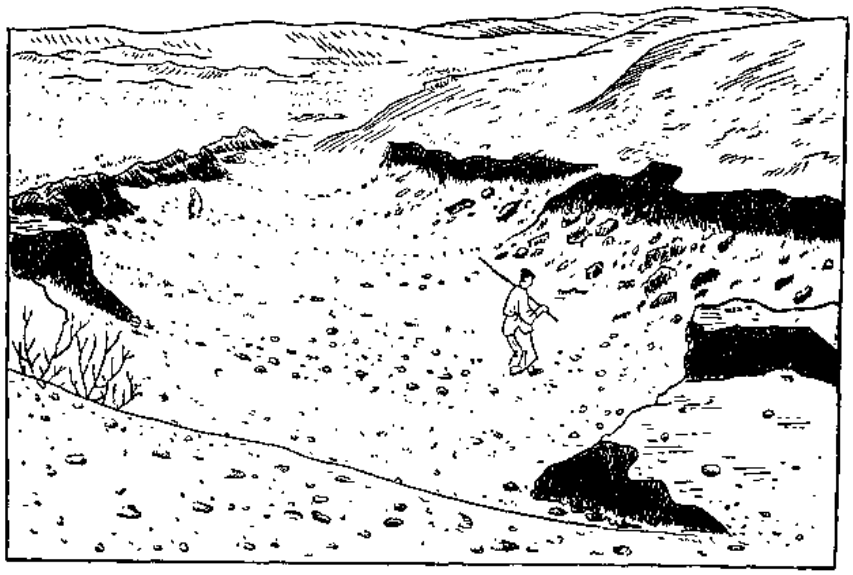


图 9　林西卒西蒙特(Gisement)素描(据 P. 德日进)

深色的地方是黑土，可以耕种，內壤充很多碎石。碎石位于底部属于全新世的沉积。黑土之下是白色的砂和古生代变质岩。

式出現，其母质多半为黄土(在西南部)或黄土状岩石（西北部)。在低凹的地区可能有埋藏的黑土，估計在全新世黄土沉积虽有继續，但速度已減緩。

关于本区黄土状岩石的时代，由于对其地质产状研究不多，所以其时代也未得到更多的证明。有的研究者們认为其时代属于晚更新世；也有的研究者认为其时代属于中更新世到晚更新世。

在位于粉砂类的黄土状岩石之下的砂、砾石层中，在怀德大房身曾发現象(*Elephas* sp.)及鹿(*Cervus* sp.)等化石。在榆树县曾发現有猛獁象(*Mammuthus primigenius*)、披毛犀(*Coelodonta antiguitatis*)、河套大角鹿[*Megaceros*(*Sinomegaceros*)*ordosianus*]、王氏水牛(*Bubalus wansjocki*)、东北野牛（*Bison exiguus*)、原始牛（*Bos primigenius*）等化石[40]。在松花江沿岸发現有牛(Bovidaeindet)，在区园家发現有馬（*Equus* sp.)、在庙园家发現有披毛犀(*Coelodonta antiguitatis*)。根据周明鎮等的研究，这一动物群可称之为猛獁象-披毛犀动物群，其时代为晚更新世。

这些化石多产于黄土状岩石层之下的砂、砾石层中，如把黄土状岩石和其下的砂、砾石分开来看，則其地层时代的問題也和成因問題一样难以解决。如果考虑粉砂岩和其下的砂、砾石层为一套沉积結构时，那么黄土状岩石的时代和其下砂砾石层的时代当属于同一时期，即不早于中更新世，也不晚于晚更新世。

另外，在張广才岭山地和大兴安岭內侧，有一組黄土状岩石保存在高阶地上（20—80

米)。在吉林等地黄土状岩石常成低丘，其上常发现有一层黑土[41]（全新世)。而在哈尔濱附近，比顾乡屯层还高的阶地上有黄土状岩石[42]。这一組黄土状岩石因其分布的位置較高，所以很可能是較前述的一組黄土状岩石为更老的沉积物，其时代有如前人所指，为中更新世[1]到晚更新世。

在东北平原之內，在較大河流的两岸，以及地形低凹的地区，也常見有大面积的黄土状岩石分布，从其所在位置上来看，应属較新的沉积，所以其时代可能为全新世。

关于黄土状岩石的地层时代，据已有資料看，可能有全新世的（低位）和晚更新世的(中位 20—40 米左右)，也有部分是中更新世的(高位 40—80 米)。由于以往資料多叙述的不詳，而且化石証据較少，所以上述的划分在未得到确証以前，还只是一个极初步的意見。

（五） 对本区黄土和黄土状岩石成因的看法

有关东北区黄土及黄土状岩石的成因問題，到目前为止討論的还很少，但根据黄土分布、产状以及与其他第四紀沉积物的关系等，仍可以提出某些意見。

从本区黄土分布上看，虽然其所在位置較低，多分布于低緩的河谷中，但在热河山地的北部破碎玄武岩高原和山地的斜坡上，在松岭以东的丘陵地上也有黄土，而且又相当連續，高差变化較大，不受地形所局限，这些特点都与目前該地所見之河流冲积物，山前洪积物或其他成因的沉积在分布的地貌位置上有很大的不同。

本区黄土在平面上曾发現自西北而东南有規律的变化，例如，在克什克騰旗到赤峰之間于北部为砂，向南变为砂质黄土，再南則过渡为黄土[2]。这种由砂→砂质黄土→黄土沉积相的变化，同黄河中游黄土分布区的北部(見后)与新疆准噶尔巴尔里克山北部黄土的变化規律是一致的(見后)。可以作为黄土物质受风力搬运的标志。不过在本区黄土之下，經常发現有砂、砾石等沉积，因此說明在本区黄土沉积的当时也并不十分单一，很可能于其堆积之初，在某些局部地区有过若干流水作用參与其中。

关于本区黄土状岩石的成因，多数研究者未加肯定，但也有某些研究者认为是冲积-洪积成因的[3]。根据其分布地貌常为洪积扇，在纵剖面上顆粒由山区向平原逐漸变細，而且分选与磨圓較差等特点判断，很可能与洪积作用有关。但于各地黄土状岩石中經常发現明显的水平层理，其中又夾有各种成分的滾圓的砂、砾石等沉积，这些都証明与河流流水搬运有关，属于冲积类型。所以，在中国黄土分布图中統称之冲积洪积混合成因类型。

---

1) 刘国昌、刘玉海：1963 年，松辽平原的第四系。中国地质学会第卅二届学术年会論文选集（水文地质、工程地质、第四系、地貌部分)。

2) 黄自立同志 1962—1963 年曾在老哈河流域調查，他也談到該地黄土确实有岩相变化。

3) 长春地质学院：1959 年，松辽平原水文地质工程地质条件。

（六） 区内黃土和黃土状岩石的几个特点

区内黃土和黃土状岩石虽有相当大面积的分布，但現有的研究資料还很少，因此不可能作更詳細的討論，只是根据上面叙述将区内特征归为以下几点：

1．在东北地区以黃土状岩石为主，黃土分布較少。

黃土状岩石多分布于东北部和东部，以冲积-洪积成因为主。

黃土多分布于区域的西南部，岩性同华北地区的馬兰黃土很接近。其成因以风力搬运为主。

2．从岩性对比及其中所含化石来看，东北的黃土大部分属于晚更新世（馬兰黃土），但于其底部很可能还有較老的黃土存在。可是无論如何，中更新世或更老的黃土厚度与分布都远不如黃河中游各地广大，只是全新世黃土上黑色殘余古土壤的发育較华北和黃河中游两地更为清楚。

3．在平面分布上，东北的黃土自边墙山、赤峰、翁牛特旗間联綫的西北为砂质黃土，此綫之东南則为黃土（見中国黃土分布图）。值得注意的是，这一北东—南西方向的界綫，和华北及黃河中游的砂质黃土与黃土的分界綫在地理位置上是連續的。

4．黃土状岩石从其地貌部位上看有低位[1]、中位和高位的，其时代分别属于全新世、晚更新世、中更新世或更早。

5．东北的黃土局限于其西南部的热河山地地区，位于整个中国黃土分布区的东北角。黃土所以能在此保存，原因很多，但其中与下列主要因素有关：

（1）本区在地质上长期以来是一构造上升的丘陵和山地（古剝蝕面）；

（2）在地理位置上此区接近于广大的黃土分布中心；

（3）在气候条件上相当干燥，区域年降雨量为300—400毫米，物理风化作用較强，流水作用只局限在少数河谷。

三、华北平原黃土和黃土状岩石的分布与地层

（一） 区域簡述

区域范圍西起太行山，东达渤海、黃海，北自燕山山地，南至大别山，包括华北平原的中部和北部，燕山南麓，太行山东麓以及山东在内的广大地区。

根据地貌特点可以划分为：（1）燕山（南麓丘陵）山地；（2）华北冲积平原；（3）太行山、秦岭东麓洪积-冲积平原；（4）山东低山丘陵；（5）大别山北麓洪积-冲积平原等五区。

1．燕山（南麓丘陵）山地

位于区域的最北部，由近东西方向的山脉所組成，海拔高度达1,000米左右。河流多

1）低位、中位、高位系指黃土状岩石分布所在位置的高低而言。

以南北方向切过山脉向南注入华北平原。若干山間盆地自第四紀以来即开始承受沉积，由河湖相的泥河湾层所填充。其上掩盖有黄土及黄土状岩石，黄土在山間盆地地区常分布于斜坡及低分水岭上。河谷地区阶地发育良好。常可見有高出河水面 100 米以上的一个剝蝕面，在地文上称为唐县剝蝕面。剝蝕面之下有数級阶地，以高出河水面 20—40 米的阶地——馬兰阶地为最显著。在这一高度的阶地上堆积有黄土，即馬兰黄土(見后)。

在山麓与平原接壤地带海拔 100 米左右广泛分布有較新的洪积扇，多由砾石及黄土状岩石所組成，在向平原伸展时逐漸变为砂与黄土状岩石的互层。

山麓地带发育有冰川沉积物[43]，冰川沉积物可以延伸至平原地区。因分布比較零星，所以在黄土分布图上未加表示。

2. 华北冲积平原

华北平原位于区域中部，系海河、黄河、淮河三大水系沉积形成的冲积平原。地面平坦，大部分地区海拔高度皆在 50 米以下。个别較高地区地面海拔也不超过 100 米。

华北平原的北部是海河平原，地面平坦，分布有許多脊状高地和槽形凹地。

华北平原的中部是現代黄河平原，地表常有高河床分布。幷堆积以黄土状岩石为主的古黄河沉积。

华北平原的南部是淮河平原，地势由北向南傾斜，平原表面略有起伏，地面沉积物主要为冲积粘土、粉砂和砂等沉积。因受黄河泛濫的影响局部地区也分布有黄土状岩石。

华北平原从第三紀以来就一直不断下降，其沉降幅度以北部为最大，南部較小。据文献記載[44] 在天津老西开钻井深达 863.4 米，仍为第四紀泥、砂等沉积。在滄县附近打钻深 774 米，在南宮打钻深 1100 米才穿透第四紀沉积物。所以黄汲清[44] 认为华北平原的沉降幅度是 800—1000 米。据丁国瑜等[45] 对华北平原的钻孔記录研究，认为第四紀沉积物厚約 400 米以上。

3. 太行山、秦岭东麓洪积-冲积平原

沿太行山和秦岭的东麓，在北京到信阳間，亦即山麓与平原接壤地带，海拔 100 米以下部位，常有許多洪积扇分布，彼此联接，形成自西面东緩傾斜的洪积-冲积平原，愈东地面愈平坦，近山麓地区則广泛分布有第三紀和晚第三紀砾石、粘土与第四紀黄土和黄土状岩石。

黄河以南在伏牛山、嵩山山麓为一洪积-冲积平原，其底部堆积有三門期砾石、砂和粘土，再上为黄土，地表广泛分布有黄土状岩石。

4. 山东低山丘陵

山东低山丘陵的北、西、南三面均被平原所包圍，东部成半島形式伸入黄海与渤海之

間。山东低山丘陵山地，就其地貌特点之不同，又可分为以下几个区：(1)鲁东低山与丘陵；(2)胶莱冲积平原；(3)鲁中南低山与丘陵等三个地貌区[1]。

(1) 鲁东低山与丘陵(山东半島)：丘陵地形发育，除个别山峰外，絕大部分丘陵海拔高度在500米以下，一般为200米左右。在鲁东低山丘陵的西北側山麓分布有黃土及黃土状岩石。

(2) 胶莱冲积平原：位于鲁东低山丘陵之西，为一寬广的剝蝕平原，在构造上是一拗折下陷区。地表覆盖有薄层的第四紀冲积物(alQ)。沿胶莱河两岸，有低丘分布，比高多在5—20米之間。

(3) 鲁中南低山与丘陵：位于胶莱冲积平原之西，是一低山和丘陵地，低地多分布于其北部，而丘陵則分布于其西南和东南，此区北部有三条平行排列的东北-西南走向的断块山，如沂山、魯山和泰山等。山峰海拔一般均在1,000米左右，其中以泰山最高，海拔达1,532米。泰山、魯山和沂山山麓分布有黃土和黃土状岩石[47]。

魯中南低山与丘陵地之西南部为汶河、泗水冲积平原，地面海拔均在50米以下。由西向东地势逐漸增高，其中堆积有黃土状岩石。

汶-泗冲积平原[2]以南，在泗水到嶧县之間为一比高100—200米的波状丘陵地，据文献記載其上有黃土状岩石[46]。

由之向东为沂、沭河冲积平原，地势平坦，在边緣地区有低丘分布。

5. 大别山北麓洪积-冲积平原

位于华北平原的南部，这个洪积-冲积平原部分沉积物为黃土状岩石，在若干地区亦报导有黃土的分布，因目前資料較少，故于此从略不加詳述。

(二) 黃土和黃土状岩石分布

华北平原，黃土和黃土状岩石比东北平原发育，但次于黃土高原。这两类沉积物在本区內分布很广泛，特别是黃土状岩石的分布，在燕山、太行山、秦岭、魯山、泰山等山麓以及山东半島西北側山麓各地都可見到。但以燕山南麓、太行山东麓与山东魯中三个地区內最为发育。茲就这两类岩石按其地理分布分別叙述如下：

1. 黃土的分布

华北平原的黃土一般可分为馬兰黃土(上更新統)和离石-午城黃土(下更新統)上、下两层。

馬兰黃土：在燕山南麓、太行山东麓、泰山与魯山山麓以及山东半島的北側山麓与山

1) 參閱1958年中国科学院自然区划工作委員会編著"中国地貌区划說明书"一文。

2) 汶河和泗水两河形成的冲积平原。

間盆地中均有广泛分布。

在燕山南麓，馬兰黃土断續的分布在卢龙与迁安西南各地，出露于山麓与平原接壤地带。由之向西黃土逐漸減少而消失。昌平以西又有出露。于怀来、涿鹿、宣化、龙关、龐家堡及張家口等地分布最广，常为厚度較薄的連續盖层，掩覆在山坡、丘陵頂部和較高的阶地上。馬兰黃土一名，就是从研究这一地区（北京西山斋堂的馬兰阶地）黃土而来。

馬兰地区的黃土，在以往文献上有所記載。1920 年叶良輔在其所著"北京西山地质志"[48]中，曾将发育于馬兰阶地上的黃土按其生成的时代先后次序划为"古黃土"与"新黃土[1]"两层，并提到其中古黃土相当于維理士所謂的"忻州黃土"，时代属于晚更新世，而新黃土則为晚更新世以后的沉积物。由于后者成分复杂，常夹有砂、砾石夹层，又具明显的水平层理，所以显見是原生黃土再沉积而成，故属于黃土状岩石。

馬兰阶地（見照片 5）位于北京西北丰沙鉄路雁翅車站以西 23 公里的斋堂。該地位永定河支流清水河河谷左岸。馬兰村[2]則位于斋堂对面河谷右岸的一个小支沟（馬兰沟）內，形成高出河水面 30—40 米阶地（見照片 6）。在标准地点（馬兰阶地上）并无黃土沉积，整个阶地是由松散的黃土类物质及砂、砾石层所組成。清水河河谷的左岸（北側），黃土分布于斋堂村北的山坡上，該地有九条山脊皆被黃土所覆盖，当地称为九龙朝二凤。在青龙澗霍村沟与西虎林等地，馬兰阶地也很发育，由砾石所組成，其上有黃土沉积。这里黃土由阶地前緣向后緣逐漸延伸可达到高出河水面 200 米的山脊上。

此区黃土为淡灰黃色，疏松，无层理。故在岩性特点上与黃河中游所見的馬兰黃土（也称为新黃土）相近。而分布所在位置和产状上也有些类似。斋堂馬兰黃土的底部，有些地方見有基岩碎屑，这和华北平原其他地区所見的情况也相似。

斋堂地区的馬兰黃土下部，常見有两层到三层埋藏土壤层，岩性和晋、陕一带的离石黃土相似。因为尚未找到化石，所以其时代还难以肯定（图 10）。在晋、陕一带黃土剖面較好的地区，在馬兰黃土中都沒有发現紅色的埋藏土壤层，所以此区含埋藏土壤的黃土究竟是什么时代，确属一个相当重要的問題。如果馬兰阶地之上的黃土中确包括一部分相当于离石黃土的黃土，那就說明在馬兰地区除有上更新統的馬兰黃土外，还有中更新統的离石黃土存在。这不仅对研究黃土地层的分布十分重要，而且也是中国北方地文期研究中一个重要发現。因为在过去是把清水期切割所形成的馬兰阶地，放于中更新世以后，現在看来如在馬兰阶地上有中更新世的黃土堆积，則清水期和馬兰阶地的形成当不晚于中更新世了。

昌平以西于怀来一带馬兰黃土广泛分布于山丫口、山麓与河谷之中，不整合覆于离石—午城黃土之上，厚在 10 米以下。其情况与斋堂馬兰附近所見者相似。

---

1) 和著者 1958 年所指新黃土稍意不同、时代也不同。

2) 当地地名，属北京市門头沟区。馬兰一名因使用已久所以仍留用。J. G. 安特生最初命名时称为馬兰砾石[49]。馬兰黃土一名据最早文献見于 D. 步达生[50] 1931 年文献中。

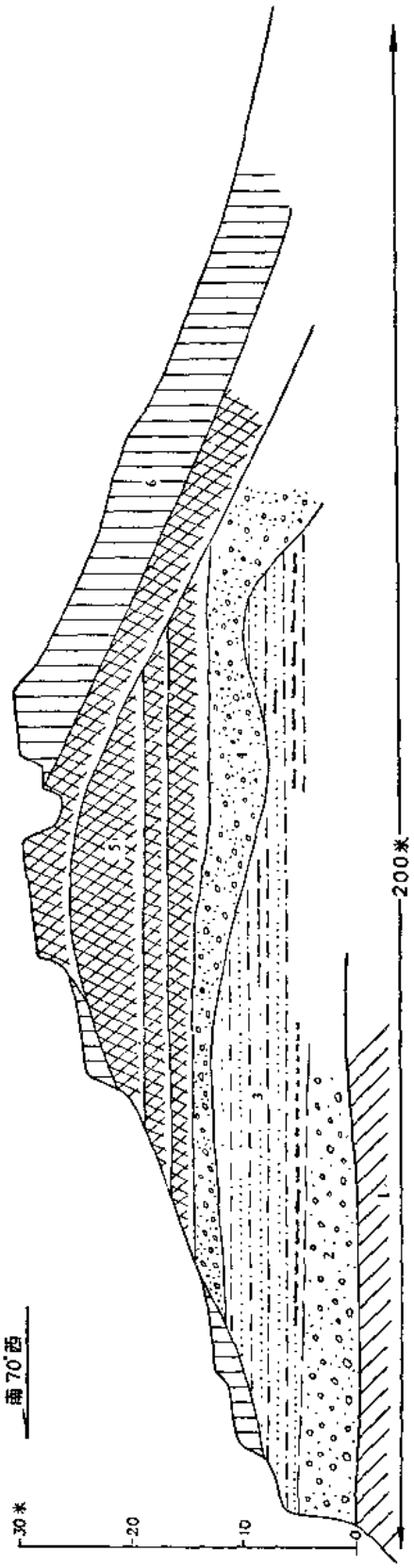


图 10　北京西山雁翅垂站永定河左岸剖面(据丁梦麟)

1.前第四纪基岩；2.灰色砾石层；3.黄色黄土质砂土及砾石；4.红色砂砾石层；5.含埋藏土壤层的离石黄土?(中更新统)；6.属兰黄土(上更新统)。

再西至涿鹿与宣化一带馬兰黃土分布更广，見于宣化县城东下花园若干山坡和河谷与高阶地上，常形成陡壁，一般厚为 15 米，最大厚度可达 30 米。于麦岭、許家窰、戴家营与鄉村上等地，均可发現在不同高度的山坡上有較厚的馬兰黃土分布。最大厚度可达 20 米，覆于太古界片麻岩、震旦紀石灰岩以及其他时代的安山岩等地层之上[51]。在东、西窰沟和变质营等地，馬兰黃土分布很广，常披盖或掩复在以前的震旦紀硅质灰岩、頁岩、侏罗紀煤系以及火山岩系等各类岩层之上，有时見于河谷阶地之上，在槐树沟与冰淩沟、白家湾一带，也有馬兰黃土分布，厚为 3—40 米。

宣化以北于龐家堡、龙关、赤城、烟筒山与張家口等地，馬兰黃土分布的更广，成一厚度不大的盖层掩覆在山坡、低丘、洼地与古河谷中，有时也具有較大厚度。

据文献記載，在龐家堡东部和西部的井儿洼、三岔口、大林堡、田家窰、西葛裕[52]一直到赤城一带，馬兰黃土分布很广，多掩覆在山的西北坡和北坡，厚度較大，为 20—30 米，有时最大厚度可达 50 余米。在烟筒山的南坡不同高度的低緩斜坡之上，也有馬兰黃土分布。

向西至張家口，在山坡与阶地之上，馬兰黃土也很发育，根据文献記載[53]，在汉諾坝高原的下边，黃土分布在海拔 1,500 米以上的地带。从清边口到張家口之間，于 850—1,180 米高度上，均見有黃土分布。南天門和永丰鋪等地，一些寬闊的谷地和山麓也有堆积，黃土掩覆了低分水岭、斜坡、丘陵或充填在洼地与河谷中，在这里由黃土形成的地形与下伏基岩古地形相吻合。在張家口，黃土分布較多，一般厚为 10 米左右，可能在个别地区更厚，但不超过 30 米。由之再向西則逐渐与黃河中游黃土接壤，中間并无明显的分界綫。

由北京向南，沿太行山山麓断續見有馬兰黃土分布。在涞源之南于拒馬河两岸及走馬驛附近均見有零星的黃土。由涞源向东，在易县塘湖鎮附近常見馬兰黃土覆于离石-午城黃土或其他不同时代老地层之上。厚度有时可达 10 米左右。但在涞水其厚度較薄，仅 4—5 米。

在曲阳沿山麓和河谷，黃土掩覆在紅色粘土之上，厚度不大，皆在 20 米以下。曲阳以南、在石家庄以西滹沱河、冶河及其大小支流的谷地中均有黃土分布，特别是在徽水、黃壁庄、平山与崗南等地最为发育，經常掩覆了較低分水岭、山坡、洼地和河谷。在洼地和河谷中最为发育，其分布也相当連續，組成一个盖层，断續的覆盖在紅色粘土、砂砾石层以及石灰岩、砂岩、頁岩、玄武岩等不同时代的岩层之上。在徽水冶河的左岸，高出現代河床10—15 米高阶地上堆积有馬兰黃土，厚約 5 米。

石家庄以南沿太行山东麓，于山麓和平原接壤地带馬兰黃土广泛分布于磁县、岳城以及漳河、安阳河上游和其它各大小支流中。在岳城和峰峰一带，馬兰黃土披盖或平鋪在晚第三紀紅色粘土、石炭-二叠紀砂、頁岩以及奥陶紀的石灰岩之上，一般厚为 3—5 米，最大厚度可达 10 米。馬兰黃土之下发現有离石-午城黃土，与馬兰黃土界綫清楚，有一明显的侵蝕面。

由磁县向南过黄河至东秦岭东麓，馬兰黄土分布的面积大減，而且只限于山的北坡。至东秦岭的南坡于汉水流域的各大小支流，如丹江、洪河、淅川、湍河等地分布則較少。在伊、洛河流域馬兰黄土分布的还比較广泛，在宜阳、洛宁、高美、伊川、嵩县与临汝等地均有出露，堆积在夾有埋藏土壤层的离石-午城黄土之上，呈不整合接触[54]（图 11 及 20）。

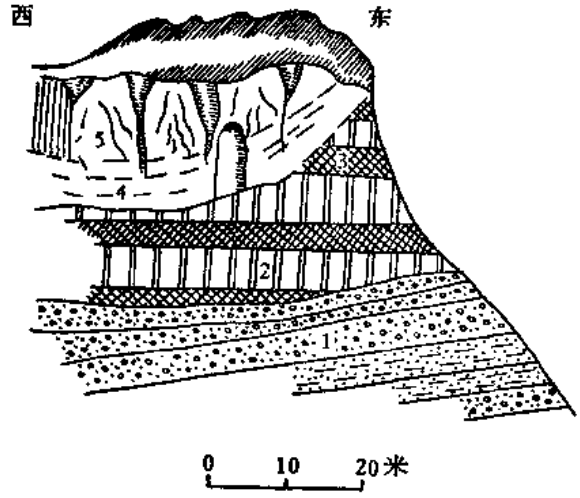


图 11　宜阳洛河南礼曲剖面（据刘松鶴）

1.第三紀紅色粘土质砂岩；　2.中、下更新統淺棕黃色黃土；　3.棕紅色埋藏土壤层；　4.上更新統紅黃色层清楚之亚粘土；　5.上更新統黃色黃土。

由东秦岭向东，为广闊的淮河平原，地面不見典型黄土，而被粘土、粉砂和砂等沉积物所組成的冲积层所代替。这是由于以往黄河改道和泛濫的結果，其沉积物是与黄土类似的黄土状岩石。

淮河平原以东，为山东低山丘陵，在山东低山丘陵地区，黄土主要分布在魯中南低山丘陵北部各山間盆地与山麓地带。山东半島的西北側山間和山前某些地区也見有极少的黄土分布。

在魯中南地区，在泰山、魯山的北麓，西起东阿，东經济南、益都、昌乐一直到濰坊之間，所有山間、山麓以及各大小构造与侵蝕盆地，如張夏、淄博、北河东、临朐等地，在盆地边緣地带均有黄土分布。至濰坊以东，黄土分布面积剧減而逐漸消失，被河流冲积物所代替，直至掖县一带又断續有所出露，但分布相当零星（图 12）。这里的馬兰黄土多掩覆在离石-午城黄土、紅色粘土、砂、砾石层或其以前更老的各紀的石灰岩、砂岩、頁岩与变质岩或其他类火成岩之上，形成一个由南向北緩傾斜的地面，逐漸过渡到华北平原。

在泰山北麓长清一带，馬兰黄土覆盖在与华北平原相邻的低緩丘陵上，但面积不广。在长清之南和張夏一带，沿山麓和谷地均見有黄土出露，披盖在由奥陶紀、寒武紀的頁岩、石灰岩所形成的低緩分水岭、丫口或填充在古老侵蝕开闊洼地中。在較高的以及陡峻的山坡、山頂一般黄土甚少，但是根据一些山坡上所保留的黄土来看，可能以往黄土分布的高度比現在所見者更高。

向东在济南、历城等地，黄土分布比較零星，再东至章丘、白云山、北河东与周村一带（图 12）黄土分布面积逐漸加大，其厚度也有所增大。这里馬兰黄土与离石黄土一起广泛分布于起伏不平的丘陵或盆地地形之上，覆于山頂、山坡或低地之上，只有較高的山頂未被黄土掩覆，黄土分布的高度变化很大，最大幅度差可达 100—200 米。黄土厚度約 5—7 米。在章丘附近，于御天山，飲馬河，放馬厂以及章丘煤田所在山区的山頂，均广泛分布有馬兰黄土，其分布高度达 700—800 米，厚約 30 米。

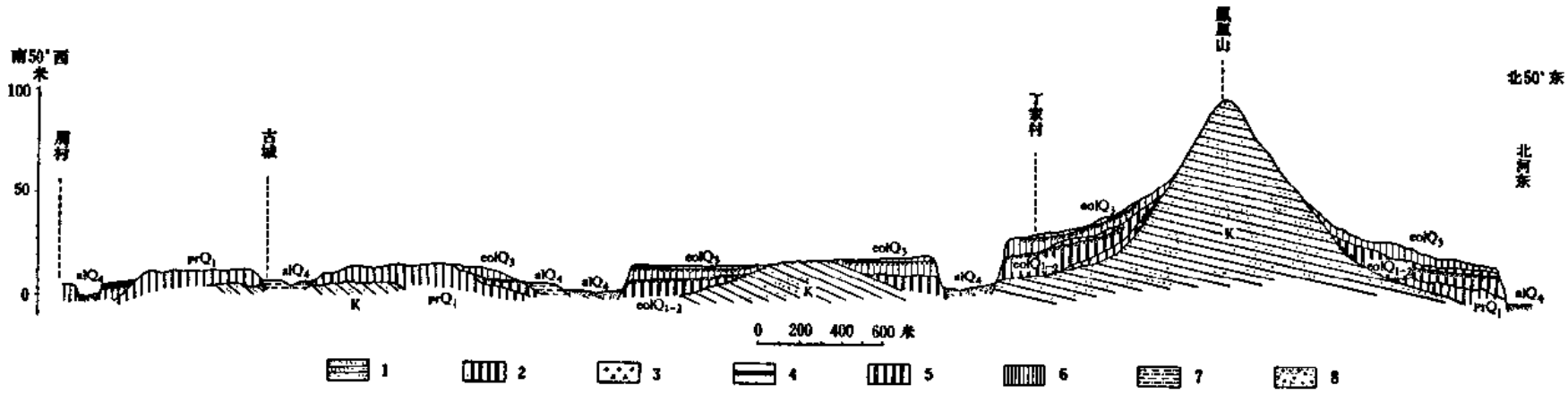


图 12　山东明水丁家村間地质剖面

1.砂、頁岩；　2.紅棕色亚粘土；　3.岩石碎屑；　4.埋藏土；　5.棕黃色黃土；　6.灰黃色黃土；　7.砂土、粘土；　8.砂、砾石。
K——白垩紀砂岩；　prQ_1——下更新統成因未明的沉积层；　$eolQ_{1-2}$——中、下更新統风积离石-午城黃土；　$eolQ_3$——上更新統风积馬兰黃土；　alQ_4——全新統河流冲积层。

再向东在大陆池以东，馬兰黄土沿淄川和淄博盆地的边緣地带分布，并由盆地中心延向山坡，断續覆于山坡与低地之上。由之向东至益都、临朐、昌乐(图 13, 14) 等地，黄土分布比其以西各地更为广泛，剖面良好，厚度一般为 10 米，有时可达 15 米，多分布在山麓与冲积平原接壤地段，成披盖式或平鋪式盖覆在前第四紀不同岩性地层之上。

由之向东至濰坊一带黄土分布逐漸减少而尖灭。最后过渡到冲积平原。

在泰山、魯山以南的沂源、萊蕪、新泰等地虽然在以往文献上提到有黄土[55]，但著者等在山东調查时未曾发現。抑或有其分布也不会很广，厚度也不会很大。更南在嶧县一带，对黄土的分布在以往文献上也曾有过記載，但根据所記述岩性来看很可能属于黄土状沉积。

山东东部，在山东半島地区黄土分布較少，仅零星見于半島北側的掖县到蓬萊之間，对于蓬萊以西，欒家口子一带，虽然也有的研究者称之为黄土，但就其岩性来看系属黄土状岩石。

离石-午城黄土

在华北地区，离石-午城黄土研究的很少，以往楊钟健等[56]曾在山东等地注意过它們的分布，当时称之为"紅色土"。并于其中找到过哺乳动物化石，其时代为中更新世，地层层位相当于山西、陕西一带的"紅色土"。也就是与离石-午城黄土相当。所不同者是山西、陕西一带的离石-午城黄土发育得較好，厚度較大，而华北地区厚度較小，其中所含的埋藏土壤层数相应减少，因此一般不易从馬兰黄土当中区分开。

在編制中国黄土分布图中，著者等曾根据自己的观察以及参考以往文献，对此区质地和岩性都比較純的黄土統称为离石-午城黄土（层位上相当于紅色土)。但由于研究的程度不够，其中某些地方尚有待以后工作中加以补充和訂正。

在华北地区，离石-午城黄土，分布面积不及馬兰黄土。

沿燕山山脉和太行山东麓，北起赤城、張家口，向南經北京涞源、易县、井陘、微水、磁县与岳城等地均有出露，黄河以南于秦岭的东端山麓，山东的泰山与魯山山麓各地也有少量的分布。

在北部沿燕山山麓，于張家口一带，离石-午城黄土覆于山坡、洼地及古河谷之中，其上覆以馬兰黄土，此层黄土經常以不整合关系覆于其以前各时代的不同岩层之上，厚达25米。离石-午城黄土与馬兰黄土之間界限明显，但在局部地区二者为过渡关系，一般在山坡下部它們彼此界限明显，并于局部地区发現有一厚約 30—60 厘米紅色砂质粘土过渡层[53]。

由張家口向南，在龐家堡井儿洼一带，馬兰黄土之下发現的紅黄色离石-午城黄土，其下常有砂、砾石沉积。由張家口向东，至昌平和北京一带也見有离石-午城黄土分布。主要分布于山麓和谷边，厚达 10 余米。在易县沿山麓离石-午城黄土覆于砾石层或其以前各时代的岩层之上。所見厚度各处不等，有时可达 10 米左右。



图 13　山东益都南王家庄剖面

1.石灰岩；　2.紅棕色亚粘土；　3.棕黄色黄土；　4.灰黄色黄土。

€-O——寒武-奥陶紀岩层；　prQ_1——下更新統成因未明之沉积；　$eolQ_{1-2}$——中、下更新統风积离石-午城黄土；　$eolQ_3$——上更新統风积馬兰黄土。

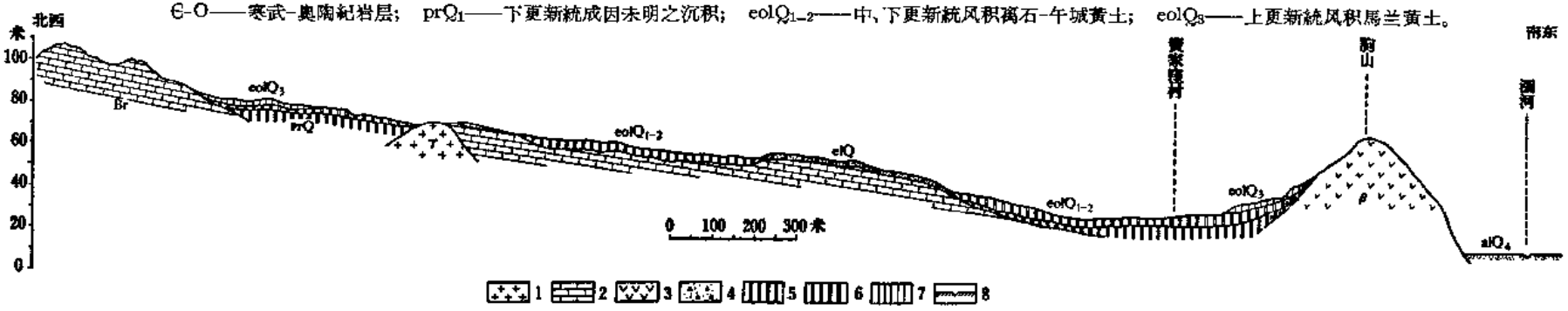


图 14　山东临朐寶家洼村一带剖面

1.火山岩；　2.石灰岩；　3.玄武岩；　4.砂、碎石；　5.紅棕色亚粘土；　6.棕黄色黄土；　7.灰黄色黄土；　8.砂。

Br——前第四紀灰岩；　γ——中生代火山岩；　β——中生代玄武岩；　elQ——第四紀殘积层；　prQ_1——下更新統成因未明之沉积层；　$eolQ_{1-2}$——中、下更新統风积离石-午城黄土；　$eolQ_3$——上更新統风积馬兰黄土；　alQ_4——全新統河流冲积层。

在昜县以南井陘、微水一带，沿冶河与綿河河谷于黃壁庄、平山、崗南等地，离石-午城黃土常裸露于山坡、凹地以及古河谷中[1]。这一带黃土的产状可以微水剖面为代表。

在微水的微水桥以西約一公里处有一人工路塹，黃土剖面保存甚好，可分为上、下两层，上层为次生黃土，下层为离石-午城黃土，其中夹有两层埋藏土壤，离石-午城黃土覆于砂、砾石层之上，厚5米(图15)。

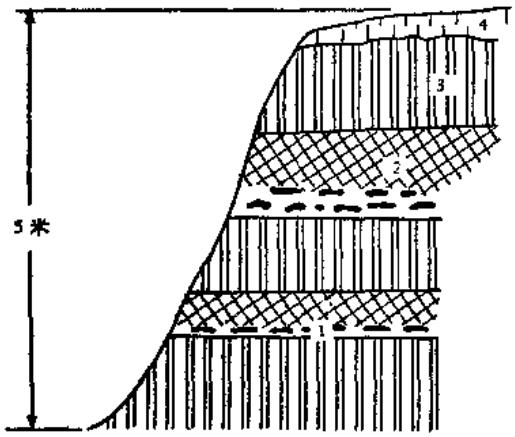


图15　河北微水微水桥黃土剖面(据吳子荣)

1.石灰质結核；　2.淺紅棕色埋藏土；　3.棕黃色离石-午城黃土；　4.次生黃土(黃土状岩石)。

在井陘、微水以南，磁县、岳城一带，离石-午城黃土分布于濊河与安阳河流域內，經常在分水岭、山坡或洼地中出露，覆于上新統紅土砾石以及其他更老的地层之上。

岳城以南在河南境內，沿太行山东麓及秦岭东麓也見有离石-午城黃土，其分布面积甚为广泛。根据文献記載，以及最近薛松鶴等同志的研究，在洛河、伊河流域均有分布，其中常夹有埋藏土壤(图16)。在洛河流域的洛阳至长水之間，于河谷北岸，广泛分布有超現代河床約300米的新生代地层所构成的丘陵，其沉积物一般可分为上、下两层，下层为始新統的粗大松散砂砾岩，上层为含有底砾岩与含鈣质結核的"紅壤土"沉积。G. B. 巴尔博等[54]认为这层"紅壤土"与山西含丁氏鼢鼠的紅色

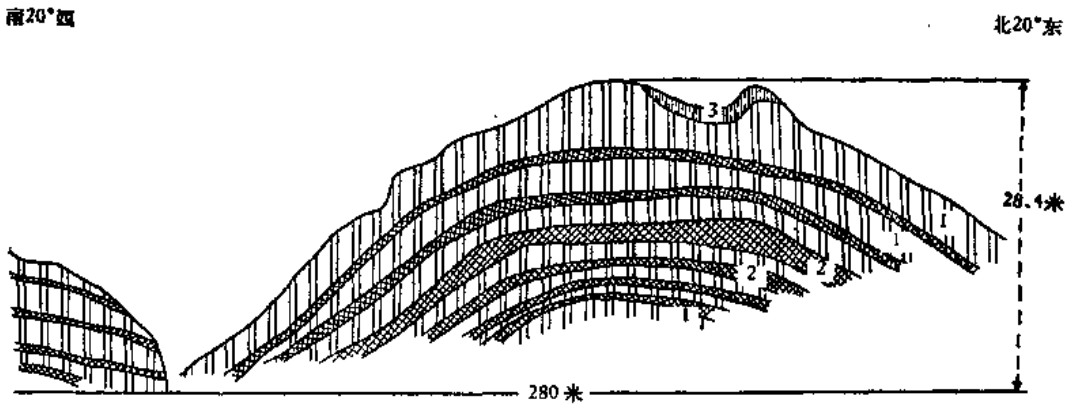


图16　河南偃师黑石关北坡离石-午城黃土剖面(据薛松鶴)

1.中、下更新統淺棕黃色离石-午城黃土；　2.黃土中紅棕色埋藏土壤层；
3.全新統淺灰黃色坡积黃土(黃土状岩石)。

土相当。在高美东南，干河东岸的一个剖面，其上层为土状沉积，尙可以細分为：a)紅条带含結核的紅壤土(下更新統)[2]；b)輕微条带状的黃土(中更新統)[3]；c)馬兰黃土。根据G.B.

1) 中国科学院地质研究所丁国瑜等：1961年，华北平原第四紀地质研究1961年工作报告。

2) 可能相当于現在的中更新統的离石黃土下部。

3) 可能相当于現在的中更新統的离石黃土上部。

巴尔博等的描述，可見 a 层与 b 层的特征頗似离石黃土上、下两部，所以本文将之归入离石-午城黃土中(图 17)。

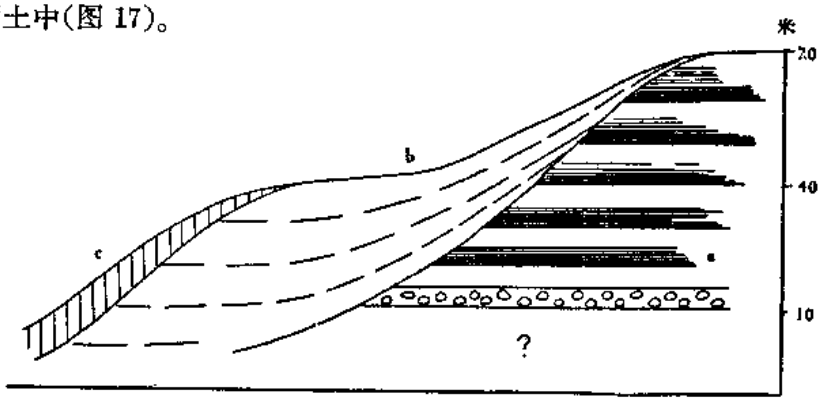


图 17 高美东南白坡附近甘河和洛河汇合处甘河东岸陡崖的横剖面(据 G. B. 巴尔博等)

a. 紅条带含結核的紅色土(下更新統)； b.淡紅色輕微条带状的"黃土"(中更新統)；
c.馬兰黃土(上更新統)。

上述"紅壤土"除在洛阳到长水之間有所发現外，于长水至卢氏間，在崇阳与卢氏盆地之中也有广泛分布，經常覆于安山岩和具有傾斜产状的第三紀地层之上(图 18)。

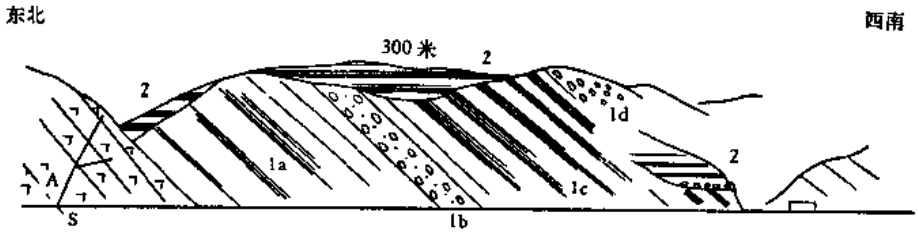


图 18 英賢鎮附近洛河右岸剖面(据 G. B. 巴尔博等)

A.安山岩，被石英脉(s)所穿过； 1a.带状紅土； 1b.薄层砂岩和砾岩； 1c.带状紅土和砾石；
1d."冰碛状"砾岩； 2.紅色含結核壤土(在高出洛河約 60 米处具有底砾岩)； 1a—1d.老第三紀； 2.层之下更新統黃土省略。剖面长約 5 公里。

在洛河与伊河以南，秦岭的南坡、北峪、西峡口、淅川等地也有这类离石-午城黃土(紅壤土)，在灌河流域一般都堆积在高达 20 米以上的第二阶地上，下伏以坚固的砾石层。在西峡口至淅川一段，"紅壤土"之分布与灌河流域极为类似，但在淅川盆地的西北隅，其分布則有所不同，經常掩覆于山坡之上。近丹江还有这类"紅壤土"，覆于高 20 米的阶地之上。值得注意的是这类"紅壤土"和秦岭北麓伊、洛河流域的同类土状沉积物极为相似。可見，在秦岭南麓，仍有較多的离石-午城黃土分布。

由此向东至山东境內，离石-午城黃土分布較广泛，主要出露在魯中泰山与魯山的北側，南側发現的很少。以往文献上称之为紅色土[56]。

在泰山、魯山的北側，离石-午城黃土广泛分布在济南、大临池、白云山、益都、临朐、山旺、昌乐等地，其中尤以白云山、大临池、益都等地所見者最为发育。

这一带的离石-午城黃土一般面积小，厚仅 1—6 米(有的較厚可达 10 余米)，經常不整合掩复在不同岩性的較老地层之上，个别地区在其底部見有薄的砂、砾石层。离石-午

城黄土之上覆以馬兰黄土，两者呈不整合接触。

在章丘县大临池与白云山一带(图 19)，离石-午城黄土的分布面积逐渐扩大，于較低的山坡、低丘、洼地和古河谷中均有出露，位于馬兰黄土之下，堆积在紅色亚粘土、砂、砾石及其他不同时代砂、頁岩与石灰岩之上，厚約 3—15 米。

向东至益都一带，离石-午城黄土分布的更广，在益都城南倪家庄、清水澗以及駝山与云門山、王家庄等地，均見有分布，它覆于山坡、洼地和河谷之中，有时覆于上新統深紅色粘土之上或直接覆于更老砂岩、頁岩和石灰岩之上。厚 13—15 米(图 20)。

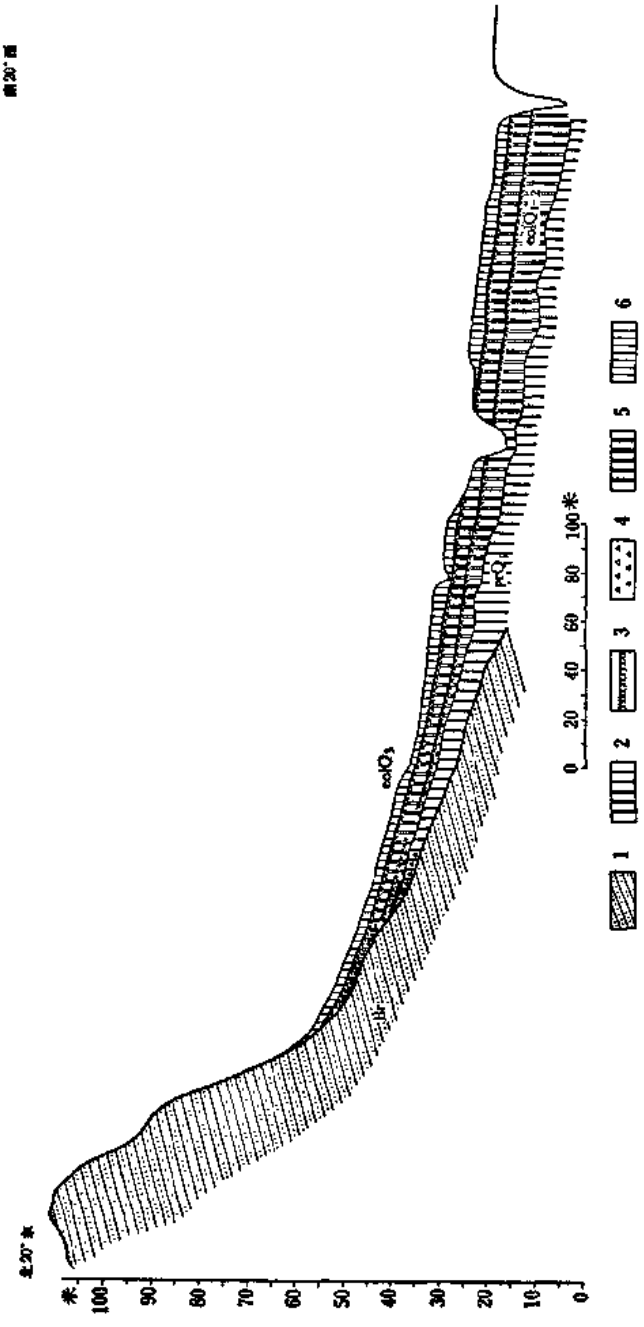


图 19　山东章丘县大临池北河东村黄土剖面

1.砂、頁岩；　2.紅棕色亚粘土；　3.紅棕色埋藏土壤层；　4.岩石碎屑；　5.棕黄色黄土；　6.灰黄色黄土。Pr——前第四紀基岩；　prQ1——下更新統成因未明的沉积；　eolQ1-2——中、下更新統风积离石-午城黄土；　eolQ3——上更新統风积馬兰黄土。

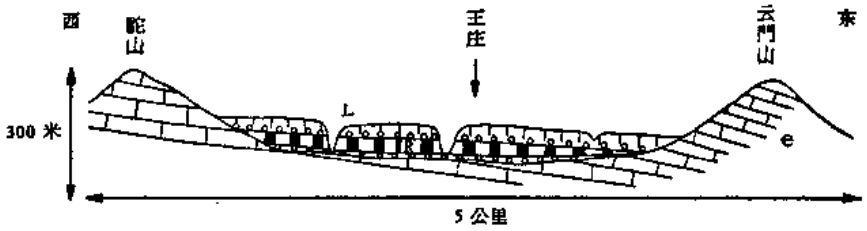


图 20 通过駝山和云門山的剖面(据楊钟健)

e.寒武紀灰岩; R.紅色土,具有底砾; L.黃土,具有底砾。

南至临朐与山旺之間,沿山坡之上,离石-午城黃土也很发育。山旺地区,离石-午城黃土分布的更广,剖面清楚,其厚度可达 20 米,但在集家河河谷,山旺系較发育的地方,其分布面积較小,于馬兰黃土之下仅見有少数露头[56]。

在益都向东至昌乐地区,在一些山坡之上仍見有不多的离石-午城黃土,如城南李庄与符山山麓均見有其分布,其下常发現有底砾石,不整合覆于各不同岩性的較老地层之上。

在泰山和魯山以南地区,以往文献上对"紅色土"这一地层有不少記載。在萊蕪范鎮之东于早第三紀官庄系的侵蝕起伏地形之上,有"紅色土"分布。在严庄至蒙阴寨之間,于河流基座阶地之上,也見有含石灰质結核的紅色土分布,被馬兰黃土同期的黃土状沉积物所覆盖。于涑水河河谷两側偶尔也見有含結核的"紅色土"覆于石灰岩喀斯特古地形上。向南至嶧县,也有"紅色土"的分布。

这里的紅色土基本上以紅色亚粘土为主,与魯山以北的紅色土中具黃土和埋藏土层的情况有些不同。这种情况是由于气候条件的不同使原来沉积的黃土发生了更大的改变呢?还是在此沉积之外另有离石-午城黃土呢?是今后研究中值得注意的問題。

2. 黃土状岩石的分布

关于华北平原的黃土状岩石[1],在以往文献上报导較少,对其分布,地层与时代等等,还沒进行更詳細的研究,过去一些研究者常把此区內黃土状岩石称之为次生黃土[53]、馬兰墟坶[46]、紅色土[56]、新黃土[48],也有人称之为黃土[57]2),3);日本人在研究这一地区黃土类沉积物时,又把黃土类岩石根据分布位置不同,称之为山頂黃土、坡面黃土、段丘黃土[58,59]等等,沒有把黃土和黃土状岩石进行区分。作者等当編制黃土分布图时,曾对此問題給予注意,发現上述各类沉积与标准黃土間很类似,但彼此間还有很大差别。茲根据一些研究作如下描述。

华北平原內黃土状岩石分布比黃土广泛。沿燕山南麓經太行山、秦岭东麓,向东至魯

1) 除山东地区外,于"中国黃土分布图"中未表示。

2) 刘云从:1956 年,山东蓬萊、栖霞、黃县地区普查找矿及矿点檢查地质报告。

3) 河田学夫:1938 年,山东省嶧县炭田調查报告。

中南山地和山东半島的北側广大地区均有出露。另外在海河平原的北部与黃河平原的部分地区也有分布。

在本区分布的黃土状岩石，就其成因不同可以划分如下几个类型[1]：1)冲积的；2)坡积的；3)洪积-冲积的；4)坡积-殘积的等等几个类型。茲根据其分布、岩性分别叙述如下：

1.冲积黃土状岩石：是华北平原地面上分布最广的一个类型，在平原边緣的各山麓、河谷和洼地中均有分布。

在北京、三河县(不老淀、五百戶、漠庄子)、玉田、卢龙、昌黎、临榆等地非常发育，常与泥炭、砂、砾石等沉积互层，形成冲积平原。其形成时期为全新世。由之向西至昌平、怀来、龐家堡和張家口等地，沿各大小河流也有分布，在張家口的一些低洼的河谷或冲沟中分布也十分广泛，夹有砂、砾石并具有明显的水平层次，为次生黃土，厚达 30 米[53]。向南于北京附近，如北京西山、周口店、房山等地沿山麓与平原接壤地带也有分布，常組成超河漫滩第一、二級阶地。

在北京以南沿太行山东麓各大小河谷中也有断續出露，堆积在第二、三級超河漫滩阶地上，如井陘、磁县、岳城等地所見者均以阶地形式出現。

黃河以南在秦岭的东端，沿秦岭南北两麓分布于洛阳、漳水一带者，堆积在超河漫滩高阶地上，其中夹有石灰质結核及紅色条带，时代可能較馬兰黃土为老[54]。

在山东各大小盆地和河谷中，冲积黃土状岩石也有很广泛的分布，例如，在明水、淄川、淄博、临朐、益都、昌乐、沂源、萊蕪(图 21)、汶河与泗水等盆地內均有出露。沭水一带虽也有分布，但面积已不广。上述冲积黃土状岩石，主要是分布在大河两岸形成数米至 20 米高的阶地，多由黃土經再搬运堆积而成。

2.坡积类型的黃土状岩石：在分布上所占面积較上述冲积类型的黃土状岩石为小，沿山麓分布。其中以太行山东麓的井陘、峰峰之北以及山东魯中地区最为发育。

在太行山的东麓微水、烟堡一带，坡积黃土状岩石分布甚广。根据剖面上岩性变化可以詳細划分 2 至 3 层，覆于山坡与其下棕紅色粘土呈不整合接触(見后图 25)。在山东境內，于一些盆地中此类黃土状岩石分布也很广，主要堆积在各个盆地的边緣或起伏的丘陵坡面上，在古老开闊洼地中，常逐漸过渡为冲积黃土状岩石，两者缺少明显的分界綫。在萊蕪、范鎮与明水等地所見者，常覆于不同基岩之上，一般厚数十厘米到数米不等(图 22、23)。

3.洪积冲积类型的黃土状岩石在本区各地也有分布，但不如以上两者广泛，多沿太行山与山东个别山麓分布(图 24)，其时代有老、新之分。(据邢嘉明等[2]研究)在太行山东麓

1) 因以上几类型黃土状岩石的分布資料不足，所以除山东地区外，未在"中国黃土分布图"內表示。几种成因类型在图內也沒詳細分，統归在坡积-冲积类型之中。

2) 邢嘉明、吳忱、郑祥海：1961 年，河北滹沱河冲积扇的发展过程。

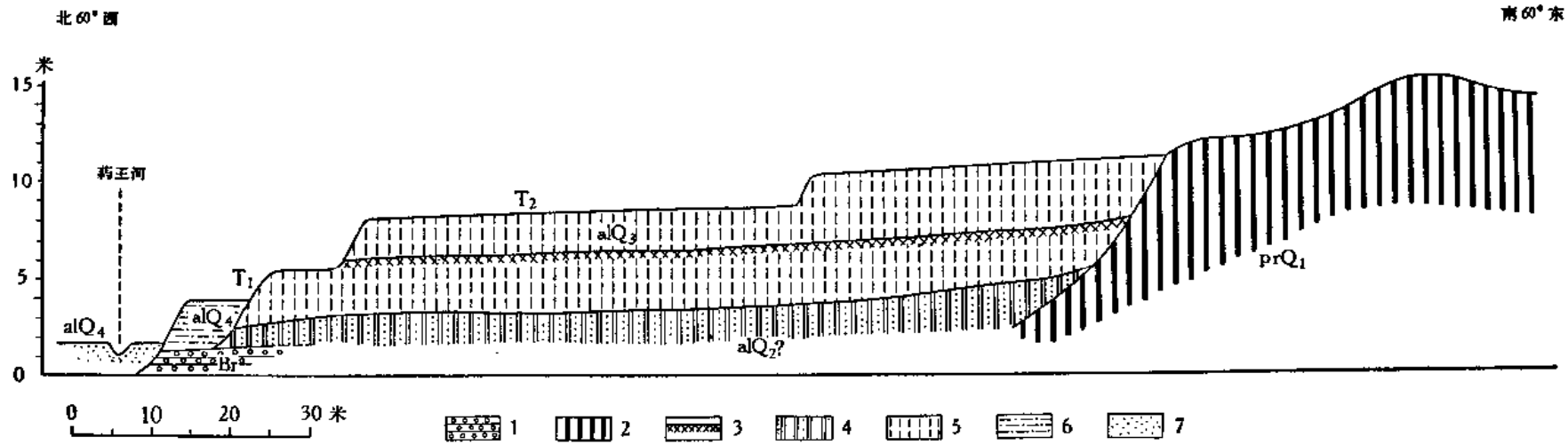


图 21　山东莱蕪解林前村药王河阶地剖面

1.砾岩；　2.紅棕色亚粘土；　3.黑色堆藏土；　4.紅黃色黃土状亚砂土；　5.灰黃色黃土状亚砂土、砂、砾石；　6.砂土、砂、砾石；　7.砂、砾石。

Br——前第四紀基岩；　prQ_1——下更新統成因未明的沉积层；　alQ_2?——中更新統河流冲积层；　alQ_3——上更新統河流冲积层；

alQ_4——全新統河流冲积层；　T_1——現代超河漫滩第一級阶地；　T_2——現代超河漫滩第二級阶地。

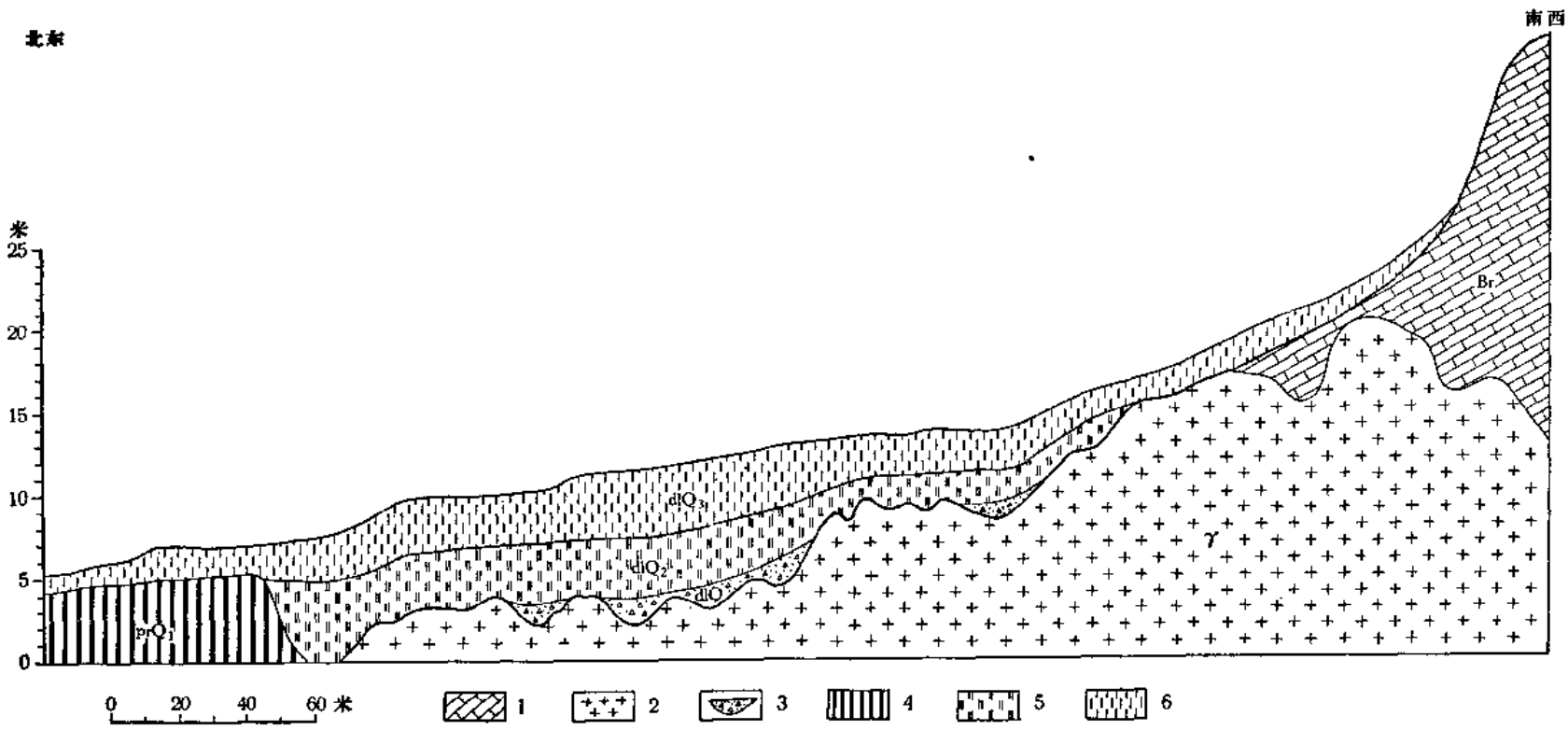


图 22 山东莱芜县西民站坡积黄土状岩石剖面

1.石灰岩； 2.火成岩； 3.砂、基岩碎屑； 4.红棕色亚粘土； 5.棕黄色黄土状亚粘土、亚砂土； 6.浅灰黄色黄土状亚粘土。
Br——前第四纪基岩； γ——前第四纪火成岩； dlQ——第四纪坡积层； prQ_1——下更新統成因未明之沉积层；
dlQ_2——中更新統坡积层； dlQ_3——上更新統坡积层。

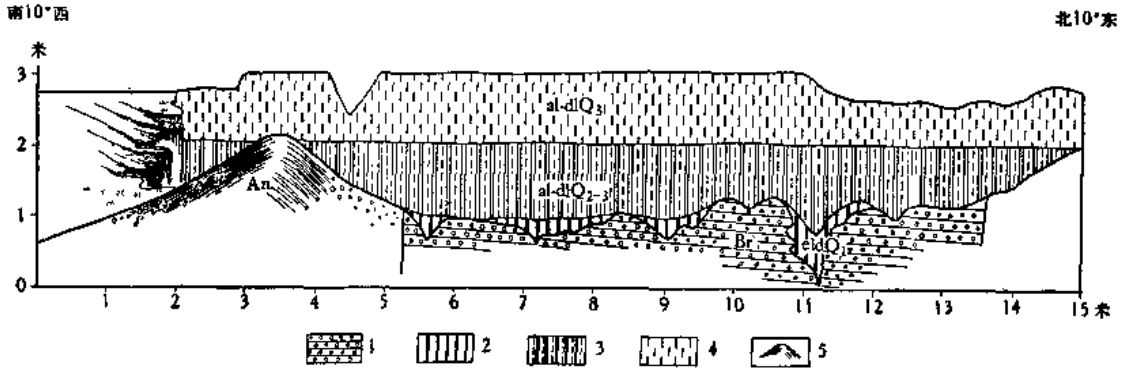


图 23　山东章丘明水唐德堰黄土状岩石剖面

1.砾岩；　2.淺紅棕色亚粘土；　3.棕黃色黃土状亚粘土、砾石；　4.灰黃色黃土状亚粘土及砾石；
5.灰黃色黃土状亚粘土及砂、砾石混合体。
Br——前第四紀基岩；　eldQ$_1$——下更新統殘积-坡积层；　al-dlQ$_{2-3}$——中、上更新統冲积-坡积层；　al-dlQ$_3$——上更新統冲积-坡积层。　An——現代人工堆土。

由北京至信阳間，于山麓多分布在地形等高綫 100 米以下的地段，堆积成由西向东緩傾斜地面。有时則成明显的扇形地，寬数公里到 40—50 公里，其面积大小与岩石性质常随地区之不同而变化。根据最近研究，在漳河与滹沱河出口处，这类黃土状沉积物十分发育，就其时代之先后初步可分为三层，埋藏在地下不同深度，第一层埋藏于地下 20—60 米，第二层埋藏于地下 70—140 米，第三层埋藏于深度在 150 米以下。

4.殘积-坡积类型的黃土状岩石，在本区分布較少，分布于泰山、魯山及太行山等低緩的山口和斜坡之上，厚度很薄，不超过 2 米。与下伏基岩逐漸过渡。

（三）　黃土和黃土状岩石地层

本区黃土根据岩性与接触关系以及其中所含动、植物化石等特点，一般可分为上、下两层，上层为淺灰黃色黃土(上更新統)，下层为棕黃色或淺紅黃色黃土(中、下更新統)。前者可与山陝地区頂部的馬兰黃土相当，后者則与离石-午城黃土对比。至于黃土状岩石如前所述也可以划分为与黃土类似的上、下两层。

綜合前述在張家口、宣化、微水、洛宁、大陆池、益都等地所見，发現本区馬兰黃土与离石-午城黃土常具如下特点：

本区馬兰黃土为淺灰黃色、粉砂质、疏松，一般見有較多的大孔隙，含碳酸盐，柱状节理发育，常形成垂直陡壁，全层自上而下相当均匀一致，經常看不到层理，一般不含砂、砾石沉积。但在少数山前地带黃土之下偶尔也发現砾石。在太行山东麓及山东个别地区尚見 1—2 层黑色埋藏土壤层(图 25)，厚度一般为 1—2 米。

本区离石-午城黃土为棕黃色，有时微显紅黃色，一般比較細，較坚实而致密，具有大孔隙，但大孔隙較馬兰黃土为少，全层上、下均匀一致，无层理，砂、砾石等夹层。但在局部地区于其底部有时混杂碎石块。在离石-午城黃土中常夹有 1—3 层棕紅色埋藏土壤层。

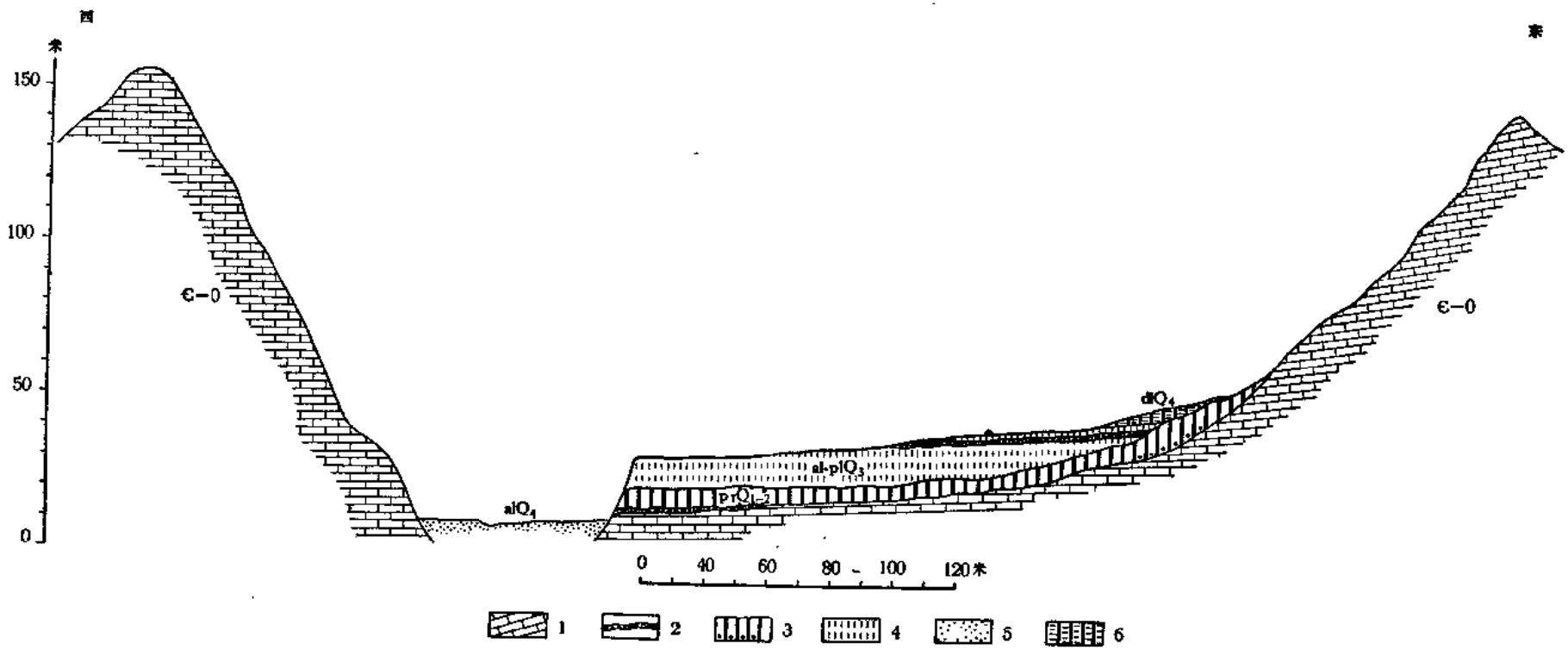


图 24　山东淄博下道义黄土状岩石剖面

1.石灰岩；　2.砾石层；　3.红棕色亚粘土、砂、砾石；　4.淡灰黄色黄土状亚砂土、具层理夹砂、砾石；　5.砂、砾石；　6.灰黄色黄土状砂土及红棕色亚粘土混合体。
€-O——寒武-奥陶纪沉积岩；　prQ_{1-2}——中、下更新统成因未明的沉积层；　$al\text{-}plQ_3$——上更新统冲积-洪积层；　alQ_4——全新统河流冲积层；
dlQ_4——全新统坡积层。

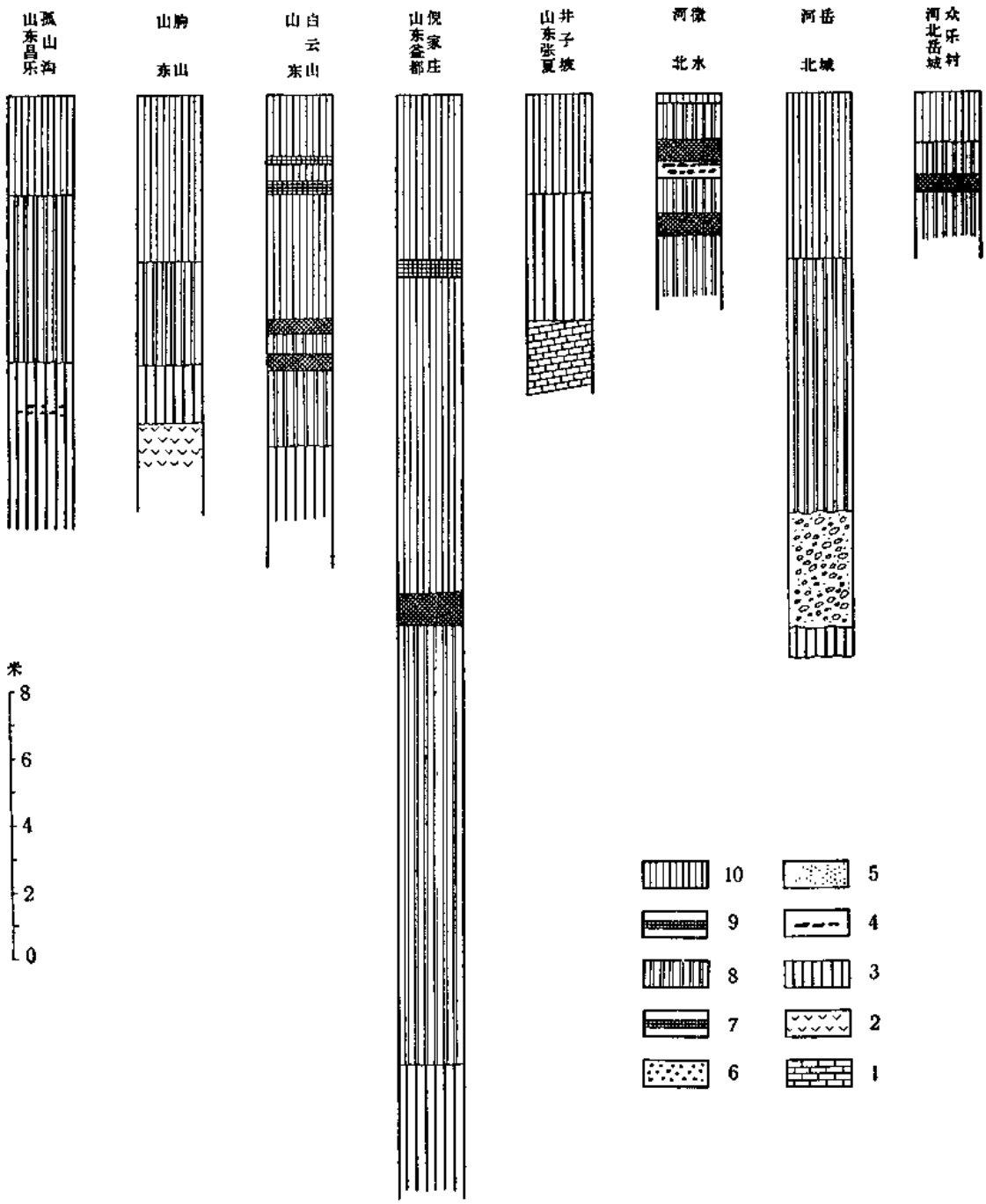


图 25 河北、山东各地黄土地层柱状剖面

1.石灰岩； 2.玄武岩； 3.紅棕色亚粘土； 4.石灰质結核； 5.砂； 6.碎石； 7.紅棕色褐色土型埋藏土； 8.离石-午城黃土； 9.黑色黑壚土型埋藏土； 10.馬兰黃土。

一般保存良好，具有土壤剖面結构与构造特点，粘化层和淀积层都很明显，但不如黄河中游离石-午城黄土中的埋藏土剖面完善，粘化层色很淺，鈣质淋洗也輕微，埋藏土壤的厚度也較薄，多在 2 米以下(图 25)。

以上这两层黄土常呈不整合接触。

馬兰、离石-午城黄土由于其分布所在地区的地质、地貌条件不同，因此各地岩性尚有一定差异。例如，分布在北京附近的馬兰黄土其底部經常发現有砂、砾石沉积。而在山东大临池、周村、白云山、益都、倪家庄等地又見有黑色的埋藏土壤层(图 25)，这一埋藏黑色土壤层，在其他地区也有发現。

上面所提到的这一黑色黑壚土型的埋藏土壤层，就其內、外部特点来看均与晋、陝等地的馬兰黄土中的黑壚土型埋藏土相似。由于各种土壤是一定气候条件下生物地球化学作用下的产物，因此推測当山东馬兰黄土中黑壚土形成时，其气候条件可能与晋、陝馬兰黄土形成当时的气候条件相似。本区馬兰黄土之頂部，特别是在含黑灰色埋藏土壤层之上，可能有部分是全新世时期的黄土沉积。

关于离石-午城黄土的岩性与物质成分等，直到目前为止研究的还很少，所以难以比較和討論。据記載在各地所見者仍有若干差异，例如，以离石-午城黄土中的埋藏土层的层数和发育好坏程度为例，則于各地所見并不完全一致。

在張家口、怀来和昌平等地，以往报告中均未提及有埋藏土壤层，估計能有发育。在徽水、井陘以南各地，近年来研究結果发現其中含有褐色土型的埋藏土壤。埋藏土壤的层数似乎有由北向南逐漸增加的趋势，例如在徽水一带为 1—3 米，在河南洛宁一带为 5 层。山东的离石-午城黄土中的埋藏土壤层数較少，基本上同井陘、徽水一带相似。

华北地区黄土状岩石的岩性与其成因关系密切，随成因不同而异。一般冲积、坡积、洪积各成因的黄土状岩石，根据顏色和接触关系等不同可以划分为上、下两层，如果連同其底部經常出現的紅色亚粘土在內，則可以划分为上、中、下三层，兹根据其成因类型不同分别叙述如后：

1. 冲积黄土状岩石

分布于本区各地的冲积类型的黄土状岩石，根据其分布的地貌位置及距現代河流的远近基本上可以分为：(1)靠近現代河流；(2)远离現代河流的两类。近河流者常形成第二級阶地和第三級阶地。沉积物主要为砂、砾石及黄土状砂土、黄土状亚粘土等等，这些黄土状岩石多系原生黄土再沉积而成。此类冲积黄土状岩石在昌黎、卢龙、迁安、三河、玉田等地夾有泥炭和黑色粘土，在山东章丘、淄博、萊蕪等地夾有 1—2 米黑土(图 26)。

第二类远离現代河流黄土状岩石，广泛分布于山东各构造盆地与华北平原边緣地区。因其受河流流水作用較弱，故其外部特征上与前一类略有差别。一般层理不明显，岩性沿水平方向变化不大，以黄土状亚粘土成分为主，偶尔于其中見有滾圓和分选良好的砂砾石

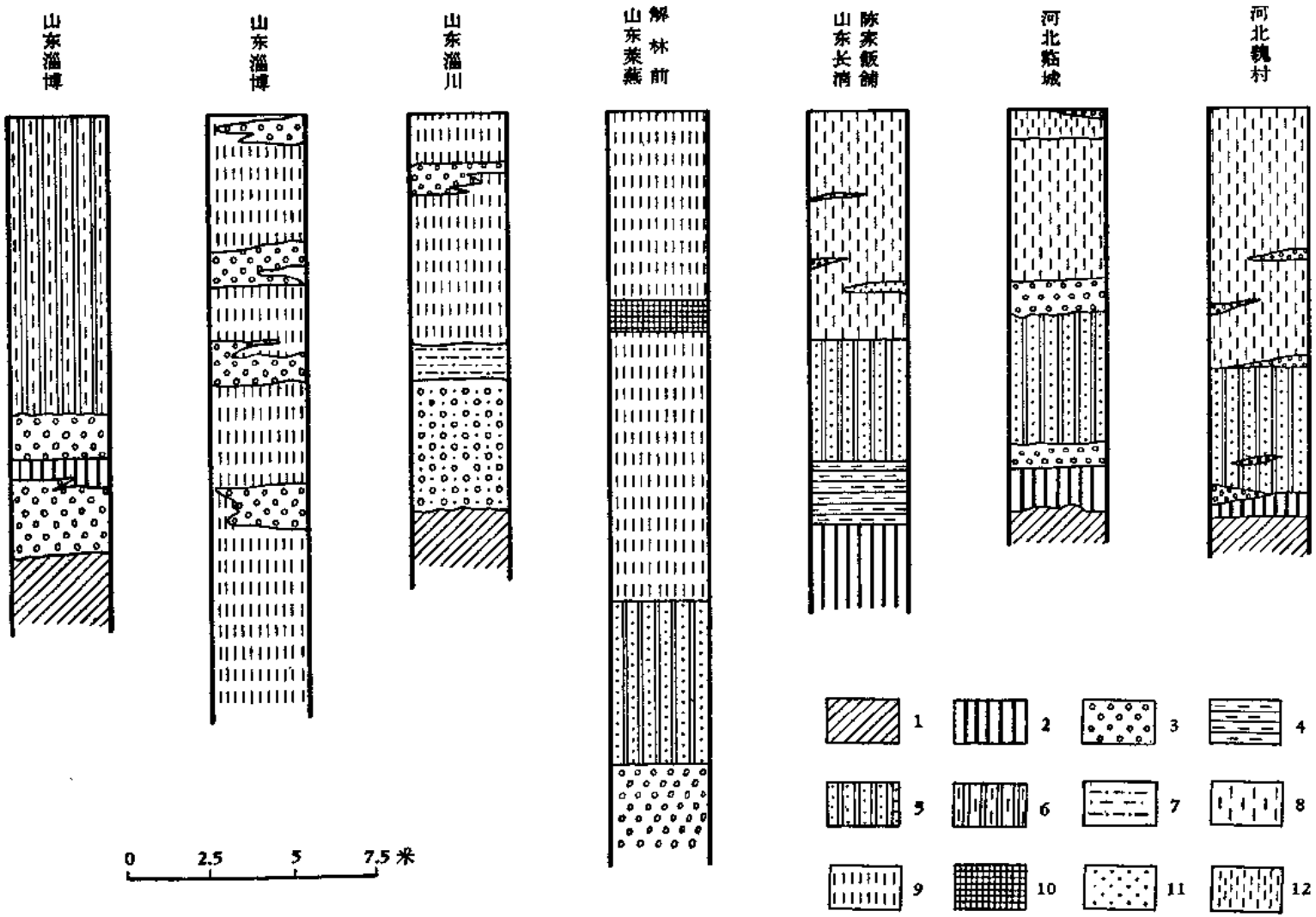


图 26　山东、河北各地冲积黄土状岩石柱状剖面

1.基岩；　2.红棕色亚粘土、粘土；　3.砾石；　4.夹黄土状亚粘土层的红棕色亚粘土；　5.浅红黄色黄土状亚砂土；　6.淡红黄色黄土状亚粘土；
7.灰黄色砂土；　8.棕黄色黄土状亚粘土；　9.棕黄色黄土状亚砂土及砂、砾石；　10.黑垆土型埋藏土；　11.砂；　12.灰黄色黄土状亚粘土。

和砂等沉积物。有时形成透镜体夹层，此类冲积黄土状岩石亦可分为上、下两层，多见于山东明水、博山、莱芜等地。

冲积类型的黄土状岩石的岩性，随分布地区有所变化，例如在山东明水、淄博等盆地多为黄土状亚粘土，而在山东莱芜、解林前一带，则为黄土的再沉积物"次生黄土"，及至山东范镇与平邑等地则又变为砂土。

2. 坡积类型的黄土状岩石

坡积类型的黄土状岩石其岩性随分布地区不同而变化，一般层理明显，常夹有棱角显著分选不良的砾石及基岩碎屑。

在太行山东麓微水烟堡剖面上，按颜色之不同可細分为上、中、下三层：上层为灰黄色；中层为棕黄色；下层为紅黄色，其中夹有砂、砾石与附近山地基岩碎屑。棱角显著，其下直接与紅棕色粘土或其他各紀老地层接触(图 27)。

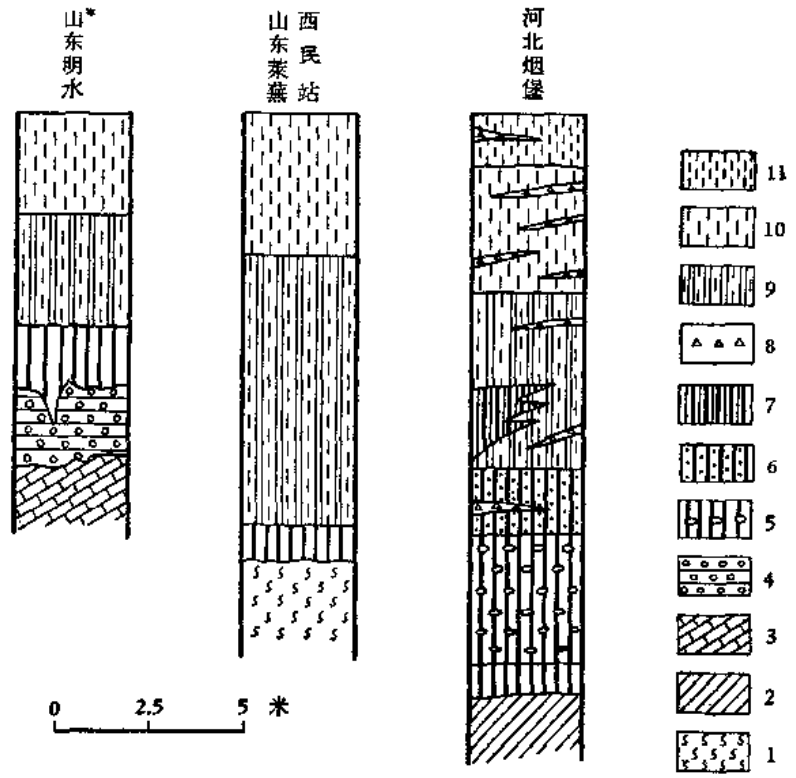


图 27　山东、河北各地坡积黄土状岩石柱状剖面

1.前第四紀火成岩；　2.前第四紀基岩；　3.前第四紀石灰岩；　4.前第四紀砾岩；　5.紅棕色及紫紅色粘土与砾石；　6.紅棕色亚粘土及砂；　7.紅棕色亚粘土；　8.碎石；　9.深棕黄色黄土状亚粘土；　10.棕黄色黄土状亚粘土；　11.灰黄色黄土状亚粘土。　* 山东明水为坡积-冲积成因类型。

在山东明水盆地內剖面发育也甚良好，在盆地中心的一个人工剖面上，由上到下可以大致划分为上、中、下三层：上层为暗黄色黄土状亚粘土，具大孔而坚实，零星夹有滾圓的小砾石，砾石直徑大小在 5 毫米以下；中层为棕黄色的黄土状亚粘土，除颜色較深外，其它

特点与上层相同，唯砾石較大；下层为紅黃—棕色之亚粘土与砾石，土质坚实呈块状，有黑色铁錳薄膜，夹砾石，砾石成分复杂有砂岩、頁岩、石灰岩、石英岩及髓石等等。上、下各层之間界限并不十分明显，是逐漸过渡的。其下与基岩界限清楚，呈不整合接触。

3．洪积-冲积类型的黃土状岩石

一般岩性变化較大，在河北峰峰地区于大峪南沟內剖面所見者可分为上、下两层，上层为黃色黃土状亚粘土，具水平层理，含砾石夹层，由上而下砂与砾石层漸少，厚 10.1 米；下层为深紅色黃土状亚粘土，夹有砂和砾石，层理清楚，常被石灰质所胶結形成大块，厚 2.1 米，直接覆于三迭紀砂岩之上，在山东下道义等地也見有此层(图 28)。

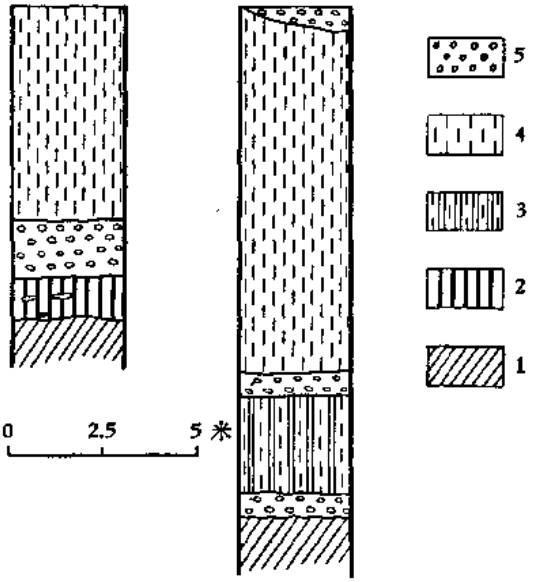


图 28　河北峰峰南大峪洪积-冲积黃土状岩石柱状剖面

1.前第四紀基岩；　2.紅棕色亚粘土；　3.紅黃色黃土状亚粘土及亚砂土；　4.棕黃色黃土状亚砂土及亚粘土；　5.砂、砾石。

4．殘积-坡积类型的黃土状岩石

其岩性各地变化很大，受下伏基岩影响。分布于泰山、魯山山区位于砂、頁岩之上者为淺灰黃色黃土状亚粘土、亚砂土，分布于石灰岩之上者多为紅色亚粘土。如果分布在老的片麻岩或其他各类火成岩之上者，則常变为淺紅、黃色的砂土。

根据以上所述可以看出，分布在华北平原各地的黃土和黃土状岩石，其共同特点是都可以分层，黃土按其时代之不同可分为两层，而黃土状岩石根据岩性特征也可以分为两层到三层。这說明黃土和黃土状岩石在其沉积过程中有其共同規律，反映其沉积当时的气候条件和沉积条件的相似性。但是，黃土和黃土状岩石以及各个类型的黃土状岩石之間也不完全相同，其不同之点表現在分布、产状、岩性和厚度等方面。

（四）　黃土和黃土状岩石的区域特征

本区黃土的产状、地层、时代、岩性等虽与其西邻黃土高原的黃土类似，但由于处在典型黃土分布区的外緣，在地质、地貌条件方面和黃土高原不同，所以也有它自己的特点。

1．黃土和黃土状岩石分布上的特征

(1) 华北地区黃土分布面积比东北境內为广，但黃土状岩石的分布却不如东北。

(2) 黃土和黃土状岩石的分布主要是沿山麓成条带状延长。黃土多分布在現在地势較高的山前平原、山坡、分水岭等地，而黃土状岩石絕大部分則是分布在山麓、洼地、平原

和河谷之中，其位置較黃土为低，位于黃土外緣。

（3）本区黃土虽不象其西邻黃土高原那样成为連續盖层，但也比較連續，尤其是在張家口、龐家堡、宣化、龙关、怀来等地，黃土經常成为一个不厚的盖层，掩覆了以前的分水岭、山坡、盆地和古老河谷，其产状与黃土高原相似。

（4）本区黃土分布高度，各处变化較大，并且常見有一定的坡向性，分布于山的西坡和北坡的黃土海拔較高，厚度也大；分布在南坡和东坡上的黃土其上限海拔較低，而且厚度也較小。

（5）黃土下伏古地形的形态也相当复杂，有低山、丘陵、平原、盆地等不同地形。黃土經常以披盖式、掩覆式、充填式、平鋪等形式覆于各地形之上，成不整合接触，但堆积的地形常随其下伏古地形的起伏而起伏。

（6）黃土的厚度在本区变化很大，随地区而不同，一般在北部如張家口、宣化等地最大，厚度有时可达 50 米。在太行山东麓經常是 12 米；在山东有时可达 30—60 米。目前对这一地区研究尚少，因此也可能有更厚的地区。

黃土状岩石在华北地区分布面积比黃土广泛，北起燕山南麓向东一直到山东半島，向南直达汶泗冲积平原，于此区无論山地和平原均有分布。厚度較大，其分布常受构造和水系控制。

綜合以上所述，可以看出本区黃土和黃土状岩石的分布与其西邻晋、陝、甘等地黃土高原上的黃土，在其分布形态和分布位置上有所不同，这无疑是与区內黃土沉积前的地质构造和地形以及在这样地形之上发育起来的水系分布有联系。

2．黃土和黃土状岩石岩性和时代上的特征

（1）本区分布的黃土以馬兰黃土为最广，离石-午城黃土較少，厚度也薄。馬兰黃土是淺灰黃色，某些地区于其中发現有 1—2 层的黑壚土型的埋藏土壤层。离石-午城黃土顏色較深，为紅黃到棕黃色，常夾有 1—3 层（最多在河南有 5 层）棕紅色褐色土型的埋藏土。从顏色及其中所夾埋藏土类型来看，它們与黃河中游地区的馬兰黃土及离石-午城黃土类似。只是离石-午城黃土中的埋藏土不如黃河中游发育良好，厚度較薄，层次較少。至今在黃土中尚未发現类似晋、陝等地离石黃土下部和午城黃土中的密集紅色条带（埋藏土？）和鈣质結核层。

全新世时期有大量黃土状岩石（次生黃土）沉积。黃土沉积常与馬兰黃土相复合。但除在保留有黑色埋藏土的地区或具有考古資料的地区能識别出以外，均不易划分。

（2）在本区黃土之中发現有以下各类化石[56]：

野猪（*Sus* sp.），假軸鹿（？）（*Pseudaxis magnus* Zdansky），葛氏斑鹿（*Pseudaxis grayi* Zdansky），短角水牛（*Bubalus brevicorni* Young），肿骨大角鹿（*Sinomegaceros pachyosteus* Young），肿骨大角鹿（*Sinomegaceros flabellatus* Young），山东羱羊（*Ovis shantungensis* Matsumoto），安氏鴕鳥（*Struthiolithun anderssoni*）。

上面所举化石种属除水牛以外，与晋、陕等地黄土中所发現者极为类似。由于这些动物以喜干旱的为主，所以同样证明本区黄土堆积时，气候也是比較干燥的。在張家口一带黄土中发現有朴树种子[53]，朴树是干燥气候条件下的植物，这证明黄土堆积时气候条件比較干燥。另外，本区黄土中埋藏土与晋、陕两地相似，所以证明当时自然环境彼此相似。

（3）本区各地黄土的机械組成，化学成分均甚类似，以 0.05—0.005 毫米粉土粒級为主，大于 0.05 毫米与小于 0.005 毫米的两粒級部分都較少，根据袁又中对山东地区的黄土分析，不同时代黄土顆粒成分十分相似，未見显著不同。据袁氏的分析，山东黄土的顆粒自北而南有逐漸变細的趋势。这也证明本区黄土与晋、陕各地黄土在岩相变化上相似。虽然，富田达[57]、柴田秀賢[58]分析的張家口一带"黄土"在矿物成分上略与山东及晋、陕、甘等地不同，但因他沒有把該地黄土与黄土状岩石严格分开，分析的标本中可能有許多是黄土状岩石，所以据之难以对比。

本区黄土状岩石地层較发育，虽然，至今还沒有找到很多足以确定地层时代的化石，但根据其岩性和接触关系等可以划分为上、下两层。上层为淺灰黄色，下层为棕黄色到紅黄色，二者中很少見有埋藏土层，均具相当明显的层次，夹有砂、砾石沉积；其厚度和岩性随所在地区的不同而异，与黄土之間差别甚大，显然在成因上与黄土是絕不相同的。

（五） 若干問題

1．关于紅色土和黄土

自 1930 年 P. 德日进、楊钟健之"山西西部陝西北部蓬蒂期后与黄土期前之地层观察"[19]一文发表后，在我国地质文献中开始使用"紅色土"一名。不仅在晋、陕黄土高原区使用这一名詞，在华北地区也使用这一名詞。但华北平原地区的"紅色土"和晋、陕間的"紅色土"还不完全一样，所以有在此加以說明的必要。德、楊二氏最初所命名的紅色土是指晋、陕間馬兰黄土之下三趾紅土之上的一段地层，根据找到的化石种类不同，将紅色土分为 A、B、C 三带。当时把紅色土 A 带代表中或上上新統（后来称为靜乐系，但在德、楊原文中并未如此称呼）；B 带代表泥河湾組，而 C 带則和周口店阶相当。最初虽从古生物上对紅色土进行了分带，但并未从地质上将各带之間的具体界限指明。P. 德日进、楊钟健后来在山西东南部对这一地层进行研究时，在紅色土 B 带和 C 带之間找到了一个明显的不整合面（图 29），对二者之間的接触关系才較清楚，但对紅色土 A 带还是知道得較少，其后，P. 德日进、裴文中[60]、楊钟健[61]等对紅色土地层間的关系及其中动物化石又作了更进一步的研究，认为紅色土的 B 带，应归入周口店阶，而不是泥河湾組，特别是根据山西太谷的剖面，紅色土 B 层不整合于相当于泥河湾組之上更确定了二者的关系。因此曾专門把紅色土 B 带定为上三門組。

在成因上德、楊等认为紅色土与上更新統的馬兰黄土有所不同[19]，最近楊钟健认为紅色土可包括在其所謂的广义黄土之中[62]，其成因是由水与风两种营力作用形成的，而

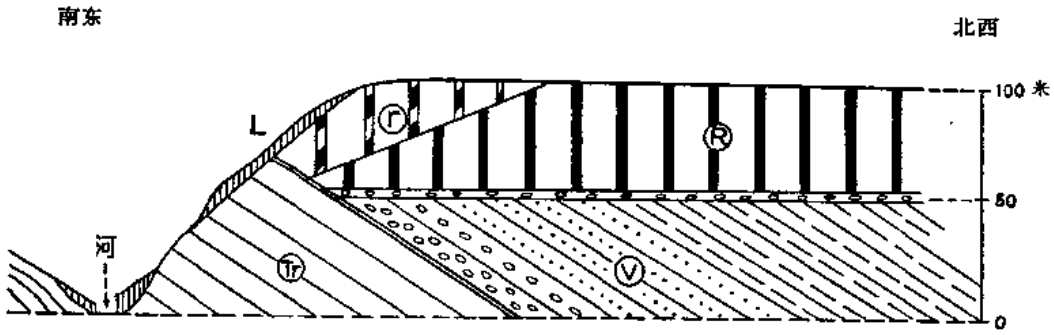


图 29　山西榆社張家沟附近剖面(据 P. 德日进、楊钟健)

Tr——二叠系；　V——蓬莱期紫色湖积岩层；　R——顏色較深之紅土(相当周口店 13)；
r——新紅土(周口店第一?)；　L——黃土。

馬兰黃土主要是风成的，同时也认为广义的黃土也包括紅色土以下的下上新統的三趾馬紅土在內。后来 A. C. 凱西 (Кесь)[63] 研究中国黃土时也有此看法，但她认为三趾馬紅土、紅色土、馬兰黃土全是风成的沉积。

著者等研究黃土时除根据新的化石及不整合关系在楊钟健等划分的基础上对其地层时代进行划分外，对紅色土的成因类型曾加以討論，并证明紅色土是馬兰期以前的黃土，称之为老黃土[15]。1959 年又根据山西隰县一带德、楊曾研究过的紅色土，在午城鎮建立了一个标准剖面[17]，在这个剖面上把紅色土划分为离石黃土和午城黃土。所以有关紅色土的問題，从晋、陝地区的研究得到了以下几点結論。

a. 紅色土在地层层位上是位于馬兰黃土(晚更新世)之下，三趾馬紅土(下上新世)之上。

b. 紅色土 B+C 带(根据 P. 德日进及楊钟健意見) 在时代上和北方的周口店期相当。

c. 紅色土在成因上是由黃土及夾有褐色土型的埋藏土所組成的一套风成沉积。

d. 紅色土 B+C 带和老黃土中离石黃土是同物异名。

e. 紅色土 A 带(靜乐組)是否和午城黃土相当，目前由于了解的不够还不能肯定，从岩性及化石来看二者有可能相当。

华北平原地区的紅色土，除最早 J. G. 安特生[64] 在河南新安、澠池一带研究黃土时曾提到在黃土之下和三趾馬紅土之上有一部分黃土可以另划出外，楊钟健[56]，楊钟健、卞美年[46]在山东曾发現有此地层。G. B. 巴尔博、P. 德日进、卞美年[54] 等在河南洛阳、长水、卢氏等地也发現有大片出露。这些紅色土层和晋、陝間的紅色土相当，但在厚度和岩性上也有所不同。此外，还有不少研究者采用紅色土一名来記述地层，其中有的和德、楊論述相符合，有的相差很远。現在将以往文献中的紅色土分为两类加以討論。

一类是与 P. 德日进、楊钟健最初紅色土的定义相符合的，也就是相当于离石-午城黃土的紅色土；一类是和上述情况不符合的紅色土。

1. 与离石-午城黃土相当的紅色土

这类紅色土分布于华北平原的近山边緣地带，如燕山地区，北京附近的雁翅和斋堂地区。太行山东麓的井陘、徽水、秦岭东段的南伊洛河流域和山东的益都、昌乐、临朐、大临池、白云山等地。这些地区的紅色土在本书中称之为离石-午城黃土。它們的特点是：

（1）常直接伏于馬兰黃土之下；

（2）常含有2—5层的埋藏土，厚度由数米到15米不等；

（3）岩性上和离石-午城黃土一致；

（4）在山东益都、昌乐曾找到肿骨大角鹿、野猪、假軸鹿(?)、葛氏斑鹿、羊等化石与其他地区离石-午城黃土找到的化石相近。

（5）常沉积在高出河水面30—50米的高阶地上(河北、河南)，有时也分布于低丘及山前斜坡上(山东)。

它和晋、陕間的离石黃土、午城黃土不同之处，是厚度較薄。晋、陕間的离石黃土和午城黃土的总厚度常达100米左右，在山西东部虽較小，一般也有30—50米。在河南三門峡离石-午城黃土厚达100米。但在上述华北平原的山麓地区就已知剖面所見厚度均不超过15米，甚至仅5—6米。所以其中所含埋藏土壤的层数也較少，很少超过5层。这一情况和东北地区在馬兰黃土之下的赭紅色黃土(离石-午城黃土)相似。

2．和离石-午城黃土不相当的紅色土

在山东济南、泗水、汶河、萊蕪、泰安、山旺等地，亦有紅色土的报导。經著者等的調查其中一部分在地层、岩性、成因上和黃土有很大差别。在泗水、汶河、萊蕪、泰安等地主要为紅棕色的亚砂土和亚粘土，幷夹有附近基岩碎屑，这些沉积属于坡积-殘积的，本文中将列入于黃土状岩石之內。山东明水一带过去所謂之紅色土乃紅棕色亚粘土及重黃土状亚粘土(見前)。

在河北磁县峰峰之西大峪沟所見的“紅色土”又为棕黃色和棕紅色的黃土状亚粘土，幷夹有許多砂及砾石层，其成因为洪积-冲积类型。这些“紅色土”的物质成分及成因都和黃土不同，它們的共同特征是层理清楚，其中时常混有砂、砾石，这是在眞正的“紅色土”中所未見的。

在山东的益都、昌乐与大临池等地，馬兰黃土之下基岩或紅土之上的土状地层，楊钟健称之为“紅色土”[56]，根据著者的研究这一地层是两层不同沉积物所构成的，其下为紅色亚粘土，其中常混有附近基岩碎屑和砂、砾石沉积，为殘积物。上层为与离石黃土相当的棕黃色黃土，显然不应合幷为一个沉积物。

另外，在若干地区也使用“紅色土”一名，如周口店等地，实际上这些石灰岩之上的风化产物，其形成可能为中更新世(与紅色土B+C带相当)，但沉积物之成因类型却和黃土不同，也不符合P．德日进、楊钟健所命名的紅色土的涵义。上述这些“紅色土”在編图时就未把它当作离石-午城黃土考虑。

由此可知，华北平原地区的紅色土一部分与离石-午城黃土相当，一部分为黃土状岩

石；一部分和黄土类岩石无关。

华北平原区的离石-午城黄土在地层与成因类型上与黄土高原相同，但其沉积的厚度很小(与东北的黄土相似)，这是一个值得注意的問題，如果这是后来剝蝕所致，那应該在中更新世后晚更新世前，在华北地区遭到的侵蝕作用远較黄土高原为强，这在对比两区的地质历史上以及其現代地貌形态上都未能証实；如果这是原始沉积时代的不同，那說明黄土高原地区和华北平原地区虽然地理位置毗連，但当时沉积条件有很大不同。

华北平原地区的离石-午城黄土沉积較薄，与此地的构造上升及其自然条件有关。晋、陝間巨厚的离石黄土得以保留是与当时晋、陝間自早更新世到中更新世并未經过强烈上升，而是稳定或緩慢上升有关。显著的上升是在晚更新世以后才开始的，这一問題将在以后加以討論。

2. 黄土和黄土状岩石問題

华北平原一些类似黄土的土状堆积，应属于黄土状岩石范疇，但以往一些研究者經常把它和黄土相提并論不加区分。日本人柴田秀賢[58]在其所著"华北、蒙古黄土岩石学和矿物"一文中曾从地貌上分为山坡黄土、坡面黄土、山麓黄土、盆地黄土、台地黄土、冲积黄土等等。酒井荣吾[59]研究山东黄土以后也把張夏地区的黄土按其分布的地貌位置不同区分为段丘黄土、台地黄土两类。采取这样按地貌形态划分方案显然是有很大缺陷的，因为不同成因类型的第四紀沉积物，虽然，在其分布上与一定地貌有关，但是黄土岩性和結构与地貌的依賴性很小。根据作者等研究，不論在河北、山东、河南、山西、陝西或柴达木和新疆等地，黄土不仅可以分布在洼地、平原，也可以分布在山坡、丘陵和低緩的分水岭之上，但从未見其岩性随分布所在地貌位置高低具有显著变化。所以单純的从地貌角度来区分黄土类岩石，不但不能把黄土状岩石区分开，反而会把相同的黄土誤为几类不同的沉积。

另外也有人把与黄土类似的黄土状岩石称之为黄土，但不論其分布地貌、岩性或构造結构等特征，都与黄土有很大不同(見前述)。例如，分布在山东蓬萊以西欒家口子一带的黄土状岩石有人称之为黄土[1]，但根据其产状、构造、結构与岩性等特征，均与典型黄土間有較大差别，这些黄土状岩石具有明显的层理，质地不均，夹有砂、砾石等夹层(图 30)。

山东嶧县、莱蕪、泗水等地的黄色土状松散沉积物，也有人称之为黄土[2]，但这些黄土状沉积物經常分布于低緩的平原的阶地表面上，具有明显的层理，并有砂、砾石夹层。可見也不是黄土，而属于黄土状沉积物。

---

1) 刘云从：1956 年，山东蓬萊栖霞、黄县地区普查找矿及矿点檢查地质报告。

2) 見河田学夫"山东省嶧县炭田調查报告"(1938 年)及韓傳瑛等"山东新泰、蒙陰、沂水一带地层矿产普查报告"(1956 年)。

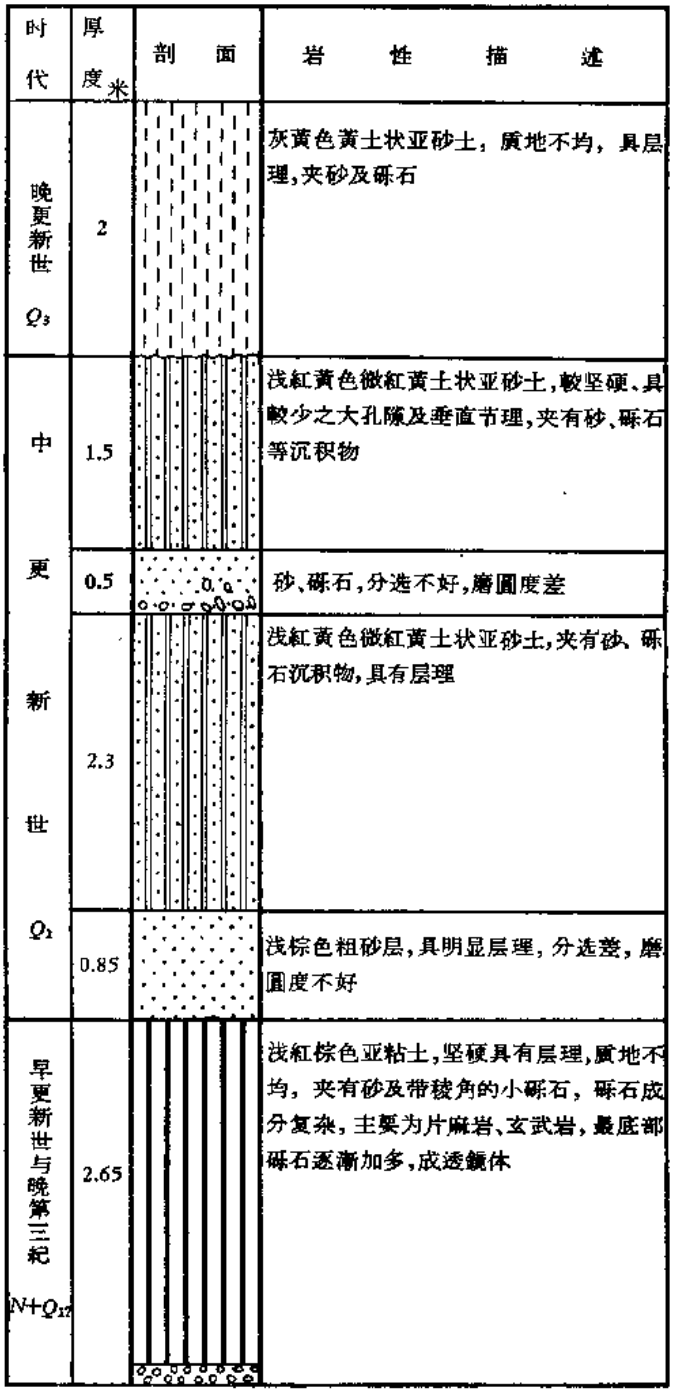


图 30 蓬萊欒家口坡子村洪积-冲积黄土状岩石柱状剖面

（六） 黄土和黄土状岩石的形成及其成因

对于华北平原地区的黄土成因也是长期以来悬而未决的問題，各持不同看法。有的研究者认为是风成的，也有的研究者认为是水成的。叶良輔[48]在“北京西山地质志”中曾认为該地黄土是风成的，G. B. 巴尔博[53]研究了張家口的黄土及申庆荣研究了河北涿鹿

与宣化一带的黄土以后也同样认为宣化等地黄土是风成的。

对于山东、太行山东麓以及秦岭东端的黄土若干研究者也提出不同成因看法。例如，P. 德日进、G. B. 巴尔博、卞美年等[54]研究了东秦岭各地的黄土之后，曾确认該地黄土是风成的。楊钟健[56]在 1936 年曾提出山东黄土与晋、陕地区黄土相似，也是风成的。

解放以后由于各地地质工作的开展，故对各地黄土成因也都予以注意。1959 年山东省煤炭工业部地质勘探局区测队研究山东淄博、章丘一带的地质以后，认为該地馬兰黄土是风成的。1958 年华东煤田地质勘探局区测队对山东石谷地区調查后提及在該地山麓和丘陵地区有风成黄土分布。之后于 1959 年北京大学袁又申又根据他在山东淄博、張夏、蓬莱等地进行黄土的矿物、岩石学研究后，又证实了当地黄土是风成的。

柴田秀賢、富田达和酒井荣吾等人[57-59]根据河北、內蒙、山东等地黄土的矿物成分研究提出与上述成因相反的意見，他們认为黄土的矿物成分主要是来自当地基岩山地，与山地各类古老基岩有关，故应属于水成的。

地质部水文地质研究所張宗祜等[10]在其发表的“中国黄土和黄土状岩石”一书中又将張家口的黄土确定为洪积-冲积，将太行山东麓的黄土确定为坡积-洪积，而将山东的黄土划分为坡积-冲积等不同成因类型。

綜合上述可以看出，对于本区黄土的成因看法較为分歧，但归納起来可分两类，一类是贊同风成的，另一类則认为是水成的。但支持水成学說者仅富田达等作些实际工作，因此我們只就富田达所提出的若干問題，从黄土的分布与岩性物质成分等两个方面来进行討論。

富田达[57]在其“黄土类之矿物組成”一文中，曾提到黄土之中許多矿物系来自当地基岩的观点，他指出具金紅石針状晶体的石英系来自山东泰山花崗岩，含有許多玻璃包裹物的石英来自內蒙及山西地区的花崗閃綠片麻岩和紫苏輝石花崗顆粒岩，微斜长石分别来自山西新絳与河北北部以及山东泰山等地之泰山花崗岩，鈉微斜长石是来自張家口“南天門統”以及張家口統的石英粗面岩与粗面岩，鈉性斜长石来自桑干片麻岩和輝石粗粒岩；鈣中性的长石是来自西北高原性橄欖玄武岩；分晶长石則完全来自华北桑干片麻岩；藍色及藍綠色的角閃石則主要来自当地的輝石顆粒岩和角閃片岩；透輝石、紫苏輝石等等矿物又分别来自桑干片岩等等。但是，应該指出的是富田达等人在研究黄土中矿物时，除了簡单的把黄土中几个矿物同其附近山地古老基岩对比以外，并沒有更进一步的工作借以寻找这些矿物的补給区及其搬运的途徑，这就难以令人信服黄土中这些矿物一定是来自当地基岩。事实上富田达所提到的含有包裹体石英、长石、角閃石、紫苏輝石、透輝石以及其所謂的“示源矿物”等等，不仅只发現于山东、河北、內蒙和山西等地黄土之中，同样在山西[25]、陕西、甘肃[66]等地的前震旦紀古老岩层缺失或极不发育地区的黄土中也經常有所发現，而且具有較大含量(見后节)，这证明黄土中的矿物来源是相当复杂的，不可能是那

样簡单。需要指出的是富田达在研究与討論华北各地黄土矿物成分时，有很多是援引柴田秀賢等人的資料。柴田秀賢在研究張家口等地的黄土时沒有把黄土和黄土状沉积物分开，富田达也沒有說明他本人所研究的黄土产地、地貌位置和层位关系等等，这样就不能不想到富田达所认为的黄土与柴田秀賢所理解的黄土是一致的，甚至酒井荣吾也具有类似的看法(例如，他把山东張夏的黄土和由黄土搬运再沉积的次生黄土籠統的均称之为黄土)，这样把风成的黄土与被流水搬运的再沉积的次生黄土(黄土状岩石)不加区分，而討論其矿物成分及其来源显然是混淆不清的。因为很明显，当黄土受到流水洗刷沿山地坡面或河谷搬运轉移时，由于屡次的冲刷基岩，黄土便不可避免地会将基岩风化产物带入其中。因之在黄土状岩石之中发現有附近基岩矿物成分也是很自然的。

虽然，至今对本区黄土中矿物成分研究的还不足，但根据袁又申对山东地区的黄土研究，发現其中矿物成分与附近基岩沒有联系。

另外，本区黄土分布相当連續，常掩覆在不同高度各种形态的古地形上，以西坡和北坡分布多而厚，其分布上限海拔高度也高；相反在南坡和东坡則少而薄，高度也低。这些特点同第四紀坡积、洪积物間有很大不同。

根据上述事实可以看出，不論就其分布、产状、岩性、結构、构造、顆粒、矿物、化学成分等等以及其內、外部特征均具有很大一致性，这就証明本区黄土用风以外的成因来解釋是相当困难的。当然，由于区內地形和水系复杂性在不同地区和不同剖面的局部当中有流水作用的影响这是不可避免的，但这种作用对黄土的搬运和沉积来說是次要的。

四、黄河中游黄土和黄土狀岩石地层与岩相变化

从华北平原向西过太行山分水岭以后，在景观上有很大的变化。給人們最深刻的印象是地面破碎，丘陵起伏(照片 7)，沟谷发育，并且开始出現了大量的黄土梯田(照片 8)和黄土窑洞。这表明自太行山向西(过呂梁山到陕西境內)黄土的分布愈来愈广，直达甘肅烏鞘岭一带，大片的黄土才逐漸減少。在地理位置上这一地区属于黄河中游(河南三門峽至青海龙羊峽)及其支流流域。在此区內除青海一带黄土分布較少外，在甘肅、陕西、山西、河南等地黄土分布都相当广泛，比之东北、华北和西北等地区更为发育。尤其是在甘肅六盘山以东到山西呂梁山以西之間的广大地区，黄土分布更广更厚，并以各种形式掩盖了其以前基岩地形，形成了一个連續平坦的盖层，所以获得黄土高原之称。

黄土高原在整个第四紀地质时期中是一个和其他地区不同的沉积单元。它是我国黄土分布的典型地区。黄土的风成沉积假說是从研究这一地区的黄土而提出来的。这个地区也是我国黄土研究中較多的地区，所以在本节中除扼要的介紹这里的黄土一般概况外(詳見"黄河中游黄土")，将对中国黄土以及与黄土有关的若干問題于此加以叙述和討論。黄土狀岩石在本区中发育較少，由于专門研究这方面問題的工作还不多，所以于此就不准

备詳加叙述了。

（一） 一般概况

黄河中游在地理位置上是一个四周被山脉所环繞的不規則正方形，其西为賀兰山，北为阴山（包括狼山、烏拉山和大青山），东为太行山，南为秦岭。在这个方形內黄土分布很广，几乎占据了整个地面。大片的黄土北起长城附近，向南直达秦岭北坡，西延至烏鞘岭，东延可达太行山的西麓。黄土的南界与北界比較明显，但东西方向則不清楚，与华北平原和西北地区的黄土是断續連接的。实际上上述界綫只是黄土分布的一个大致范圍，在这个界限以外的若干地区仍有少量的黄土分布。例如，在大青山的南坡和其北的固阳等地，秦岭分水岭若干丫口及其以南的双石鋪等地。

黄河中游地区位于北緯 34°—41°，东經 102°—114° 的范圍之間，南北距离約 700 公里，东西距离約 1,200 公里。区內黄土分布面积从 1:200 万黄土分布图底图上量得的数据約为 275,600 平方公里。这一数字約为全国黄土分布面积的 72.36%。

从"中国黄土分布图"和上述的数字可以看出，在分布面积上，黄河中游地区和其他几个地区的黄土分布情况不同，后者仅为較小和零星分布，而在本区黄土所占面积較大。

黄河中游境內的主要山脉，大多是呈南北走向或近于南北走向，如賀兰山、六盘山、呂梁山、太行山等。地势北高南低，西高东低，以西南部为最高。南北方向上在北部榆林、靖边、定边一带，当地河水面海拔約为 1,000—1,200 米；在南部三門峽、西安、宝鸡一带約为 300—400 米。从东西方向上看，在东部三門峽、榆社、寿阳一带为 300—400 米，在西部兰州可达 1,500 米以上。

区內水系以黄河为主，在六盘山以西，黄河自南向北流；过磴口以后逐漸轉为自西向东流；到托克托以后又折向南流，形成了穿过黄土高原山西、陕西两省的天然界限；到了潼关以后又折面向东，經华北平原注入渤海。在六盘山以西的各支流多自南向北流注黄河，六盘山以东的各大、小支流則多自北而南流注黄河。值得注意的是，渭河、涇河、洛河、黄河与汾河等形成一个扇形的水文网，汇集于潼关。

此区的現代气候为半干旱带，年平均积溫为 3,000—4,000°C，年平均降雨量在 400—500 毫米。

（二） 本区黄土分布上的几个主要特点

这个广大区域內的黄土成为一个連續的盖层。自呂梁山西坡向西經陕北到达六盘山东麓，大約 400 公里以上的距离內，除去在黄土上发育了許多沟谷以外，黄土基本是連續分布的；在南北方向上也是如此。自黄土分布最北的陕西榆林，向南經綏德、延安、銅川到达西安以南秦岭北坡的藍田，大約有 450 公里黄土基本上也是連續分布的。由于遭受强烈的切割全区的黄土差不多全出露于侵蝕基准面之上。所以上述的黄土連續情况并不是

臆测而是在野外能直接观察得到的。它們的連續不是几十或几百平方公里的面积，而是几十万平方公里。这样大面积的連續分布是其他类型的第四紀沉积物中所沒有的。虽然，华北冲积平原的面积很大，但是其地势极为平坦，水平与垂直方向上岩性变化很大。就是平原的內部根据沉积物的岩性和其分布上的特点，有时也可追溯到古河道的遺迹；同时山麓洪积物分布带和河流冲积物分布带相当明显，这显然与黄土的特点有很大不同。所以大面积的成几十万平方公里的連續不断分布是黄土的一个重要特征。

本区黄土的另一个特点是各处黄土地层基本上可以进行对比。关于此区黄土地层划分，P. 德日进、楊钟健[19,66]在山西、陕西間，在山西东南部以及楊钟健、卞美年[67]在甘肃的东部等地进行工作以后，曾将本区的黄土划分为馬兰黄土及紅色土(相当于离石黄土和午城黄土)。并根据古生物、岩石性质和各层接触关系等的研究結果，认为区內黄土地层可以彼此进行对比。解放以来，对大量剖面詳細研究后更证实了这一問題。对于黄土地层的层序划分和对比，虽然各研究者对划分界綫上、下位置以及对各层黄土的名称并不完全相同，但是大家所取得的結果都比較接近，一致认为这个地区的黄土可以詳細地分层，也可以互相对比。这說明黄土高原地区的黄土属于同一地质建造。

黄土的另一个特点是岩石性质基本均匀一致。多年以来通过黄土的外部特征以及矿物、顆粒和化学成分等分析，都发現本区的黄土呈現了很大一致性[17,68,10]。虽然，較新的和較老的黄土有所不同，分布于西北部和东南部的黄土也有所差异，但总的来說岩性变化是不大的。

上述这些特点是黄土高原黄土的主要特点，只有注意了这些特点之后再来討論它在分布上、地层上和岩石性质上的变化才能更有意义。

（三） 黄土分布区的地形和古地形

黄河中游地区位于中国地台的西部（山西、陕西）和祁連山地槽的东部(甘肃)。現代地形的基底輪廓是白堊紀燕山运动以后形成的。太行山、呂梁山与六盘山是区內主要的构造山地。这几条山脉是由古老岩系所构成，走向近于南北。自第三紀以来对本区的地质地貌发展起着很大影响。除了这些山地以外，大部分地区（特别是呂梁山和六盘山之間)为中生代陆相砂、頁岩系所組成。

老第三紀时期，这一地区遭受强烈的破坏，基本上是一个剝蝕多、沉积少的时期。一般认为中新世以前的剝蝕期，是形成中国北方准平原化时期。但位于本区边緣及山地前的若干断裂河谷，自第三紀以来仍不断沉降并为老第三紀沉积物所填充[69]，如三門峽河谷的平陆垣曲，渭河河谷的藍田，黄河河谷在宁夏的一部分及汾河河谷的右玉等地(图 31)。

中新世以后，区內地形起了很大的分化。“山地和盆地”地形进一步形成。在全区內新形成的盆地中，普遍地沉积了下上新統含三趾馬动物群的保德阶(在六盘山以西为甘肃

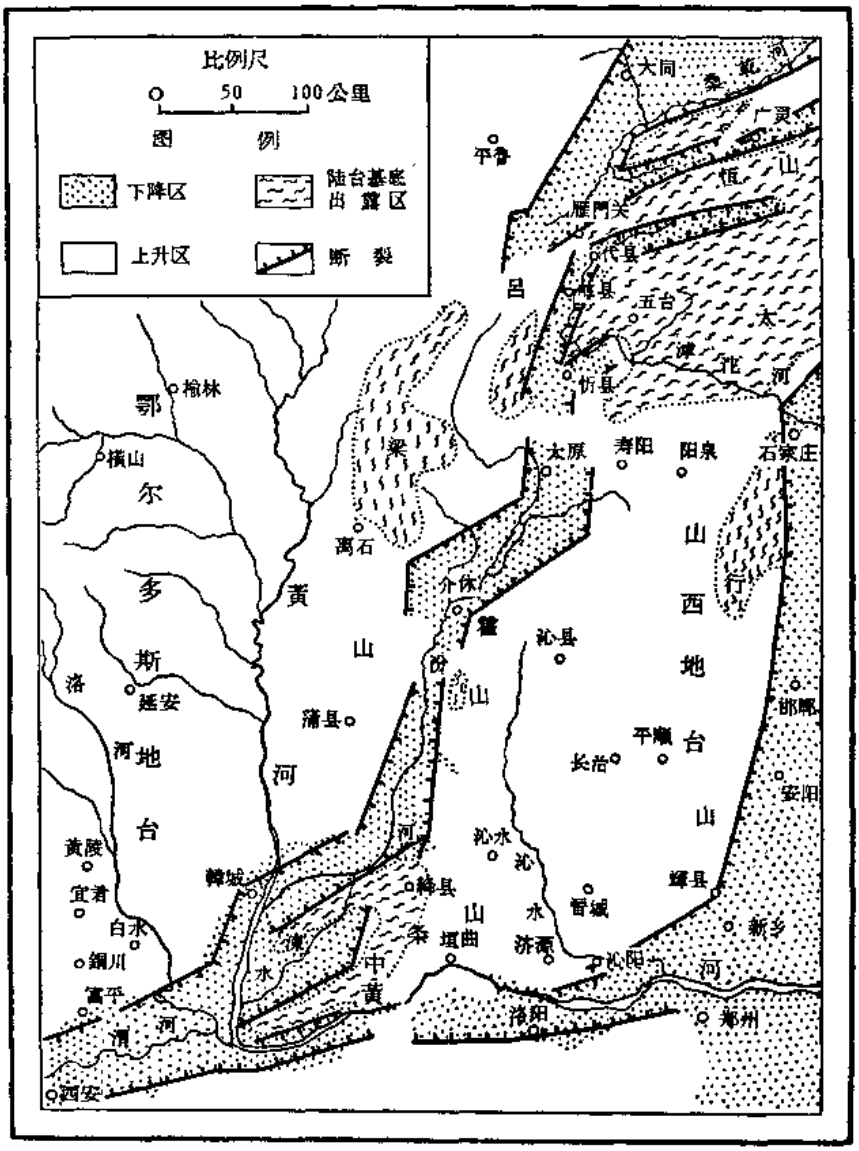


图 31 山西地台近期升降及断裂系統图(据馬杏垣)

群上部)。在六盘山以东各地,上新統地层多不整合于中生代或更古老的岩系之上,沉积物以粘土为主,岩层极为平緩。在六盘山以西地区,上新統地层(甘肃群)和中新統地层間无明显間隔界綫,在粘土中夾有較多的砂层与砾石层。并遭受較强烈的褶皺和断裂。

可以看出,自中新世末期直至上新世早期,地壳上升活动是从东部开始的,西部上升的时期較晚。但其强度則以东部为弱而西部地区比較强烈。經过这一时期的侵蝕,基本奠定了黄土高原古地形的基础。从第四紀开始,随着气候的变化,曾引起了当时水文网的剧烈改变。通过了几次侵蝕、剝蝕和堆积的过程,形成了大量的黄土,并构成了現代黄土高原。

黄土的沉积虽然对区内地形的塑造起过一定影响,但只能說是对原来古地形的一种不大的修飾。現代黄土高原的地貌形态,带有很大的继承性,它继承了第四紀以前复杂多

样的格式。自东而西按其形态与結构上的不同可以分成三个区：(1)呂梁山—太行山区，(2)六盘山—呂梁山区，(3)烏鞘岭—六盘山区。这三个区为賀兰山、烏鞘岭、六盘山、呂梁山和太行山等南北方向或近南北方向的山脉所限，黃土的分布受山脉的影响在各个地区內也有所不同。

1．在呂梁山—太行山之間地区："山地和盆地"地形較其以西为显著。盆地的規模一般較小，上新統地层伏于低凹之处，盆地地形仍完好。如山西的寿阳、榆社、武乡和长治等等。上新世沉积所构成的古地形对黃土分布的影响很小。

黃土多分布于盆地的边緣或河谷阶地之上，也有的貼覆于高山陡坡，若干还覆盖于分水岭之上。基岩裸露的面积和黃土覆盖的面积大致相等。虽然黃土分布也是片状的，但其分布面积已較华北平原为大。

此区下伏基岩地形起伏較大，基岩山頂和谷底的相对高差一般在 300 米以上。地形不够开闊，是一种中等程度的分割結构。

2．六盘山—呂梁山之間地区：下上新統紅土是一种大面积盆地和山麓堆积类型。在上新世的末期（黃土堆积以前）即被抬升，其幅度也較其以东为大，虽然有的地区上新統地层保留在盆地之內，但大多数地区三趾馬紅土已上升成为分水岭。上新統地层对黃土的分布影响不大，但对黃土形成的地形有影响。

黃土在此分布較其以东及其以西地区更为广泛，在整个地区內构成一个連續盖层，掩覆了低山和分水岭，塡平了河谷（照片 9）和盆地。仅在沟谷底部和极少数的山頂才見有基岩出露，黃土的沉积面超覆了基岩地形的起伏，下伏地形已不易辨认，但如仔細分析黃土地貌，則可見黃土塬地形之下的基岩相当低凹而且平坦，而在基岩地形起伏的丘陵处，其上的黃土地形为梁、峁[9]。在陝西和甘肃的北部（白于山分水岭之北）分布有許多墹地[1)][24]（图 32 照片 10）。

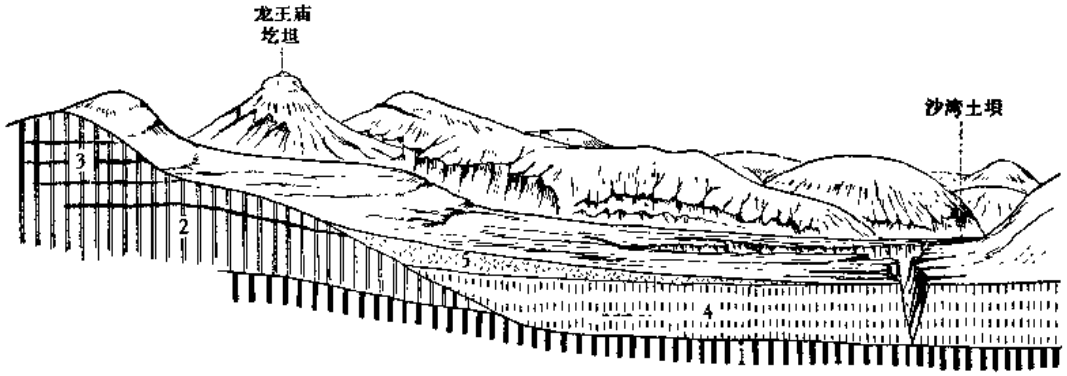


图 32　横山沙湾土坝墹地素描

1.三趾馬紅土；　2.离石-午城黃土；　3.紅棕色埋藏土；　4.夹有黑壚土层的冲积黃土状亚砂土、砂、粘土及砾石；　5.坡积-冲积黃土状亚砂土。墹地寬約 500 米，长約 1000 米左右，現在已被切割，深达 30—35 米，谷底至峁頂約 175 米。

1) 在白于山分水岭以北靖边和定边等地区，离石-午城黃土以往受到强烈侵蝕，形成一个寬达数公里的洼地，其上堆积有冲积黃土状沉积，地形极为平坦，当地群众称之为墹地。

此区的古地形的山頂和谷底的相对高差較小，一般为 100—300 米，常在 300 米以下。地形的分割較呂梁山—太行山一带为細。

3．在烏鞘岭—六盘山之間：山地和盆地相間的地形不显著。較厚的中新統和上新統地层被抬升的幅度較呂梁山—六盘山区大得多。甘肃群常构成丘陵山地，其上未覆黃土。这也是六盘山以东所未見到的。上新統地层所形成的地形对黃土分布有影响。

在此区內黃土的分布逐漸減少，除較高的山頂，大河河谷及深切的沟壑有基岩出露外，大都仍为黃土覆盖。黃土很少填平了基岩的沟谷和盆地，形成了象毯子似的罩层，罩盖了大部分的山頂和谷坡。黃土的原始沉积面随下伏基岩地形的起伏而起伏，为一种波浪形的連續面。从黃土起伏的外貌可以大致分辨出下伏的基岩地形。

此区下伏基岩的起伏較大，基岩山頂和谷底的相对高差大都在 300 米以上，有时可达 500 余米。山脊之間的距离也較大，分割的結构是粗糙的。

以上是黃河中游区域古地形的一个輪廓，对于每个区內黃土之下的基岩高低和形态变化，由于它在广大地区內被黃土所覆盖，所以識别相当困难。但在黃河中游黃土区河流相当发育。这許多河流又有更多的支流和无数的冲沟。这些冲沟一般都已下切到基岩。冲沟的密度指数常达 1 以上（即每平方公里內冲沟的长度 1 公里为 1）。所以在此区內进行工作时，将各个沟谷中基岩露头的海拔高度准确的联接起来，可以相当可靠地了解到下伏基岩的起伏形态。这样作出的古地形剖面較利用少数鉆孔資料来恢复的古地形还要更准确一些。在一个区域內如果有若干条不同方向的这样古地形剖面，就有可能对区域內的古地形形态有一清楚概念。著者等曾利用这种方法，对黃河中游地区的黃土下伏古地形进行过研究[9]。在黃河中游的中部地区，即六盘山—呂梁山地区，黃土的下伏基岩起伏形态大致可以分为三种类型。一种是黃土下伏基岩地形为起伏緩丘陵，黃土覆于其上。一种是在石灰岩地区，黃土填充于基岩地形的凹地內。一种是平緩的基岩斜坡，黃土覆于其上。由于整个黃河中游地区面积广大，在上述的三个大的地区內黃土起伏的情况还較以前所知更为复杂。

現可以归納为以下几个类型：

1．喀斯特式古地形　这类古地形分布面积不广，仅見于山西的西北部神池、五寨、河曲、偏关等地，在甘肃的东部平凉以南的泾阳岭一带也有所发現。在这些地区寒武、奥陶紀的石灰岩地层相当发育，黃土填充于石灰岩侵蝕凹地之中，厚度不大，許多由石灰岩构成的山峰出露于外，被黃土所包圍有如島屿（图 33）。

2．波状起伏丘陵及开闊盆地古地形　分布面积比前类古地形广泛。陝西西北部，山西西南部，甘肃隴东北部和隴西北部的許多黃土丘陵区的下面古地形均属此类型。古地形的基础系由中生代各紀的砂岩和頁岩以及新生代的下上新統含三趾馬化石紅粘土所构成，具有起伏。其上掩覆有較厚的黃土，厚数十米到百余米。黃土地形多为"峁"、"梁"（照片 11、12、7），随其下古地形的起伏程度不同而高低变化（图 34），在隴东涇河流域和陝西

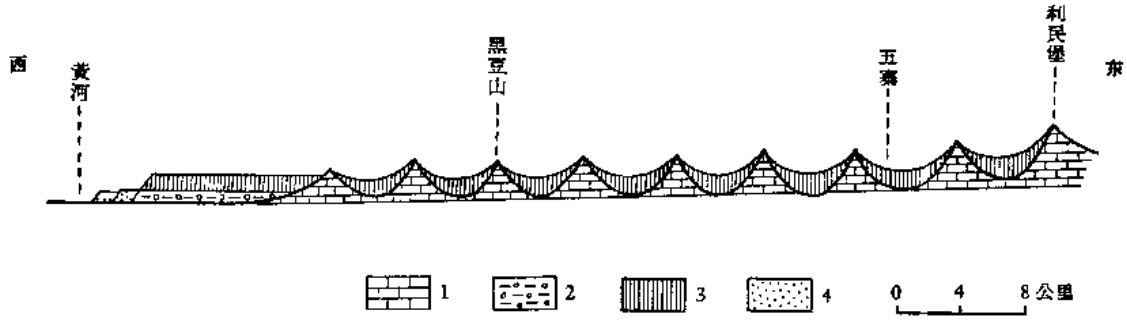


图 33　黄土下喀斯特状古地形示意剖面

1.古生代石灰岩；　2.砂、砾石、粘土；　3.黄土；　4.砂、砾石。

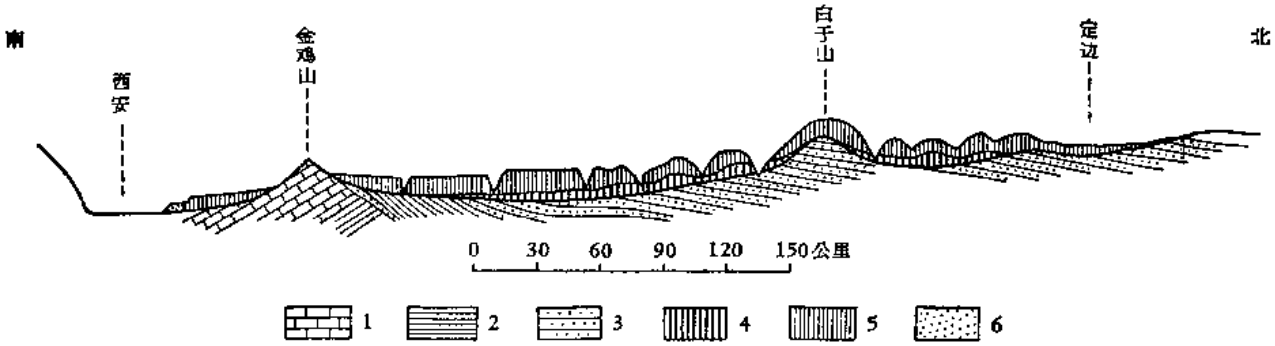


图 34　黄土下波状起伏丘陵及开阔盆地古地形示意剖面

1.石灰岩；　2.页岩；　3.砂岩；　4三趾马紅土；　5.黄土；　6.砂;砾石。

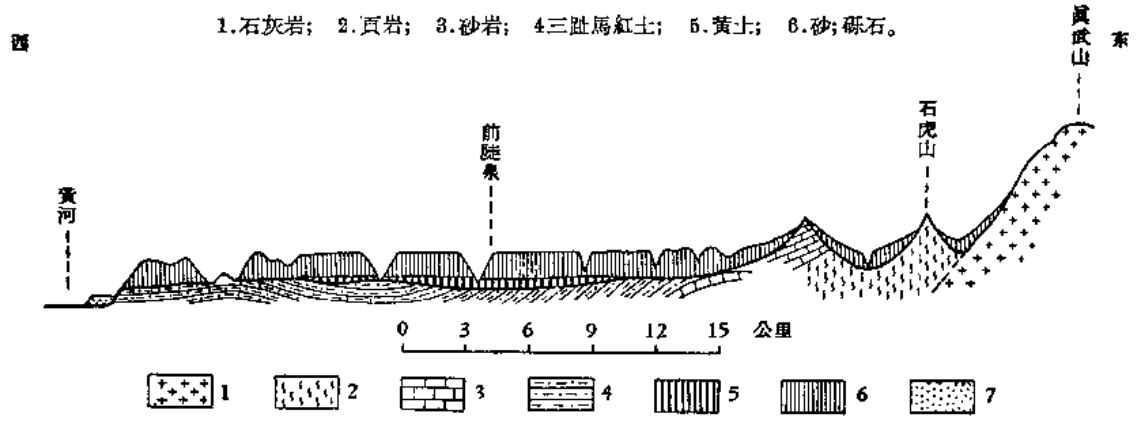


图 35　黄土下单斜平原古地形示意剖面

1.花崗岩；　2.花崗片麻岩；　3.石灰岩；　4.砂、页岩；　5.三趾馬紅土；　6.黄土；　7.砂、砾石。

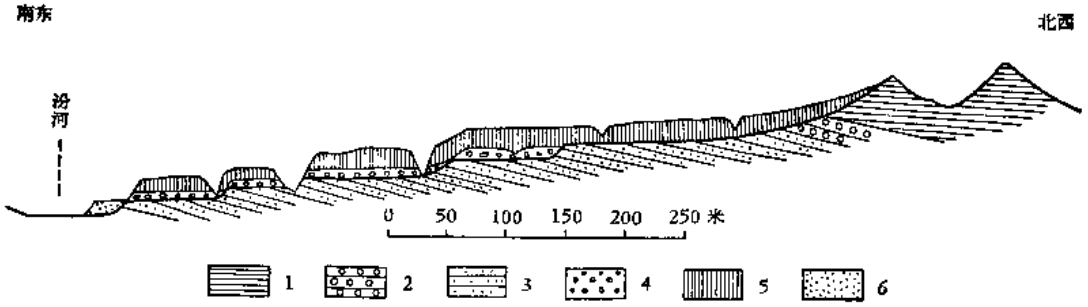


图 36　黄土下河谷阶地古地形示意剖面

1.页岩；　2.砾岩；　3.砂岩；　4.砾石；　5.黄土；　6.砂。

洛河流域，黄土下伏古地形甚平坦，为一开闊盆地，其上黄土甚厚，地面平坦，成"塬"地形，如洛川塬和董志塬等，黄土厚度可达 150—170 米不等(見图中部左側)。

3．单斜平原古地形　这类古地形可以山西、陝西南部(黄龙山以南)和甘肃隴东南部(永寿梁以南)的广大黄土"塬"区之下的基岩地形为代表，除分水岭未被黄土所覆盖以外，均覆盖有巨厚的黄土，常为数十米到百余米，黄土地面傾斜。这类古地形的形态平坦(图35)，由中生代砂、頁岩和新第三紀三趾馬紅土构成。

4．河谷阶地古地形　沿黄河河谷、洮河河谷、渭河河谷、湟水河谷、大夏河谷、汾河河谷以及涇河和洛河等地的局部地区的河谷两岸均有所发現。基岩成数个台阶，由河谷向分水岭依次抬高，其上堆积有黄土，台阶位置愈高黄土厚度愈大(图 36)。

上述这几类古地形，基本上反映了黄河中游各地黄土沉积以前的地形輪廓。而黄土高原上的現代黄土地貌形态与其下伏基底地形极为吻合。平坦黄土"塬"之下古地形平緩，起伏的黄土丘陵之下的古地形也有所起伏。据此我們认为現代黄土高原的地貌带有很大的继承性。它反映了黄土主要是一种堆积地形。所以以往认为黄土地形的发育过程是由"塬"破坏成"梁"，再由"梁"变"峁"的演化規律并不一定确切，在不同古地形基础之上可以同时形成"塬"、"梁"、"峁"不同地形。

根据以上所述可以了解到黄土高原地区的黄土不仅很厚，而且其下伏古地形也十分复杂。黄土的地貌形态虽然比較单調，但其不同类型却和古地形的发展有密切关系。黄土古地形的不同，不仅与它形成的构造形态有关，而且和其岩石性质也有密切联系。

关于黄土分布的区域特征和各区內古地形与黄土的关系，如下表(表 4)所示。

表 4　黄土下伏古地形現代分布和古地形的分区

区　域	黄土厚度覆盖方式	下伏古地形結构	上新統地层之分布形式	黄土分布形式及堆积地面形态	黄土堆积地带
烏鞘岭—六盘山地区	黄土厚度为 50—100 米，成罩层，向西减薄	粗結构，山頂与谷底高差为 300—400 米。水系分布的距离較寬	甘肃群，多形成褶皺，部分凸出于黄土之上	黄土成片状、波状起伏，具原始沉积面	平坦的盆地单斜平原
六盘山—呂梁山地区	黄土厚度为100—150 米，成盖层，在中間最厚	中等結构，山頂与谷底高差为100—300米	保德阶，多隆起形成埋藏的分水岭和盆地	黄土成片状，原始沉积面平坦微傾斜	河谷阶地喀斯特凹地起伏丘陵
呂梁山—太行山地区	黄土厚度为 50 米左右，零星分布，向东减薄	細結构，山頂与谷底高差为 400 米以上。水系分布較密	保德阶(榆社組)，保留在原来盆地中	黄土成零星小块，原始沉积面随其下地形而异，多具起伏	盆地边緣山坡山頂

(四)　黄土沉积的时代、地层划分和其对比

黄土分布面积广闊，厚度較大，有时又常与其他第四紀沉积物成互层关系。所以，它在中国第四紀地层当中占着相当重要的地位。对于黄土中的化石，除楊钟健、P．德日进[70]在以往曾进行过其中的脊椎动物化石的研究以外，以后对黄土中化石的研究还不

多。黃土的岩石性质比較均匀，各处变化不大，如果仅单純的从岩性上加以区分地层也是比較困难的。正是由于上述原因，所以直到目前为止对其地层的划分，地层时代的确定以及对比等工作都做的极为粗略。

为了便于討論本区黃土地层問題，于此有必要把黃土地层的研究历史簡述一下。

自 1870—1877 年 F. 李希霍芬在其"中国"一书及以后的文章中討論中国黃土以来，有不少人对此书中所提到的中国黃土厚度、时代等問題提出修改意見。如 J. G. 安特生[64]在其"中国北部之新生界"一书中认为 F. 李希霍芬所說的黃土厚度可达 400 米是因为其中包括了黃土之下的上新統地层之故。F. 李希霍芬未作詳細的地层研究。其所以对黃土的厚度估計数字过大，实际上还不仅是由于把三趾馬紅土层包括于黃土中之故，而系由于观察上不够精确所致。因为据現在所知，黃土厚度多不超过 200 米，而上新統三趾馬紅土层很少超过 100 米，二者合起来最大厚度也不超过 300 米，显然估計 400 米的数字过大。何况一般晋、陕間黃土和紅土的总共厚度极少超过 270 米的。

自含三趾馬化石的紅土层从以前的黃土划分出以后，随之又产生了一个新的問題，即哪些是黃土，哪些是三趾馬紅土不易区别，因为在野外缺乏化石的情况下，黃土的較老部分和三趾馬紅土中顏色淺紅的部分在岩性上很接近，有时这两者的界限并不是很容易分得开的。所以，有一个时期在地质报告中所謂的三趾馬紅土（以后又称为紅色土）实际上包括一部分黃土，或有时所謂的黃土也包括一部分三趾馬紅土。类似这种情况直到現在还有把三趾馬紅土层当作紅色土或黃土层。

J. G. 安特生[64]观察了河南孟津鞏县一带的黃土，O. 师丹斯基(Zdansky)研究保德、垣曲的紅土和黃土以后，也曾想对黃土进一步划分，但都未进行。

叶良輔[48]在研究北京西山地质时，区别了馬兰阶地上的黃土及次生黃土（黃土状岩石），前者称之为古黃土，其时代为晚更新世，后者則称之为新黃土，是全新世的沉积物。

1927 年 P. 德日进、桑志华[71]在論河南西部、山西南部晚第三紀及第四紀沉积时，称其上部的黃土为眞正黃土(Grand Loess, surtout gris)，其下部为紅色黃土 (Loess Rougeatre a poupus et a Rougeurs)，并认为是三門期的沉积物。G. B. 巴尔博[72]将黃土叫作馬兰黃土，把紅色土层叫作三門黃土或三門壤土，这一名称已为我国土壤学家們所采用。И. П. 格拉西莫夫[73](Герасимов) 于 1955 年亦采用此名，但并未广泛在地质学家中流傳。

嗣后 B. A. 奧勃魯契夫[74,75]在討論中国的黃土地层时也曾引用此种划分和叫法。但 B. A. 奧勃魯契夫一直坚持紅色黃土的叫法，而未采用紅色土的叫法。

1929 年 P. 德日进、楊钟健等为了进一步澄清有关黃土的地层問題，对晋、陕間黃土进行了研究，进一步将黃土划分为馬兰黃土及紅色土 (Reddish clay)。并认为紅色土是界于三趾馬紅土和馬兰黃土之間的一套新的地层，在成因上和时代上都不同于馬兰黃土。馬兰黃土一名自此才正式开始出現于地质文献中。此外，他們又根据古脊椎动物化石的

证据以及各层黄土間的接触关系，把馬兰黄土划归为晚更新世，代表眞正黄土；而把紅色土又划分为 A、B、C 三层，并分别属于中、上上新統、泥河湾組(下更新統)和周口店阶(中更新統)[1)][19]。有关这一問題在討論黄土与紅色土一节中曾述及，現不再重复。

至于紅色土的成因，P. 德日进、楊钟健在书中认为主要系由三趾馬紅土被冲刷后堆积在斜坡上的坡积[2] (slope deposits)。在此以前 M. 史劳塞 (Schlosser) 也认为中国的黄土是老地层冲刷再堆积的产物。M. 史劳塞本人未到过中国，他这种提法是受当时欧洲研究第三紀地层时其它学者的影响而产生的。这样划分的結果使人得到一个印象，即中国黄土沉积仅限于晚更新世时期，在此以前并无黄土。虽然，在德、楊二氏的书中已明确的提到了在紅色土之中也包含有黄土，并于后来加以說明[62]，但因命名涵义有缺陷，所以不易为后来一般研究者所体会，常形成誤解。

黄土、紅色土、紅土这一套土状堆积物的地质成因和地层划分，在很大程度上与对中国第四紀地质发展史的研究有关。勿庸諱言，P. 德日进是不贊同中国东部曾有第四紀冰川的[7]。他对中国第四紀以来发展历史的观点是偏重于自第四紀以来一直是逐漸变为干旱的，其中有小的气候波动。这和贊同冰期曾显著影响我国第四紀时期历史因而气候有几次的显著变化的概念是有区别的。

P. 德日进所形成的第四紀沉积物相的变化的概念以及有关的問題，将在以后的有关章节中进行討論。

黄土沉积反映一定气候条件，这点連 P. 德日进本人也不反对，他认为馬兰黄土是风搬运的沉积物。虽然他根据古生物地层方法划分了馬兰黄土、紅色土 C、紅色土 B 等层，但未能肯定这些沉积物是不同时期气候波动变化的結果所产生的。这是由于他当时未攷虑紅色土中的紅色条带为埋藏土所致？还是由于其他原因呢？于此就不便加以臆测了。但是，不能不加以說明的，自此以后有不少学者趋于这种看法，即中国的黄土系专指的是馬兰时期的(晚更新世时期)风成沉积。

解放以来，对黄土地层的研究有了新的发展，楊钟健[62] 1957 年根据对黄土的最新研究提出了广义黄土和狹义黄土的概念，刘东生、張宗祜、A. C. 凱西[20]、И. П. 格拉西莫夫[73]、严陣[21] 等人都有各自的划分方法。但这些人总的共同点是认为紅色土部分是黄土。

刘东生等于 1956—1958 年間，朱显謨于 1957 年[76] 曾对以往紅色土中的紅色条带加以分析，并认为它系发育在黄土之上的埋藏土壤层。这就对紅色土的性质更清楚了。

所以在本文中就不再使用"紅色土"一名詞来代表馬兰黄土以前的黄土沉积，而采用

1) 地层时代原拟 A 层为中或上新世，B 层为維拉方期，与泥河湾期相当，C 层为早更新世，与周口店相当，今按現代通用分法校准。

2) 虽然現在已证明在离石和午城黄土中的紅色条带是褐色土型的埋藏土，但也确有若干紅色条带是属于坡积而形成。紅色物质不一定完全是来自三趾馬紅粘土，有的在坡面下部的紅色条带組成物质就是坡面之处的当时土壤物质被剝蝕下来的堆积，这种情况在太原东山地区是有的。

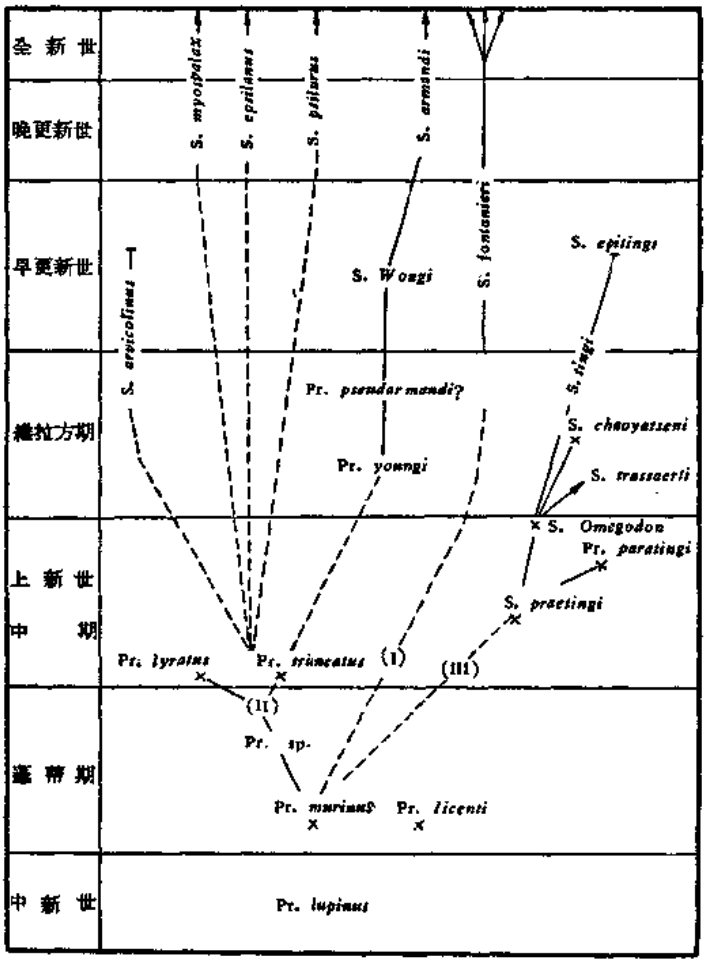
1961 年刘东生、張宗祜[17] 所使用的名詞以离石黃土代表中更新世黃土沉积，午城黃土代表早更新世黃土沉积。在地层术語上，把紅色土看作是离石黃土和馬兰黃土的同义語(synonym)。

关于黃土地层的詳細划分，在目前还缺少其他更可靠的证据，現在仍以脊椎动物化石为根据。本文根据以往发現的化石綜合叙述如下：

表 10（見后第四章）中所列的化石是著者等搜集到的資料，并根据其产状記載情况进行了研究，如确属鑑定可靠，而又确产于黃土之中的才加以記述。这些化石可以作为在黃土地层中找到的代表。

黃土地层中找到的化石，以生存在草原植被环境下的动物为主，其中以齧齿类中的鼢鼠为最具代表性。鼢鼠在現在黃土分布区分布甚广，虽然，对其以前在各地质时期中的演化过程知道还不多，但据楊钟健、P. 德日进[70] 等人的研究可以大致把各不同时期鼢鼠的演化列于下表（表 5）。著者等根据最近一些材料做了些补充修改，因为缺乏对这类化石材料的大量研究，所以这一結果还不能看做是完好的，可能随着一些新的資料不断出現会

表 5　不同时期鼢鼠演化表



能得到更确切的演化关系。

黄河中游黄土地层剖面，在过去以 P. 德日进、楊钟健二氏所作較多[18]。最近丁梦麟等在山西隰县午城柳树沟内曾测得一个剖面，其中含有丰富的化石，这是近几年以来研究得比較好的剖面，可以做为中国黄土的标准剖面。关于这一剖面研究的詳細結果，已有文章[17]发表。現举这一剖面为例并略加补充。

在黄土地区較完整的地层剖面很容易找到，尤其是在黄土分布区的南部塬区一般都相当好，剖面厚度較大也甚完整。但因不易于其中找到化石，所以难以确定其时代。另外，各层黄土互为叠覆，剝蝕面不十分清楚，所以也不易划分其界限。但午城这一剖面位于隰县西南，为一兼具塬区与梁、峁区特点的地方，不仅各层間剝蝕面較清楚，而且其中若干化石都是采自黄土层之中的，所以其层位与时代是比較可靠的，其中有的剝蝕面很明显。

午城黄土　它的标准地点是在山西省隰县午城鎮，位于一层砾石之上，未見其直接和三趾馬紅土层接触。其岩石性质是顏色較紅，含有紅棕色埋藏土壤层，于其底部的黄土中偶尔夹有小石粒，显見沉积当时混有附近高地基岩剝蝕碎屑物质。但在午城黄土之中未見清楚层理，所含砂与砾石数量也极少，所以推測其形成的当时，不可能有較强的流水活动。与此类似的現象，在黄土高原其他地区也有发現。凡是黄土与基岩直接接触的山坡或凹地，不論其上堆积的黄土时代新、老，常可以发現于其底部混有小砾石或其他带棱角的岩屑，但这层厚度甚薄。很明显产生这种現象并不足以为奇，因为黄土沉积过程是相当緩慢的，复杂的，而在历經过程当中，不可能沒有风以外的流水作用，只要有暫时性流水作用，那末当黄土堆积的初期使山坡上的基岩受到一些冲刷，使其风化产物混入于黄土之中也是可能的。但当黄土全部覆盖了基岩面以后，虽然在坡度較大的地方仍有黄土自上而下移动，但因其岩性相近。所以除更仔細地观察以外，就不易辨认了。

午城黄土中，在距基岩(砾石层之上)約两米的黄土中找到了长鼻三趾馬和中国貉等化石，长鼻三趾馬仅見于泥河湾地层之中，所以其时代相当于泥河湾期是无疑的。

在午城地区，这一套黄土向上与离石黄土直接接触。在午城黄土的頂部最上一层的埋藏土壤层的表面，发現埋藏土有破坏的現象，暫以之作为两者的分界綫，但一般来說午城黄土和离石黄土的分界綫在此地是不明显的。

关于午城黄土，至目前为止知道的尚少。以往 P. 德日进、楊钟健[19]在山西靜乐和保德火山两地三趾馬层之上发現含有鼢鼠(*Myospalax omegodon*)化石的紅色土层，据德、楊二氏的研究，以及在榆社发現，*Myospalax omegodon* 与泥河湾其他化石共生[70]等关系，可以肯定 *Myospalax omegodon* 是代表泥河湾期的鼢鼠。可見在山西北部和陝北府谷等地，午城黄土这一地层也有分布，可能与德、楊的靜乐組相当。在甘肃和陝西的其他地区，特别是在几个黄土塬区底部，有午城黄土保存可能性更大[1]。但总的說来，当午城黄土沉

1) 据最近丁梦麟等同志在甘肃庆阳地区工作也发現了这一层，西北大学王永焱教授等在庆阳巴家咀曾找到含与午城动物群相似的地层。

积之时，大部分較高的古地面并未被黃土所填充，地势起伏仍然較大，所以黃土沉积初期，被坡面流水的搬运冲刷程度自然也較其以后各个时期为强烈。推想午城黃土的分布应以在古地形較低凹部位为多，同时岩石性质一般变化較大，成分也較为混杂。

离石黃土　以山西离石县的陈家崖为典型分布地区（化石层位仍根据午城所找到的）。离石黃土分布面积很广，一般厚度也大。这一地层是构成黃土高原的主要基礎，为塬、梁、峁地形的骨架，馬兰黃土覆于其上只不过是一薄薄的罩层（照片 13），甚至有些地区根本沒有馬兰黃土分布（如陝北不少风蝕較重地区）。

离石黃土一般厚約 100 米左右（在塬区常更厚），其特点是自上而下普遍含有紅色的埋藏土壤层（图 37、38、39）及（照片 14）。目前根据其中存一显著的不整合面，故尙可划分为上、下两部。上部黃土顏色仍为黃色，其中含有 5—6 层埋藏土，均較厚，距离較大，地形上多成陡壁。含化石以方氏鼢鼠为多。

下部黃土顏色較紅，土质較硬，其中含十几层埋藏土壤及石灰結核（照片15、16），但厚度均較薄，間距較小，地形上常成緩坡，其中化石以 *Myospalax tingi*、*Myospalax chaoyatseni*（东部），*Myospalax arvicolinis*（西部）为多，并有 *Sinomegacecas pachyostus* 等化石（1962 年王永焱在陝西洛川的离石黃土上部曾找到肿骨鹿化石，1963 年中国科学院古脊椎动物与古人类研究所在陝西藍田相当于离石黃土上部——紅色土中也收集到肿骨鹿化石）。根据其化石的情况可以和周口店十三地点相比較，把下部的时代暫定为中更新世的早期，而把上部的时期定为中更新世晚期。这样的划分在頗大程度上是从地层的接触关系来攷虑的，化石证据还不十分充分。所以确切的划分还有賴于以后的大量工作。但从午城剖面也可以进一步說明，含丁氏及赵亚曾鼢鼠层位是在含泥河湾期化石群的午城黃土之上。由此可以判明含丁氏鼢鼠及赵亚曾鼢鼠的时代为中更新世，而非早更新世。这一問題 P. 德日进在后来虽曾反复說明其原訂为早更新世的不全面[60,77]，但并沒有較好的剖面加以证实，如今午城剖面可为解决这一問題提供一有力的证据。

馬兰黃土　有关馬兰黃土的命名及有关問題，已在华北平原一节中予以討論，于此不再贅述。馬兰黃土和离石黃土之間岩性区别明显，較疏松，柱状节理发育，易产生陷穴和天然桥（照片 17、18），除在塬区外，多数情况下馬兰黃土是覆于离石黃土的剝蝕面之上（照片 13），二者之間的界綫清楚，容易划分。它們彼此之間所含的化石也有所不同，馬兰黃土之中的化石一般石化不深，在黃土之中多不被石灰质結核所包圍；而离石黃土中的化石与此不同，不仅石化程度較深，又常产于埋藏土中的石灰质結核里。在化石种类上，于馬兰黃土之中除多含鴕鳥蛋碎片外，則以方氏鼢鼠为最常見。

关于全新世黃土問題，过去討論較少。在地质文献上提到的全新世黃土，多指次生黃土及再沉积黃土，在成因上和原生黃土是有区别的。

著者等 1955 年在山西离石王家沟及河曲工作时曾注意到在若干較小的黃土梁及其斜坡上有坡积作用形成的黃土状岩石，其中具有傾斜帶状的层理及紅土細粒。当时以黃

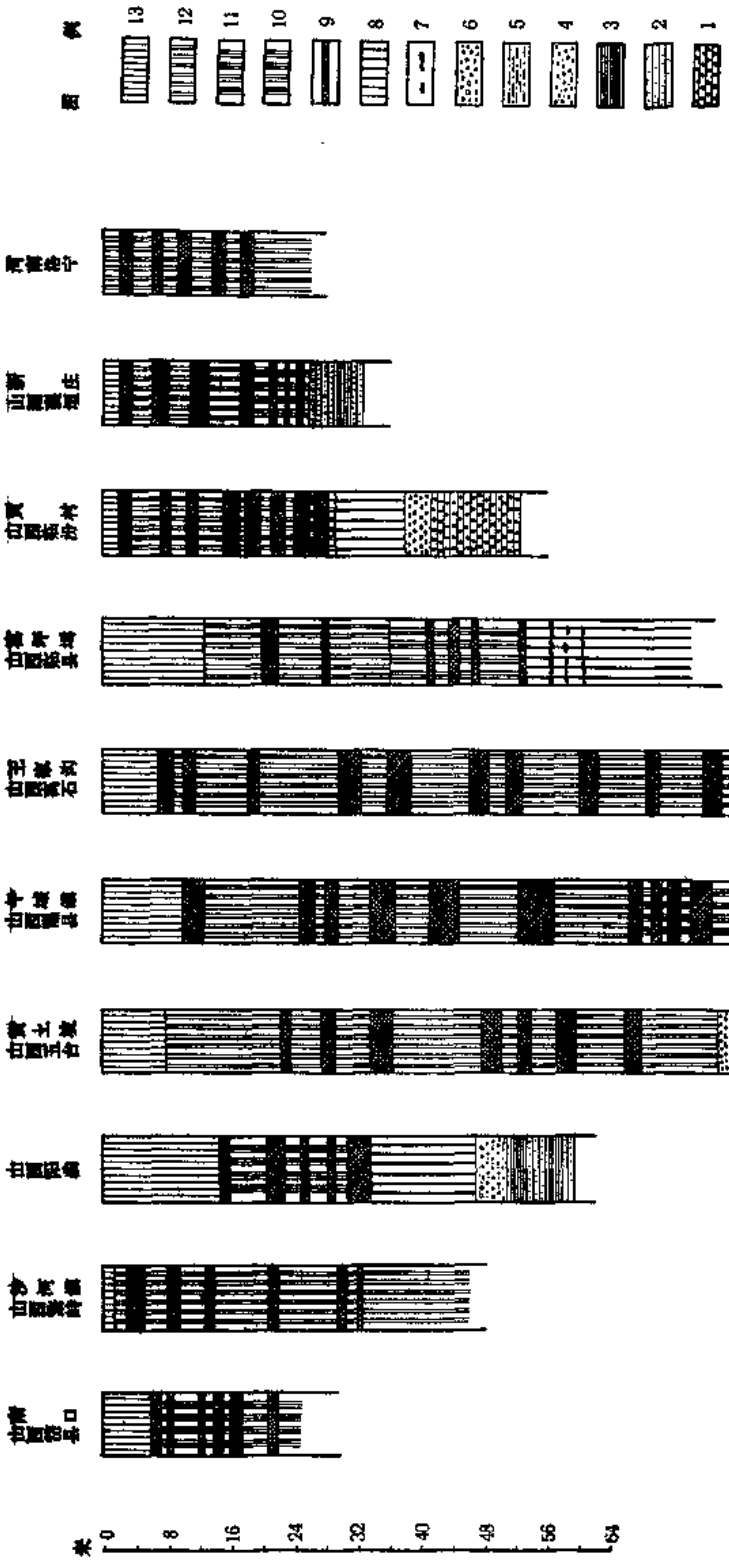


图 37　山西、河南各地黄土地层柱状剖面对比图

1.砾岩；　2.砂岩；　3.页岩；　4.砂、砾石；　5.砂土；　6.砾石；　7.石灰质结核；　8.红棕色粘土(三趾马红土)；　9.堆积土；　10.午城黄土；　11.离石黄土下部；　12.离石黄土上部；　13.马兰黄土。

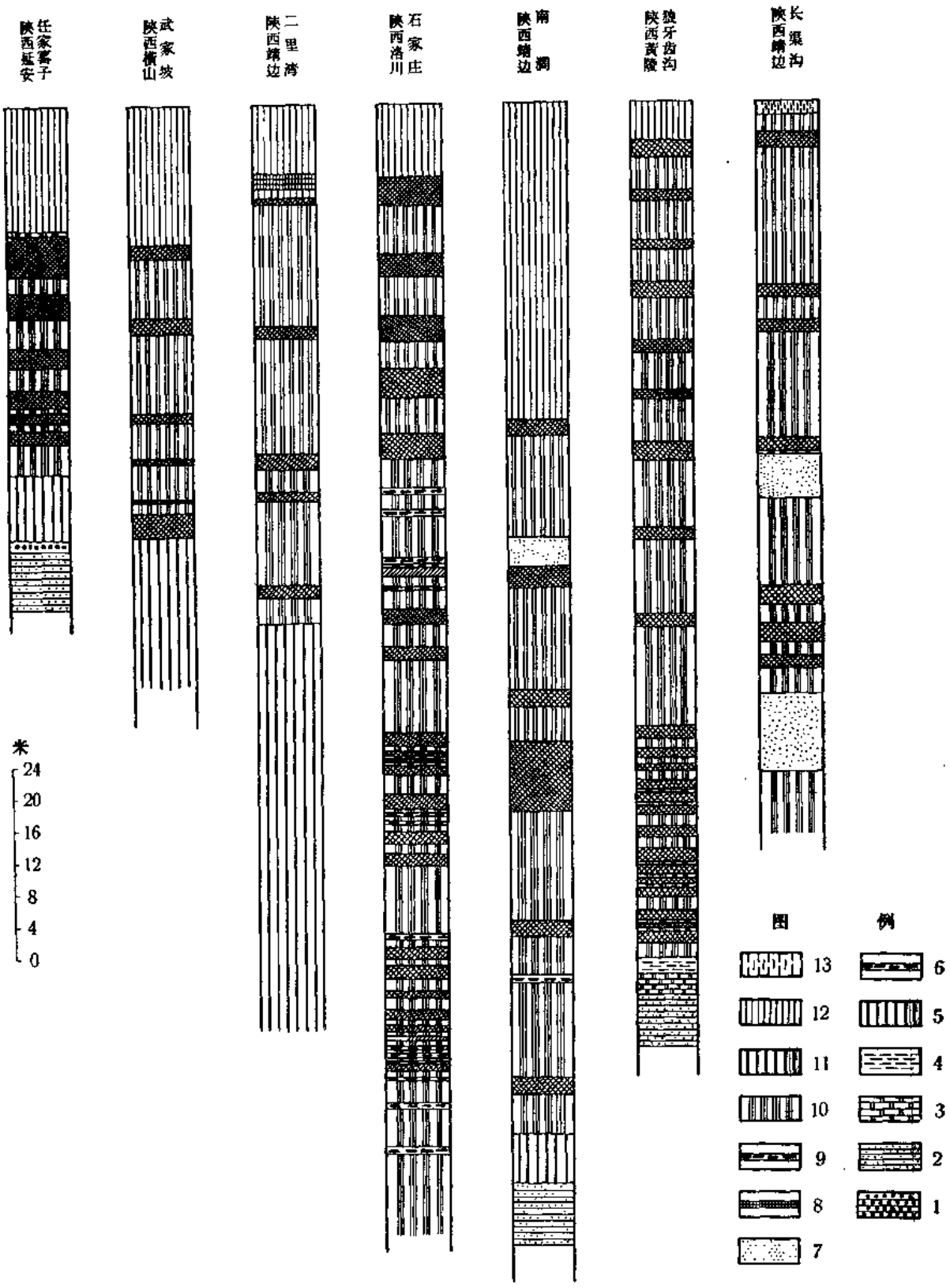


图 38　陝西各地黄土地层柱状剖面对比图

1.砾岩；　2.砂岩；　3.泥灰岩；　4.粉紅色亚粘土；　5.紅棕色粘土(三趾馬紅土)；　6.石灰质結核；
7.細砂；　8.黑壚土型埋藏土；　9.褐色土型埋藏土；　10.离石黄土下部；　11.离石黄土上部；
12.馬兰黄土；　13.黄土状亚砂土(黄土状岩石)。

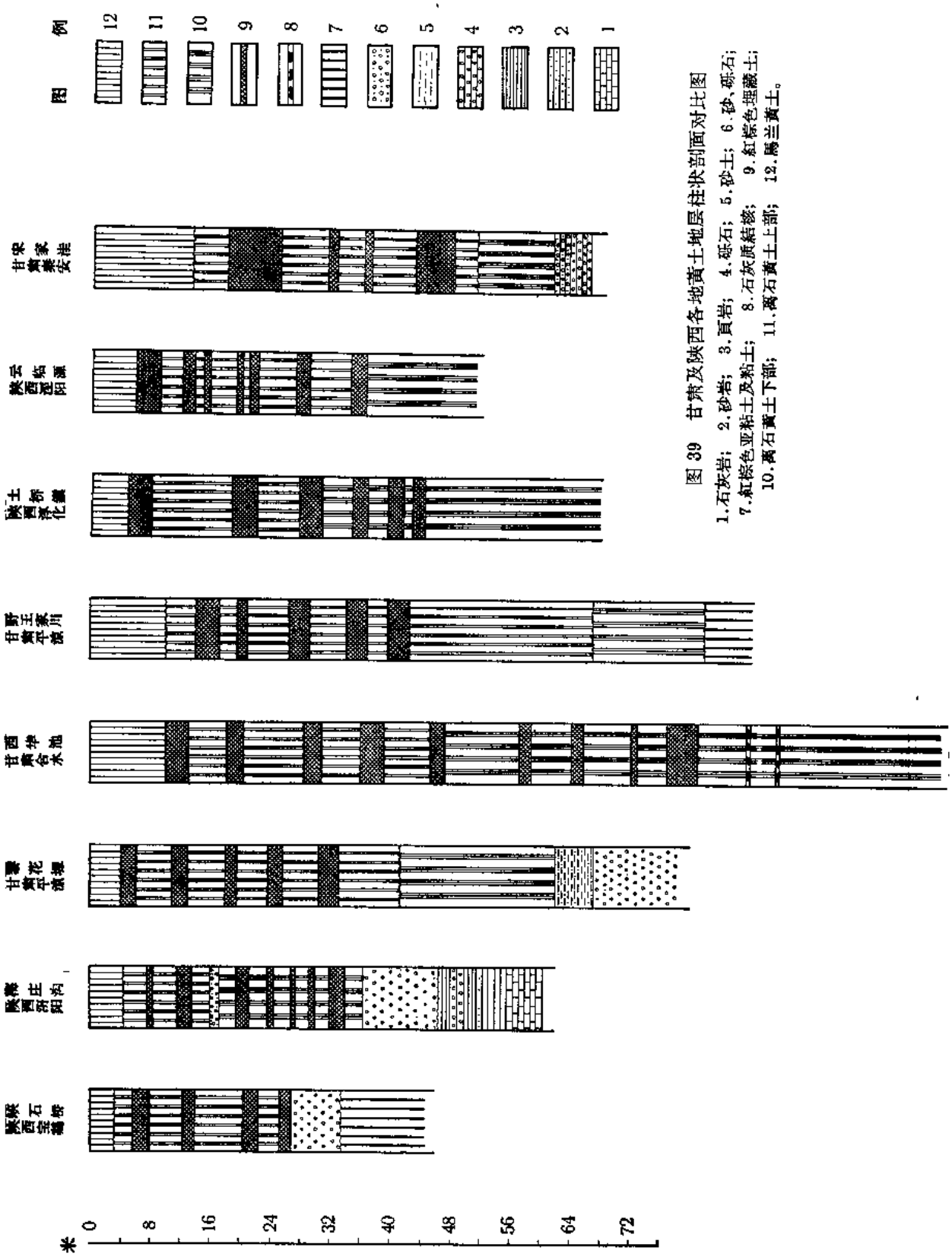


图 39 甘肃及陕西各地黄土地层柱状剖面对比图

1.石灰岩； 2.砂岩； 3.页岩； 4.砾石； 5.砂土； 6.砂、砾石；
7.红棕色亚粘土及粘土； 8.石灰质结核； 9.红棕色埋藏土；
10.离石黄土下部； 11.离石黄土上部； 12.马兰黄土。

土的坡积物名之，其时代为全新世。

在梁、峁地区，表层黄土多半經过坡面移动作用，在高处遭受剝蝕，沿坡向下移动，所以不易断明全新世黄土的层位(但坡积黄土除外)。

在研究塬区表层黄土(馬兰黄土)的性质时，感到从层位关系上相当馬兰黄土的一层数米到十数米的黄土，常顏色較暗，幷在手标本中形态頗与坡面移动作用所形成的黄土坡积物类似，显著的特点是黄土标本断面呈粒状結构，可以清楚地看出是由不同的土粒再聚集而形成的。这一特点朱显謨等曾早已注意过。极可能为馬兰黄土經过坡面作用又沉积(距离不很大)的产物。

塬区的表层黄土(馬兰黄土)另一特点是在地面下一米左右常見有灰褐—黑褐色土层，此层系长期耕种、人工施肥的結果所产生，与眞正的黑壚土在成因上是有区别的，所以还不能据之和陝北北部等地所見的黑壚土相比。据在当地的調查，不少坟地的碑座及建筑臺基等常在一、二百年間为黄土所掩盖，此种因水土流失部分黄土移动位置而沉积的現象和眞正的黄土沉积也有区别。

但在陝北等地研究黄土时，发現在馬兰黄土頂部有殘留的黑壚土层，其上有时有砂丘沉积，但少見有更新的黄土。仅在个别地区見黑壚土上覆有黄土，所以曾认为新黄土可分为两部分，其下部为上更新統，上部为全新統[16]，这里所指的全新統黄土其沉积为原生的。

1958 年 3 月 20—24 日北京上空黄暗无风，历时不久即在房舍、街道和树木上沉积下来大量的尘土，作者等收集許多这样尘土曾請北京大学張淑媛同志分析，結果证明其顆粒与矿物成分同晋、陝、甘等地的原生黄土(馬兰、离石、午城黄土)极为相似。

1959 年曾注意到在呂梁山南部隰县一带分水岭处有 2—3 层黑壚土型的埋藏土，这部分黄土可能在沉积作用上与眞正黄土相同(不是黄土的再沉积物、因其上为分水岭山地)，埋藏土頂面上的黄土属于全新世，但因缺化石和其他資料不好肯定。

最近王嘉蔭先生[78]在中国地质历史資料一书中提到"雨土"，对我国历史上沉降黄土現象作了詳細的統計和分析，可知在历史时期由风力搬运沉积黄土的地质作用还很强，如 1287 年曾雨土七昼夜，沒死牛畜。可見黄土的沉积厚度很大(图 40)。



图 40 雨土頻率图(据王嘉蔭)
横座标表示年代(世紀)；纵座标表示雨土次数。

所以在我国应有全新世的黄土沉积是无疑的。

最近王永焱教授注意了陝北隴东一带在塬面黄土表层部分含有新石器，也指出全新世时期仍有黄土沉积。

关于黄河中游各个地区黄土地层的划分大致如上。由于各地黄土地层基本类似，所以这样的划分对黄土高原地区一般还是可以使用的，不过其中需要加以說明如后。

黃土地层在黃土高原地区較全，它包括的时代从早更新世經中更新世一直到晚更新世，甚至在全新世中一直到現在仍可能有所沉积。但这些沉积是否是連續的呢？就其中有剝蝕面的存在，埋藏土壤层的发育可以肯定的說黃土沉积不是連續的，因而黃土地层剖面不代表第四紀时期全部沉积。所以黃土剖面在塬区可能沉积較完整，在丘陵地区和近河谷地区則黃土沉积必須和其他第四紀地层一齐进行研究，才可以了解到第四紀沉积的全部面貌。

尽管黃土地层有很大的一致性，可以进行較广泛的对比，但于各个地区由于地形之不同，保存情况的不同，还有較多的区别。更进一步詳細对比，还要依靠各个地区的更多的材料，只有在这些材料的基础之上，才能够得到完滿的結果。

有关黃土地层的对比問題，将准备在后面第四章中討論，于此不再詳述。

（五） 黃土的沉积間断

黃河中游的一套黃土沉积，其产状是叠覆在一起的，其物质成分是十分近似的，但其地层的时代却延續很长，自早更新世开始直到晚更新世和現代都有沉积。在这样长的时間內沉积的黃土，很难想象是連續无間断的。所以历来的研究者們对于黃土沉积間断問題給以极大注意[66]。

研究黃土及其沉积間断，除根据黃土之中所含化石用以确定其时代以外，也常利用其他方法加以区分。在我国黃土研究历史当中，比較常見的有以下两个方法：

利用不同顏色的方法　在过去沒有人正式提出利用顏色的方法作为观察黃土的沉积間断，但事实上这一方法却在研究我国第四紀地层中得到广泛应用。例如，P.德日进和楊钟健[19]对于黃土、紅色土、紅土这三个不同时期沉积物的命名就是依据顏色的深淺不同加以区分的。沉积物的不同顏色常常能够反映其形成时的气候条件，特别是象黃土这样均匀一致的沉积物，顏色的不同就更能反映其沉积时的气候条件及变化过程。当然，这与具体說明其沉积間断和改变还不完全一致。最近丁国瑜等[45]曾利用沉积物的顏色对华北平原第四紀沉积物进行地层划分的研究。

利用不同地貌部位的方法　在我国黃土研究中，以往也是常为人們所习用的。如在 10 米左右高的阶地上（板桥期切割以下）的沉积物常为黃土状岩石。在 20—30 米高阶地（馬兰阶地）上的黃土，一般是上更新統的馬兰黃土，而未見离石黃土（或紅色土）。在 50 米以上高的阶地（在黃河谷保德附近）則有离石黃土的上部（?），其上覆以馬兰黃土。再高可以有更老的黃土。直到 100 米左右高的高阶地上，于其底部常出現有三趾馬紅土，其上則为离石-午城黃土及馬兰黃土（图 41）。

以上两种方法都說明了黃土沉积是有間断的。但这两种方法都只能間接地說明黃土的間断，更直接地追溯黃土沉积間断，除就上述两方面研究以外，还有以下几个方面值得注意的。下面将准备扼要闡述有关黃土沉积間断的某些标志。

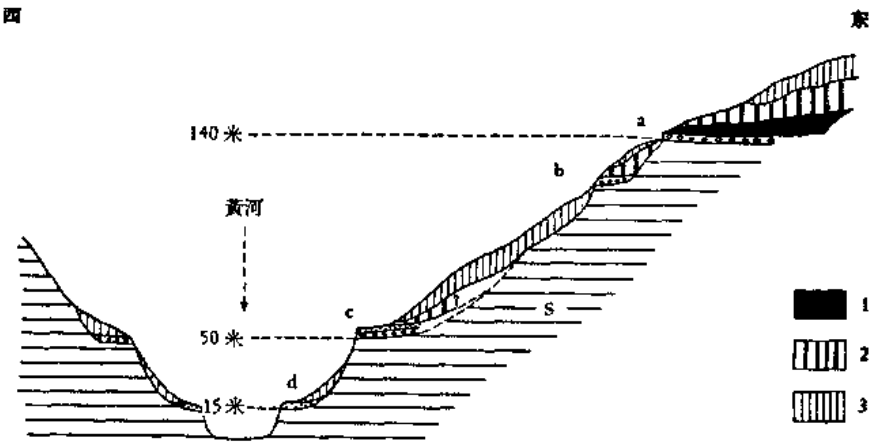


图 41 保德火山附近黃河剖面(据 P. 德日进、楊钟健)

1.紅土; 2.紅色土; 3.黃土。 a——紅土的底砾岩(有花崗岩砾石); b——紅色土的第一底砾岩; c——含 *Quadrula* 的砂、砾(7 米厚); d——含古石器的黃土底砾石; s——早三叠紀砂岩。

要想闡明黃土沉积間断問題,首先必須确定和认識黃土沉积間断的一些标志,根据近来一些工作,下面三个主要标志是值得詳細叙述的: 1) 埋藏土壤层; 2) 剝蝕面(不整合面); 3) 其他成因沉积物和黃土的互层。

1、埋藏土壤层

由于第四紀沉积物中常保存以前的土壤层,而土壤层的形成常标志着沉积的間断,或沉积速度的減緩,其被埋藏的又代表另一次的沉积。所以,在第四紀地质研究中,多利用古土壤作为标志来說明其沉积的間断、地形的改变以及气候的变化等等問題。埋藏土壤之所以特别为第四紀地质工作者所注意,是因为在多数情况下在冰期堆积(冰碛物)上的发育良好的古土壤(埋藏的和不埋藏的)代表着一次間冰期的存在。在一个地区中,当間冰期时期在沒有新的沉积物的情况下,可以在前一个冰期沉积物上形成土壤。因而,古土壤层作为广泛被利用划分冰期、間冰期,或雨期、間雨期的界限标志。同时,根据埋藏土壤的发育情况,不仅可以确定冰期、間冰期等气候的变化,甚至也可以确定較輕微的气候变化、沉积的間断或速度的变緩等。所以,近年来各国第四紀工作者都特别注意埋藏土壤的研究。

对于埋藏土壤的研究最为有利的,是发育在不同时期黃土之上的埋藏土壤。因为不仅黃土本身是一个很好的气候指标,而且由于黃土分布面积較广,产状不受地形所限,又具有均匀一致的岩性,所以,在黃土上发育起来的埋藏土壤更能够在地层对比外說明区域內的气候的不同。

除根据黃土中埋藏土壤可以确定其沉积間断和形成土壤时的气候条件外,埋藏土壤中常含有动、植物化石,这可供說明其时代和形成的环境;利用埋藏土壤中的有机质可进行 C^{14} 絕对年龄的鑑定;也有人利用土壤剖面发育的程度来計算这一沉积物遭受成土作

用(风化)的年代。所以在研究古土壤时,对于黄土上发育的古土壤就更为人們所注意。

我国关于黄土中埋藏土壤的研究,自 1935 年[79]以来陆續有些报导,但当时的工作多是从土壤角度来作的,地质工作者对此研究的不多。建国以来对黄土埋藏土壤的研究更进了一步,土壤学家进行了不少深入研究,地质学家对此也更为注意[1]。

馬兰黄土中的埋藏土　在馬兰黄土中,常可发現有一层黑褐色的埋藏土层。一般在塬区保存較好,在黄土高原的北部也常可以看到这层土壤成殘留小块,分布于被侵蝕的地形上,如在河曲、楡林、靖边、定边一带多有发育(照片 19),其外表形态和保存的部位与东北区黄土之上发育起来的黑土(有时也发育在砂丘之上,这一黑土不是現代黑土)极为相似。

在黄土高原的南部及东部則很少見到这层埋藏土,这可能是由于在其形成以后把它剝蝕冲涮掉了的緣故。一般在黄土梁、峁发育的地区,如延安、綏德、离石、太原一带也不常見到这层埋藏土。但在个别地形上适宜于保存的地方仍有不少露头。如在隰县以东呂梁山西坡,便可以看到在近分水岭地区的馬兰黄土中有二到三层黑色埋藏土。由該地向下到隰县县城一带卽不再保存。在山西离石王家沟一带,在若干冲沟的沟头部分快接近分水岭的位置上也常保存有黑色的古土壤。

这层黑色埋藏土,据朱显謨[76]和石元春等的研究,称为黑壚土。它代表一种草原气候植被条件下的产物。黑壚土型埋藏土的发育,說明馬兰黄土沉积时期至少有过一次較为普遍的沉积間断,同时也是黄土沉积速度大大減緩阶段,其速度小于成壤作用,只有在这样条件下土壤剖面才能发育起来。

这层黑壚土一般埋藏不深,常在地下一、两米或几米深。而馬兰黄土一般都常在 10 米以上。虽然現在还缺乏时代的证据,但如果把黄土沉积作为大致上是均匀的話,那么这层黑壚土的发育可能是在更新世的后期。这也可以从若干地区的黑壚土是以殘余的形式出現而未被掩埋来說明其时代較近。黑壚土之上的黄土可能为全新世的黄土。

黑壚土被埋藏和未被埋藏两种类型在黄土高原上都有。現在还不能证明这两个黑壚土是否为同一层,但从土壤剖面的特征上来看极相似。如果被埋藏的黑壚土和未被埋藏的黑壚土是一层(同一时期形成的)的話,那就說明在黄土高原上的馬兰黄土,在不同地区沉积的厚度是不同的,甚至有的地方沒有;或者有的地方有全新世的黄土,有的地方則沒有全新世黄土。

在若干山地內黑壚土的层数較多,可能說明那里的条件对保存相当有利,所以,有較多較好的剖面。而在地形开闊的梁、峁和具有較大傾斜的塬区,特别是梁、峁区,由于所受剝蝕作用比較强烈,所以黑壚土保存的較少。

在华北平原的边緣和东北等地,有的地区于馬兰黄土之中,也发現有黑壚土层(图

1) 著者等在对埋藏土进行工作时得到馬溶之、朱显謨、石元春等同志的很多帮助,除在此介紹一部分他們未发表的成果外,并对他們表示感謝。

25)，但因目前对其了解的还很不足，所以一时还难同黄土高原上的黑垆土进行对比。

离石黄土中的埋藏土　离石黄土中的埋藏土和馬兰黄土中的有所不同。据朱显謨[76]和石元春[80]的研究，应属于褐色土型的土壤(表 6)。

表 6　黄土中古土壤剖面各发生层段的特征

地　点	层　次	厚度(厘米)	有机质含量(%)	$CaCO_3$ 含量(%)	粘粒含量(%)	备　考
陕西武功头道塬最上一层古土壤	A	40	1.02	0.25	25.5	
	AB(粘化层)	60	0.65	0.23	33.7	
	B(鈣积层)	>100	0.44—0.56	12—18	22—25	
	BC	>100	<0.40	±10	±20	
陕西蒲城黄綿上	耕层	14	1.10	15.86		耕种土壤
	犁底层	10	0.66	15.30		
	心土	50	0.49	19.55		
	底土	>50	0.43			
陕西洛川塬地最上一层古土壤	A	15	1.00	0.91		
	AB	50	0.65	0.95		
	B	30	0.50	12.18		
	C	>50	0.32	11.78		
甘肃合水塬地顶部第三层古土壤	A	50	0.93	0.80	19.0	
	AB*	30	0.77	7.51	20.6	
	B	60	0.51	19.56	16.0	
	C	>50	0.25	11.60	14.0	
甘肃西峰塬地顶部最上一层古土壤	A	>50	1.23	7.59	18.0	
	AB	40	0.71	14.48	16.0	
	B	>50	0.53	15.33	14.0	
	C	>50	0.35	14.25	13.0	
陕西邠县塬地顶部最上一层古土壤	AB	50	0.97	0.56		
	B	>50	0.58	13.95		
陕西毪德丘陵顶部以下第四层古土壤(Cr—16)	AB_1	30	0.25	5.97	22	
	AB_2	30	0.26	6.30	23.5	
	AB_3	30	0.28	3.67	23.5	
	B_1	30	0.25	16.71	18.0	
	B_2	砂姜层(50±)				
	C	>100	0.19	8.28		
陕西榆林砂黄土内古土壤	A	30	1.10			
	AB	60	0.65			
	B	70	0.26			
	C	>100	0.20			
山西离石王家沟丘陵地自上而下第六层古土壤	AB	40	0.67	3.13	31.95	石元春資料
	AB	50	0.59	0.37	31.46	
	B—BC	>50	0.37	10.17	23.59	
山西离石王家沟丘陵地自上而下第八层古土壤	AB_1	30	0.43	0.42	29.04	石元春資料
	AB_2	50	0.43	0.18	27.16	
	B_1	40	0.31	16.05	20.11	
	B_2	50	0.26	17.00	19.30	

*　粘化作用最为强烈的一层，由于我們对它的研究还不足，所以暫以 AB 代表。

根据埋藏土的发育程度和其保存情况来看，以离石黄土的上部的为好，下部較差，现在研究的也較多，至于其下午城黄土目前研究得还不够。

在离石黄土上部之中，一般常保存 5—6 层埋藏土壤层。这些埋藏土常具有以下几个特点：

(1) 如从山西西南部，陕西洛河和甘肃涇河流域的塬区黄土剖面来看，这几层埋藏土壤都很发育，但在其中有一层发育最好，厚度也大。在洛川塬下它是自上而下第五层，董

志塬下也是第五层，在午城是自上而下第六层。这层埋藏土是地层划分的标志，现名为洛川埋藏土。

（2）离石黄土中的埋藏土，根据分析其性质頗为类似，所以可以归为褐色土型的埋藏土，但因这方面工作目前还較少，其中可能有不同亚类或类。

（3）上部埋藏土之間常隔以較厚的黄土，各地两层埋藏土之間的距离也大致相似（图37、38、39）。

（4）这几层埋藏土壤的产状也很相似，均大致呈水平或近于水平，彼此互为平行叠覆出现。如发育在傾斜的古地形上，則这五、六层均具同一傾角仍互相平行出露。

（5）由埋藏土和黄土所形成的总厚度，在各地也大致相同。并且当其被切割成为沟谷时，其形成的谷壁常是陡峻的，有时几乎可以接近直立。

（6）在尚未来得及逐层詳細研究这些黄土和埋藏土以前，目前，只能把这一在产状上一致而又具有密切关系的黄土和埋藏土当作一套沉积。根据其中所找到的化石，初步定其时代为中更新世的晚期。

埋藏土壤层有这样多次的发育，在其他国家是很少見的。在欧洲黄土分布区，每一个埋藏土壤层代表一个間冰期，或一个冰期阶段。虽然在若干地区有时也可以形成一組(complex)，其中有两个或三个埋藏土壤发育，但其規模均較小。我国离石黄土中有这样多的埋藏土出现，对于說明我国第四紀地质发展历史甚为重要。如果目前对离石黄土地层的时代了解无誤的話，那么可以說在离石黄土上部(中更新世晚期)沉积的过程中至少有5—6次的黄土沉积和5—6次的間歇，而在每一次的間歇中发育成土壤。

气候变化的次数，一般可以根据埋藏土壤的层数进行概略估計。

欧洲的黄土主要形成于玉木冰期以后，現在可以肯定的其中有二、三层埋藏土。每层埋藏土形成于一个間冰段时期。有的地方如捷克的黄土中曾发現有五层埋藏土壤，或更多。对这些埋藏土壤中的腐植质曾进行 C^{14} 絕对年龄測定，其結果都肯定是在晚更新世时所形成的。

我国馬兰黄土在时代上和欧洲玉木冰期后的黄土同期，但仅見到一至两层黑壚土。

相反，中更新世时期的黄土，在欧洲各地发現得并不很多，对其中埋藏土的研究也更少，但根据目前发展的趋势来看，似乎也在发現有較多的埋藏土壤层[81,82]。

看来在黄土中发現較多的埋藏土壤，已經不再是什么不可了解的事了。我国黄土沉积很厚，各时期的黄土都保存得比較完全。研究其中埋藏土对于說明黄土沉积的层序及其間断，对于說明当时的气候波动等問題都极为有利。

至于从埋藏土的类型来探討黄土沉积过程中气候变化的强度，又是另外一个极为有兴趣的問題了。

关于褐色土型的埋藏土壤，馬溶之[83]曾认为其类型与現代我国南方的紅土近似，所以曾推論其形成时的气候条件同現在长江流域相似（在緯度上比黄土分布区約小8度）。

如果形成黃土的当时气候条件与現在黃土高原十分类似的話，那么他們之間的差别大致如下：

表 7　黃土和埋藏土形成时气候条件的差别表

土　类	年降雨量	年平均溫度 (最低)	(最高)	备　注
黃　土	450 毫米	−5°C	10°C	相当于現代黃土高原的气候
埋藏土	850 毫米	2°C	18°C	相当于現代长江流域的气候

2. 剝蝕面(不整合面)

埋藏土常常說明沉积間断，其本身有时也是一个剝蝕面，但并不完全都代表一个剝蝕剧烈的时期，这在研究我国的黃土剖面中可以看出。

除埋藏土外，在黃土地层中可以清楚的看到几个比較显著的，分布广泛的剝蝕面(图 42)。剝蝕面把黃土分开，剝蝕面上、下的黃土常成为一組。根据其中所含化石每組黃土的时代各不相同。这几个剝蝕面中最为清楚的是馬兰黃土和离石黃土之間的一个。这在 P. 德日进、楊钟健的"山西西部陝西北部蓬蒂紀后黃土期前之地层观察"一文中所附的各图表示的最为明确。



图 42　山西靜乐下高崖村黃土不整合接触关系剖面素描

1. 淺紅棕色三趾馬紅土；　2. 淺棕黃色及紅黃色离石-午城黃土；　3. 淺灰黃色馬兰黃土；剖面长約 170 米，厚 50 米。

据現在所发現的黃土中剝蝕面自上而下可以分为：(1)馬兰-离石剝蝕面，(2)离石上、下剝蝕面，(3)离石-午城剝蝕面。

馬兰-离石剝蝕面　是馬兰黃土和离石黃土之間的分界綫[1]。一般在源区离石黃土形成的地形比較平坦的地方不易見到，但在离石黃土形成的起伏梁、峁区，或一些沟谷的地方則相当清楚(图 43)。

由于离石黃土中含有褐色土型的埋藏土，而馬兰黃土中不含这种紅褐色的埋藏土，所

1) 作为黃土的分界綫和其他第四紀沉积物一样，常利用剝蝕面作为划分的依据。

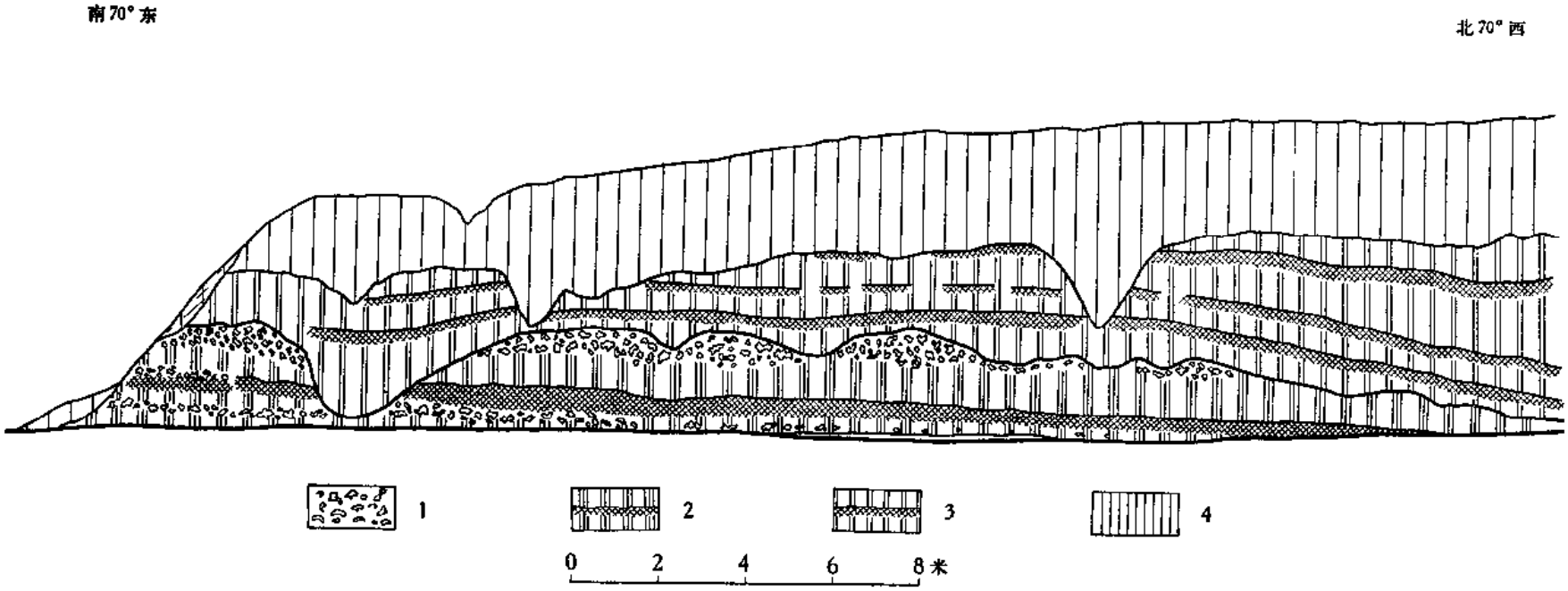


图 43　山西沁水刘家窖黄土地层不整合关系剖面

1.石灰质結核；　2.离石黄土下部与埋藏土；　3.离石黄土上部与埋藏土；　4.馬兰黄土。

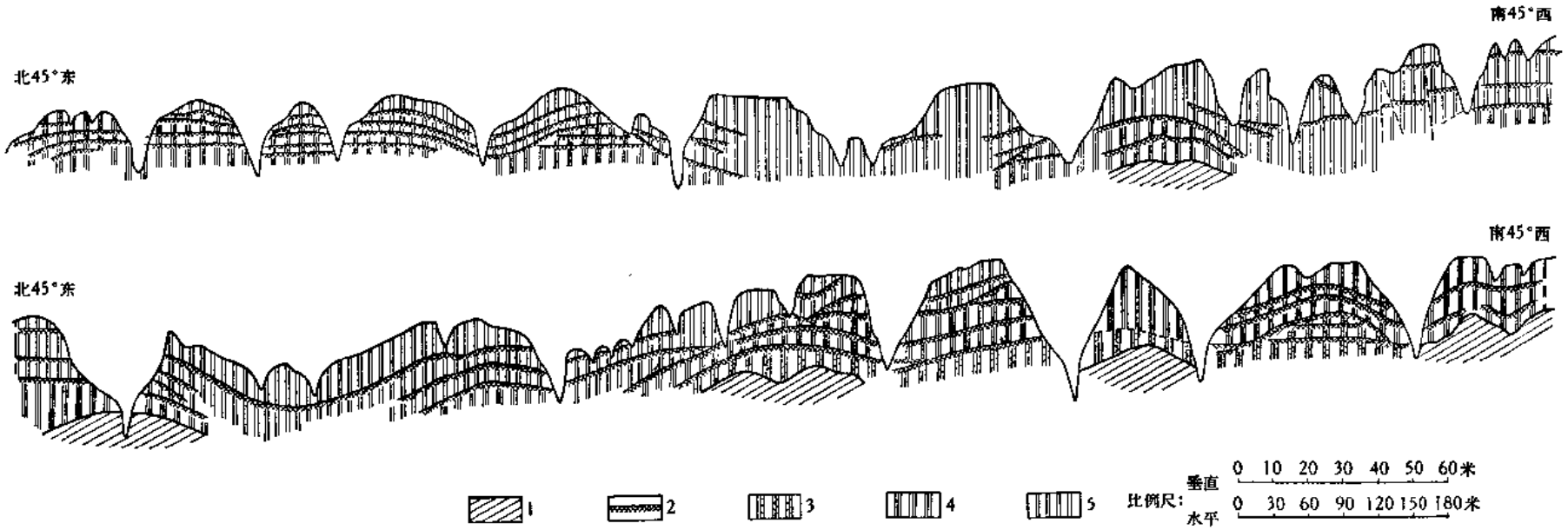


图 44　陕西铜川漆水河附近铁路旁黄土埋藏土产状与不整合关系示意剖面

1.前第四紀基岩；　2.埋藏土；　3.午城黄土；　4.离石黄土下部；　5.离石黄土上部。

以二者接触容易看到它們之間的界限，并常随离石黃土被剝蝕后所形成的起伏地形而呈傾斜和弯曲形态。

离石上、下剝蝕面一般是离石黃土上部的埋藏土壤层厚，其中的黃土也厚。离石黃土下部中的埋藏土壤层薄，其中黃土也薄。并且在很多地区可以看到离石黃土中的埋藏土壤的剖面露头，以較大的角度或弯曲不整合于离石黃土下部的黃土之上（图 44 及照片 20、21）。

这一剝蝕面在山西北部的靜乐，山西南部的沁源，河南的三門峽及其东部，陝西北部的榆林、靖边，陝北中部的延安、銅川以及甘肅的天水、庆阳等地全有发現，而且愈来愈普遍为人們所注意。

离石—午城剝蝕面，由于至今对午城黃土了解得不多，所以对其与离石黃土下部之間的剝蝕面了解得也較少，仅在午城鎮地区看到二者之間有一剝蝕面。至于这一剝蝕面的形成是主要由于构造运动上升，还是由于气候变为溫暖，現在尚未查明，也可能这两种作用都有。

根据黃土高原区剝蝕面的发育广泛以及它对地形影响的剧烈程度来看，剝蝕面所代表的黃土沉积間断远較埋藏土所代表的为强烈。

剝蝕面本身虽然代表着流水作用的盛行，是外力作用的結果，为气候变化的直接产物，但其发生却和新的构造运动相联系的。

3. 其他成因沉积物和黃土的互层

关于黃土和其他成因第四紀沉积物互层問題，著者等于 1958[9]，及 1963[22]年曾討論过，故不在此重述（图 4）。值得討論的是这样的互层，从地质角度上来看似无問題，而且若干个互层也有相当的化石证据，但目前仍缺乏足够的系統的古生物学的研究能够足以說明二者在时間上不同的差距究竟有多大。

（六） 关于黃土顆粒自西北向东南逐漸变細的問題

黃河中游黃土自西北向东南有逐漸变細的趋势，是解放以后才逐漸为不同的研究者所注意的。1954 年熊毅、文启孝[84]等提出这一問題后，著者等[9]在 1955 年在晋西北进行水土保持工作时也发現这一現象；并根据当地的习慣将較粗的砂黃土和黃土分布界綫划分出来。嗣后不同的工作者在不同地区也得到同样結果。地质部水文工程地质研究所[18]在隴东，西北水利科学研究所[68]在陝北对黃土机械成分分析結果都得到了相似結果。

朱海之[85]、苏联义[86]等同志对馬兰黃土所进行的机械分析和显微鏡下的研究，从未經扰动的标本中得出了較多結果；王挺梅等[87]也曾对黃土高原的黃土顆粒变化进行了分析和整理。

从以往的工作可以判明：

（1）黄河中游地区的黄土，无論馬兰、离石、午城黄土，都具有自西北而东南逐漸变細的規律。这一現象在野外用肉眼观察即可发現，当地人民称北部的黄土为砂黄土或砂质黄土，南部的黄土則称之为黄土。它們的界綫大致以北东—南西方向自山西的五寨、临县，經陕西的綏德、清澗、志丹再折而略呈东西方向过甘肃海原。

（2）从穿过黄土高原不同方向上的路綫剖面看出，黄土自北而南的机械成分变化的規律性是显著的。

根据以往对区內各地的大量分析，大致可以划分为五个带，第一带的范圍大致包括靖边、榆林連綫以北的黄土分布区，此带內黄土顆粒平均值 >0.045 毫米。第二带范圍是自第一带向南，南至环县、子长、五寨連綫，顆粒平均值为 0.035—0.045 毫米。第三带包括洛川、灵石連綫以北至第二带之間的地段，顆粒平均值为 0.025—0.035 毫米。第四带的范圍是北起第三带，以淳化、蒲城、安泽連綫为北界，其顆粒平均值大小为 0.015—0.025 毫米。第五带位于此带以南，黄土顆粒平均值多 <0.015 毫米（图 45）。

（3）利用显微鏡下观察黄土結构和顆粒大小的方法，同样証实了上述的規律。研究了

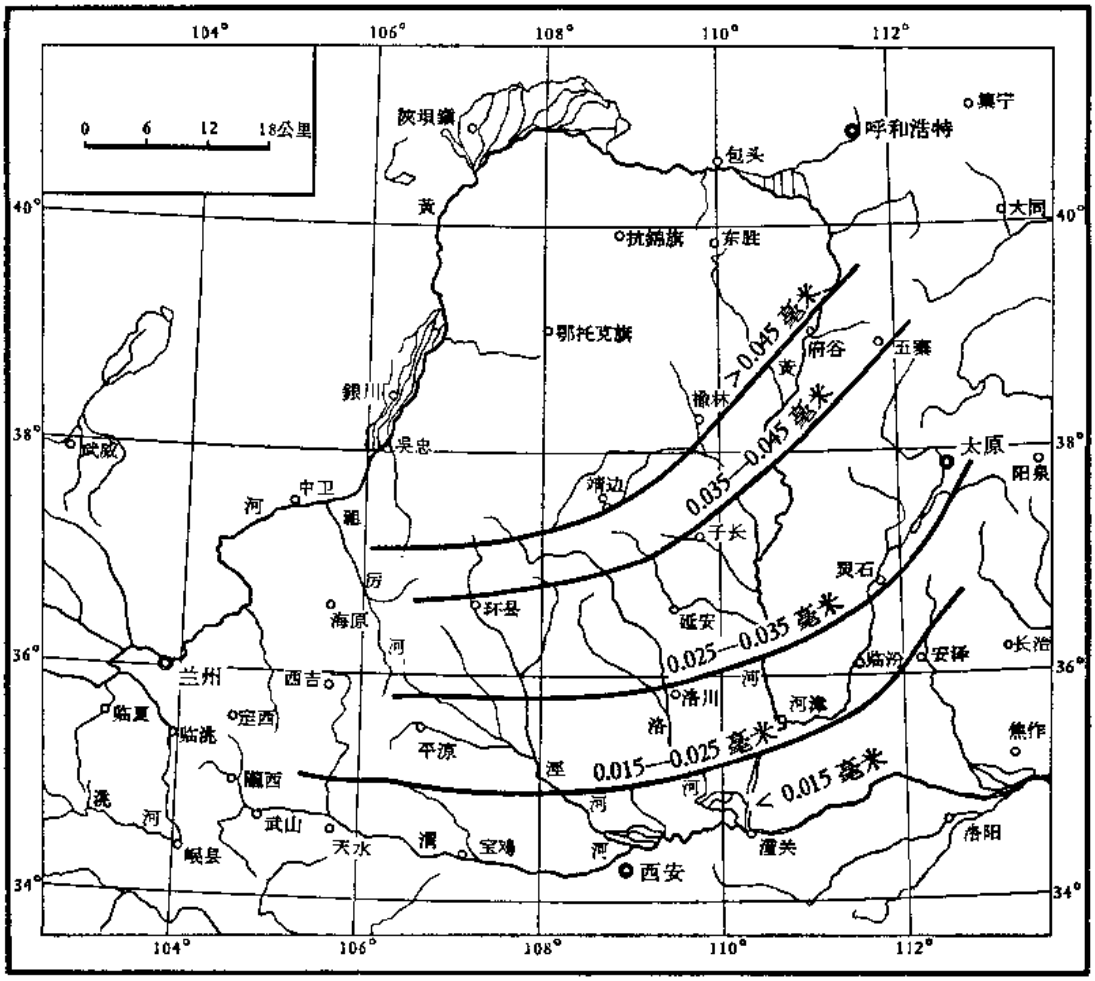


图 45　黄河中游馬兰黄土顆粒变化图（平均值）（据苏联义）

黄土的岩相变化后同样可把上述五带的黄土划分为三个不同岩相带，第一带为砂黄土相，第二带为黄土相，第三带为細黄土相，其特征如下（图 46）。

（4）砂黄土、黄土、細黄土之間的逐渐过渡規律，不仅見于黄河中游地区，在华北和东北也同样可以发现（見“中国黄土分布图”）。

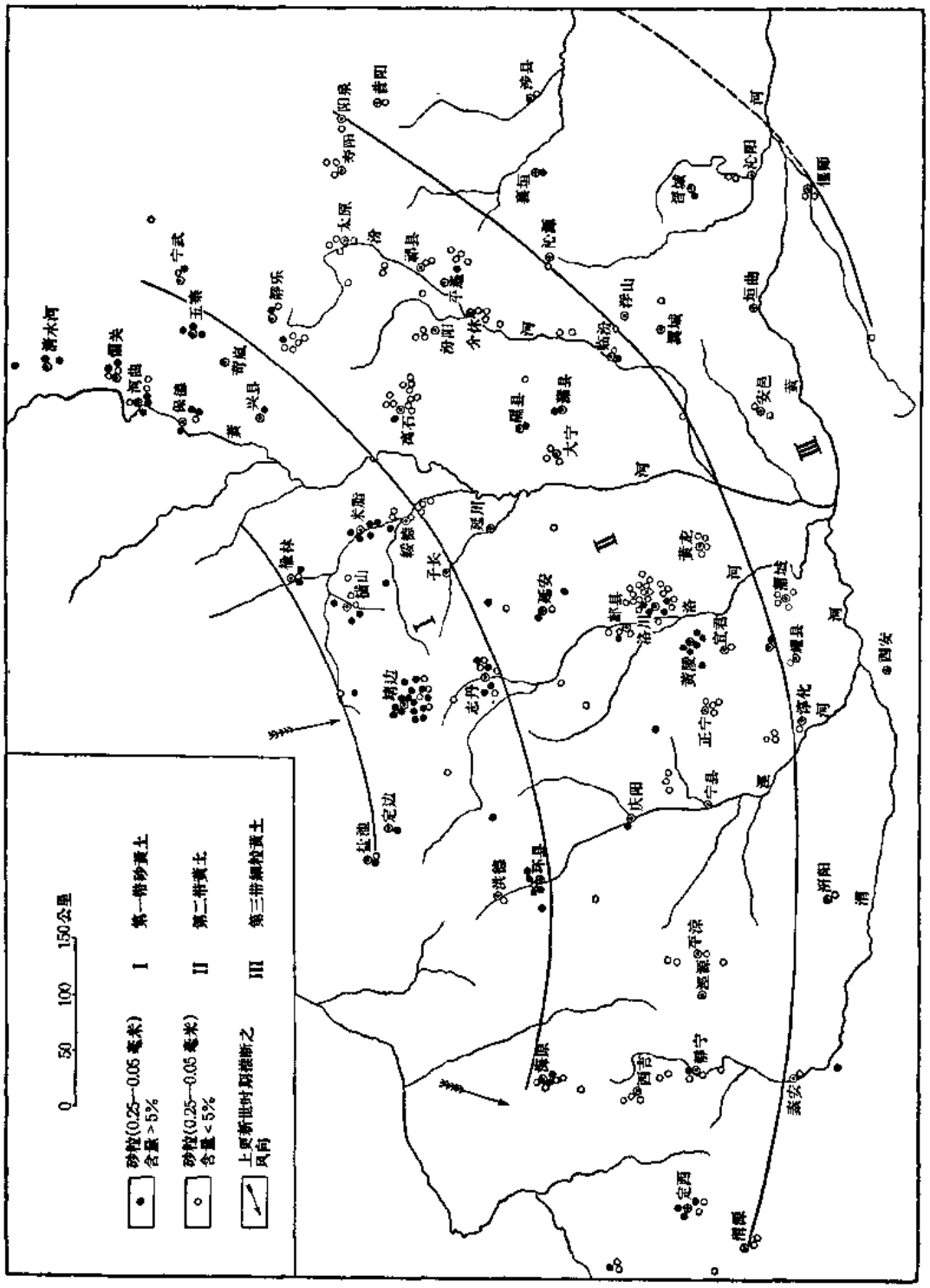


图 46　馬兰黄土横向分带及砂粒含量分布图（据朱海之）

五、西北內陸盆地黃土和黃土狀岩石的分布与岩性

(一) 地区概况

黃土高原之西，甘肅西部、青海与新疆維吾尔自治区为我国內陆盆地地区。区內山脉高峻，多呈东西走向。其間夾有巨大的內陆盆地，如阿尔泰山、天山之間的准噶尔盆地，天山、昆侖山之間的塔里木盆地，昆侖山、祁連山之間的柴达木盆地以及祁連山、北山之間的河西走廊等。

过去，对这一地区的黃土报导不多。建国以来，通过水文地质、工程地质以及其他地质工作，已对其分布有一概略的了解。这里的黃土和黃土狀岩石，无論就其自然地理分布，或其研究程度都有相似之处，所以現在根据已有的材料把它們放在一起加以叙述。

本区在自然地理上具有以下的特点：

(1) 高山和低地相間，水系多为內流，形成几个大的內陆盆地。

(2) 气候干燥，盆地內部降水量很少，蒸发量极大，除北疆的塔城、伊宁和一些陆山地区以外，年降水量均在 250 毫米以下，准噶尔盆地为 100—200 毫米，塔里木盆地为 5—50 毫米，河西走廊一带約为 100 毫米(見表 8)。

表 8 新疆及河西走廊降水量表

地　　区	降水量(毫米/年)
塔城	312.5
烏魯木齐	273.0
吐魯番	16.2
敦煌	32.9
酒泉	90.4

(3) 自第四紀以来冰川不断从高山地区后退，現在仍殘留不少冰川[88]。

(4) 盆地內山前沉积物(冰水及洪积物)，黃土类沉积物，沙漠及沼泽湖相沉积物成带狀分布。

为了叙述上的方便起見，自东而西就其自然地理位置可以分为：(1)河西走廊，(2)青海柴达木盆地，(3)新疆盆地等三个区。

1. 河西走廊

自祁連山的分支烏鞘岭，向西至疏勒河的下游玉門关，形成一个北西西—南东东走向的狹窄地带，东西长約 1,000 公里，南北寬不足 100 公里[1]。其北为阿拉善地台边緣隆起

1) 习慣上是以东边烏鞘岭西至星星峽为其东西两端起点。

的北山山脉，有馬鬃山与合黎山。其南为祁連山，山的高度多在4,000米以上，最高山峰可达6,000米左右，走廊之內地势較低，一般在2,600米以下，分布有三个冲积-洪积平原。位于最东边的为武威-民勤平原，以白亭河水系和祁連山山麓的洪积-冲积平原为中心，海拔約1,500米。西至扇水水系則进入張掖、酒泉平原，平原寬达50公里，各地海拔約在1,500—2,000米之間，地面大部分为戈壁层。更西則为玉門、安西平原。

走廊內第四紀洪积、冲积物甚为发育，由山地至平原見有明显的分带現象，根据余伯良的研究[89]，在玉門、高台間自南向北可以分为以下五个带：

1．南山北麓坡积带，寬約1公里。

2．洪积带，此带由三至四个叠置的扇状洪积所組成。

3．洪积-冲积层带，广泛分布更新的洪积-冲积沉积物。

4．冲积带，位于三带之前，寬2—3公里。

5．北山南麓的坡积带。

2．青海柴达木盆地

柴达木盆地位于青海省的西北部，盆地的南面和西面分别被昆侖山和阿尔金山所环抱。昆侖山海拔5,000米，阿尔金山海拔4,000米，上为基岩裸露，第四紀沉积物甚少。东北面是祁連山，盆地东西长約850公里，南北寬达250公里。盆地內的地势，以西北部較高，海拔在3,000米上下，比高为100米左右。由之而东地势逐漸下降，发育有丘陵地形，地面广泛分布有砂丘。在甘森以东，青藏、青新公路以北地区，洪积、冲积物（plQ，alQ）发育，地面海拔約为2,700—2,900米。盆地东南部地势低凹，湖泊沼泽比較发育。

3．新疆盆地

准噶尔盆地位于本区的西北部，盆地东西长約850公里，南北寬380公里，地势东高西低，由东向西緩緩傾斜，东部最高地区奇台一带海拔达1,000米以上，西部地势較低的艾比湖一带，其海拔高度減为198米左右，吐魯番盆地最低，处海平面以下。盆地的北部为西北一东南走向阿尔泰山，一般海拔高度为4,000—5,000米。在2,400米以上部位广泛分布有現代冰川剝蝕地形。盆地南部，为天山山脉，除婆罗多科努山較低以外，絕大多数山峰高度均在海拔4,000米以上。3,700米以上的地带常年积雪。在1,700—3,600米高度之間广泛发育古代冰川作用地形。于西部阿拉套山等地，海拔高度在2,400米以上地带，发育有冰川槽谷、冰斗、角峰以及鋸脊等典型的冰川地形。于深切的河谷之中堆积有冰碛物，經侵蝕切割之后形成殘缺不全的高阶地[90]。

盆地的西側，为准噶尔盆地以西山地地区，分布有沙烏尔、巴尔魯克、齐衣尔、瑪利等各山。于各山之間夹有山間盆地和谷地。各山脉山峰高度均在海拔2,000—4,000米之間。

盆地的西南部，在瑪納斯湖、艾比湖和烏倫古湖等地有較厚的湖泊和河流沉积。盆地的中部广泛分布着各种类型的砂丘。盆地的东北部以低山或起伏的丘陵为主，剝蝕作用較强，沉积物較少。

塔里木盆地位于天山南麓，东西长約 1,500 公里，南北最寬可达 600 公里，平原地面由西向东緩緩傾斜，高度由 1,200—1,400 米減到 800—850 米。由盆地的周圍向中心可分为山麓洪积-冲积扇和山前古老冲积平原两带。在盆地的中心部位，广泛分布有各种类型的砂壟、砂丘。

山麓洪积-冲积扇，广泛分布有黃土、砾石、砂和粘土沉积物。由此带向前則为山前古老冲积平原带，界于前带和砂漠之間，地面較为平緩，广泛分布有砂、粘土和黃土状粘土沉积。

（二） 黃土和黃土状岩石区域分布特点

1. 黃土

从中国黃土分布图上可以看出，本区內之黃土主要分布在河西走廊，青海柴达木盆地的东部，新疆准噶尔盆地以西山地，天山北麓，塔里木盆地的外緣等地。但以东天山北麓，准噶尔盆地以西山地地区巴尔里克山以及塔里木盆地的西南緣英吉沙和克里揚等地最为发育。茲就其自然地理位置分区叙述如下：

河西走廊黃土主要分布在酒泉以东民乐、山丹、武威、古浪、天祝等地。向东直达烏鞘岭。在民乐-武威平原之內，黃土断續地成片状分布在武威、古浪、天祝等地南部的山前丘陵地区，掩覆了由第四紀以前地层形成的起伏不平的古地形之上，呈不整合接触。其厚度向东向西逐漸減薄。

向西在張掖-酒泉平原內，黃土断續的分布在永昌以西大黃山西麓和北麓，大馬营、永固、民乐、山丹河西側以及馬营河以西各个地区，并以民乐附近和永固一带发育較好。黃土掩覆在玉門和酒泉砾石层之上，形成相对高度差数十米的丘陵，一般厚为 5—50 米。遭受侵蝕和切割之后，其地貌形态和黃土高原区相似。黃土也同样的分布在洪积扇的各个地段之上。

由酒泉向西，在酒泉-玉門平原之內，黃土分布較少，零星分布在古老洪积扇的外圍，厚度也較薄。

柴达木盆地的黃土主要分布在盆地的东部和东南部，如希里沟、察汗烏苏、香日德以及布尔汗布达山以北的山麓地带。在香日德至脫吐一带最为发育。

柴达木盆地的黃土断續的盖覆在 2,900 到 3,400 米之間的山頂、山脊、山坡(照片22)和山前低緩的丘陵等不同地貌单元之上(图 47)。但以分布在低緩丘陵地区內者較多（照片 23)。除上述地区之外，在希里沟一带黃土也分布在高度不等的阶地之上(图 48)。

被黃土所掩覆的，經常是起伏不平的丘陵(照片 23)或梯級状地形。黃土堆积其上，随

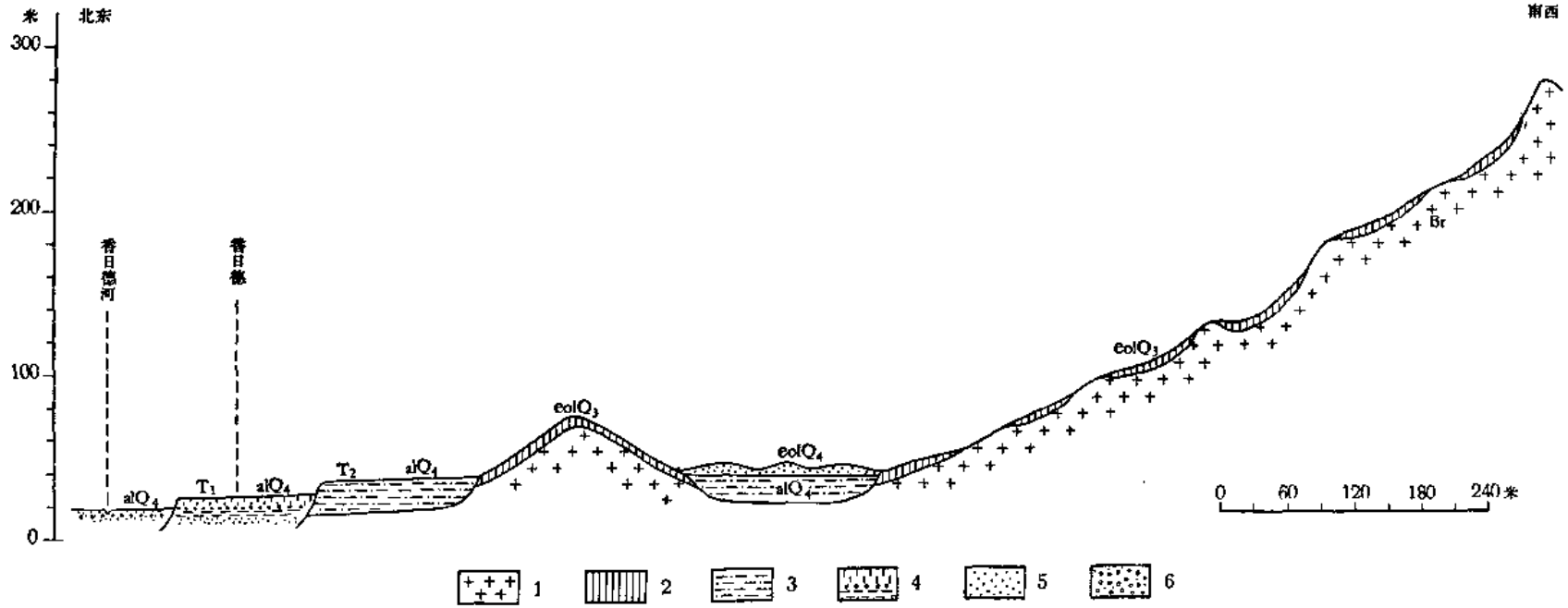


图 47 香日德南黄土分布示意剖面图

1.火成岩； 2.浅灰黄色黄土； 3.砂土、砂及砾石； 4.黄土状亚砂土、粘土及砂、砾石； 5.砂； 6.砂、砾石。 Br——前第四纪基岩；
$eolQ_3$——上更新統风积馬兰黄土； alQ_4——全新統河流冲积层； $eolQ_4$——全新統风积砂丘。 T_1、T_2——第一、第二級超河漫滩阶地。

古地形的起伏而起伏。这种地形在香日德到脱土之間很多(图 49)。

上述地区黄土的厚度,一般較小,多由几米到十米之間,只有少数地区厚度較大。在希里沟以北的第四級阶地之上黄土厚度最大,可达 20 米左右。在盆地南部,黄土厚度有由西向东逐漸減薄的趋势。在脱土黄土厚度为 15 米,向东至香日德为 10 米,及至察汗烏苏厚度則減至 5 米,再东至哈拉尔山一带黄土逐漸变薄而不見。黄土厚度也与其所在地貌部位有关,一般堆积在山前丘陵地区都較厚,由丘陵地区向山区过渡則厚度逐漸变薄,由丘陵地区向平原过渡厚度也有減薄的趋势。黄土的分布和其厚度也与山坡坡度陡緩有关,一般在 5—10 度的斜坡上,黄土較厚,而在 25—35 度坡面上則厚度減薄,及至 45 度坡面之上,則黄土几乎完全消失。

准噶尔盆地的黄土主要分布在准噶尔盆地以西山地地区以及其以南的庫普河河谷一带[9]。在南部則沿天山北麓成条带状分布,以东天山地区为最广。

在准噶尔盆地以西山地地区,黄土主要分布在塔城盆地的北側,沿塔尔巴哈台山南麓黄土成条带状分布,厚度也較大。塔城盆地之南,至巴尔魯克山的北麓,黄土分布更加广泛,其厚度也逐漸增大。黄土主要分布在山口、山坡以及山前丘陵地带,常与其下伏基岩一起組成起伏不大的松軟黄土丘陵地形。过巴尔魯克山至其南部和东部地区,黄土分布更加广泛,覆于基岩之上。并以南部为厚。由之而南进入庫普河河谷,黄土分布面积逐漸減少,在一些平緩的小丘和谷坡上以及谷底当中,亦見有黄土成带状覆于老的洪积物之上,厚度为 5 米到 10 米。由庫普河谷地而南至瑪利-齐依尔山仍見有黄土类粉土沉积。

在天山北麓黄土主要分布在博乐、精河、固尔各河、四棵树、車排子、烏苏、独山子、三道河子、宁家河、瑪納斯、呼图壁、烏魯木齐、阜康、四工河以及奇台等地。其中以东天山的瑪納斯、烏魯木齐和呼图壁等地区最为发育。

这里的黄土主要分布在高山前緣的低山带(图 50)以及山前冲积-洪积平原之上。掩覆在起伏的古丘陵地形(照片 24)或古老高阶地而之上。

但是,在各地內所見者常有所不同。

在博乐塔拉谷地之北,黄土堆积在老的洪积物之上,已被博乐塔拉河所切割,高出現代河床約 10 米左右。

由博乐向东,在精河到烏苏之間,沿天山的北麓也有黄土分布,成条带状,掩覆在古老的冰水沉积物或老的洪积物之上(照片 25),厚度較大。东延至独山子附近黄土逐漸減薄。

在四棵树和瑪納斯地区,黄土遍布于山前低山带內,常掩覆在老的(Q_{1-2})冰水砾石层之上,成为高的阶地和丘陵(照片 26、27)。高出現代河床达 100 米左右。

在紅沟煤矿、瑪納斯与呼图壁河的河谷,黄土覆于高的阶地上,与老冰積物呈不整合接触(图 51)。

由呼图壁向东,至烏魯木齐之間,黄土掩覆在由第三紀地层形成的起伏丘陵地形之上。在一些地区,黄土也盖覆在下更新統的古老洪积物被切割后所形成的殘丘頂部、坡面

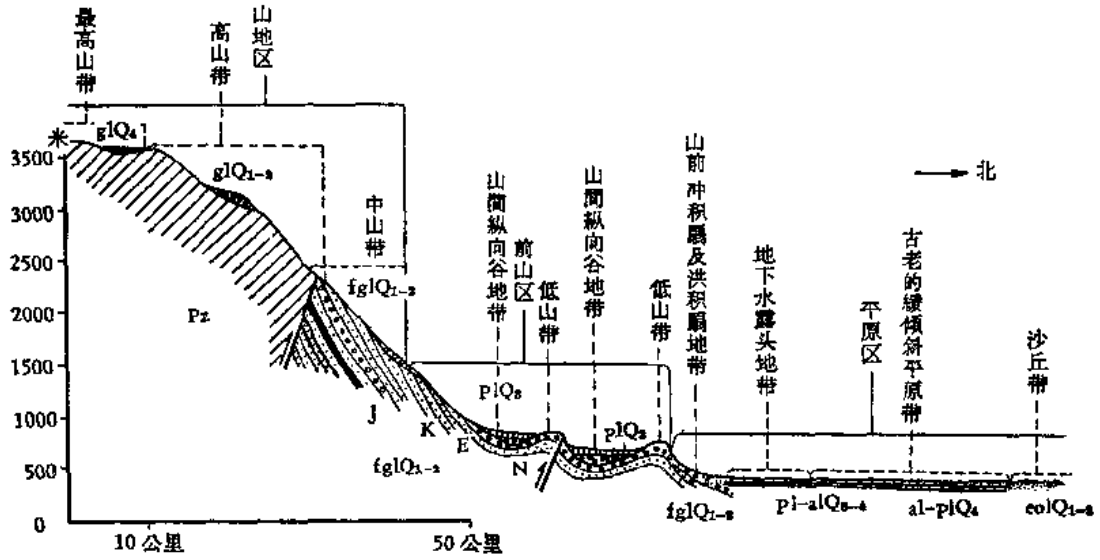


图 50　安集海附近天山北麓及准噶尔盆地南部剖面*(据王永焱)

Pz——古生代岩系；　J——侏罗纪煤系；　K——白垩纪紅色岩系；　E——早第三纪紅色岩系；N——晚第三纪紅色岩系；　$pl-alQ_{3-4}$——上更新統及現代洪积-冲积层；　$al-plQ_3$——上更新統平原冲积层；　plQ_3——上更新統洪积层(黄土)；　gIQ_{1-2}——中、下更新統冰川沉积层；　gIQ_4——全新統冰川沉积层；　$fgIQ_{1-2}$——中、下更新統冰水沉积层；　$eolQ_{1-2}$——中、下更新統风积层。

* 据吳子荣同志认为該地黄土以风成为主。

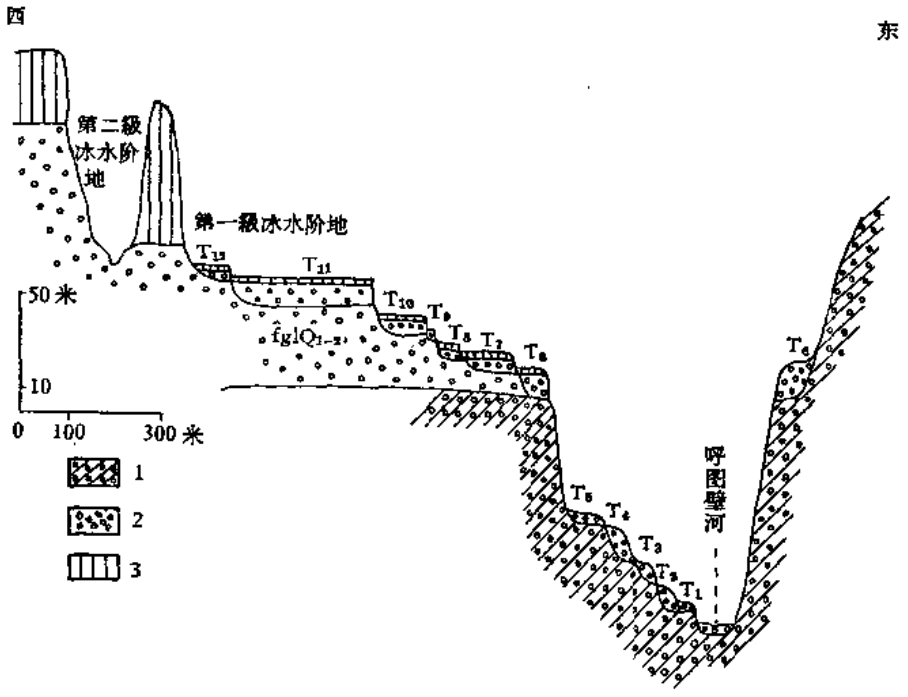


图 51　呼图壁河阶地剖面(据王永焱)

1.晚第三紀砾岩；　2.更新世初期冰碛砾石层($fgIQ_{1-2}$)；　3.更新統黄土。

T_1、T_2……等为第一、第二及其他各級阶地。

以及高的阶地面之上，与下伏岩层呈不整合接触。

塔里木盆地也有黃土分布，其面积与准噶尔盆地相仿，以盆地的西部和西南部为最多，分布連續。

在塔里木盆地的北緣，黃土主要分布在天山南麓的哈奇布哈至阿拉沟之間。在色尔图沟，阿拉沟之南以及阿拉沟和巴普沟两地的古准平原面上均有分布。至西部于察汗努尔，小尤尔都斯草原也有分布。但所見者厚度均較薄，一般不超过3米。黃土的分布常与古夷平面保留好坏有密切关系，凡古夷平面保存較好尚未遭受强烈侵蝕破坏的地段，其上黃土分布較多，且厚度也較大；反之，若古夷平面已破碎，其上黃土分布則較零星。

在塔里木盆地的南緣，西起英吉沙，向东沿盆地边緣，經庫克雅、克里阳一直向东至桑株巴，然后由之向南至阿克沙英，在这一段地区内黃土分布广泛。过去 H. 德特拉 (De Terra)[92] 和 B. M. 西尼村称之为山坡黃土。在克拉苏、苏克、雨什等地也有分布。

在英吉沙附近，西昆仑的北坡有黃土分布，就其分布和岩性等特点与黃河中游地区比較，則应属于馬兰黃土。該地黃土有如晋、陕地区黃土一样，断續地成一个連續的盖层，堆积在中生代各种不同岩性的古准平原面之上，具有典型黃土所常見的各种地形，厚达100米[1]。

在叶城以南，于庫克雅，阿克其克和克里阳一带，黃土的分布相当广泛。在前山带黃土成大片掩覆在低分水岭(照片28)、山崗或高阶地上。除水平臥覆于高阶地上者以外，黃土多披盖在基岩斜坡上。黃土分布高度变化很大，在克里阳黃土分布海拔高度为2,100—2,400米，由之向南过60公里达山前带，黃土分布高度随地势增高而加大，其海拔高度可达3,400米，更南至最高山坡之上，其分布高度有时可达4,000米左右(照片29)。

在庫克雅以南，卡提理科奥切尔黃土盖覆在山坡和古老剝蝕面之上(图52)，其下有2米厚的块状亚粘土。由之向南至阿塞克塔尔，在4,020米高度上有黃土分布，覆于冰磧物和老的基岩之上，高出現代河面20—80米。

在阿克其克小的山前剝蝕面之上(图53)，黃土的堆积面很平整，其下有两級阶地，为黃土状岩石(H. 德特拉称之为黃土1和黃土2)。

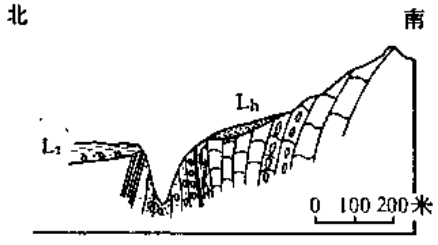


图 52 庫克雅南之剖面(据 H. 德特拉)
L_h——山坡黃土； L_1——剝蝕面上的黃土层。



图 53 庫克雅东南东阿克其克的景观
(据 H. 德特拉)
a——黃土1； b——黃土2； c——黃土3。

1) 可能对真正厚度計算上有錯誤。

向西在苏盖堤和桑株巴井一带，一直到阿克沙英均有黄土分布。在阿克沙英附近的一个被风吹蚀所形成的深窄走廊孔道中，填充有砂与黄土堆积。

2. 黄土状岩石

至于与黄土类似的黄土状岩石，在本区各地分布相当广。主要分布在准噶尔、塔里木、河西走廊等地区。在柴达木盆地之內，分布面积較小。

本区的黄土状岩石，过去一些研究者常給以不同的名称。有的称之为平原黄土[93]；有的称之为黄土$_1$和黄土$_2$[92]；或次生黄土；也有人称之为洪积黄土[90]，以及黄土类亚砂土和亚粘土等等。

分布于本区內之黄土状岩石[1] 按其成因是相当复杂的。其中包括冲积、洪积、坡积、冰水沉积、殘积等各种不同成因类型。但以冲积、洪积等成因类型为主。茲根据各地所見者分别叙述如下：

在河西走廊黄土状岩石多分布在2,500—3,322米的高度范圍內。东起烏鞘岭沿走廊的山前和平原自武威、民勤、張掖、酒泉一直到玉門和敦煌之間的广大地区內均有分布[94,95]。根据其成因可以分为洪积和冲积[2]的两个类型，但以洪积类型为主。洪积成因的黄土状岩石，分布在古老的洪积扇之上或其外緣各个不同地段之上(图54)。而冲积类型黄土状岩石則多沿較大河谷，超河漫滩第1、2級阶地分布，如在民乐常見与洪积砾石成过渡关系或不整合覆于酒泉与玉門砾石层之上，厚約数米到十余米(图55)。

由之向西，进柴达木盆地境內，黄土状岩石主要分布在2,900米以下的山前洪积平原的外緣或近大河两側的高阶地上。在少数山坡上和丫口处也見有不多的分布，就其成因可以分成洪积、冲积、坡积和殘积等各种类型。但以洪积和冲积两个类型为主(照片30)，其他类型則較少。洪积类型黄土状岩石主要分布于北部的冷湖、馬海、大柴旦、野馬滩以及盆地的南緣的格尔木、諾木洪、察汗烏苏与茶卡等地。冲积成因的黄土状岩石分布于沿大小河流两岸阶地面之上。坡积的黄土状岩石主要分布于脫土、香日德、察汗烏苏以及沙柳河等地区，而殘积类型的黄土状沉积物仅見于德令哈城东的低丘之上。

黄土状岩石分布的寬度和厚度均变化較大，其厚度由盆地边緣向中心有逐漸变厚的趋势。冲积类型黄土状岩石的厚度，一般为数十厘米到数米，而坡积与殘积类型的黄土状岩石，其厚度均在数十厘米之間。

上述黄土状岩石除殘积类型以外，均与其下伏基岩界限明显，掩覆在砂、砾石粘土和各种坚硬的基岩地层之上，呈不整合接触。

新疆境內黄土状岩石，远比柴达木盆地和河西走廊为多，幷連續成大面积分布于准噶

1) 因本区黄土状岩石資料不足，所以在中国黄土分布中未能按成因一一表示，在柴达木、河西走廊两地只表示洪积类型，而塔里木和准噶尔盆地只表示了冲积-洪积类型(冲积与洪积未分)。

2) 因資料不足于中国黄土分布中未单独分出。

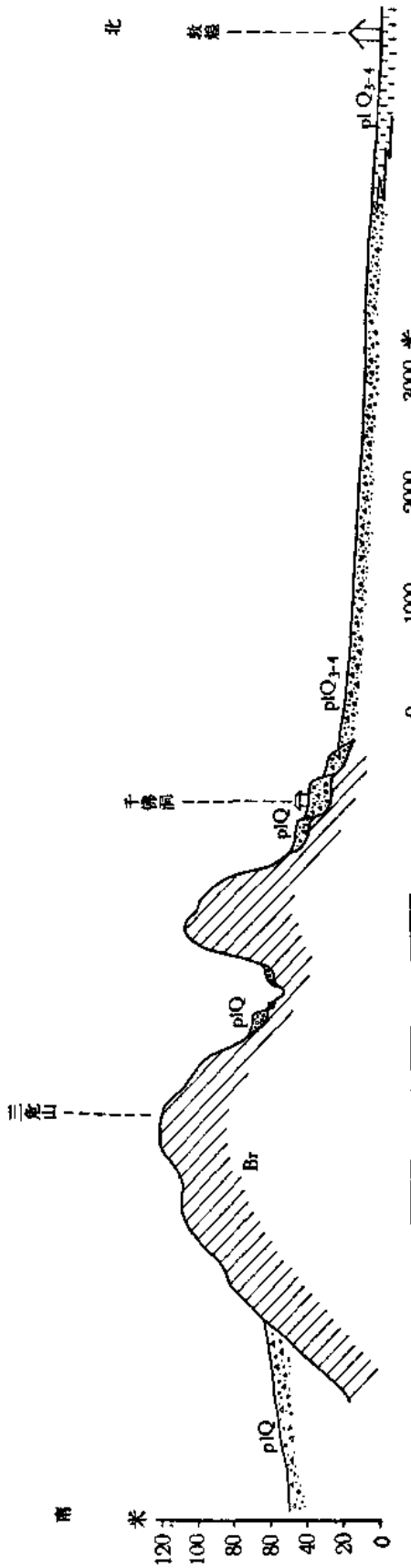


图 54 敦煌至三危山间剖面

1.基岩； 2.砂、砾石； 3.黄土状亚砂土； Br——新第四纪基岩； plQ——第四纪洪积层； plQ_{3-4}——上更新与全新统洪积层。

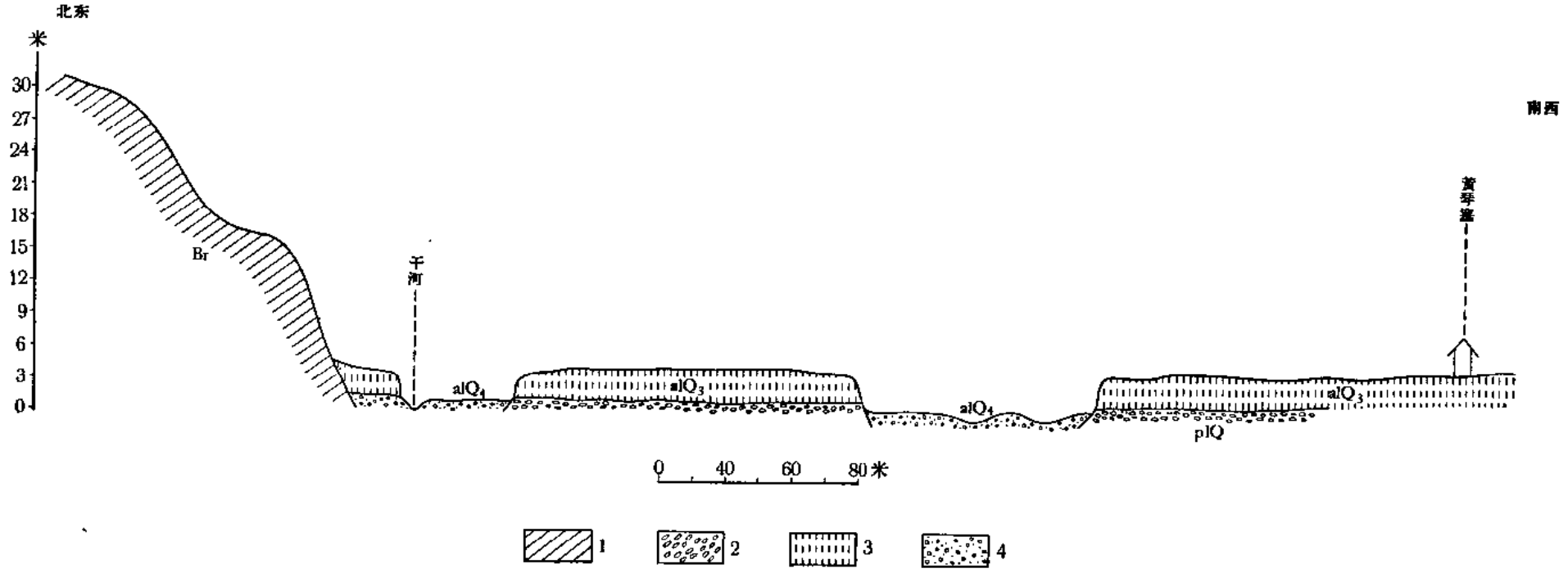


图 55 民乐黄琴塞-干河河谷剖面

1.基岩； 2.砾石； 3.黄土状亚砂土； 4.砂、砾石。 Br——第四紀基岩； plQ——第四紀洪积层； alQ_3——上更新統河流冲积层； alQ_4——全新統河流冲积层。

尔盆地的中部和塔里木盆地四周边緣各地。其成因和岩性也多种多样。其中有冲积、洪积、坡积和冰水沉积等各种类型[1)]，但以冲积和洪积两种类型为主。

在新疆北部准噶尔盆地，冲积和洪积黃土状岩石，广泛分布在盆地的西部和南部及天山山麓地区。在額尔齐斯河的中游，額敏河流域，瑪納斯河流域，以及天山北麓溫泉至木壘之間均有分布。其分布多比黃土位置低，位于洪积扇的前緣或老的洪积扇之上，如瑪納斯、烏苏、精河等地；也有的位于現代河流两岸的冲积阶地之上，如庫普河谷地、瑪納斯河超河漫滩阶地上。

分布在塔里木盆地南部的黃土状岩石主要为冲积和洪积两个类型，B. M. 西尼村称之为平原黃土，而 H. 德特拉[92]根据其岩性特点和分布又称为黃土$_2$和黃土$_3$。上述黃土状岩石在盆地的西南部相当发育。根据后者的記載，在英吉沙、沙車、庫克雅、克里揚、土孜納甫、桑株巴井、阿克沙英等地均有出露。分布位置比黃土低，填充在山谷和河谷当中，或沿洪积扇和大河分布，形成洪积和冲积阶地，如英吉沙(图 56、57)。

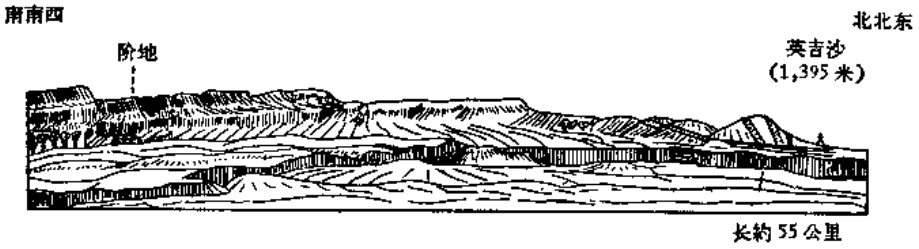


图 56 英吉沙附近之阶地景观(据 H. 德特拉)

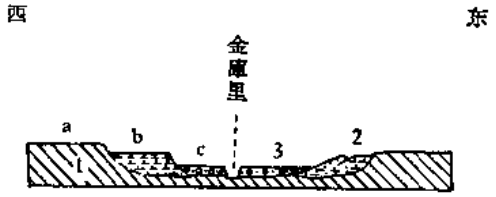


图 57 英吉沙金庫里河谷断面示意图(据 H. 德特拉)

1.稍變的頁岩(晚第三紀)； 2.黃土状砂； 3.黃土状亚粘土加砾石； a、b、c 分别为三級阶地。

在莎車盆地，位于莎車以北約 10 公里左右处，黃土状岩石相当发育。主要分布在砂丘边緣的冲积物上，形成 25 米高的阶地，其面积达 100 平方公里。在莎車以南，于庫克雅山前和河谷中，黃土状岩石分布在普沙緣洲盆地边緣的阶地上。在庫克雅的西南，土孜那甫河谷之中和庫克其可一带，有老的黃土状岩石(黃土$_2$)和較新的黃土状岩石(黃土$_3$)两种，形成 2 級高度不等的洪积-冲积阶地，覆于砂、砾石之上(見图 53)。在桑株巴井的河谷之中仍有黃土状岩石堆积，并于其中找到了古人类文化遺迹，可与 J. G. 安特生 1927 年在甘肃黃土中所找到的文化遺迹相比。

1) 坡积与冰水等成因类型的黃土状岩石，因資料尚少，于本文之中未予討論。待以后补充。

（三） 黄土和黄土状岩石的地层、岩性及其变化

沿鳥鞘岭西行在古浪一带据張淑媛的研究可分为两层：上为黄色黄土，出露于地表；下为紅色黄土，出露在河谷及冲沟中。黄色黄土为灰黄色，疏松，多大孔，柱状节理相当发育，含鈣质，全层自上而下純净，不含砂与砾石及其夾层。其下的紅黄色黄土致密，坚实，大孔較少。以上两层黄土呈不整合接触。

由古浪向西，在走廊內的黄土与古浪一带所見者岩性相近似，但顆粒較粗，疏松，含較多的碳酸盐，在局部地区偶尔发現于黄土中見有不清的层理和砂与砾石等透鏡体夾层。

柴达木盆地內的黄土，与河西走廊和黄土高原地区的馬兰黄土中砂黄土相似。灰黄色、粉砂质，但含砂量高，十分疏松，具有較多的大孔隙，一般均含有多量的碳酸盐和其他可溶盐类物质，肉眼之下經常見有盐类晶体顆粒，全层上下均匀一致，未見砂与砾石等物和其夾层。在香日德以西 40 公里的公路旁剖面之中，錢宗麟和文启忠曾經发現有不甚明显的风成层理(照片 31)。层理傾斜約 50° 左右，并与下伏基岩面平行，有时与其下伏砂层傾斜层一致(照片 32)。

在新疆境內，分布于准噶尔盆地以西山地的黄土为淺褐色，含石灰质很多，且又含有石膏，疏松，柱状节理发育，全层上下均匀一致，未見层理与砂、砾石的混入物和夾层。值得注意的是这里的黄土，在平面上由西北向东南曾发現有由砂一砂黄土一黄土有規律的过渡变化。在准噶尔盆地以西山地之西北苏联境內之薩加特和阿拉湖，四周分布有大面积的各种类型的砂丘，由之向东南至額敏河和巴尔里克山間的平原之上，覆有被草丛所固定的砂丘，稍南至巴尔里克山脉一些高地之上，則分布着砂质黄土，更南則逐漸轉变为标准的黄土。

准噶尔盆地南部沿天山北麓分布的黄土，就其外部特征来看，与河西走廊和柴达木地区的相似，唯其顏色較淺，为黄白色，甚疏松，多大孔，含大量的碳酸盐，經常可見有小的石膏結晶体。黄土之下有时于其底部見有砾石和砂等物质，但多数地区未发現有层理和砂与砾石等混入物。

分布于塔里木盆地南北两侧的黄土与天山北麓所見者类似，为灰黄色，有时为暗淺黄色，粉砂质，一般顆粒較粗，疏松、均匀，不含砂与砾石和基岩碎屑物质，偶尔可見有风成交錯层(照片 33)，具有較多的大孔隙，夾有不規則的石灰质結核层。

綜上所述，可以看出，分布于本区內之黄土顏色較淺，顆粒較粗，有黄土和砂质黄土两类，疏松，多大孔，富含大量的可溶盐类物质，特别富含石膏，并发現有风成交錯层，有时于其底部有砂、砾石等沉积物。因此，这表明本区黄土堆积的当时情况复杂。

分布于本区內之黄土状岩石，由于其成因和分布所在地区的不同，其岩石性质也較为复杂，但是归納起来，主要是黄土状亚粘土和亚砂土两类，其中夾有砂、砾石透鏡体及岩屑，层次清楚。根据其分布地貌位置高低不同，具有新、老之别。

分布于河西走廊的黄土状岩石，有洪积和冲积两种类型，具有黄土的某些特征，为灰

黃色，但其中常見有明显的层理[1]，并經常发現全层上下不均匀，有砂、砾石等混入物或透鏡体夾层[95]，在短距离內具有显著的岩相变化。就其岩性而言，属于黃土状亚砂土和亚粘土两类。

分布于柴达木盆地的黃土状岩石，不論是冲积、洪积、坡积、殘积等类型，其岩性均属于黃土状亚砂土和亚粘土两类，具有显著的层理，有砂、砾石的夾层；但坡积-殘积黃土状岩石常含基岩碎屑，而殘积类型的黃土状岩石由上而下有逐漸过渡为基岩的現象。

广泛分布于准噶尔盆地的黃土状岩石与本区其他地区相似，主要为灰黃色的黃土状亚砂土和亚粘土两类(图 58, 59)。在塔里木盆地西南部各地較老的黃土状岩石較粗，似

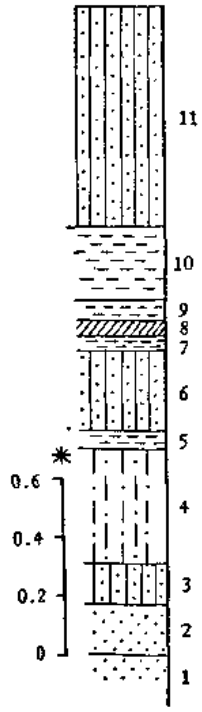


图 58　瑪納斯下野地四場西大渠終端平原冲积黃土状岩石剖面(据王永焱)

1.細砂土；　2.粉砂土；　3.亚砂土；　4.砂土；　5.粘土；　6.黃土状亚粘土；　7.銹斑薄层粘土；　8.亚粘土；　9.銹斑薄层粘土；　10.薄层状粘土；　11.黃土状亚砂土。

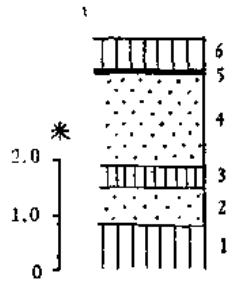


图 59　塔城盆地阜排子南奎屯河岸剖面(据王永焱)

1.黃土状亚粘土；　2.灰黃色細砂层；　3.黃土状亚粘土；　4.灰黃色細砂层；　5.灰黑色細砂层；　6.黃土状亚粘土。

砂质黃土。而最新的黃土状岩石多为黃土状亚粘土，其中常夾有砂、砾石的夾层，分选性較差，大部分是由黃土再搬运堆积而成。在山前山坡上也有不厚的坡积黃土状岩石。

(四)　区內黃土和黃土状岩石若干主要特点

虽然至今对本区各地的黃土和黃土状岩石研究的还很不足，但从最近一些資料中仍可以看出其分布、产状、地层、物质成分以及其成因类型和时代等有如下特点：

1) 蔣明达等：1959 年，甘肃省河西走廊玉門—永昌間綜合地质及水文地质普查报告书。

1. 分布上的特征

(1) 从"中国黄土分布图"上可以看出,在青海、新疆以及河西走廊一带的黄土和黄土状岩石,在地理位置上的特点是經常沿各大小盆地的边緣延伸,呈条带状分布,且以盆地的南緣較多(也就是山的北坡),北緣較少。但黄土和黄土状岩石二者分布的地貌位置与高度并不相同,黄土主要分布在各盆地的外緣,也就是高山山前的低山带;黄土状岩石則經常分布于黄土的外緣,沿盆地的内側和中心分布,在較高的山坡或丫口与丘陵地带分布甚少,如准噶尔盆地、塔里木盆地。

呈条带状分布的黄土,无論是在丘陵上,古夷平面上,或是在古老的河谷及洪积扇之上,都不受河道所局限。而黄土状岩石分布則不同,与洪积扇或河流阶地之間的关系十分密切。

黄土不仅呈带状分布的形状明显,而且黄土明显地集中于本区的东西两側,中間部分黄土較少。如在准噶尔盆地黄土多分布在奇台以西各地,而在塔里木盆地大面积黄土主要集中在皮山以西的广大地区。但在本区的东部黄土分布則与此相反,多集中到东側,如在河西走廊多分布在民乐以东各地,而在柴达木盆地多分布在脱土以东地区,在其西部則未見出露。

(2) 黄土的分布虽然有时因受地势高低,坡度大小以及山峰陡峻等因素影响偶尔見有中断,但大多保持連續分布。

黄土常以不同形式披盖于低山带的丘陵和洪积、冲积阶地之上。如河西走廊东部,柴达木的香日德至脱土一带,准噶尔的巴尔里克山、瑪利齐依尔山,天山北麓山前等地。在塔里木盆地的西南庫克雅、克里揚、英吉沙又发現黄土覆盖在老的剝蝕面之上。在天山北麓的博乐塔拉谷地、瑪納斯、呼图壁,以及河西走廊等地区黄土又平覆于洪积或冰碛砾石阶地之上。

黄土下伏地层也很不一,有的为較坚硬的变质岩,有的为砂岩、頁岩,也有的为石灰岩,也有的是胶結不紧的冰碛石、砂、砂土、粘土等沉积物,但黄土本身的岩石性质并未发現其因下伏基岩的不同而变化。

(3) 黄土的厚度一般均較薄,常自几米到 20 多米,最多也仅 30 米,更厚的黄土发現的很少,只有在塔里木盆地南部克里揚一带,文献上記載其厚度可达 150 米[92];但是根据最近資料該地最大厚度一般均在 20 米左右,因之过去的記載可能是誤把黄土的假厚度当作了眞厚度。

黄土的厚度虽不大,但其分布高度在較短的距离內变化很大。在塔里木盆地的克里揚,其海拔为 2,100 米,在庫克雅的阿克塞克塔尔一带可达海拔 4,020 米,仅在 60 公里之內,其高差达 1,920 米,但黄土分布的厚度并无显著变化。黄土状岩石分布高度則和黄土不同,变化很小。

（4）条带状分布的黄土和黄土状岩石，在物质成分上也有明显的分带性。在盆地的中心，地势低平，許多地区除有河流湖泊沉积外，多为沙漠所占据。自盆地中心向外侧黄土状岩石不断发育，其地势稍高，在洪积扇的前緣，物质也較細。再向外洪积扇或高阶地上开始出現更細的黄土，黄土状岩石則大为減少，以至于最外圍，在丘陵及山坡上則全为黄土所占据。准噶尔盆地以西山地的黄土，由西北向东南由砂过渡为砂黄土到标准黄土的現象，B. A. 奧勃魯契夫首先把它做为黄土风成的証据之一，类似的情况在塔里木盆地中也可以看到。

根据以上所述可以看出，本区黄土和黄土状岩石成条带状分布于山前，这一特点和华北平原区的黄土分布相似，但不同于黄河中游及东北地区，那里的黄土多为大面积分布。

黄土的厚度同华北和东北地区相似，但不同于黄河中游黄土高原。

在掩覆于不同的古地形之上，及在物质成分上有区域性由粗变細的規律則和前述各区完全一致。

（5）一些学者[93,96]认为本区自第四紀以来，长期受蒙古高压反气旋的影响，形成强大的季节风，侵入河西走廊后受地形影响分为东西两支，一支由东北向西南侵襲着准噶尔和塔里木盆地；另一支由西北向东南侵襲着河西走廊和柴达木盆地。长期的吹揚作用，沿着风力作用的方向搬运了大量的尘土，堆积在本区的东西两侧，形成目前所見的黄土在东西两侧分布較多的外貌。在干旱的气候条件下，由于地表植被稀少，盆地内地势平坦，河流冲刷作用微弱等特点，又为盆地边緣山区冰川作用和山麓洪积作用創造了有利条件。同时受风的不断吹揚使細粒物质又得到重新选择，产生逐渐过渡的带状分布外貌，在这一点上与黄河中游地区的黄土分布有相似之处，但两地所受的风力方向不完全相同。

2. 岩性和物质成分上的特征

虽然有关本区焉兰黄土地层岩石学方面的研究到目前为止还很不足，但根据其一般內外部特征等仍可以同其他地区比較。例如在物质成分上和結构、构造以及分布和产状等均与黄河中游类似，所不同者是黄土顏色較淺，色調較暗，顆粒較粗，比較疏松，大孔隙多，富含石灰质和石膏及其他可溶盐类。这种盐类小粒甚至在肉眼的观察下也能够看得到，这可能反映本区黄土堆积的当时气候条件有可能比之黄土高原各地更为干燥一些，因而使得大量的可溶盐类得到較多的堆积和保留。

本区黄土岩石学上的另一个特点是在柴达木盆地、塔里木盆地一些地区黄土剖面中有时可以发現具有不太明显的风成交錯层，因而这可以做为风成黄土的有力证据。黄土顆粒成分变化，在平面上具有一定規律，例如在准噶尔界山区，黄土由西北向东南有变細的現象，并由砂过渡为砂黄土到黄土，显而易見是与沙漠有密切的关系。同样在柴达木盆地的南緣，黄土中顆粒成分自西向东由粗变細的发現与其类似。

根据以上事实，可見本区之內分布的黄土其成因与风的搬运作用有着密切关系。但

是由于本区西部古冰川发育，长期以来气候旱燥，雨量稀少，暫时性流水作用强烈，因此当黄土堆积时也不可能不起一定的作用；特别是在地形有利的部位，这些作用可能在黄土堆积的初期更剧烈些，而在黄土堆积晚期比較微弱。

3．黄土形成的地质时代

有关本区黄土地层时代因以往进行的工作不多，其中发現的化石也較少，所以到目前为止还沒有得到解决。同时这一地区的黄土时代和地层关系如何同其他地区比較也还存在問題。不过从此区黄土分布地貌位置，岩石性质以及同其他第四紀沉积物之間的关系等等，也可以同其东邻黄河中游各地的黄土进行以下比較。

关于河西走廊境內黄土，在古浪地区北京大学張淑媛曾将黄土划分以下三层：(1)黄土，(2)黃色黃土，(3)紅色黃土。其中黃土可与黃河中游各地的馬兰黃土进行对比，时代属于晚更新世(Q_3)，而其下两层的黃色黃土和紅色黃土可与黃河中游山西、陝西、甘肅等地的离石—午城黃土对比，为中、早更新世(Q_1—Q_2)的沉积，最近甘肅省地质局水文工程地质队把表层的灰黃色黃土时代定为Q_{3-4}。虽然，在河西走廊的馬兰黃土常覆于玉門砾石之上，其时代应晚于早更新世是肯定的。但有的地区黃土也覆于酒泉砾石层之上，而酒泉砾石层的时代目前大多数研究者是把它放在晚更新世，所以黃土的时代也可能是与酒泉砾石层是同期或較晚。

柴达木的黃土因为缺少化石证据，所以也难做更精确的时代鑑定，但是柴达木的黃土不論从其岩性、結构或地貌部位都与黃河中游一带的馬兰黃土相似，仅岩性較粗，厚度較小。自兰州往西至民和盆地及西宁盆地黃土的层序和产状基本上和黃土高原西部黃土相似，除馬兰黃土外，有較老的黃土存在。因此，柴达木的黃土暫时也可以与黃河中游广大地区的馬兰黃土时代对比，其时代为Q_3。这也和柴达木黃土多分布于河谷第四級及第五級阶地上的地貌位置相适应。

对于新疆各地的黃土，有人认为属于中更新世，也有人认为属于早、中更新世。显而易見，不同研究者对本区黃土形成时代之所以有不同看法，主要是因为缺乏化石依据。但是根据新疆黃土分布情况上看，黃土多覆于老的冰碛层之上，这一冰碛砾石大多数的研究者认为其时代属于更新世初期，而在黃土之上除个别地区为較新流砂所覆以外，其上未見其他沉积物，而且黃土本身厚度也甚小，因此其时代很有可能是晚于早更新世。但是，如果观察新疆地区內黃土分布特点，則可見新疆黃土分布的部位絕大多数是处于較高的阶地或老的剝蝕面之上。而这些剝蝕面和阶地常高出現代河面数米或百余米，并于其下有数級新的阶地，各个阶地之上常发現有更新的洪积、冲积或冰水等沉积或黃土状沉积物。除非晚更新世以后，此地地壳上升运动仍很强烈，使晚更新世的阶地被抬高到百余米以外，則其时代不可能很新。所以新疆地区的黃土时代可能有大部分是属于晚更新世的，与馬兰黃土相当，而在高阶地上的黃土其时代是否有可能更老，与离石—午城黃土相当，因目

前于其中尚未見埋藏土的报导，所以一时还难以肯定。

在新疆和柴达木盆地地区，是否有較老的黄土，是一个頗为值得注意的問題。黄土本身沉积較薄，岩石性质也較为均匀一致，所以在沒有找到化石的时候很难加以区别。虽然以往曾有人把本区黄土的时代定为更老，但根据他所指的黄土分布地貌部位，以及同其他第四紀沉积間的关系等看，与前述馬兰黄土是一致的，所以时代是否眞老值得怀疑。但是現在也不能說这个地区就沒有較老的黄土存在，原因是根据前面东北和华北等地記述，虽这两个地区的黄土厚度也不大，但在某些地区馬兰黄土的底部，常发現淡紅黄色的更老的黄土，有的还夾有数层棕紅色埋藏土层(相当于离石黄土)。估計只要对新疆的黄土进行大面积的研究，也有可能在某些适当地区会发現如华北、东北等地所見的紅黄色或赭紅色的黄土。

4. 区內黄土形成及其成因

本区黄土的形成及其成因的认識也不很一致，例如对河西走廊的黄土，有人认为是风成的，洪积成因的；对新疆的黄土，B. A. 奧勃魯契夫在研究了准噶尔盆地西北部黄土之后，根据黄土分布和产状及其在平面上由沙过渡为砂黄土和黄土的变化，认为黄土同风成砂有密切关系，因而，他认为准噶尔西部的黄土是风成的。B. M. 西尼村、Б. A. 費德罗維奇从亚洲大陆第四紀反气旋的特点也曾討論过本区风向和黄土形成問題[96]。1932 年 H. 德拉特对塔里木盆地西南部英吉沙到阿克其可之間黄土研究以后，认为該地黄土是风成的。最近地质部水文地质工程地质研究所新疆組、新疆維吾尔自治区地质局庫巴地质大队等单位及周廷儒[97]等，均对新疆黄土成因提出风成的看法。但是对于准噶尔的黄土，也有人提出了不同的看法，有的认为是洪积成因[90]的，也有的人认为是坡积成因[10]的，而对塔里木盆地黄土提出洪积-冲积成因等看法，可見对本区黄土的成因看法还是相当分歧的。

对于黄土的成因看法不同，其原因較多，但是也經常由于各个研究者对黄土和黄土状岩石两者本身的概念的理解之不同而引起的。

分布于本区的黄土，不論是在河西走廊，塔里木盆地，准噶尔盆地以西山地，天山北麓或者是柴达木盆地，按其分布均具有相似的共同特点，即这些地区黄土多以高山前緣的低山带，丘陵区最为广泛，而在各地一些比較老的阶地面上虽然有时也有堆积，但分布面积不大，而且其分布所在的位置都較高。另一个特点是本区黄土經常堆积在古老的剝蝕面上，这种較高的剝蝕面在新疆地区各山前分布相当广泛，处在距現代河谷相当高的位置。

本区內黄土分布的海拔高度，根据許多文献上記載，經常在相当短的距离之內其高差有很大变化，有时可达 1,900 余米。

本区各地黄土的堆积地形常多种多样而无固定形状，有时为丘陵，有时为阶地，有时連續貼覆于山坡或平緩的分水岭丫口之上，其地形的起伏与其下基底古地形有关，常随古

地形起伏而起伏。显而易見，这样彼此吻合的地形形态，同其他冲积、洪积、坡积、残积、冰川等沉积地形有很大差异。这也证明大部分黄土不可能是同流水有关的其他成因所形成。

本区黄土分布还有另一个特点，其分布多集中在各大小盆地的南緣或是各山的北坡，其厚度也以北坡为大。从黄土分布地区来看，它分别集中在本区东、西两端。如此有規律的集中分布，也是值得特别注意的，因为从"中国地势图"上看，不論天山北麓东西两端，塔里木盆地南緣的东、西两端地貌条件，都沒有发現較大差异。但是黄土的分布却显示出明显的不同，在东端經常沒有黄土的分布或分布极少，相反的在西端各地均得到极广泛发育。这就不能不使人想到，如果本区黄土主要是冰川的、洪积的、坡积或其他等成因所形成，那么由于上述地区东西两端在地质地貌条件差别不大的自然地理条件下，黄土应当得到同等发育，或是在分布上沒有更大的差异。但是，事实相反，在东西两端地区，不論是黄土分布面积、分布厚度，均显示了頗大的差异，因此也不能不使人想到本区黄土的形成，与上述各种作用沒有很大联系。如果結合該地风向，可以看出来自蒙古季候风，由北向南侵入在北山山脉之后常分成东西两支，西支沿准噶尔、塔里木盆地由东向西吹颺；东支則沿河西走廊、柴达木盆地东侵，經此长期作用，使細粒粉土不断轉移，逐漸向本区东、西两端积集。所以用风的作用来解釋这样分布上的特点是比較容易的。这也证明本区黄土主要是风成的。在柴达木盆地，准噶尔盆地以西山地的黄土在平面上顆粒粗細呈現有規律的变化，由砂一砂黄土一黄土。在其他地区，不論黄土下伏基岩岩性如何，也不論黄土分布位置的高低，其顆粒和矿物成分均未見有較大差异，頗为均匀一致。因此，只有用风的搬运作用来解釋才比較恰当。当然，由于本区自然地质地理条件的錯綜复杂性，黄土堆积的长期性，以及內外地质营力作用的变化等等因素的影响，不应想象黄土堆积是十分簡单的，可能除风以外还有其他作用参与其中，但是与风的作用来比較那是次要的。

第四章　中国黃土和黃土狀岩石分布、地层及物质成分特征

綜合以前各章所述，可以看出分布在中国各地的黃土和黃土狀岩石存在許多特征。現在根据其中的(1)分布、(2)地层、(3)岩石性质及物质成分（顆粒、矿物、化学成分）等作如下探討。

一、中国黃土和黃土狀岩石分布上的特征

（一）中国黃土和黃土狀岩石的地理分布

从"中国黃土分布图"可看出，中国黃土和黃土狀岩石的分布具有一定的地理位置。

我国的黃土和黃土狀岩石，主要分布在北部的几个省分中。基本上位于昆侖山、秦岭、山东半島一綫以北，阿尔泰山、阿拉善、鄂尔多斯、大兴安岭一綫以南的广大地区。在黃河中游地区，分布面积最广，厚度最大。分布仅限于北緯30°—49°之間，并以北緯34°—45°之間的地带最为发育。就所占緯度来看，自西而东逐漸向南偏。

从世界范圍来看，黃土在北半球分布于法国、德意志民主共和国、西德、匈牙利、捷克斯洛伐克、罗馬尼亚、南斯拉夫、波兰和苏联的白俄罗斯、烏克兰与中亚等地。其分布所占緯度界于北緯45°—62°之間[98]（图60）。如与中国黃土及黃土狀岩石分布緯度相比，則欧洲偏北，中国偏南。

中国黃土和黃土狀岩石分布区的气候条件是相当干燥的，区內年平均降雨量絕大多数地区均小于500毫米，只有东北、山东、江苏和四川等地以黃土狀岩石为主的地区，年平均降雨量才超过500毫米。

在中国黃土和黃土狀岩石分布区內，一般年蒸发量都相当大，其干燥度多在1.25以上，在新疆地区最大可达16.00。如果按地区的干燥度来划分，則中国黃土和黃土狀岩石分布区大部分都属于半干旱、草甸、草地、半草原、荒漠草原或干旱荒漠景观气候[47]。这与世界上其他黃土和黃土狀岩石分布区的气候条件（例如干燥或半干燥、溫暖少雨、蒸发量大、季节变化显明等）特点是一致的。

对于中国黃土和黃土狀岩石分布区內第四紀以来古气候条件虽然現在还缺乏研究，但根据下列一些特点都証明第四紀以来不同时期黃土堆积时的古气候条件也是相当干燥

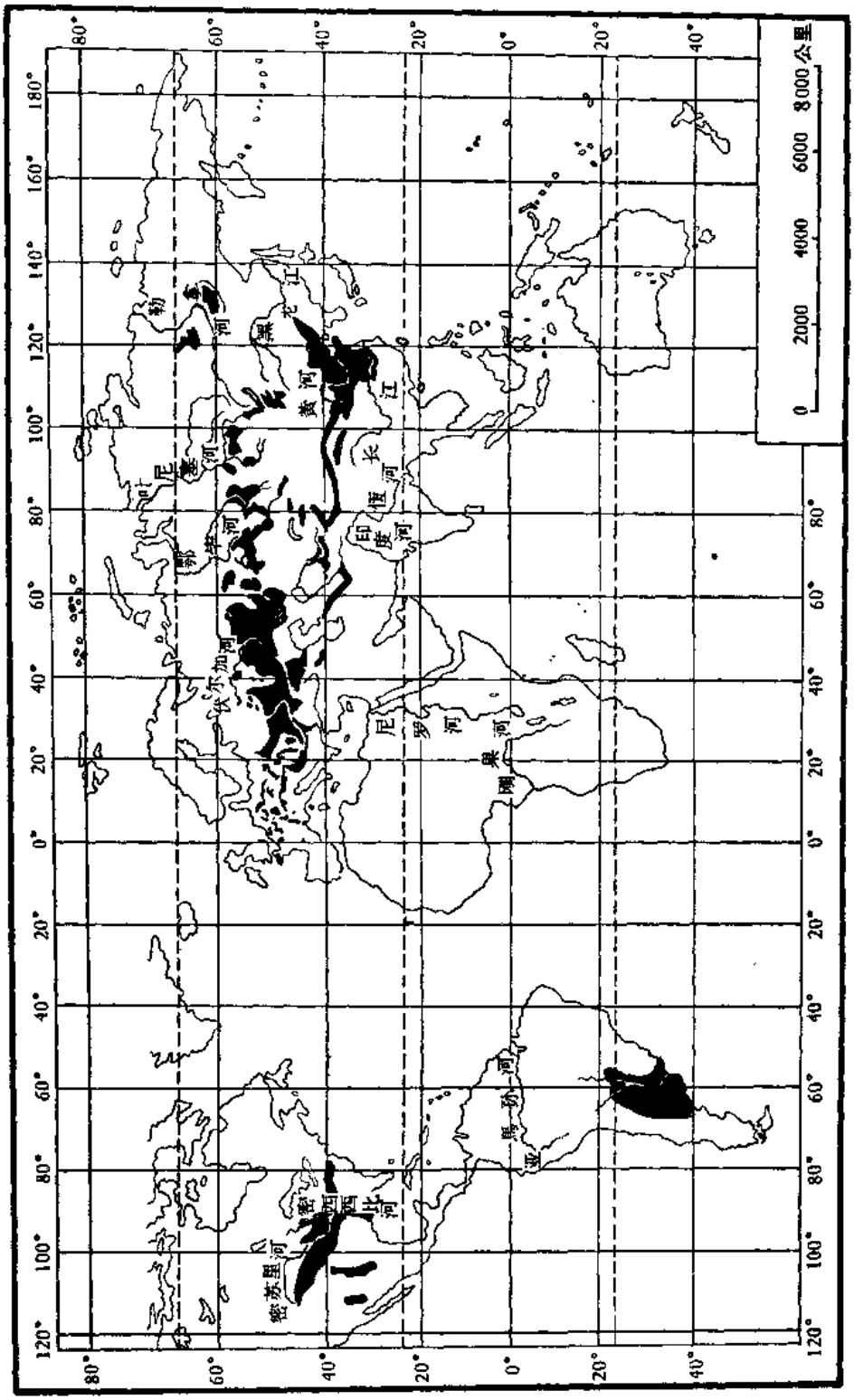


图 60 地球上黄土和黄土状岩石分布(据 Г. А. 馬弗梁諾夫略加修改)

的。因为：1)在黄土中所发现的脊椎动物化石以陆生为主，而嚙齿类又占很大比重；2)孢子花粉多为灌木植物，保存着大量蒿属；3)在黄土中含有大量的碳酸盐；4)有时又发现石膏，而且其中长石和其他不稳定矿物都保存的很好，风化极为輕微。

中国黄土和黄土状岩石分布，除去与上述緯度和气候条件有关以外，尤其与中国各地区的降雨量的多寡有密切关系。如果把黄土和黄土状岩石分布界綫与现代各地降雨量綫[1]做一比較，可以发现黄土的分布主要位于年降雨量250—500毫米中間地带，而黄土状岩石分布可达年降雨量750毫米地带，在小于250毫米的地区也沒有黄土，而代之为沙漠和戈壁。特别引以注意的是750毫米降雨量綫几乎和中国黄土和黄土状岩石分布界綫一致，这是頗有意义的。尽管在中国黄土和黄土状岩石堆积的当时，气候条件与現在的情况不完全相同，但是中国黄土和黄土状岩石形成当时，現代地形輪廓已基本奠定，甚至許多地区都沒有很大变化(当然，各个区域內的小气候，可能是有变化的)。因之現代气候和降雨量的多寡，有可能反映黄土和黄土状岩石形成当时的古气候条件和降雨量的基本面貌。既然如此，那末中国黄土和黄土状岩石的分布范圍与降雨量綫的一致性就充分的反映黄土和黄土状岩石是一定气候条件下的产物。因为据研究，沉积在不同构造单元及不同地形之上的黄土和黄土状岩石，特别是黄土的岩性都变化的很小。

（二） 中国黄土和黄土状岩石的分布形式及其与其他沉积物間的关系

由于中国黄土和黄土状岩石分布区內古地形輪廓之不同，故影响中国黄土和黄土状岩石的分布形式及其外貌。而不同古气候条件下的一系列的风化、剝蝕、搬运、堆积作用也不断改变着黄土原始分布形状。例如，在西部塔里木、准噶尔、柴达木等盆地中，由于这些盆地边緣多陡峻高大山地，因此該地黄土和黄土状岩石主要是堆积在盆地边緣山麓或山前平原，同盆地形状一致，东西向延长。由于风不断地在盆地內吹颺，所以，在盆地的中心缺少黄土和黄土状岩石。在河西走廊境內黄土和黄土状岩石分布虽然略与上述地区有所不同，但也基本上受大致东西方向山地所控制，故也呈条带状分布。河西走廊以西的黄土和黄土状岩石尽管其分布地区与其以东不同，但該地黄土和黄土状岩石也多集中在盆地的南側，厚度也大。在新疆黄土和黄土状岩石又分别集中在塔里木和准噶尔两盆地的西、南側，而在上述两盆地的东側和北側則均分布較少。但由之向东在河西走廊和柴达木盆地与新疆地区完全不同，黄土和黄土状岩石又分别发育在各地区的东南部。如果結合該地的风向(图61)，很清楚的可以看出，这与来自蒙古的两支风向有关。

在黄河中游各地，黄土的分布与西部地区比較，两者之間存在着很大不同，除在一些地势較高的分水岭，如六盘山、呂梁山、太行山、子午岭、黄龙山等以外，均被大片的黄土覆盖，而且相当連續，黄土构成現代各式各样地形，常組成“塬”、“梁”、“峁”等。在黄河中游黄土大致以秦岭为南界，以长城为北界。由北向南为戈壁、沙漠、黄土連續过渡，自西而东

1) 張宝堃：“中国全年气溫与降水量图”(1957年)。

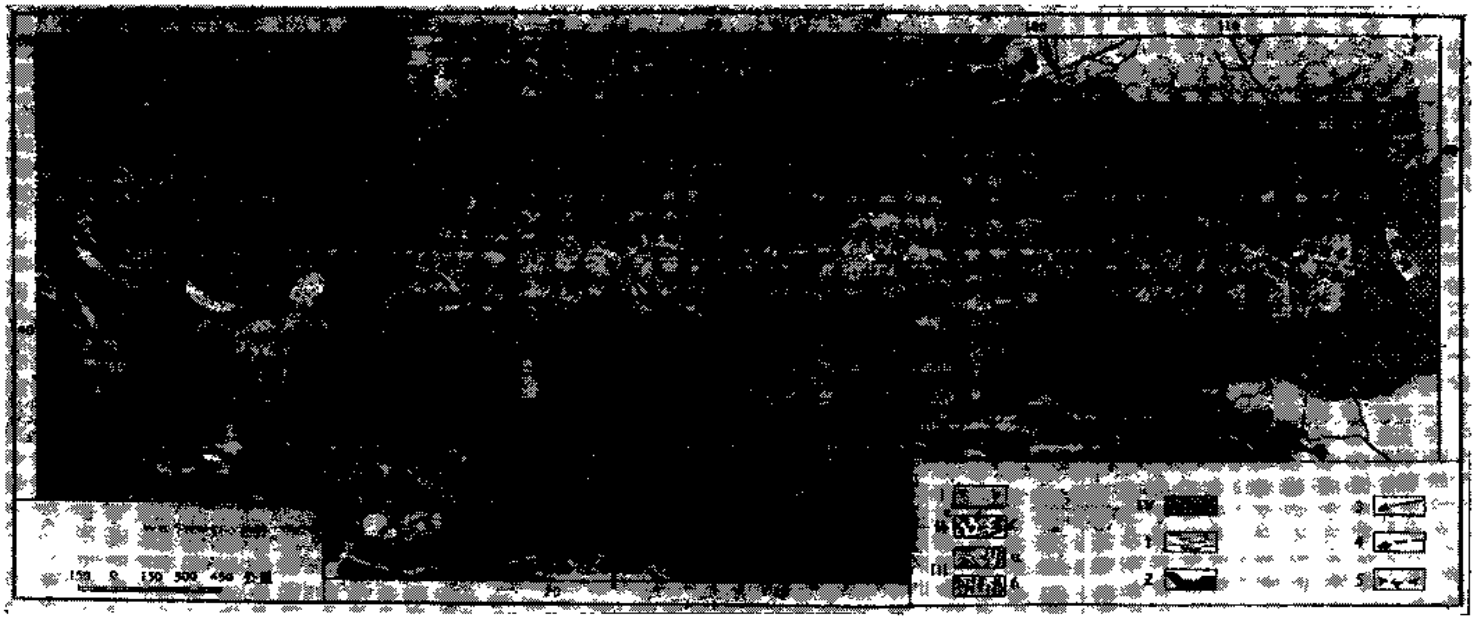


图 61 亚洲黄土和沙地地形分布略图（据Б. А. 費多罗維奇）

Ⅰ.以碎石土和基岩露头为主的风蚀区(在平原上)； Ⅱ.冲积物和海相沉积受到部分吹蚀的地区，分布有：а)孤立的沙丘区，б)砂壤质覆盖，в)西西伯利亚寬平地區和里海沿岸地区貝尔小丘； Ⅲ.冲积物和海相沉积受到剧烈吹揚的、有沙漠形成的地区：а)半固定的、条形的、窩状的、蜂窩状的、錐形的和沙丘的沙地，б)露裸的新月形沙丘沙地、綜合的新月形沙丘鏈和新月形沙丘錐； Ⅳ.粉沙风力堆积和黄土分布区； Ⅴ.补充图例：1——低地，2——山地和山原，3——造成沙地地形的、风的合力的方向，4——对沙地地形形成过程有季节性影响的风向，5——造成不同方向的沙地地形的主要分风綫——极鋒綫和反气旋軸綫。

呈带状排列分布，构成一个由西北向东南突出的弧形。

在黄河中游黄土之中，发现其颗粒成分自西北向东南逐渐变細，这与来自蒙古反气旋风力作用方向（图 61）一致，說明黄土是与风力吹颺有关。更值得注意的是中国各地黄土区的外緣广泛分布有沙漠，而在沙漠与黄土分布区的中間常发現有砂质黄土带，这也是黄土、沙漠、戈壁三者过渡的关系之佐证。

（三） 中国黄土和黄土状岩石的分布面积

虽然以往对中国黄土分布面积有过記載，但多是估計数字。更因为各研究者对黄土概念理解不一致，所以往往彼此差别很大。作者等在編制“中国黄土分布图”时，根据黄土分布图測得黄土总面积为 380,840 平方公里，黄土状岩石分布总面积为 254,440 平方公里。各个地区的面积大小也有所不同（表 9）。从表里可以看出，其中以黄河流域黄土分布面积最大，为 317,600 平方公里。如果把黄土和黄土状岩石总面积与全国陆地总面积进行比較时，則黄土分布面积占全国陆地面积的 3.93%，黄土状岩石則占 2.65%。从黄土分布面积来看，則以黄河中游为最大，占黄土总面积的 72.36%，其次是新疆的塔里木

表 9 中国黄土类堆积分布面积表

面积 / 岩类 / 区域		馬兰、离石-午城黄土		黄土状岩石		区域簡述
		面积值*	占总面积(%)	面积值*	占总面积(%)	
松辽平原		11,800	3.09	81,000	31.83	长白山以西，小兴安岭以南，大兴安岭以东的松辽平原及其界山內側。
黄河流域	黄河下游	26,000	6.82	3,880	1.56	三門峽以下，包括太行山东麓，中条山南麓，翼北山地南麓，热河山地及山东丘陵区。
	黄河中游	275,600	72.36	2,400	0.94	黄河刘家峽、烏鞘岭以东，三門峽以西，长城以南，秦岭以北。
	青海高原	16,000	4.20	8,800	3.45	刘家峽、享堂峽以西地区，包括黄河上游湟水流域及青海湖附近。
甘肃河西走廊		1,200	0.35	15,520	6.09	烏鞘岭以西，玉門关以东，北山以南，南山（祁連山）以北的走廊地带。
新疆	准噶尔盆地	15,840	4.15	91,840	36.09	新疆天山以北地区。
	塔里木盆地	34,400	9.03	51,000	20.04	新疆天山以南地区。
全国		380,840	100	254,440	100	

	陆地面积*	黄土		黄土状岩石	
		占陆地面积*(%)		占陆地面积*(%)	
全国	9,570,000	380,840	3.93	254,440	2.65
黄河流域	745,000	317,600	42.60	15,080	2.10

* 面积单位为平方公里。

盆地，为 9.03%，最少的是河西走廊，仅为 0.35%。而黄土状岩石则以准噶尔盆地为大，占 36.09%，其次是松辽平原为 31.83%，最少是黄河中游仅只 0.94%。所以可以明显地看出，凡是黄土分布面积較大的地区，則黄土状岩石分布面积小。相反，黄土状岩石分布面积大时，則黄土的分布面积必小。两者存在一种互为消长的关系。

黄土和黄土状岩石彼此互为消长的关系，固属原因很多，但山脉、水系以及最新构造运动都对之有很大影响。

（四）　中国黄土和黄土状岩石的分布高度

由于中国黄土和黄土状岩石分布在不同构造单元內和不同高度的古基岩地形之上，因此在各地分布海拔高度变化很大。最低仅 200 米，最高可达 4,020 米。一般黄土多分布在高度較大的部位，而黄土状岩石則分布在較低的位置。所以許多黄土状岩石常分布于洪积扇的前緣或堆积成广闊的洪积平原。

中国黄土的分布高度，在相当近的距离內变化很大。例如：在新疆的克里揚，黄土分布高度为海拔 2,100—2,400 米，由該处向南过了 60 公里以后至山前，則黄土分布高度增加至 3,000—3,400 米，再南至更高的山坡上达 4,000 米左右。在黄河中游和其他地区也有类似現象。

中国黄土分布不仅高度变化很大，而且常具有坡向性，一般位于山的西坡、北坡为高，而南坡和东坡为低，例如，在甘肃的海源六盘山北段，于山的北坡黄土分布高度为海拔 2,070 米，翻过該山的南坡則降至 1,500 米左右。在山西呂梁山的北部，于荷叶坪一带，黄土在山的西坡分布高度为海拔 2,000 米，至山之东坡降为 1,800 米，其厚度也較西坡为薄[17]。在陝、甘两省分界子午岭南端，由正宁到宜君之間，于其西坡焦翎关附近黄土分布海拔高度为 1,650 米（气压表計算）。由之向东越过分水岭以后到宜君之西凤凰山山頂，則高度减为 1,610 米。此外黄龙山的南北两側，从黄龙县到黄甫庄之間，在太行山、泰山与魯山等山麓，也发現上述类似現象。

当然，第四紀沉积物由于分布所在的阴坡与阳坡的位置不同，受日照的程度有差异，对其分布高度可能有影响。但是，山的西坡一般阳光照射的时間較长，昼間溫度較高，故昼夜溫度之差应比东坡为大，在热漲冷縮的作用下，西坡沉积物应当更为松散，易受侵蝕，原始沉积物的分布上限有可能比其东坡更多的向下推移，这是很自然的。但是，黄土的分布却以西坡为高，恰与之相反，所以还不能单純用不同坡向所受照射的程度不同来解釋，可能与黄土堆积的当时风向有关，因为在黄河中游受西北风影响很大。

黄土分布高度上的另一个特点，是与黄土状岩石間不同，除少量的殘积、坡积等类型的黄土状岩石，在其分布高度上較大以外，其他各成因的分布高度均較低，而且黄土状岩石的分布高度在短距离內比黄土变化小。黄土另一特点是它的侵蝕冲沟往往带有坡向性，經常阴坡緩，阳坡陡（图 62）。



图 62 横山高家沟沟谷地形素描图

图中凸出的山包即黄土"峁"地形，峁的基础是不同时期黄土，现在已被切割破坏，由于坡面位置不同受到侵蚀的程度不一样，往往在向阳坡坡面切割很剧烈，形成很陡峭的沟壁，深度很大，不长植物；但在阳坡坡面则不同，一般切割的不深，沟壁缓，沟中常有堆积物，植物繁茂，見有許多滑坡，由于侵蚀的結果現在阳坡坡面短，阴坡坡面长。剖面长約 2000 米左右。

（五） 中国黄土分布和时代的关系

据現有資料发現中国黄土在其分布上存在如下規律：早更新世的黄土，多出露在黄河中游的涇河和洛河的南部以及山西西南部隰县等地[1]。六盘山以西和吕梁山以东，洛河和涇河的北部現在还很少发現，黄河中游以外各地至今也未見报导。中更新世的离石黄土分布面积較午城黄土为广，据資料記載[1,7,9,5]，西起青海湟源，向东經甘肃、陕西、山西，再东至河北省太行山东麓以及山东泰山与魯山北側均有分布，向南可达秦岭，向北直达鄂尔多斯（或长城附近）。离石黄土除分布于古盆地以外，也見于較高的山坡和分水岭，出露于冲沟之中，被更新时代的馬兰黄土所覆。

晚更新世时期的馬兰黄土比离石和午城黄土分布面积广泛，西起天山北麓博乐与塔里木盆地的西緣英吉沙，向东經柴达木、河西走廊、甘肃、陕西、山西、河北太行山山麓，至赤峰与山东半島等地，向南至秦岭，向北至长城，在此广大地区之內均有大面积的分布。特别是黄河中游各地，除陡峻的高大山峰以外，一些低緩的分水岭、山坡皆被馬兰黄土所覆。

全新世时期也有黄土沉积，但其厚度較薄。

由此可見，中国黄土在其分布上的最大特点是面积不断扩大，形成連續超覆，而这种連續的超覆，似乎同区域的地质构造上的差异，同地势的高低起伏关系不大，而是以黄河中游涇河、洛河两地为中心向东、西、南、北方向扩展，尤其东西向延伸更为明显。这显然同目前在中国北方各省之內經常見到的坡积、洪积、残积以及其他冲积、湖积物的分布受水文网和构造所控制有很大不同。尽管冲积物分布面积广泛，也常具有連續超覆現象，但因其堆积地形极为平坦，在同一汇水盆地中具有大致高度类似的分布上限，所以也同黄土分布在不同高度和地形变化多端有极大的差异。

1) 以往在陕西北部无定河流域有所发現，見王挺梅等編写的陕北无定河流域第四紀地质調查报告（1956 年）。

沉积物形成連續的超覆，首先与地质营力的不断加强有联系。因此，黄土的不断超覆，可能同第四紀以来风力的不断加大有关，而反映中国北部自第四紀以来气候环境愈来愈轉为干燥，同时也并不是簡单的重复。

（六）　中国黄土下伏基岩古地形及其形态

关于中国各地黄土下伏地形，以往研究甚少。F. 李希霍芬、B. A. 奥勃魯契夫等人在討論中国黄土分布和地层問題时，曾提及山西、陕西、甘肃等地黄土下伏古地形。例如，F. 李希霍芬[26] 认为中国黄土是填充在草原洼地当中，因此黄土下伏古地形是一开闊的洼地。B. A. 奥勃魯契夫[5] 調查中国黄土以后，发现中国黄土下伏古地形并不象 F. 李希霍芬所說的那样的簡单，而是比較复杂的，他认为在中国山西、陕西、甘肃和內蒙等地至少可以划分以下三种类型：(1)山区，(2)桌状高地，(3)平原等等。但是 B. A. 奥勃魯契夫所区分的第二类和第三类是极少見的，同时其分布地区与实际情况也有很大出入。实际上中国各地黄土下伏古地形比 B. A. 奥勃魯契夫所发现的还要复杂。

对于中国黄河中游各地黄土下伏古地形，中国科学院地质研究所，几年来在研究該地黄土时曾对这一問題加以注意。1958 年著者等[9]在“中国山西、陕西黄土分布图”一文当中，曾根据黄河中游各地黄土下伏古地形形态之不同区分为：(1)喀斯特式的，(2)丘陵起伏及开闊盆地状的，(3)单傾斜的等三种。之后又进行补充河谷阶地状的(詳見第三章第四节)。这几类古地形除在黄河中游各地有所发现外，在其他黄土分布区內也有所发现。大致可以归为以下几种：

1．波状起伏的丘陵古地形；

2．平坦单傾斜平原古地形；

3．平坦开闊盆地古地形；

4．喀斯特式古地形；

5．河谷阶地古地形；

6．平坦梯級状高地古地形；

7．山前夷平面古地形；

8．山間侵蝕盆地古地形。

上述这几类古地形单一出現者較少，大多彼此組合出現。各个古地形的形态特点及分布所在地区如下：

1．波状起伏丘陵状古地形　　这种古地形特点，在第三章第四节中已叙述过，它的表面起伏不平，切割剧烈（图 34）。甘肃六盘山以西隴中，隴东北部，陕西的西北部，如无定河，大、小理河和葫芦河上游等地多属此类型。河西走廊的东部，柴达木盆地东南部（希里沟与脱土等地）以及塔里木盆地的南緣山前部分地区也有出現。堆积在此类古地形之上的現代黄土地形起伏不平，常呈現“梁”、“峁”地形。

2．平坦单傾斜平原古地形　古地形面平坦，向河谷傾斜，也多为侵蝕地形(詳見第三章及图 35)，其上黄土厚度大，地面較平，有时为"塬"，并作緩傾斜。山西西南部，渭河河谷北側，太行山东麓，泰山、魯山北麓分布較广，准噶尔界山区巴尔魯克山两側，天山北麓以及河西走廊的部分地区也有一部分。

3．平坦开闊洼地古地形　古地形特点为中部低洼平坦，自中心向分水岭逐漸升高，边緣地区有时略具起伏(图 34)。这类古地形面积很大，常数十平方公里；最大可达百余平方公里。由于这类古地形分布区自第四紀以来相对比較稳定，所以上面堆积了不同时期黄土沉积物，厚度不等，自十余米到百余米，最大在涇河和洛河流域达 180 米左右。堆积在此类古地形之上的黄土堆形主要是平坦的黄土"塬"，也有少数"梁"地形。甘肃隴东涇河流域和陕北洛河流域的南部(永寿樑、尧出和黄龙山間联綫以北)及山西的西南部隰县等地多属此一类型。

4．喀斯特式古地形　这类古地形主要特点是洼地当中保留着許多孤立山峰，山峰聳立在"黄土海"之中(图 33)，多分布在晋西北石灰岩地层发育区，以山西偏关、五寨等地为发育(詳見第三章第四节)。

5．河谷阶地古地形　古地形外貌是 2—3 級或更多的平台，高度不等，由古代河流侵蝕而成，有时表面堆积有松散砂、砾石沉积物(图 36)。这类古地形之上黄土厚度不大，数米到数十米，台阶愈低黄土厚度愈薄，台阶位置愈高相对厚度愈大，地层愈全(詳見第三章第四节)。

6．平坦梯級状高地古地形　这类古地形与上述河谷阶梯状古地形有些类似，所不同者是其两側沒有許多台阶，而且面积較大(图 63)，它是一老的剝蝕面，表面平坦，其上黄土往往堆积很厚，也有較老时代的黄土。主要分布在第四紀以前侵蝕剧烈地区，在陕西北部横山一带有所发現，但并不多。

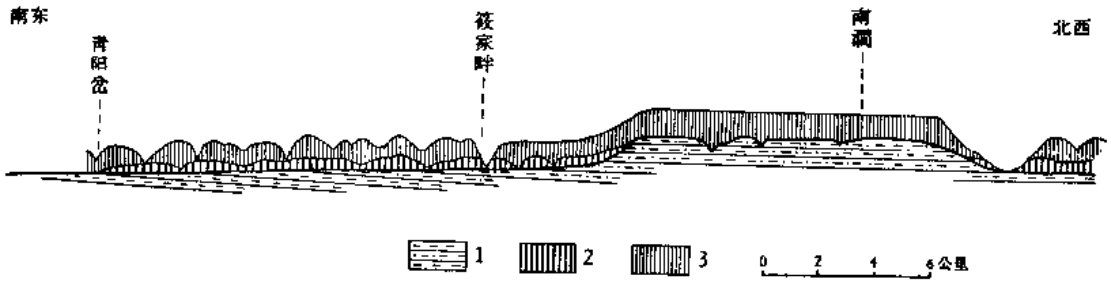


图 63　黄土下梯級状高地古地形示意剖面

1.中生代砂頁岩；　2.三趾馬紅土；　3.黄土。

7．山前夷平面古地形　这类古地形出現在高山前，位于山地与平原过渡地带，沿山脉的方向伸延，成一平台，有的已遭到剧烈切割。主要分布在新疆塔里木盆地的西南緣克里揚一带，其上黄土堆积往往較薄。

8．山間侵蝕盆地古地形　这类古地形的外貌是短距离內起伏較大，四周均为高山，中間低洼，为一古汇水小盆地，黄土充填于其間，一般厚度不大（图 64）。在山西的呂梁山、太行山，甘肃的六盘山，山东的泰山和魯山，新疆巴尔魯克山以及东北西辽河上游等山地內部常有所发現。

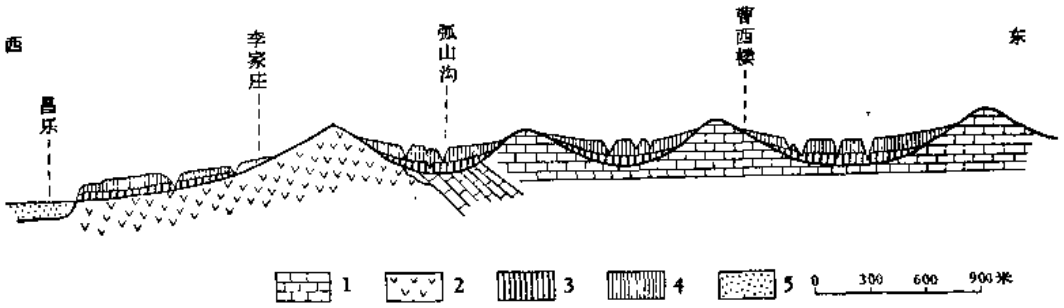


图 64　黄土下山間侵蝕盆地古地形示意剖面

1.石灰岩；　2.玄武岩；　3.紅棕色亚粘土；　4.黄土；　5.砂。

根据上述可以看出，中国各地黄土下伏古地形是极其复杂的，抑有平坦的，也有起伏的；有古老的洼地，也有老剝蝕面；其間海拔高度相差頗大。上覆黄土厚薄不等，堆积的黄土地形各异，有平坦的“塬”，也有起伏較大的“梁”、“峁”。

黄土下伏古地形的地层时代和岩石性质相当复杂，有砂岩、頁岩和石灰岩，也有不同性质的砂、砾石和粘土沉积；有古老的片麻岩，也有較年青的酸性、中性和基性的火成岩，但其上黄土岩性差异不大。

黄土現在地形虽然变化多端，但往往受其下伏基底地形控制。据目前所知，在甘肃涇河和陕西洛河流域，現代黄土地形为“塬”，地面平坦，而其下古地形也起伏較小，为一开闊盆地。在甘肃六盘山以西的隴中，隴东涇河的上游，洛河的上游，以及大、小理河等流域，古地形起伏較大，其上黄土地形也具有显著起伏，多为“梁”“峁”。在柴达木盆地希里沟与察汗烏苏之間黄土丘陵地形也与其下伏基底地形起伏一致，彼此吻合。可見現代黄土地形同其基底古地形关系密切，这显然同西北广大地区內广泛分布的冲积、湖积、坡积、洪积、殘积以及冰水沉积等堆积地形与下伏古地形关系較小的特点是不同的，这恰恰是风积地形的一种特殊外貌。

（七）　中国黄土的厚度及其变化

关于中国黄土厚度以往研究不多，只在一些有关的地质、地理和土壤文献中偶尔有所記載。对于各地黄土的厚度估計数字不一。例如，F. 李希霍芬[26]估計一般厚度为 200—400 米，最多为 1,000 米。B. A. 奥勃魯契夫[5]和 G. B. 葛德石[99]估計黄土一般厚数十米，最大厚度在陕西省的北部可达 400 米，周溶之[100]研究各地黄土认为六盘山以东地区黄土厚达 100 米。P. 德日进与楊钟健[19]研究山西西部和陕西北部地区黄土后記載厚度为

10—30 米，富田达、增渊坚吉[8]在其編制的华北黃土厚度图中，表示青海以东各地黃土厚度一般为数米到数十米，最大厚度为 50 米，其厚度中心位于甘肃和陕西的北部。梁文都[101]曾对中国黃土厚度进行专門討論，指出兰州九州台附近的黃土厚度为 200—270 米，皋兰一带为 200—360 米，兰州之西楊庄一带为 400 米。

解放以后，随西北各地黃土工作的逐步深入，一些单位如地质部水文地质工程地质研究所、北京大学、鉄道科学研究院、中国科学院地质研究所、建筑科学院以及其他省局地质单位，在进行各地黃土研究中，都对黃土厚度有所測量和記述。例如，張宗祜等[18,102]在其发表的"中国甘肃东部(隴东)黃土的地质特征及工程地质性质之綜合研究"一文中提到黃土最大厚度为 250 米。賈炳文与張淑媛研究兰州、古浪和天水等地的黃土以后，提到一般厚度为数十米，最厚达百余米。

綜合上述，可以看出各个研究者对各地黃土厚度的估計并不一致，其間存在較大差别，尤其是解放之前。这可能与各不同研究者对黃土地层的下限的理解以及对黃土的下伏古地形的了解不足有关。例如，象 F. 李希霍芬所理解的黃土包括新第三紀的上新統三趾馬紅土，因此其估計的厚度較大。B. A. 奥勃魯契夫所指的黃土也包括馬兰黃土以前的离石-午城黃土在內，所以估計的数字也較多，其他研究者（解放前的）所理解的黃土因为专指的是馬兰黃土(上更新統)，所以估計的厚度多較薄。另外由于一些研究者如 G.B. 葛德石对黃土下伏古地形的了解不足，錯誤地把陕西北部的白于山分水岭当成全部黃土堆积地形（实际是基岩古分水岭上罩以不厚的黃土），因此估計厚度較大。解放之后由于各研究者对黃土地层的认識比較接近，所以对厚度的估計数字差异較小。虽然，估計数字比較接近，但对不同地区黃土的厚度記述不多，因此还不能滿足生产上需要。

研究黃土厚度不仅是个地质問題，也同生产建設上有密切关系。例如，鉄路、公路的选綫，渠道与运河的开凿，水庫与工厂的設計以及地质勘探的鉆探与槽探的設計等等都同它有密切关系。黃土的厚薄有时也同地下水的蘊藏有关。当然，在討論黃土成因及其形成方面的若干問題时，厚度資料更是不可缺少的证据之一。

中国科学院地质研究所近年来在研究中国各地不同地区黃土时，曾注意黃土厚度及其区域变化。根据野外实际調查以及所收集到的大量資料，发現以黃河中游黃土最厚，其他地区較薄。尤其是黃河中游的洛河与涇河流域中下游地区，是黃土的厚度中心。在这些地区黃土經常厚达 100 米以上，最大地区可达 180(有的地区可能到 200 米)。由黃河中游而西，黃土厚度逐漸减薄。在柴达木和河西走廊之內，一般厚度为 10—20 米，只有少数地区其厚度可达 50 米。至新疆境內黃土厚度又略見增加，在天山的北麓与巴尔里克山厚度多为 10—30 米，个别地区超过 50 米。越天山至新疆的南部塔里木盆地，厚度有所增大，据記載通常厚为 10—30 米，在克里楊与英吉沙之間个别地区最大厚度达 100 (?)[92] 米。

自黃河中游向东，黃土厚度也逐漸减薄，在华北平原的边緣，如太行山的东麓，燕山南

麓以及山东泰山与鲁山等地厚度一般为 10—40 米，超过 50 米者甚少。

东北境内黄土厚度較薄，以 10—30 米厚度者居多。如果将各地黄土按其时代区分成馬兰黄土（上更新統）与离石-午城黄土（中、下更新統）两层，将各地厚度表示在图中（图 65，66），則发現不同时代黄土厚度具有以下变化規律。

从图 65 中可以看出，馬兰黄土厚度变化，在黄河中游境內自北而南自西而东有逐漸減薄的趋势。例如，在甘肃六盘山以西的隴中盆地內的北部，其最大厚度为 50 米左右，向东至陕西洛河与无定河流域，厚度減至 20—30 米，再东至山西境內只 10 余米。

馬兰黄土在南北方向上的变化也較为明显，例如以陕西为例，在北部綏德一带厚 30—35 米，向南至延安为 20—25 米，再南至洛川为 10—15 米，洛川以南馬兰黄土厚度更薄，多在 10 米以下。如果結合現代黄土地形来看，其厚度較大地区常为黄土"梁"、"峁"发育区，而在平坦的黄土"塬"区其厚度多較薄。

从图 66 中可以看出离石-午城黄土的厚度变化与馬兰黄土不同，其最大厚度中心为涇河和洛河流域，在涇河流域的西华池最大厚度可达 175 米；在洛川塬最大厚度也可达 150 米左右。由之向北黄土的厚度減薄，在延安、横山、靖边等地常达 100—125 米，但在白于山分水岭上，如吳起、志丹等地，其厚度較薄，一般多 50—80 米，最多也不超过 100 米。由甘肃的涇河向西，翻过六盘山，离石-午城黄土厚度急剧減薄，一般仅 20—30 米。

陕西以东在山西境內，离石-午城黄土厚度也逐漸減少，除在西南部少数黄土塬区厚度可达百余米外，大部分地区厚度多为数十米。山西之南河南三門峽附近，厚度較大，部分地区可能达到 150 米左右。汾河流域离石-午城黄土厚度比其以西为小，一般不超过 50 米。再东至太行山与山东泰山、鲁山北麓，厚度更薄，只仅 10—30 米。

假如对离石-午城黄土下伏古地形进行分析，可以看出，凡以往地形开闊的盆地，則其上厚度較大，而在古地形起伏較大的丘陵区，如陕西的北部則厚度較小，在山麓地带其厚度也較小。

綜合上述，可以初步得到以下几点結論：

（1）中国黄土厚度中心位于涇河与洛河流域，向西向东黄土厚度減薄。

（2）不同时代黄土厚度不同，以离石黄土厚度最大，馬兰和午城黄土厚度較薄，全新統的黄土最薄。

（3）不同时代黄土厚度在区域上有变化，年青的上更新統馬兰黄土，自北而南自西而东逐漸減薄，离石-午城黄土以涇河和洛河为厚度中心，向东向西減薄。

（4）黄土厚度大小与古地形的低洼有关，以往洼地較厚，高地較薄。

（5）黄土厚度以山的西坡和北坡較厚，东坡南坡較薄，具有一定坡向性。

（6）虽然黄土厚度具有区域性的变化，但其厚度总的变化趋势并不完全决定于古地形，在較大范圍內还是相当稳定的，它同与流水作用有关的其他沉积物在短距內或一定地质构造条件下变化急剧的情况有很大不同。

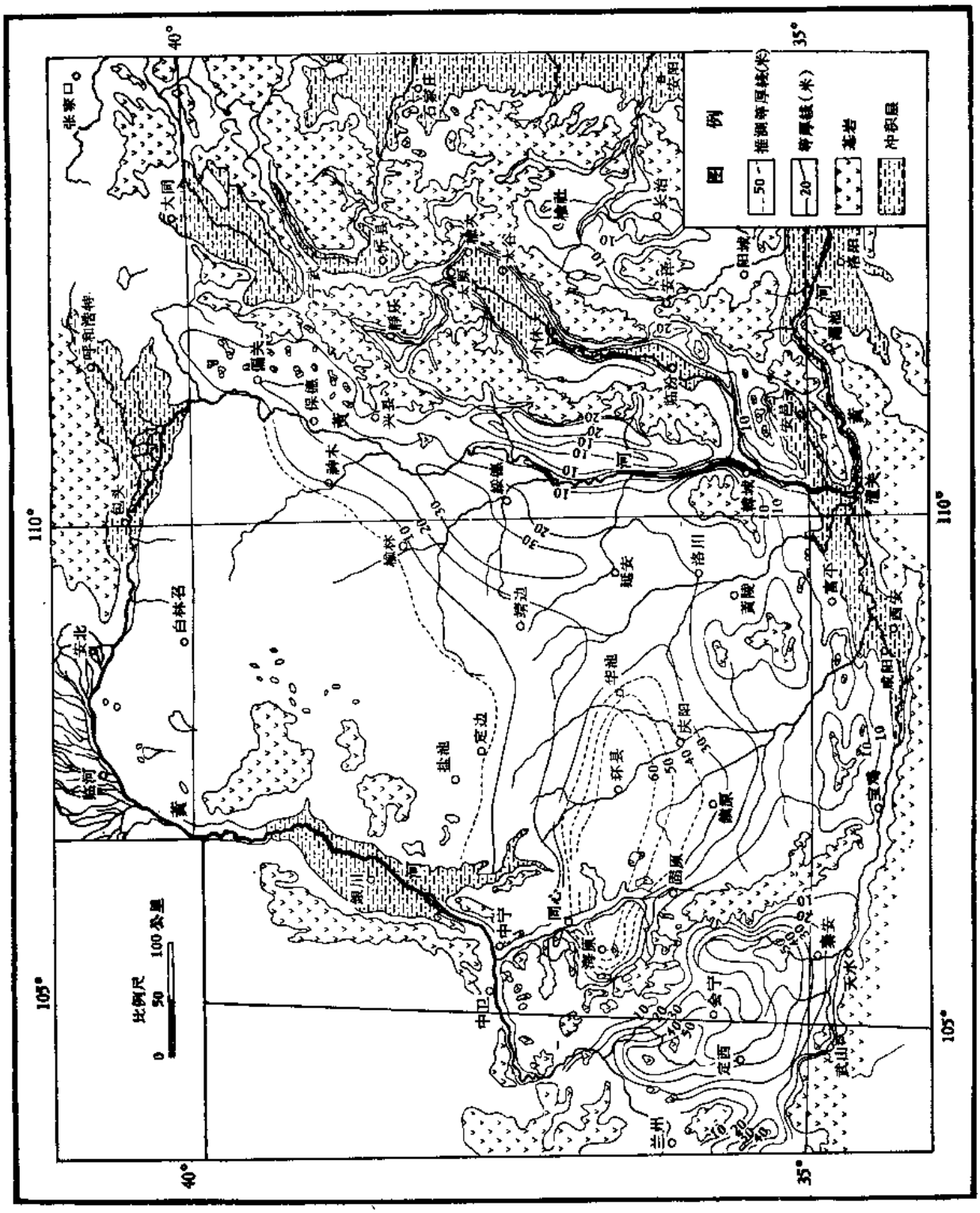


图 65 黄河中游馬兰黄土等厚綫图

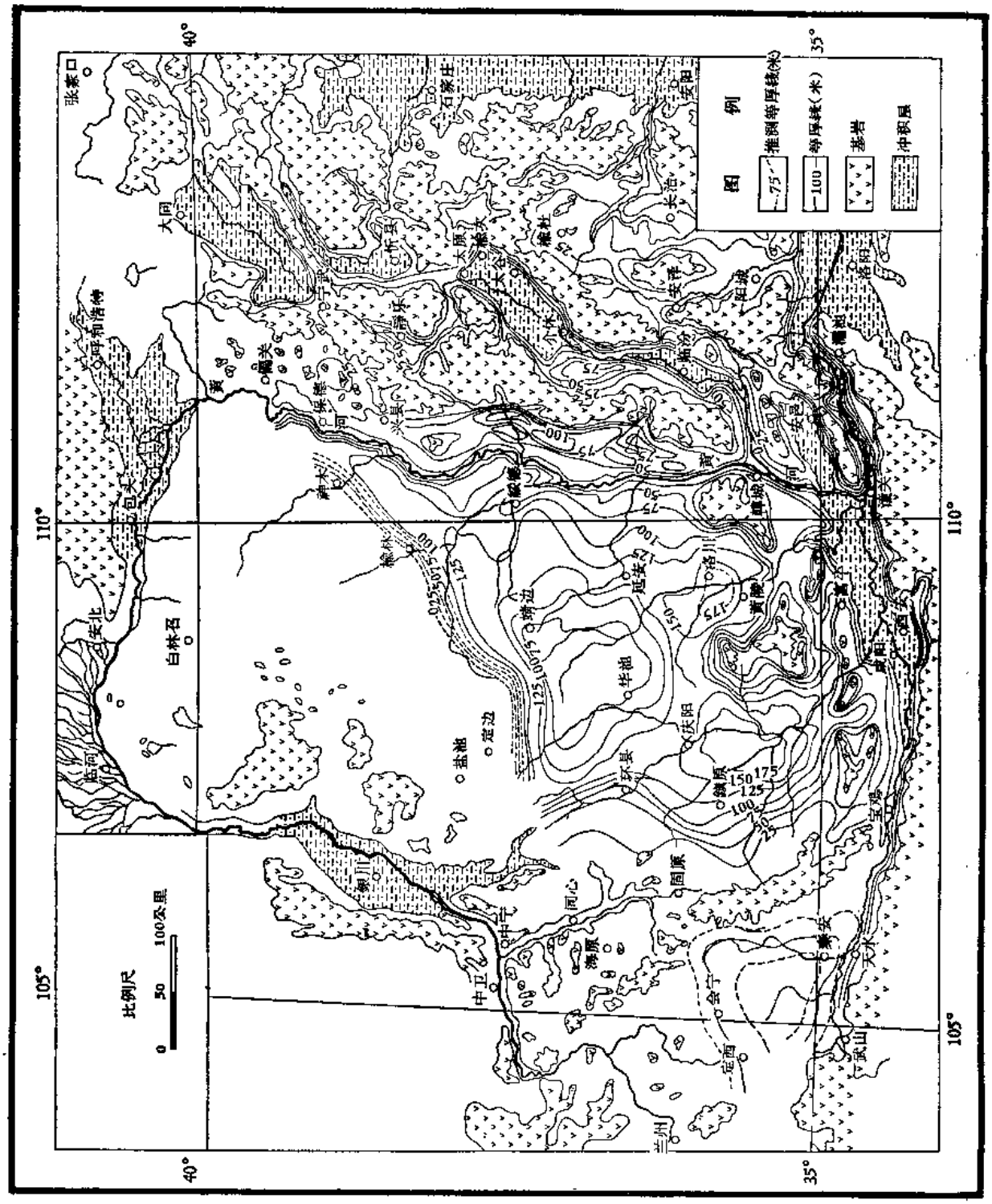


图 66　黄河中游离石—午城黄土等厚线图

二、中国黃土和黃土狀地层時代上的特征

(一) 中国黃土地层中的化石

在編制中国黃土分布图时，著者等根据近年来的野外观察和研究，对黃土地层进行了划分和对比(見前第三章第四节)。对已发表过的黃土(包括紅色土)中哺乳动物化石进行了初步整理。由于黃土資料比較分散，难免有所遺漏；但这并不影响以下所得的一般結論，因为主要的資料都已統計在內了。

在从前許多重要的研究工作中(楊 1927[28]，1935[61]；德、楊 1930[19]，1931[70]；德、裴 1934[60])对黃土地区的脊椎动物化石已有較詳細的論述，并为解决黃土地层問題奠定了良好的基础。从已知材料来看，黃土中脊椎动物化石不是十分稀少而是相当丰富的。利用黃土中的脊椎动物化石不是不易划分地层，而是可以按其所在不同层位将黃土划分到統以下一級的阶。

本文所提到的哺乳动物化石指的是肯定在黃土(包括紅色土)中所找到的。其他，凡是产地、层位和产状可疑的，或不是从黃土中找到，而是在"黃土期"的其他非黃土沉积中所找到的化石一律未列入，并另行討論。

文中所指的黃土包括：下更新統午城黃土，中更新統离石黃土和上更新統馬兰黃土(关于地层名称对比見前及附表 10—14)。

过去，各家对黃土的叫法不相同，地层划分詳略也多不一，并且研究的先后也不尽一致。所以在附表 10—14 中，著者等按原著的記录加以整理，并列出原著的地层名称及原文出处以备讀者参閱。

附表 10—14 中系統分类是按 G. G. 辛普生 (Simpson) 的脊椎动物分类系統，并参考了 P. 德日进及 P. 罗学宾所編的"中国哺乳动物化石类編"[103]和"中国脊椎动物化石手册(哺乳类)"[104]。若干后来研究中更正的种属名称，尽所知按更正的名字列出。有的資料原著认为可疑的都列一問号(?)于后，这次整理中覚得可疑的則列問号(?)于前以資区别。

从表 10 可以看出中国各时期的黃土中已发現的脊椎动物化石可归入 43 属 62 种。見于下更新統黃土中(午城黃土或紅色土 A?)的有 12 属 15 种，发現于中更新統黃土中(离石黃土、紅色土 B + C)的有 31 属 38 种，发現于上更新統黃土中(馬兰黃土)的 12 属 16 种。

从发現的种的数目来說下更新統占 24.19%[1]，中更新統占 61.29%，上更新統占 25.80%。

按化石种类来說食肉类 12.90%，嚙齿类 33.88%，偶蹄类 38.71%，奇蹄类 6.45%，

1) 因有的化石是跨两个或三个时代，所以在計算每个时代百分数时有重复之处，故下更新統、中更新統、上更新統的百分数总合超过百分之百。

表 10　中国各不同时期黄土中脊椎动物化石名录

化石		N_2	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
Rodentia 兔形目及啮齿目						
Ochotona cf. *dauurica* (Pallas)	短耳兔			×		
Ochotona sp.	短耳兔			×		
Ochotonoides complicidens (Boule and Teilhard)	短耳兔		?×	?×		
Hypolagus brachypus (Young)	短脚野兔		×	×		
Lepus sp.	兔			×		
Spermophilus cf. *mongolicus* Milne-Edw.	蒙古喜于鼠			×		
Spermophilus sp.				×		
Tamias sp.	金花鼠			×		
Prosiphneus intermedius Teilhard and Young	中间原鼢鼠		×			
Myospalax chaoyatseni Teilhard and Young	赵亚曾鼢鼠		?×	×		
Myospalax omegodon Teilhard and Young	欧米加鼢鼠		×			
Myospalax tingi Young	丁氏鼢鼠		?×	×		
Myospalax armandi Milne-Edw.	阿氏鼢鼠				×	
Myospalax epsilanus Thomas	吉林鼢鼠				×	
Myospalax fontanieri Milne-Edw.	方氏鼢鼠			×	×	
Myospalax arvicolinus Nehring	麮鼢鼠		×	×		
Epimys rattus L.	大鼠				×	
Alactaga sp.	跳鼠			×		
Dipus cf. *sowerbyi* Thomas	苏氏跳鼠		×			
Paracricetulus schaubi Young	邵氏仓鼠			×		
Gerbillus cf. *meridianus* Pallas	野原鼠			×		
Carnivora 食肉目						
Nyctereutes sinensis (Schlosser)	中国貉		×	×		
Vulpes sp.	狐			×		
Ursus arctos L.	褐熊			×		
Meles cf. *leucurus* Hodgson	獾			×		
Hyaena brevirostrus sinensis Owen	中国鬣狗			×		
Crocuta crocuta ultima Matsumoto	洞穴鬣狗			×		
Cynailurus pleistocaenicus Zdansky	更新世猎豹			×		
Felis sp.				×		
Perissodactyla 奇蹄目						
Hipparion (*luliangensis*)	三趾马		..			

（續表 10）

化石		N_2	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
Proboscidipparion sinense Selve	中国长鼻三趾馬		×			
Equus sanmeniansis Teilhard and Piveteau	三門馬		×	×		
Equus sp.	馬				×	
Artiodactyla 偶蹄目						
Sus lydekkeri Zdabsky	李氏野猪		×			
Sus sp.	野猪			×		
Paracamelus gigas Schlossor	巨駝			×		
Capreolus manchuricus Lydekker	滿洲麞鹿				×	×
Rusa sp.	水鹿			×		
Eucladoceros boulei Teilhard and Piveteau	步氏大角鹿		×			
Pseudaxis grayi Zdansky	葛氏斑鹿			×		
Pseudaxis magnus Zdansky (a composite form)	大斑鹿			×		
Pseudaxis hortulorum Swinhoe	斑鹿				×	×
Cervus canadensis (Svertzow)	加拿大赤鹿				×	
Cervus (*Elaphurus*) cf. *bifucatus*	赤鹿			×		
Cervus huailaiensis Zdansky	怀来鹿				×	
Sinomegaceros flabellatus Teilhard	肿骨大角鹿			×		
Sinomegaceros pachyosteus Young	肿骨大角鹿					
Gazella sp.	羚羊			×		
Spirocerus peii Young	裴氏轉角羚羊			×		
Ovis shantungensis Matsumoto	山东羱羊		×	?×		
Ovis sp.	羊			×		
Bubalus brevicornis Young	短角水牛			×		
Bubalus mephistopheles Hopwood	圣水牛					×
Bubalus sp.	水牛				×	
Bison palaeosinensis Teilhard and Piveteau	古中国野牛		×	×		
Bos sp.	牛				×	
Tapirus sp.	貘					×
鳥 类						
Struthiolithus anderssoni	安氏鴕鳥			×	×	×
Pyrrhocarax sp.	紅嘴鴉				×	
Columbia cf. *livia*	野鴿				×	?
Phasianus sp. A.	雉				×	
Phasianus sp. B.	雉				×	

表 11　中国早更新世时期黃土中脊椎动物化石

化石名称	产地	层位	来源
Hypolagus brachypus (Young) 短脚野兎	1.山西蠡县午城 2.山西靜乐　？	午城黃土 紅色土(?)	刘东生、張宗祜，1962 德日进、楊钟健，1931
Prosiphneus intermedius Teilhard and Young 中間原鼢鼠	1.山西保德火山	紅色土底部	德日进、楊钟健，1931
Myospalax chaoyatseni Teilhard and Young 赵亚曾鼢鼠	1.山西保德火山 2.山西中阳許家坪 3.山西靜乐賀风 4.山西靜乐高家崖 5.陕西府谷鎮羌堡以东 6.山西蠡县午城 7.山西大宁下坡地	紅色土	同　　上
Myospalax omegodon Teilhard and Young 欧米加鼢鼠	1.山西保德火山 2.陕西府谷馬兰营 3.山西中阳許家坪	紅色土	德日进、楊钟健，1931，p. 26
Myospalax tingi Young 丁氏鼢鼠	見表 12 地点	紅色土	同　　上
Myospalax arvicolinus Nehring 駑鼢鼠		紅色土	同　　上
Paracricetulus schaubi Young 邵氏付仓鼠	1.甘肃兰州附近 2.甘肃永登威水河	黃土 紅棕色粘土	楊钟健，1927 楊钟健，1927，p. 82 楊钟健，1934，p. 71
Nycterutes sinensis (Schlosser) 中国豺	1.山西蠡县午城 2.河南	午城黃土	刘东生、張宗祜，1962 师丹斯基，1924
Hipparion 三趾馬	1.山西蠡县午城	午城黃土	刘东生、張宗祜，1962
Proboscidipparion sinense Sefve 中国长鼻三趾馬	1.山西蠡县午城	午城黃土	刘东生、張宗祜，1962
Equus sanmeniensis Teilhard and Piveteau 三門馬	1.山西蠡县午城	午城黃土	刘东生、張宗祜，1962
Eucladoceros boulei Teilhard and Piveteau 步氏大角鹿	1.山西蠡县午城 2.山西中阳	紅色土(下) 紅色土(下)	德日进、楊钟健，1931，p. 60
Bison Palaeosinensis Teilhard and Piveteau 古中国野牛	1.山西中阳許家坪	紅色土	德日进、楊钟健，1931，p. 60

表 12 中国中更新世时期黃土中脊椎动物化石

化石名称	产地	层位	来源
Ochotona cf. *dauurica* (Pallas) 短耳兎	1.陝西榆林城西約五里	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 32
Ochotona sp. 短耳兎	1.山西靜乐高家崖 2.山西靜乐賀风	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 33
Ochotona sp. A 短耳兎	1.甘肅东部庆阳(?)	紅色土(?)	楊钟健 1934, p. 121
Ochotona sp. B 短耳兎	1.陝西油房头		
Ochotonoides complicidens (Boule and Teilhard) 短耳兎	1.山西靜乐賀风 2.陝西榆林城西約 5 里 3.山西中阳許家坪 4.山西大宁下坡地 5.甘肅东部(庆阳)黃土底部底砾状結核中	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 30 楊钟健 1934, p. 121 巴尔博、德日进 1928
Hypolagus brachypus (Young) 短脚野兎	1.河北苑平县 2.山西靜乐高家崖	 紅色土中层	楊钟健 1927 德日进、楊钟健 1931, p. 29
Lepus sp. 兎	1.陝西榆林城西北約 5 里	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 29
Spermophilus cf. *mongolicus* Milne-Edw. 蒙古喜子鼠	1.陝西榆林城西北五里 2.山西大宁下坡地	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 4 楊钟健 1927 德日进 1926, 1928
Spermophilus sp.	1.陝西府谷鎮羌堡以西	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 4
Tamias sp. 金花鼠	1.山西保德火山	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 4
Prosiphneus intermedius Teilhard and Young 中間原鼢鼠	1.山西保德火山	紅色土	德日进、楊钟健
Myospalax chaoyatseni Teilhard and Young 赵亚曾鼢鼠	1.山西中阳許家坪 2.山西靜乐高家崖 3.山西保德火山 4.陝西府谷鎮羌堡以东 5.山西隰县午城鎮 6.山西大宁下坡地 7.山西浮山 8.河南灵池 9.河南新安王沟	紅色土 紅色土 紅色土 紅色土	德日进、楊钟健 1931 楊钟健 1935, p. 32 楊钟健 1935 楊钟健 1935

（續表 12）

化　石　名　称	产　地	层　位	来　源
Myospalax Omegodon Teilhard and Young 欧米加鼢鼠	1.山西保德火山 2.陕西府谷馬营三 3.山西中阳許家坪	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 26
Myospalax tingi Young 丁氏鼢鼠	1.山西靜乐賀风	紅色土	楊钟健 1931, p. 23
	2.山西保德火山	紅色土	楊钟健 1931, p. 23
	3.山西保德火山以北約十里	紅色土	楊钟健 1931, p. 23
	4.山西中阳許家坪	紅色土	楊钟健 1931, p. 23
	5.山西大宁下坡地	紅色土	楊钟健 1931, p. 23
	6.山西乡宁	紅色土	楊钟健 1931, p. 23
	7.山西稷山	紅色土	楊钟健 1931, p. 23
	8.山西太谷仁村	紅色土	楊钟健 1932, p. 9
	9.山西寿阳羊头崖	紅色土	楊钟健 1935
	10.山西浮山	紅色土	楊钟健 1935, p. 32
	11.河南渑池(共九个地点)		楊钟健 1927, p. 45
	12.河南新安县		楊钟健 1927, p. 45
	13.河北宣化县		楊钟健 1927, p. 45
	14.河北		楊钟健 1927, p. 45
Myospalax fontanieri Milne-Edw. 方氏鼢鼠	1.山西靜乐賀风	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 18—19
	2.山西關县午城		
	3.山西大宁下坡地		
	4.山西中阳許家坪		
	5.陕西榆林城西約 5 里		
	6.陕西榆林柳巴滩		
	7.河南渑池新安	上三門	楊钟健 1935, p. 34
	8.山西寿阳道坪	紅色土	楊钟健 1935, p. 9
	9.山西武乡四合子	紅色土	楊钟健 1935, p. 15
Myospalax arvicolinus Nehring 鼠鼢鼠	1.甘肃兰州附近		
	2.甘肃庆阳		
	3.山西繁寺	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 22
	4.山西靜乐	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 22
	5.山西中阳許家坪	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 22
	6.山西保德火山	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 22
	7.陕西莫堡石堆山	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 22
	8.山西榆社侯馬	紅色土(?)	楊钟健 1935, p. 15
Alactaga sp. 跳　鼠	1.陕西榆林城西約 5 里	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 59
Dipus cf. *sowerbyi* Thomas 苏氏跳鼠	1.陕西榆林城西約 5 里	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 9

（續表 12）

化石名称	产地	层位	来源
Gerbillus cf. *meridianus* Pallas 野原鼠	1.陝西吳堡石堆山	紅色土(?)	德日进、楊钟健 1931, p. 10
Nyctereutes sinensis (Schlosser) 中国貉	1.山西保德火山	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 57
	2.陝西榆林柳巴滩	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 57
	3.陝西榆林城西約 5 里	紅色土	
	4.河南新安鴯池		楊钟健 1935, p. 36
Vulpes sp. 狐	1.山西垣曲南沟裕子村	标准黃土	师丹斯基 1925, p. 6
Ursus arctos L. 褐熊	1.山西垣曲南沟	黃土	师丹斯基 1925, p. 7
	2.河南宜阳县	黃土	师丹斯基 1925, p. 7
Meles cf. *leucurus* Hodgson 獾	1.山西垣曲南沟	黃土	师丹斯基 1925, p. 10
Hyaena brevirostrus snensis Owen 中国鬣狗	1.山西垣曲南沟	标准黃土	师丹斯基 1925, p. 22
	2.山西垣曲李家疙瘩	标准黃土	师丹斯基 1925, p. 22
Crocuta crocuta ultima Matsumoto 洞穴鬣狗	1.河南新安上河上坡	标准黃土	师丹斯基 1925, p. 14
	2.山西垣曲南沟	黃土	师丹斯基 1925, p. 14
Cynailurus pleistocaenicus Zdansky 更新世猎豹	1.山西垣曲南沟	黃土	师丹斯基 1925, p. 23
Felis sp.	1.山西垣曲李家疙瘩	黃土	师丹斯基 1925, p. 26
Equus sanmeniansis Teilhard and Piveteau 三門馬	1.陝西榆林城西約 5 里	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 59
	2.陝西榆林归德堡	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 59
	3.河南鴯池	三門期	楊钟健 1935, p. 37
Sus sp. 野猪	1.山东益都清水澗	紅色土	楊钟健 1936, p. 182
			松本 1926
			师丹斯基 1925
			皮尔森 1928
Paracamelus gigas Schlosser 巨駝	1.河南鴯池	黃土?	史劳塞 192
Rusa sp. 水鹿	1.河南鴯池	紅色土	师丹斯基 1925, p. 53
			师丹斯基 1927, p. 9
			楊钟健 1932, p. 63
	2.山西垣曲南沟	上三門	楊钟健 1932, p. 65
			师丹斯基 1925, p. 72
	3.河北宣化		师丹斯基 1927, p. 13
	4.河北怀来		师丹斯基 1925, 1927, p. 13

（續表 12）

化石名称	产地	层位	来源
Pseudaxis grayi Zdansky 葛氏斑鹿	1.山西垣曲南沟	黄土	师丹斯基 1925, p. 65
	2.山西垣曲李家疙疸	黄土	师丹斯基 1925, p. 65
	3.山东益都清水濶	紅色土	楊钟健 1936, p. 182 松本 1926
	4.河北	黄土	师丹斯基 1927, p. 17
Pseudaxis magnus Zdansky (a composite form) 大斑鹿	1.山东益都清水濶	紅色土	楊钟健 1936, p. 182 师丹斯基 1925, p. 48 楊钟健 1932, p. 63
Cervus (Elaphurus) cf. *bifucatus* Teilhard and Piveteau 赤鹿	1.山西武乡張家沟	紅色土	楊钟健 1935, p. 18
Sinomegaceros flabellatus Teilhard 肿骨大角鹿	1.陕西榆林城約 5 里	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 59
	2.河南澠池东沟	上三門	楊钟健 1935, p. 37
	3.山西垣曲南沟	黄土	师丹斯基 1925, p. 72
	4.山西垣曲李家疙疸	黄土	师丹斯基 1925, p. 72
	5.河北宣化	黄土	师丹斯基 1925, p. 73
	6.山东益都清水濶（包括以前之 *Cervus higgins*, *Epirusa hilzheimeri*）	紅色土	楊钟健 1936, p. 182
	7.河南澠池（原訂为 *Epirusa hilzheimeri*）	上三門	楊钟健 1932, p. 63
Spirocerus peii Young 裴氏螺角羚羊	1.山西隰县午城	离石黄土	刘东生、張宗祜 1962
Ovis shantungensis Matsumoto 山东羱羊	1.山东益都清水濶	紅色土	楊钟健 1936, p. 183
Ovis sp. 羊	1.陕西榆林鎮川堡	紅色土	
Bubalus brevicornis Young 短角水牛	1.河南澠池庙山	含結核紅粘土底部	楊钟健 1936, p. 509
	2.山东昌乐李庄	紅色土	楊钟健 1936, p. 512
Bison palaeosinensis Teilhard and Piveteau 古中国野牛	1.陕西榆林归德堡	紅色土	德日进、楊钟健 1931, p. 60
	2.山西中阳許家坪	三門組	德日进、楊钟健 1931, p. 60
	3.山西隰县午城	三門組	德日进、楊钟健 1931, p. 60
	4.河南澠池兰沟	下三門?	楊钟健 1935, p. 37
Struthiolithus anderssoni 安氏鸵鳥	1.山西保德火山	紅色土	楊钟健 1933, p. 148
	2.陕西府谷馬嘗三	紅色土	楊钟健 1933, p. 148
	3.陕西吳堡石堆山	紅色土	楊钟健 1933, p. 148
	4.山西	紅色土	楊钟健 1959, p. 124
	5.山东章丘内湾村	紅色土	安特生 1923, p. 69
	6.河南新安	紅色土	安特生 1923, p. 69
	7.山西五台县羊召庄	紅色土	安特生 1923, p. 60

表 13 中国晚更新世时期黄土中脊椎动物化石

化石名称	产地	层位	来源
Cervus canadensis (Svertzow) 加拿大赤鹿	1.河北宣化 2.河北張家口 3.河北龙关县 4.河北涿鹿 5.辽宁朝阳 6.山西乡宁县 7.山西长治县 8.山西垣曲县	原生黃土 原生黃土 原生黃土 原生黃土 原生黃土 黃土? 黃土? 黃土?	师丹斯基 1925, 1926, p. 80 师丹斯基 1925, 1926, p. 80 师丹斯基 1925, 1926, p. 80 师丹斯基 1925, 1926, p. 80 师丹斯基 1925, 1926, p. 80 师丹斯基 1925, 1926, p. 80 师丹斯基 1925, 1926, p. 80 师丹斯基 1925, 1926, p. 80
Cervus huailaiensis Zdansky	1.河北怀来	黃土?	师丹斯基 1927, p. 14
Struthiolithus anderssoni 安氏鸵鳥	1.山西右玉米家庄 2.河北行唐陈庄鎮 3.河南汜水 4.山西靜乐賀风 5.河北行唐 6.山西 7.陕西临潼 8.河南新安县蔡家庄	黃土 黃土 黃土 黃土 黃土 黃土 黃土 黃土	楊钟健 1933, p. 145 楊钟健 1933, p. 146 楊钟健 1933, p. 145—146 楊钟健 1933, p. 148 楊钟健、孙愛玲 1959, p. 124 古生物会訊 1955, 8 期 安特生 1923, p. 69
Myospalax armandi Milne-Edw. 阿氏鼢鼠	1.辽宁朝阳	黃土	楊钟健 1934, p. 107
Myospalax cf. *Psilurus*	1.河南新安县		楊钟健 1935, p. 36
Myospalax fontanieri Milne-Edw. 方氏鼢鼠	1.河北承德附近县家营 2.河北禹县 3.河北龙关白响水 4.河北張家口小馬坪 5.河北赤城李家沟 6.河北承德鸡冠山	 ? ? ? 黃土	德日进、楊钟健 1931, p. 18 楊钟健 1927, p. 43 楊钟健 1927, p. 43 楊钟健 1927, p. 43 楊钟健 1927, p. 43 楊钟健 1927
Epimys rattus L. 大鼠	1.河北承德县家营	黃土?	楊钟健 1927
Capreolus manchuricus Lyd. 滿洲麞鹿	1.河北宣化 2.河南澠池	黃土	师丹斯基 1925, p. 87 ?
Pseudaxis hortulorum Swinhoe 斑鹿	1.河南 2.河南澠池县风鳴坡 3.河南澠池县峪沟 4.陕西乾县	 黃土 黃土 黃土	松本 1926 安特生 1923, p. 69 安特生 1923, p. 69 古生物会訊 1955, 8 期

表 14　中国全新世时期黃土及黃土状岩石中脊椎动物化石

化石名称	产地	层位	来源
Elephas indicus L. 印度象	1.河南安阳		
Capreolus manchuricus Lydekker 滿洲麞鹿	1.河北宣化	次生黃土	炳丹斯基 1925, p. 87 楊钟健 1932, p. 66
Pseudaxis hortulorum Swinhoe 麞　鹿	1.山东 2.河南安阳 3.河北龙关 4.河北宣化 5.河北承德 6.辽宁朝阳	次生黃上 次生黃土	松本 1926, p. 31 德日进、楊钟健 1936, p. 27 安特生 1923, p. 129 安特生 1923, p. 129 安特生 1923, p. 129 安特生 1923, p. 129
Bubalus mephistophles Hopwood 圣水牛	1.河南安阳新德庄新德河	全新統沉积	胡步伍 1925, p. 238 楊钟健 1932, p. 91
Tapirus sp. 貘	1.河南开封	全新統沉积	楊钟健 1932, p. 91
Struthiolithus anderssoni 安氏鴕鳥	1.河南安阳 2.河南澠池仰韶村	次生黃土	安特生 1923, p. 66
Bison exiguus 野　牛	1.河南	次生黃土	松本 1915
Bos primigenius Bojanus 原始牛	1.辽河、西拉穆倫	黃土	布魯及德日进 1928, p. 29
Ovis sp. 羊	1.河北 2.張家口附近	次生黃土	安特生 1923, p. 129 布魯及德日进 1928, p. 70

鳥类 8.06%。

按化石分布的地点，粗略的估計河北 15 个，山东 3 个，河南 15 个，山西 26 个，陝西 12 个，甘肃 3 个，辽宁 2 个。

以上所提的化石和发現的地点都是經过研究的。其他零星发現，未經研究的，特别是近年来新发現的尚未列入。

今后新材料的出現，在化石的产地、种类、数量上都会有所增加，但目前所得的数字是多年来（約自 1923—1962），許多人在許多地点（約 100 个）所采集，多次任意取样的結果，可以說是有代表性的。

和世界其他地区黃土中的哺乳动物化石比較，除法国維拉方期的黃土中有較丰富的发現外，我国黃土中的哺乳动物化石是較多的。我国黃土面积广大，对其中动物群的性质

的了解，和进一步分析其生态环境对划分黃土地层和闡明黃土堆积过程都是有意义的。

分析一下各时期黃土中所含哺乳动物化石的成分，可見从午城黃土到馬兰黃土經历了整个更新世时期，各不同时期黃土中动物的成分都自成为一个有其特征的干旱草原型的动物群。如鼢鼠类、鴕鳥、馬类、鹿类等都是有代表性的黃土区生物，与河湖相沉积中富含以犀牛、象类等"喜湿热"动物群有明显的不同（見表 10）。

在总的种类的数目中嚙齿类占黃土中哺乳动物化石的 90% 以上，嚙齿类現代仍是黃土地区的优势动物，只是由老到新其种属已有所演变（見表 10—14）。除嚙齿类外其他动物則較少。食肉目中仅有獾、狐、熊、鼬、狗、豹等。奇蹄类中有三趾馬、长鼻三趾馬、三門馬等。偶蹄类中有猪、狍、大角鹿、斑鹿、羚羊、轉角羚羊、野羊、牛、野牛、水牛等。除此以外黃土中其他类化石更少。

在下更新統午城黃土中嚙齿类較少，食肉类，偶蹄类及奇蹄类較少。在中更新統离石黃土中嚙齿类显著的有所增加并达到高峰，其他种类相对的减少。在上更新統馬兰黃土中的动物的种类和数目逐漸减少。

从哺乳动物化石来看，早更新世的环境較为湿潤，到中更新世逐漸变为干旱，到晚更新世則更趋于干旱。

关于黃土地区为草原生态环境不仅由嚙齿类的大量出現可以推知，不同时期由黃土沉积中鴕鳥及其他草原型动物的分布也可以說明。

另外从不同习性动物的分布也說明这一問題，如已发現的化石中肉食类、奇蹄类、偶蹄类等多偏于近山地区及在黃土分布的南部区，在黃土高原的中心地带則較少。嚙齿类的情况則相反，这也說明黃土区为一草原的生态环境。不同生态习性动物在地理分布位置上的不同說明当时古地理环境的不同。

黃土中化石的产状一般都比較零星。化石常个别的出現于黃土或埋藏土壤中，很少大批的集中于一起成堆出現。这和河湖相沉积中化石經过流水搬运，常堆集于一起的情况不同；与洞穴堆积中，因动物长期占据而不断富集的情况也不同。黃土中嚙齿类的头骨多在埋藏土壤的淀积层中，为鈣质所包裹成为結核。而鴕鳥蛋常完好的保存于黃土之中。从化石埋藏的角度来看，其埋藏的地点和其死亡或遺留的地点不会有很大的距离，这也說明化石的形成很少經过搬动，也反应了黃土形成时期的草原性质和其地貌景观。

至于从其他方面論述黃土沉积地区当时为一草原生态环境，如孢子花粉的研究[105]，埋藏土壤的研究[76]以及岩石矿物学的研究[26]等等就不在此一一列举了。

（二） 丁氏鼢鼠的地层层位及其地质时代

我国黃土地层富含鼢鼠类化石。楊钟健等曾根据鼢鼠化石划分紅色土为 A、B、C 三带。紅色土 B 带中有大量的丁氏鼢鼠（*Myospalax tingi, Siphneus tingi*）化石。最初认为含丁氏鼢鼠层的时代是泥河湾期（早更新世），后来根据新材料确定其为中更新世，但目

前仍有人认为属早更新世。为了进一步划分和对比黃土地层，有必要对丁氏鼢鼠层的时代作一討論。

早在 1927 年楊钟健[38]根据一些地层层位不清楚的化石建立了丁氏鼢鼠新种，当时对其时代并不肯定，认为可能系来自下上新統三趾馬紅土层中。

1930 年 P. 德日进、J. 皮維斗[106]把河北蔚县泥河湾村泥河湾层中发現的一个上頜骨和两个下頜骨鑑定为丁氏鼢鼠，这样，誤认为找到了丁氏鼢鼠地层层位，从此人們开始把丁氏鼢鼠当作泥河湾期的标准化石。

1930 年 P. 德日进、楊钟健[19]，1931 年 P. 德日进、楊钟健[70]，1935 年楊钟健[61]，研究黃河中游晋、陝間黃土(及紅色土)地层及古生物时，根据丁氏鼢鼠的发現，把紅色土 B 带划为相当于泥河湾期。所以此时丁氏鼢鼠层的时代为泥河湾期得到普遍承认。在含丁氏鼢鼠的紅色土 B 带中并未找到其他标准泥河湾期的化石，但也未找到标准的周口店期的化石可证明其不是泥河湾期的地层。

1934 年 P. 德日进、裴文中[60]在周口店第 13 地点发現了大量的丁氏鼢鼠（后正式定名后丁氏鼢鼠），他們曾对丁氏鼢鼠的时代問題有所討論，认为周口店第 13 地点动物化石的特点是有大量丁氏鼢鼠，但缺少泥河湾期的古老的种属，因而其时代为中更新世，在地层层位上应相当于德、楊所定的紅色土B层(德、裴 1934)。

1934 年 P. 德日进、裴文中专門討論了丁氏鼢鼠层地质时代的問題，根据在山西太谷紅色土不整合(侵蝕面)于泥河湾期的太谷层之上，确定了以前把紅色土 B 带和泥河湾期相对比是不恰当的，因之把紅色土B带命名为上三門系[1]，其时代为中更新世。上三門系(＝紅色土B带)这一名称，从此正式产生[2]。

1935 年楊钟健[61]記載山西浮山的丁氏鼢鼠时即定其时代为上三門期（中更新世）。

1935 年 G. B. 巴尔博、P. 德日进、卞美年[54]在研究东秦岭新生代地质时，发現在洛阳、高美、芦氏、淅川一带紅色土发育良好，以之与晋、陝間紅色土相比，定其时代为中更新世。

1940 年楊钟健[107]在“中国上新統与更新統之分界問題”一文中已明确指出含丁氏鼢鼠层不整合于含泥河湾期化石地层之上，并对泥河湾层中的丁氏鼢鼠的鑑定是否可靠提出疑問。

此后，1941 年德、裴[108]二氏在研究周口店 13 地点的古生物专著中，把 1934 年所称的丁氏鼢鼠定为新种后丁氏鼢鼠（*Myospalax epitingi*），并从丁氏鼢鼠层与肿骨鹿等周口店期动物群共生的現象得到实证，仍肯定其时代为中更新世。

1941年 P. 德日进[7]在“东亚地质及人类原始”一书中把含丁氏鼢鼠层定为中更新世，

1) 按地层規范現相应改为上三門組。

2) 这一叫法在以后P. 德日进、楊钟健等人文章中曾使用。卞美年所起的三門上系，和三門下系名称后很少人使用，不可和原起的上三門系相混。

并根据黃河中游地区含丁氏鼢鼠的地文期位置，說明改变了过去把丁氏鼢鼠层与泥河湾期相当的看法，而应放于泥河湾期之后。

1942 年 P. 德日进[77] 在“中国北部新发現之上新統、下更新統之嚙齿动物”一书中系統的研究了鼢鼠类化石，重新对此問題加以补充。他說：“在 1930 年 (Teilhard and Piveteau 1930) 我曾报导过在泥河湾湖相地层中丁氏鼢鼠的发現，我想在此做一些观察的补充。即这一鑑定是在对鼢鼠科的复杂性还不十分了解的当时，仅根据上頜和下頜骨所作的。因之，对其鑑定結果必須采取审慎的态度。泥河湾的維拉方期的鼢鼠肯定属于“丁氏組”，但在此地点未找到完整的头骨以前，它是眞正的丁氏鼢鼠，是赵亚曾鼢鼠，或是其他的种尚有待证明” (Teilhard 1942)。

另外在书中所附的系統演化表上，P. 德日进把丁氏鼢鼠的时代位置較 1934 年向上移了，移到早更新世和中更新世的交界处。

由此可以清楚的看出，P. 德日进对他自己在泥河湾地层中发現的丁氏鼢鼠的鑑定已采取了再考虑的态度。

1942 年 P. 德日进、罗学宾在“中国哺乳动物化石类編”一书中把丁氏鼢鼠列为中更新世的代表性化石。

1948 年楊钟健[109]在第 18 次国际地质会議上的論文“中国上新統—更新統界綫”一文中同样把丁氏鼢鼠层划归中更新統。

自此以后，对黃土中鼢鼠科化石报导較少。1958 年周明鎮等編著“中国脊椎动物化石手册(哺乳动物部分)”把含丁氏鼢鼠的时代列为由早更新世到中更新世。

1959 年丁梦麟等同志在山西隰县午城鎮一个黃土剖面中发現含有泥河湾期动物化石的黃土层(午城黃土)，其中未見丁氏鼢鼠，在午城黃土之上，隔以一个不明显的剝蝕面，有离石黃土(紅色土 B 带)，其中含丁氏鼢鼠及赵亚曾鼢鼠及裴氏轉角羚羊，并在与此层相当的层位中找到肿骨鹿化石，这一黃土即离石黃土。

剖面的重要意义是在土状堆积物 (亦即一套黃土，或紅色土) 中发現了泥河湾期的动物群，其上复以含丁氏鼢鼠层。这种情况和太谷、三門等地的河湖相泥河湾期层一样，在离石黃土(紅色土 B 带)之下未找到丁氏鼢鼠。

从上所述，可以了解含丁氏鼢鼠层 [离石黃土 (刘、張 1961)＝紅色土 B 带 (德、楊 1930)＝上三門系(德、裴 1934)] 的时代，为什么最初定为早更新世的泥河湾期，后来又改为中更新世的周口店期。这也可以了解到为什么最初认为丁氏鼢鼠是泥河湾期的标准化石，現在已經不能这样理解了。这样从已前的記載和近十几年来的工作证明，含丰富的丁氏鼢鼠层的时代为中更新世已无可怀疑了。

为了說明这一問題，可再从另外方面說明几点。

(1) 在肯定为泥河湾期的地层中，自 P. 德日进、J. 皮維斗之后至今还未发現有丁氏鼢鼠。在榆社的砂砾石层中，P. 德日进[77]曾記述过一个丁氏鼢鼠，但对其层位未予肯定，

认为可能是来自紅色土中。考虑到以前 P. 德日进所描述的榆社标本大多是购买来的，其层位的不可靠自然是难免的。在此应特别提一下，在黃土区也应注意这一問題，含丁氏鼢鼠层常形成陡壁，有时化石墜落于坡下并不能代表确实是下面层中的化石。

（2）在相当于泥河湾期的三門組中（三門峽地区）曾找到可靠的泥河湾动物群，如步氏大角鹿等其中有原鼢鼠（*Prosiphneus* sp.），未找到丁氏鼢鼠[110]。原鼢鼠在演化上是較鼢鼠为原始的属，其化石从未見于中更新世地层中，在早更新世地层中有所报导。

（3）在靜乐的靜乐組中（?）未找到丁氏鼢鼠。但曾找到中間原鼢鼠（*Prosiphneus intermedius*）及欧米加鼢鼠（*M. omegodon*），按其形态二者也都較丁氏鼢鼠为原始。靜乐組（＝紅色土A带?）的时代在德、楊划分紅色土A、B、C三带时是互相衔接的。如果把其时代依次上移（紅色土B带由下更新統到中更新統），則紅色土A带应为下更新統，可能与午城黃土相当（見前）。

（4）周口店13地点的后丁氏鼢鼠（新种），德、裴二氏根据其头骨稍大加以区分，并未記述其他解剖上的特征。从德、裴二氏发表的測量，和紅色土中丁氏鼢鼠的头骨測量相比較二者基本上是吻合的。由目前所看到的数据把后丁氏鼢鼠应看作是丁氏鼢鼠的亚种或是同种[1]，并无什么不妥。

特别是考虑到 P. 德日进 1941 年对泥河湾丁氏鼢鼠鑑定的声明，以及其他含丁氏鼢鼠的是中更新世而不是更老一些，而最近有大量肿骨鹿与丁氏鼢鼠在离石黃土层中发現（和周口店13地点情况相似），則后丁氏鼢鼠与丁氏鼢鼠的一致性就更清楚了。

（5）丁氏鼢鼠在黃河中游的离石黃土（紅色土B带）中有广泛的分布，化石地点发現很多。其所在的层位和下更新統的午城黃土不同，午城黃土多分布于古地形低凹之处，目前所知仅在若干地形为塬的厚层黃土底部才可見，其分布不如离石黃土广泛。从丁氏鼢鼠化石分布广泛以及有較多的发現来看，这些化石也不象出自午城黃土中。

在化石保存的状态上，丁氏鼢鼠常为鈣质包裹成結核状，这也和下更新統午城黃土中鈣质常成层状的情况不同。

化石的分布及保存虽不是决定其时代的特征，但这些現象却对野外工作判别各层黃土有所帮助。

从“丁氏鼢鼠层”（离石黃土，紅色土B带）的研究历史以及对丁氏鼢鼠本身的研究历史来看，还未发現可靠的丁氏鼢鼠是生存于泥河湾期的报导，但却有大量的丁氏鼢鼠与中更新世动物群共生的記載。

从地层剖面的观察上看，无論在一套叠覆的黃土沉积剖面上，或是黃土状岩石与河湖相沉积叠覆的关系中，含丁氏鼢鼠层都是以一个剝蝕面和其下的泥河湾期地层分开。

从“丁氏鼢鼠”及丁氏鼢鼠层的研究历史来看，对此問題的原著者楊钟健，P. 德日进都曾先后正式說明丁氏鼢鼠在泥河湾层中的不可靠性，并正式把丁氏鼢鼠的时代移至中

1）正式的确定还需对德、裴所定标本来进行研究。

更新世。

因此，丁氏鼢鼠是不是泥河湾期的标准化石呢？虽然还不能排斥在早更新世有丁氏鼢鼠的出现的可能性（特别是在午城黄土中），但目前很难把一个和中更新世动物群一起大量出现、但在泥河湾地层中甚少或未发现的丁氏鼢鼠，当作早更新世的标准化石。

所以在沒有发现确切无疑的丁氏鼢鼠和泥河湾动物群共生以前，恐怕連丁氏鼢鼠是否曾生存于早更新世都应加以慎重的考虑，更不用說作为泥河湾期的标准化石了。这样一来，含大量丁氏鼢鼠的黄土（离石黄土）时代为中更新世，而不是早更新世就更明确了。

（三） 关于象和犀牛等动物在黄土中出現的問題

黄土中的动物化石自更新世中期以来，即以嚙齿类为主。其所代表的动物生态环境是一个干旱草原。这和从黄土中的孢粉分析[105]及沉积物分析所得的結果是一致的。但一直引人注意的是，在黄土中曾报导过发现象、犀牛、竹鼠等喜湿热的动物化石[64]。这类黄土在过去多是指馬兰黄土，早期也有人因为黄土有喜溫热习性动物化石的发现而对黄土风积說提出疑問，而认为是流水作用所形成的[64]。如果馬兰黄土中确实含有大量这类在生活习性上和嚙齿类如鼢鼠等不同的动物，如象及犀牛等，則应很好地考虑黄土形成时的气候条件，尽管哺乳动物适应不同气候的能力較强，但动物群的性质多少也反映其古地理环境的不同和古气候的状况，这对我国第四紀的研究是十分重要的，自然应特别予以注意。

在进一步探討黄土中动物的成分及其生态問題之前，必須首先判明这些化石的产地，地层层位关系，及其种属的性质。裴文中[111]在"中国第四紀哺乳动物群的地理分布"一文中曾提到黄土中有拿瑪象（*Elephas namadicus*）、原始牛（*Bos primigenius*）、披毛犀（*Coelodonta antiqutatis*）及馬鹿（*Elaphus canadensis*），在所述四种动物化石中的象与犀牛直到現在对其层位产状还沒确定。

从所見的材料中发現，已往所提到的象、犀牛及其他喜湿的动物化石，除根本不是来自黄土中而是来自砂砾石层中外，多数层位不清楚，其产状也不明。分析一下全部由老到新的黄土（由午城黄土到馬兰黄土）中报导过的这类化石，便可以看出以往的記載并不能肯定这一問題。

J. G. 安特生提到可能在黄土或次生黄土中找到的完整的犀牛头骨化石[64]是从朝阳药鋪中购得的，其产地及层位皆无从查考。

P. 德日进、楊钟健曾記載在紅色土中找到属竹鼠科或豪猪（*Hystrix* sp.）还不能肯定属的化石，其确实的地层层位及产状也无从查考，更无法肯定是来自黄土中或夹于黄土中的河湖相沉积中。

A. T. 胡步伍[112]（Hopwood）記述的拿瑪象系来自河南巩县及河南新安等地，其地层产状不清楚。另一猛犸象化石来自河南安阳，其地层及产状也不清。A. T. 胡步伍多系

根据化石推論其时代，又由时代再和有关地质单位相比，因而其地层层位是不清楚的。

在山西平陆曾找到一块破碎象牙，据楊钟健[61]的記載为紅色土的上层。近年来在山西平陆一带各单位进行工作时都在离石黃土(紅色土)之下的陝县組或三門組的黃砂层中找到大量的象类化石。因为在平陆找到的象化石本身极为破碎，有无可能系来自砂层中也是值得考虑的。

在山东益都曾記載有象牙[56]，但这是根据一个傳教士的报告，其产状及层位也很可疑，因为該地剖面上部为离石黃土(紅色土)，下部是砂层，也有可能化石系产自砂层中。

在山东昌乐的离石黃土(紅色土中)曾找到短角水牛头骨化石[56]，据称是出自紅色土中，但亦非采集，其层位也难判定。王克魯在山东沂源县泺河头附近离石黃土(紅色土)之下，石灰岩风化面上的紅土中曾找到可能为水牛的牙化石，所以也有可能山东的水牛化石系产自殘积坡积层中；但值得注意的是这一地区不仅緯度較南(北緯 36°10″)，且已靠近沿海，其气候条件亦和黃土高原地区不同，动物的分布似也应有所不同。

另外在河南澠池东北 15 里的庙山亦采到短角水牛头骨[56]。这一地层层位为紅色土的最下部，也有可能为午城黃土。

山西保德火山 P. 德日进、楊钟健[70]曾記載有不能鑑定的犀牛科化石。这一化石是采自紅色土下部，其时代为上上新統或相当于午城黃土(?)。O. 师丹斯基 (Zdansky)[118]記載在山西垣曲找到龟鼈类及其他化石。J. G. 安特生据此曾认为是黃土水成的证据，但其产状及层位也不清，师氏认为系标准黃土，但从其所发現的其他化石来看成分相当复杂(見表 12、13)。

由表 12、13 所列各化石，可見历年来在黃土地区，新老黃土层中所采化石可以归为喜湿的动物(除披毛犀、拿瑪象外)，材料极为稀少，而且这些少数材料也大都极为破碎不能鑑定其种属，更重要是这些化石的地层层位及产状都不清楚(这可能是由于发現稀少之故)，多数化石未說明是产自原生的黃土中(新老)，还是产自砂砾石层中。

另外有些以往认为是黃土沉积或黃土期的沉积中发現的象及犀牛化石等，其产状十分清楚地記載为由砂层或砂砾石层或冲积湖积层中所找到的，而这些化石其沉积地层已不是黃土，因此不能說明黃土沉积时期的古地理环境；这类化石产状是属于另外一种类型，在此不可与黃土中找到的化石相混。

眞正发現于馬兰黃土中的象、犀牛类化石可以說极少(有肯定层位产状的)，就是在較老的离石黃土中发現的这类化石也非常之少，这是什么緣故呢？

对此問題作者等曾于 1959 年全国地层会議上加以討論。这一問題对中国黃土沉积时期的"相"变化問題有关，对中国第四紀地层的划分也有一定的关系。

自本世紀 20 年代开始，直到現在 40 余年来，在黃土地区还未找到过确切的证据可以证明在眞正的黃土(馬兰黃土、离石黃土)中曾找到过大量象、犀牛或其他喜水的动物(軟体动物也如此)；相反在黃土中却有大量的鼢鼠等嚙齿类化石及其他草原习性的动物

化石。

在馬兰黄土中以方氏鼢鼠为主；在离石黄土中以丁氏鼢鼠及赵亚曾鼢鼠为主；在午城黄土中可能有欧米加鼢鼠和原鼢鼠。这些大量嚙齿类化石的出現說明，黄土有其特殊的动物群适应黄土沉积时期的古气候和古地理环境，一直到今天鼢鼠的分布仍然是以黄土地区为其主要的活动地带。

这和在河湖相的地层中，如泥河湾、丁村、匼河、薩拉烏苏等地层中有大量喜湿热动物群成一鮮明的对照。在地形复杂地区（有緯度上的变化或是高度上的大的变化）不同习性的动物的并存是很自然的，但在黄土高原地区，除若干山地外，大部分地形較一致，其生态环境亦不可能有如此巨大的区别，所以这一問題不仅在古生物学方面很重要，而且对黄土的地层划分，古气候及古地理的研究也是十分重要的。

（四） 中国北方黄土相和河湖相沉积之間的关系

在黄土中极少发現象、犀牛[1]等喜湿的脊椎动物的化石，但在河湖相地层中却有大量的发現。这是为什么呢？是地理生态区的不同还是气候波动的关系，还是二者共同的关系？这一有意义的問題是值得討論的。

在黄土地区确实找到过不少含有丰富象、犀牛、河狸化石的层位。这些化石都发現于不同时期的河流冲积或湖相沉积中。在泥河湾期的早更新世沉积物中，有泥河湾、三門峽、太谷、榆社、寿阳、临漪等地。在周口店期的中更新世的各河湖相地层中，有陝县、匼河等地。在黄土期或馬兰期的晚更新世河湖相沉积中，有薩拉烏苏、乾县[2]、丁村、庆阳、环县等地。

在这些地区，一般河湖相地层是伏于不同时代的黄土层之下。

这些化石层位和黄土（包括紅色土）之間是什么关系？

这些沉积物和黄土沉积是同时异相的沉积关系呢？还是这些河湖相沉积和黄土沉积为不同时間，不同气候条件下的沉积呢？不同的人对此問題有不同看法。

解决这方面問題是研究我国北方第四紀地层的根本問題，可以从黄土相堆积和河湖相堆积中所含化石或动物群的性质及其演化过程来解决，也可以从野外地质工作中研究这两类沉积物的性质及其地层接触关系来解决。当然最后还得把这两种研究結合起来才能更好的解决这一問題，亦即从气候波动和动物演化两个方面来共同解决地层划分問題（同时也不能否认和忽略新构造运动对地质发展史的作用）。

过去有些学者把不同时期的黄土和（包括紅色土）与之相当的（只能是粗略的）河湖相沉积当作同时异相的沉积物。如 P. 德日进[7]在 1941 年于“东亚地质及人类原始”一书

1）猛獁象和披毛犀等除外。

2）虽然在早期的文献上曾記載在黄土中有象、犀牛、河狸等化石，但当时对黄土与其下河湖相沉积沒有詳細区分，所以在黄土中有此化石之說不一定可靠。

中，曾全面的闡述了这一观点。P. 德日进在較广泛地了解中国第四紀地层的基础上，认为在中国第四紀各个时期中，有"黄土状"和"河湖相"两套不同类型的堆积。但 P. 德日进似乎始終是从第四紀的气候波动不大的角度来考虑这两类沉积物形成的，而沒有考虑到它与当时气候条件显著变化有关。所以他仅是从相的不同来考虑的。

在討論这一問題时，应当加以說明的是不同沉积物有相变化是勿庸否认和多加解釋的，在某种气候条件占优势的时期，大面积內的沉积物成因类型肯定是多种的，复杂的，并构成具有一系列区域特征的綜合体。所以，要討論的并不是存在不存在相变化，而是 P. 德日进的相变化概念是否符合野外剖面实际情况。P. 德日进提到过中国第四紀地层的旋迴性，并认为每一旋迴中的黄土状沉积物都代表山坡堆积相，河湖相堆积代表盆地堆积相，这二者在沉积上是横相过渡的关系，在时間上是同时期形成的。經过野外实际观察，我們认为不能解决所看到的許多現象，或者說很少能解决野外所看到的現象。不仅如此，正因为这样的誤解，才引起对野外地质剖面的不当的解釋，从而也就忽略了应該划分出来的地层单位。

P. 德日进除作了若干示意图以外，沒有列出任何一个具体剖面来证实其假說。不过他自己的示意剖面倒可以說明这两套沉积的二分性（如薩拉烏苏剖面、太谷剖面、火山剖面、晋东南剖面）。例如，在剖面中时而证明他所指的同期异相沉积为上下叠覆（如油房头剖面），当剖面产状相当于或相似于他的相变化时，时而他又不得不从发現的化石来肯定其为不同时期的沉积（如太谷剖面）。

过去研究过的和最近研究的第四紀剖面都无法說明相变化的情况，在許多剖面上都可以看到不同时期的黄土和河湖相沉积物叠覆交替出現。但由于黄土中化石較零星，目前还缺乏对黄土（現在的了解是各时期的黄土，相当于 P. 德日进、楊钟健等所指的土状堆积中紅色土及馬兰黄土两部分）及河湖相沉积中动物群更为詳細的分析，只能大致說是下更新統、中更新統或上更新統，在統之中再細分就沒有再做工作了。虽然現在也缺乏其他的办法（如絕对年齡測定）更确切的从非生物地层方面来解决这一問題，但仍可从若干地层剖面的組成物质的成因类型和接触关系方面对这一問題提出一些另外的看法。作者于 1959 年最初提出这一問題时曾討論了一些剖面，于此不多重复，最近賈兰坡[114]研究了山西芮城匼河的剖面，据他的研究，在匼河更新統剖面中可以分为以下四层（图 67）：

D．紅色土层……厚 60 米。

C．細砂层……厚 1 米。

B．交錯砂层……厚 4 米。

A．桂黄色砾石层，此层之下与下更新統淡褐色泥灰质粘土成不整合接触。厚約 1 米左右，含东方劍齿象（*Stegodon* cf. *orientalis* Owen）、师氏劍齿象（*Stegodon zdanskyi* Hopwood）、肿骨鹿（*Euryceros pachyosteus*）、水牛（*Bubalus* sp.）等化石，并含旧石器。

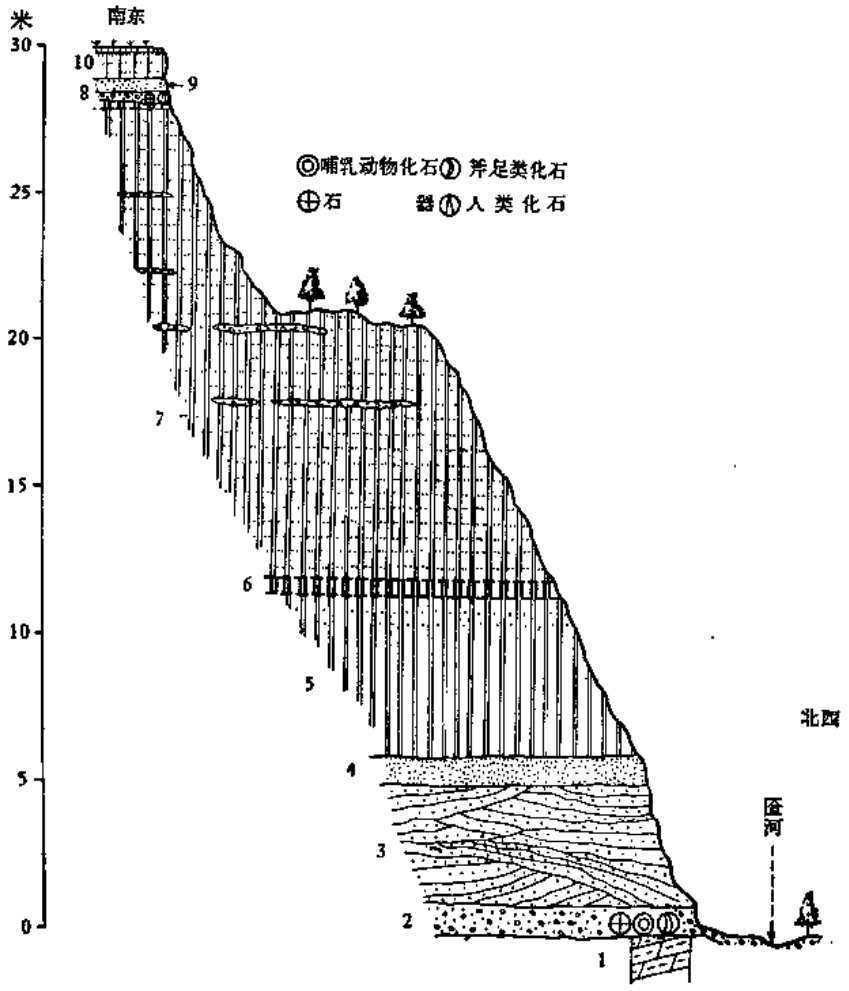


图 67 匼河澗 (Kehejian) 6054 及 6060 地质剖面 (据賈兰坡)

1.淡褐色泥灰质粘土层，大致向南傾斜 5°—10°，深度不明； 2.桂黃色砾石层发現有师氏剑齿象和肿骨鹿化石及石器；地点編号：6054； 3.淺褐色交錯細砂层； 4.灰黃色細砂层； 5.紅色土层，具粘性，有直豎节理，下部較上部胶結坚硬，上部含砂較多，层理比較清晰； 6.褐色古土壤层； 7.微紅色含粉砂土壤层，下部含砂比上部为少，略具粘性；有直豎节理，中夾有凸鏡体砂、砾石层； 8.砂砾石层，发現有"新人"下頜骨及石器；地点編号：6060； 9.灰黃色粉砂层； 10.砂质黃土。

賈兰坡等根据化石认为 A—C 砂砾层相当于中更新世早期(周口店 13 地点)沉积，其上60米厚的紅色土状堆积物賈氏說："从其岩性及古土壤应属于紅色土(离石黃土)的系統之內"。从晋、陝黃土层序来看，我們认为这 60 米厚的堆积物可与离石黃土相当。关于紅色土与砂砾石冲积物之間的关系，賈氏[114]說这层紅色土有时覆在成层的粗細砂层之上，如澗口南沟 6062 地点 (图 5 之 11)，匼河澗 6054 地点及 6060 (图 2 及图 5 之 6) 和东五村南崖下 6065 地点 (图 5 之 10)；有时覆在交錯砂层之上，如西阳 6051 地点 (图 5 之 9)，匼河澗 6059 地点(图 5 之 7)和独头后澗河 6052 地点 (图 5 之2)；有的覆在泥灰岩或泥灰质粘土之上，如西阳 6061 地点 (图 5 之 8)，独头咸水沟 6056 地点 (图 5 之 3) 和独头 6055 地点 (图 5 之 1)；有的覆在泥河湾期的砂岩之上，如西关度 6053 W 地点 (图 5 之 5)。不

管底部岩层怎样不同，但紅色土的性质一般来說是相同的(賈兰坡等，1962)。

賈兰坡等这一詳細的研究工作是很重要的，其重要之点在于：

(1) 以更充分的化石证据来证明黃土地区中更新統河流冲积相陝县組的存在，其时代为中更新世早期。

(2) 证明了这一层之上有 60 米的紅色土(离石黃土)。

(3) 证明了紅色土是以不整合关系和其下的中更新世早期冲积相的陝县組砂砾层接触。

这就很自然地說明，在中更新世时期，有两套沉积，上为黃土相，下为河流相。其間的不整合关系說明它們不是相变而是两个沉积。

这样的剖面的情况和 1957 年作者等[115] 在河南陝县会兴鎮附近窑头沟所見的陝县組及其上的离石黃土是一致的。可見其分布較广，层位稳定，不是个别的暫时性水流作用形成的透鏡体或小的河道沉积。虽然在陝县及渑河于其上的离石黃土中(紅色土)未找到可靠的化石作为判明其地质时代和下伏砂砾层的差别能有多大，但由于离石黃土(紅色土)的巨大厚度和其間有多层埋藏土的出現，所以不能把这一套厚 60 米的沉积物完全納入于早、中更新世(相当于周口店 13 地点)砂砾石层沉积之中，因为据賈兰坡等剖面資料，在紅色土之上就是含眞人化石的更新的沉积了。

从这个剖面中也可以证明，在黃土地区中，中更新世的黃土和冲积物为二分性，呈上、下叠置是存在的。

这样两个相的沉积，在地层上为二分性，在气候上为干湿变化，除在中更新世沉积物剖面上有所发現以外，在晚更新世的地层中也有所发現。例如，晚更新世黃土(馬兰黃土)与其下的冲积或湖积沉积物二分性剖面可以 P. 德日进等薩拉烏苏到水洞沟的剖面以及作者等研究的乾县剖面为代表。关于这一冲积层，在山西离石县城北王家沟剖面中发現含犀牛及牛化石，在宁夏回族自治区的海原、甘肃的庆阳、环县等地发現在馬兰黃土(新黃土)之下的淤泥层中有大量淡水軟体动物及犀牛、象等化石(与薩拉烏苏动物群相当)，其产状也与黃土区和乾县类似。上更新統的二分性和沉积物的相的更叠关系于乾县剖面可以得到最好的证明。

关于下更新統的黃土(午城黃土)和其下河湖相沉积的二分性剖面，目前还缺乏，但在許多泥河湾期地层之上都有老的黃土(紅色土)堆积，能否其中的部分可划入下更新統尚未可知。

山西靜乐賀风的剖面[19]，在紅色土之下的河流冲积砂砾組成的"靜乐系"能否代表为下更新統黃土下的冲积物也是一个有意思的問題，这从在靜乐賀风所找到的化石看是有可能的。

值得注意的是山西丁村的剖面。現在了解这一河流相沉积，其层位被定为最上中更新統或最下上更新統，其上有含褐色土型埋藏土壤层的黃土較老于馬兰黃土。丁村层这

一套沉积和匼河一套沉积的时代关系仍不清楚，很可能它是代表中更新世后期一次气候波动的潮湿气候的沉积。

这里要叙述一下过去文献中提到的黃土底砾石，其中有部分可能較新，为次生黃土堆积的底砾，也有部分可能代表黃土沉积前的潮湿气候相的冲积物(?)，如德、楊过去发表的剖面都是十分值得研究的。

地文期的研究，也是和第四紀地层工作十分密切的。这里仅举一个剖面，可以看出不同地文期的侵蝕，若代表一个潮湿时期的侵蝕則其各不同黃土堆积也是几个旋迴都很可以和方才說的剖面相对比的（图 41）。

黃土区內在缺乏河湖相沉积的地区，这种侵蝕作用也以几个大的剝蝕面为代表（图 44）。

从上述的地质剖面以及近几年以来所发现的有化石的剖面来看，都說明較 P. 德日进所提出的在早、中、晚更新世时期于盆地中堆积河湖相沉积，在山坡上堆积土状堆积的情况更为复杂。尤其是当把过去的紅色土层恢复为不同时期的黃土堆积，而視之为一种特定气候条件下的产物（这种沉积可做为判别第四紀沉积物形成条件的指标）以后，对华北第四紀各时期地层（沉积物）需要更进一步划分的問題就更清楚了。

无論如何，从以上叙述可以了解，在黃土中发現喜湿的动物极少，而在河流湖泊相的沉积中則发現很多，并且在这两种沉积中的动物群单就几种动物来說有划分开来的趋势。所以，从动物化石方面也可以看出第四紀各期沉积物的气候波动的旋迴性，并从以下几点得到証明：

（1）从地质剖面中出現黃土沉积不整合地覆于河流湖泊相沉积之上；

（2）自早更新世到晚更新世，有黃土和河湖相沉积的几个旋迴依次出現的关系；

（3）不同时期黃土沉积中的剝蝕面和几个侵蝕堆文期的存在，以及它們和河湖相的相应关系；

（4）黃土和河湖相这两种沉积中所含动物化石的不同。

从气候波动的旋迴考虑我国北方（南方也不例外）第四紀地层的順序如图（图 4）。

（五） 黃土地层的对比

分布于各地区的黃土地层已分别在各节中叙述了。东北、华北、西北及黃河中游地区的黃土均在地层上进行了初步的对比。黃土沉积以两种类型为代表：一种是黃土地层本身叠覆在一起，中間具有明显的或不明显的剝蝕面，这以黃河中游地区为典型的代表；另一种类型是黃土和河湖相沉积物交錯出現（图 68），这以在东部河谷地区，及盆地堆区較为发育。当然，在这样地区由于侵蝕剝蝕作用的强烈，地层就不可能如呂梁山以西那样完整的叠覆了。

在汾河河谷地区，可以看到黃土和冲积物成为一套沉积出現（如匼河、三門峽、丁村等

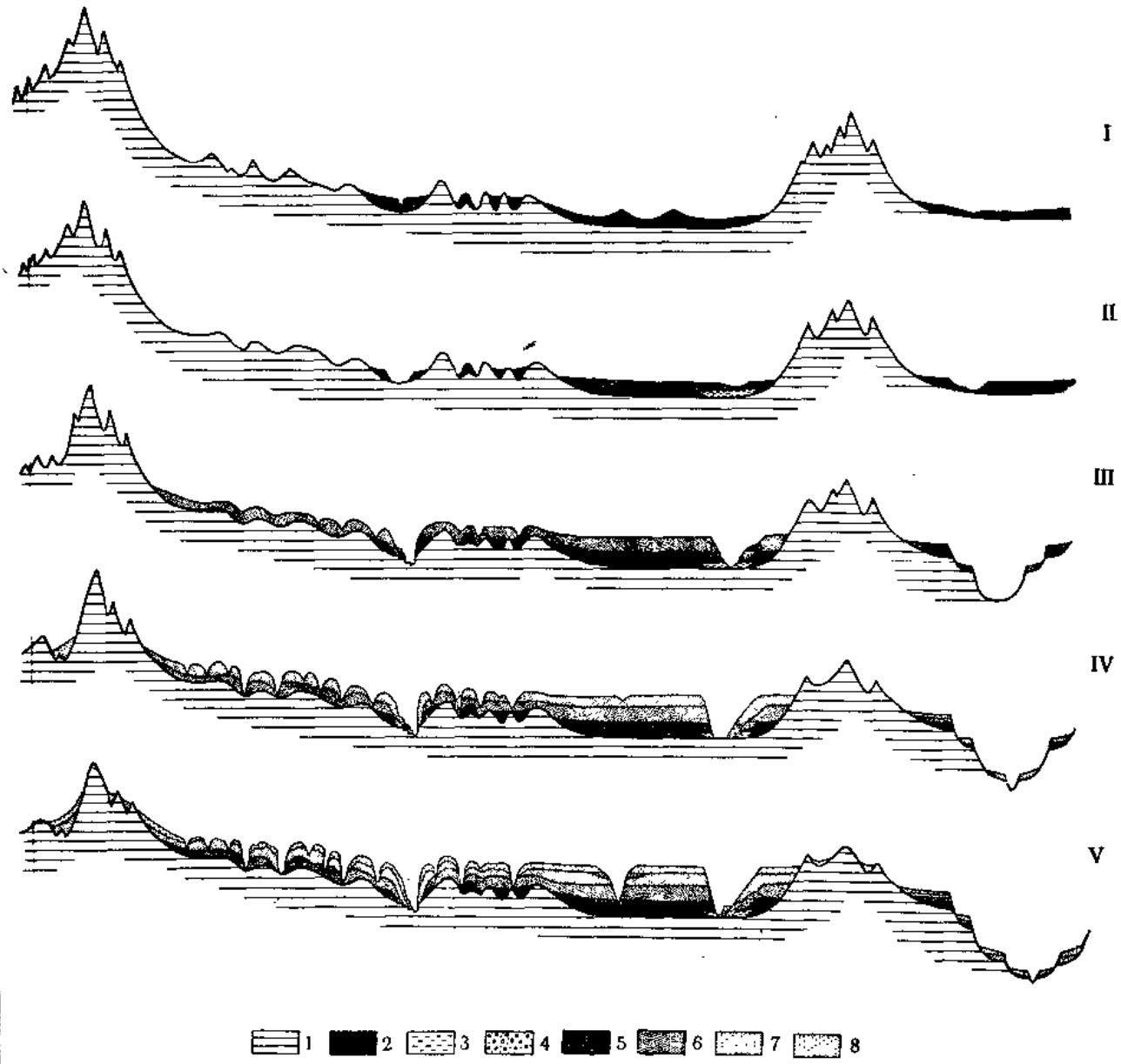


图 68　中国不同时代黄土沉积过程示意剖面图

1.基岩；　2.三趾馬紅土(早上新世)；　3.粘土、砂、砾石(早更新世泥河湾沉积)；　4.砂、砾石；5.午城黄土 (早更新世)；　6.离石黄土下部 (中更新世早期)；　7.离石黄土上部 (中更新世晚期)；　8.馬兰黄土(晚更新世)。

I——上新世末古地形；　II——早更新世末古地形；　III——中更新世早期末古地形；IV——中更新世晚期末古地形；　V——上更新世末古地形。

剖面)，这种現象以在大河河谷地区最为显著。在部分支流地区也可局部看到；在若干局部低凹地区也可以沉积較厚的黄土(如三門峽剖面)；在薩拉烏苏以及陝西乾县地区，可見在黄土中形成古河床，上覆以黄土，一般均較薄，这类沉积中也包括过去所謂有黄土底砾石层 (包括紅色土有底砾石部分)；在若干河谷地区 (如晋东南盆地中)，沿河河谷盆地地区，及黄河河谷地区則以几个不同的阶地代表侵蝕时期(如图右側)。

在各不同时期黄土中的脊椎动物化石已如上节所述，这里不再重复。其各不同黄土时期的有代表性的哺乳动物如表（表 10）。

黄河中游地区和华北地区的黄土，因为以前的地层研究工作較多，特别是楊钟健对黄河中游及山东地区的黄土（包括紅色土）的工作，有一些化石資料可供对比。

整个黄土地层自陝北向东有逐漸变薄的趋势，可以洛川、午城、匼河、丁村、晋东南地区剖面为代表（图 37、38、39）。

河南地区在秦岭东端山脉以北地区，其地层发育的情况基本上与山西相近似，如新安澠池一带黄土，从記載的黄土及紅色土中的脊椎动物化石来看有与馬兰黄土相当的层位，也有与离石黄土及午城黄土相当的层位。

至于在东秦岭以南地区黄土地层的分布，据以前报告[54]在卢氏、淅川地区相当于离石-午城的黄土（紅色土）分布仍較广，但馬兰黄土較少。

在山东的黄土中，楊钟健[56]于底部紅色土层見有山东獐羊（*Ovis shantungensis*），这一化石也見于泥河湾地层中，为維拉方期的动物化石。因此，山东的黄土有可能与午城黄土相比。在昌乐一带的紅色土中有短角水牛（*Bubalus brevicornis*），肿骨鹿（*Sinomegaceros* sp.），原由 O. 师丹斯基定为（*Pseudaxis magnus*）；另外含葛氏斑鹿（*Pseudaxis grayi*）等化石，这一部分黄土可能与离石黄土相对比，其中有丁氏鼢鼠（山东益都）。

最上的馬兰黄土，因为其产状和岩性同华北其他地区和黄土高原地区的相近，所以較易对比。

虽然山东的黄土厚度不大，并且分布也不广，但其沉积的时代同样有較长的延續，可能自 Q_1—Q_3 都有，在岩性上亦可同其他地区对比。

在华北平原地区因为大部分地层被埋于地下，故現在尚难作对比。圍繞燕山的南坡及太行山的东麓黄土分布的地貌位置及其地层的发育基本上与山东相似。

在燕山往北的若干山間盆地和往北向蒙古高原过渡地区黄土分布較广，其厚度也較大，过去找到的化石以属于馬兰黄土的为多，更老时期的黄土中找到的化石不多。

东北地区的黄土中始終未找到中更新統和下更新統的化石。这一层是否相当于黄土高原地区的含埋藏土壤的离石黄土或午城黄土尚未肯定。东北也和华北相似，大部分中更新統和上更新統地层埋藏于盆地之下部未露出地表，仅在松辽分水岭地区及少数沿山前地带有相当于中更新統的地层，但缺乏化石证据。日本人对哈尔濱顧乡屯的研究认为有中更新統地层，現证明可能系化石采集鑑定錯誤之故。

这些动物群，基本上可視为"雨期相"的化石，与在黄土中所找到的不同。但化石的发現，对确定其上的馬兰黄土的地质时代是极为有用的。

P. 德日进曾提到在北緯42°（基本上以燕山为分界綫）以南及以北的黄土中（現在可认为是晚更新世时期）的动物群有所不同。在此綫以南以梅氏犀（*Dicerorhinos kirkbergensis* = *merki*）和拿瑪象（*Elephas namadicus*）为主，而此綫以北以披毛犀（*Coelodonta*

atiguitatis）和猛犸象（*Mammuthus primigenius*）为主。最近周明鎮[40]等研究东北榆树等地化石也提出东北上更新世时期动物群的性质为猛犸象-披毛犀动物群。

值得注意的是在欧洲对黄土草原的动物也提到其主要动物除含有若干嚙齿类外，还有披毛犀及猛犸象。

从东北黄土期的动物群来看，与欧洲的黄土（上更新統）的动物群有类似之处，但这一地区的黄土并不发育，至少和黄土高原相比性质及分布的規模均較差。从这方面看，可能东北地区的黄土分布及性质更接近于欧洲部分，与冰期关系更密切。这也說明在黄土高原地区的黄土在其分布及性质上和欧洲黄土沉积环境有所不同。据現在了解，披毛犀化石的分布在黄河中游一带还相当普遍，如丁村、薩拉烏苏，甚至可达庆阳及阿坝等地区，其分布情况較前所想象的为复杂。

西北地区自河西走廊以西，黄土中发現的脊椎动物化石較少，从古生物地层上尚难进行更多的比較。青海东部一带，黄土地层的順序还基本上与黄土高原相一致（見图 69）。更西部分到新疆等地的黄土厚度也和东北地区一样，逐漸減薄，也有的著者如 H. 德特拉[92]用岩性及分布的地貌位置等与华北的馬兰黄土相比，但其下是否有更老的黄土，因缺乏化石证据現尚难肯定。黄土的厚度在新疆西南部又有增加可能，是受其西部风力的影响。至于这一带黄土的成因可能較其他各地方更为复杂，所以其地层的对比也更为困难。

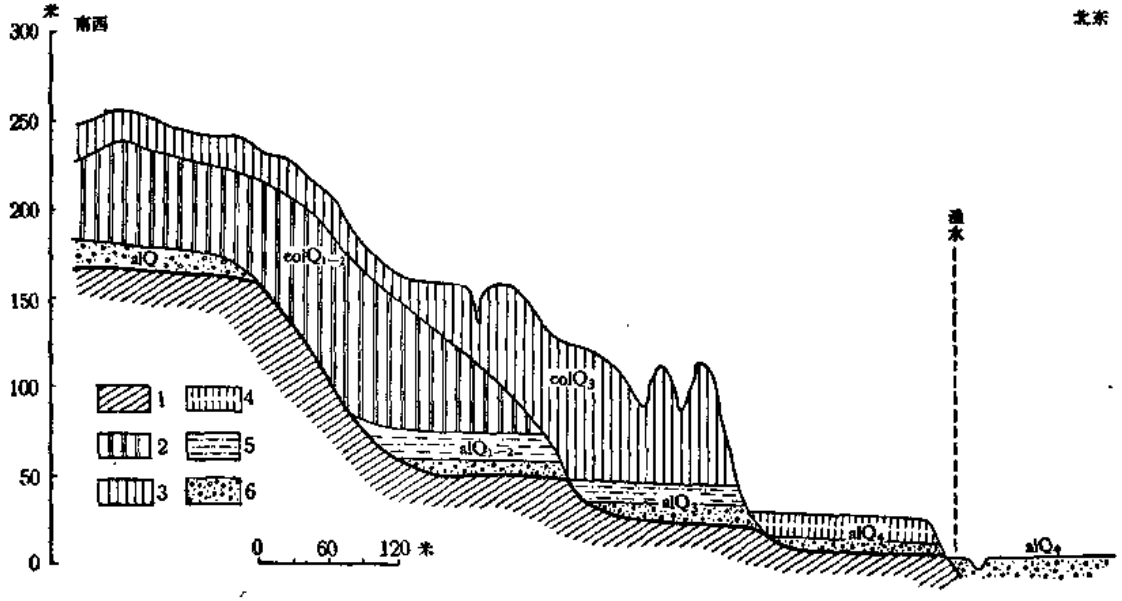


图 69　民和米拉沟湟水右岸阶地剖面

1.基岩；　2.棕黄-紅黄色黄土；　3.灰黄色黄土；　4.黄土状亚砂土；　5.砂、砂土；　6.砂、砾石。
Br——前第四紀基岩；　$eolQ_{1-2}$——中、下更新統离石-午城黄土；　$eolQ_3$——上更新統馬兰黄土；
alQ_4——全新統河流冲积层。

（六） 有关黄土和其他第四紀地层对比及地文期等問題

华北地文期的研究已有相当长久的历史。这一研究对系統地了解中国第四紀发展历史是具有重要意义的。解放以前，地文期的研究历史也可以說是一部对中国第四紀地质研究逐步深入的历史。地文期的研究可以粗略划分为两方面，一是有关新构造运动的問題，亦即不同时期內力活动的强度及其对地形及沉积物影响的問題，对此不能过于簡单地从剝蝕面和阶地排列的次序来解釋和对比，当然更不能簡单地看为是几次重复的現象，这和本文关系較少，在此不作討論；另一方面是气候变化的問題，亦即在不同时期气候状况和其对不同成因类型的沉积物的分布（时間上和空間上）及动植物的演化之間关系的問題。这两方面是互相影响的。

根据地貌形态的表現，沉积物的性质及接触关系把不同地区內力作用和气候的波动的結果从时間上联系起来即是地文期。

第四紀气候波动的問題也是一个牵涉到气候变化的性质和其强度的复杂問題。只有內力作用而沒有气候的变化則很难形成几个旋迴性的沉积，例如黃土和冲积物的交替出現。

随着新构造运动性质和气候变化的不同，在不同地貌单元上产生的侵蝕或堆积的現象是不一样的。

因此，很难說在大面积之內某一个时期进行侵蝕而沒有沉积，或在某一时期只有沉积而沒有剝蝕。

我国华北地文期的研究工作楊钟健在 1936 年曾作了系統总結。

把我国第四紀沉积物划分四个主要的地文期（沉积旋迴），即汾河—三門（泥河湾）、滏水—周口店、清水—馬兰，板桥—次生黃土（見图 5，第一栏）。在古脊椎动物研究的基礎上奠定了中国第四紀发育中的四个阶段及其地貌（河谷）的輪廓。随后楊钟健、P. 德日进又对地文期进行了研究工作（見图 5 第二栏）。但这样的划分，表現为每个沉积之間都存在着一个剝蝕时期，如在三門期（泥河湾）和上新世地层之間缺乏上上新世地层；在三門期沉积与周口店期沉积之間普遍存在清水切割。这样的划分产生了一个問題，即剝蝕时期有多久？为什么在广大地区內而又十分复杂的地形条件下沒有发現和剝蝕时期相当的沉积物呢？为什么在一个沉积期中沒有剝蝕呢？

由于过去在研究地文期时多注意剝蝕期发育的时間以及阶地的形成和沉积物的分布关系等方面，因而得出一套由起伏的壯年地形（唐县期）向寬谷地形（汾河期）逐步发展为峽谷（清水期）和最新切割（板桥）的地貌形态。

这虽不是普遍存在，但在若干古河谷地区也是比較清楚的。如果考慮地形上的改变是如此之大，那么剝蝕期不应是很短的时間，那就应該在一个地区有剝蝕-侵蝕，面在另外的地区应有沉积。

把河谷地区的侵蚀、沉积当作某一个时期的普遍现象，而大面积应用和理解时，是对地文期研究的障碍。地文期是在某一地质时期中，沉积和剥蚀两种作用在地貌上的一种显示，这一显示常因地区的不同及气候条件的不同而异。引起这样区域性的不同根本原因，是地壳内力作用的性质上的差异。由于区域构造特性和发展历史不同，各地地文期的表现也有所不同。

这从研究黄土高原地区，晋中和华北山地地区以及华北平原地区的第四紀地层的沉积和剥蚀作用是可以看出来的。

如果以时間为基础把黄土高原地区，山西东部盆地地区和华北平原地区联系起来看，可以看出如下的剖面順序：

黄土高原——晋东南盆地区（包括华北山地）——华北平原

Q_4	次生黃土	次生黃土	細粒沉积
	剥蝕面 ～～～～	剥蝕面或冲积层 ～～～～	粗粒沉积
Q_3	馬兰黃土	馬兰黃土	細粒沉积
	剥蝕面显著 ～～～～	剥蝕面或冲积层 ～～～～	粗粒沉积
Q_2^2	离石黃土上部	离石黃土上部	細粒沉积
	剥蝕面 ～～～～	剥蝕面或冲积层 ～～～～	粗粒沉积
Q_2^1	离石黃土下部	离石黃土下部	細粒沉积
	剥蝕面 ～～～～	剥蝕面或冲积层（陕县組） ～～～～	粗粒沉积
Q_1	午城黃土	午城黃土	細粒沉积
	剥蝕面 ～～～～	剥蝕或冲积湖积（部分泥河湾） ～～～～	粗粒沉积

在东北和华北地区，随着所在的地区位置的不同，第四紀沉积物的組合及其出現位置和保存的状况也不同。在黄土高原地区为大面积上升区[44]。在厚层的黄土地层剖面上，多具有明显的（在梁、峁区）或不显著的（在塬区）剥蝕面。剥蝕地形以保存有各种起伏产状的埋藏土壤为其特点。

在黄河河谷及呂梁山以东到太行山之間，为一断裂河谷、盆地和山地相間地带，为新构造具有差异性运动的地区[69]。在汾河、黄河、渭河三河的河谷三角地带，第四紀沉积物中出現的沉积和剥蝕关系最为复杂。第四紀地层主要特征是黄土与冲积物相互交錯出現。侵蝕-剥蝕作用在此区也較为复杂，有的层位在别处为沉积，而在此处則为剥蝕（如丁村三門組之上复以丁村层）；在别处为剥蝕的，在此处又为沉积（如丁村层）。

由黄河中游向东在太行山东麓、燕山南麓以及山东山地地区，黄土及其他第四紀沉积物的地层組合也基本上与此区相似。

华北平原地区，由于长期地下降，故对其沉积物的性质研究的还不十分清楚，但据丁国瑜等[45]研究平原地区沉积物，尚可划分为四个层序，根据淮河流域打鉆的記录，可知自

下而上有几个由粗变細的輪迴。

假如这样对华北第四紀地层的組合关系的理解是接近于其实际情况的話，那么可知在黃土高原地区在不同地文期中，沉积物呈叠覆以剝蝕面隔开是很自然的。地形上的高低的不同相变，是較老地层在下，較新地层在上。

在晋中东部太行山及山东地区，黃土和其他沉积物沉积在不同高度的阶地上，如在黃河河谷的保德剖面中，最高阶地为較老的沉积，最低的阶地为年青的沉积，并以冲积层为其剝蝕期的代表。但較老的地层在沉积之后，也不一定完全是上升在很高位置，在低的位置也有沉积，如三門組地层。在华北凹陷和平原則是叠覆的，在地形上无显示的。这样的关系已表示在中国北方黃土与河湖相沉积对比关系图中（图 4）。

三、中国黃土顆粒成分及其主要特征

至今为止，有关我国黃土顆粒成分分析的資料发表的还不多。在这仅有的資料中，有一部分沒有注明取样层位和深度，也有一部分包含黃土状岩石沉积在內。因此，根据現有各地顆粒分析資料来进行系統的总結，还存在一定困难。

当編制“中国黃土分布图”时，著者等曾收集到一些我国黃土顆粒分析的数据，也初步整理了几年来所做的分析結果。虽然，这些分析数据是用的不同分析方法取得的，整理在一起不見得十分精确，但是将之汇集在一起也可对我国黃土顆粒成分总面貌有所了解，肯定也会有意义的。当然，在这些材料的基础上所得到的一些規律，在很大程度上还只是以后工作中值得注意的現象。如果对这些現象进行更多的研究，那更有助于黃土岩石学方面的探討。

本节中引用的黃土顆粒分析数据，主要是中国科学院地质研究所第四紀地质研究室历年来所分析的材料。同时也参考了地质部水文地质工程地质研究所所发表的材料[18,19]，西北水利科学研究所发表的数据[68]，北京大学賈炳文[116]、張淑嫒[117]、袁又申[118]等同志分析的材料，中国科学院土木建筑研究所[119]、鉄道部鉄道科学院土工研究所[120]的材料，以及其他单位的部分資料。

已有的大量顆粒分析数据分布地区很不平衡，多集中在黃河中游地区，东北平原和华北平原較少，而西北內陆盆地地区則更少。另一特点是馬兰黃土分析数据多于离石-午城黃土。因此，本节所整理的也是以黃河中游地区的馬兰黃土为主，并着重对馬兰黃土加以討論，离石-午城黃土因与馬兰黃土有关，所以也在文內加以适当地描述。

把这些資料整理以后，发現各地黃土的粒級含量变化幅度相当大。但是各地黃土的粒級含量的平均值則比較集中和一致，这說明各地黃土的岩性相当均一。

值得注意的是在我国境內分布的大面积黃土其岩相变化是很显著的，正是由于有岩相的变化才呈現数据不集中的現象。固然采样的深度不同，使用的分析方法不一，都可能

会影响数据的不集中，但这不是主要的。根据中国各地黃土粒級含量以及区域和时代上变化的特点，于本节中将拟从(1)黃土的不同粒級組成及其含量，(2)黃土的粒度成分平均含量，(3)黃土粒度成分变化規律，(4)有关黃土分析方法和相变化問題等四个方面加以討論。

(一)　黃土的不同粒級組成及其含量

中国黃土基本上是由 0.25 毫米以下的顆粒所組成的，黃土以粉土顆粒(0.05—0.005 毫米) 为主。为了便于討論，故在以下叙述中均以細砂 (>0.05 毫米) 为一級 (实际上是 0.25—0.05 毫米)，粉土 (0.05—0.005 毫米) 为一級，粘土 (<0.005 毫米) 为一級来进行互相比較。对黃土的粉土一級，有时也划分为粗粉土(0.05—0.01毫米)和細粉土(0.01—0.005 毫米) 两級。

从中国科学院地质研究所历年来所分析的我国各地黃土标本数据 (未受扰动层位可靠的 142 块代表性标本) 的比較中，可以看出黃土中的各个粒級的含量具有一定变化 (表 15—22)。

如果把不同地区的黃土按不同层位，分为馬兰黃土和离石-午城黃土，再把它們按粒級的最大和最小值整理成表 (表 23、24)，可以看出广泛分布于我国各地的馬兰黃土：細砂 (>0.05 毫米) 顆粒含量变化的幅度为 4.68—72.40%；粉土 (0.05—0.005 毫米)，顆粒含量变化幅度是 17.90—71.35%；粘土(<0.005 毫米)則为 7.00—35.75%(見后图 73)。从表 23 中可以看出，不同地区不同顆粒含量的最大、最小值是相当接近的。

在細砂粒級中，>0.25 毫米粒級的变化幅度为 0.04—0.61%；0.25—0.10 毫米粒級的变化幅度为 0.08—6.50%；0.10—0.05 毫米粒級的变化幅度为 4.55—61.50%。其中>0.25 毫米粒級的顆粒仅見于山东一个地区的标本中，含量也极少。在其他地区还未見有含>0.25 毫米的标本。从表 23 的数据中可以看出，>0.25 毫米和 0.25—0.10 毫米两个粒級的含量所占比例极少，最大不超过 6.5%。但 0.10—0.05 毫米粒級含量則不同，通常含量大于 30% (見表 23)，个别样品含量高达 71.1%[1]。所以 0.10 毫米粒級是黃土的一个明显的界限。在 0.10 毫米以上顆粒很少，自 0.10 毫米开始顆粒大量增加。

在粉土粒級中，0.05—0.01 毫米粒級的变化幅度为 15.50—64.40%，0.01—0.005 毫米粒級的变化幅度为 0.55—15.00%。

从表 23 中可以看出，这两个粒級的变化幅度在各个不同地区都很近似，也就是說各地变化的情况基本相似，因而也可以說是較稳定的。这里 0.05—0.01 毫米的含量都大于 0.01—0.05 毫米的顆粒含量。

粘土粒級(<0.005 毫米)的含量变化幅度为 7.00—35.75%。由于各个数据<0.005 毫米粒級部分划分的詳略不同，所以目前只能粗略的以 <0.005 毫米粒級划为粘土(未再

1) 靠近沙漠地区的黃土往往夹有砂层和粗的顆粒。

表 15 山东各地馬兰黄土粒度成分

編号	产地	粒级含量（%）								总計	M_d	S_o
		>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005			
1	淄博馬家沟	0.61	3.01	22.37	25.99	36.11	6.25	42.36	31.66	100.01		
2	淄博馬家沟	0.44	0.43	5.96	6.83	63.15	6.70	69.85	23.32	100.00		
3	淄博馬家沟	0.50	0.80	10.00	11.3	54.00	8.40	62.40	26.30	100.00		
4	張夏	0.05	0.10	7.31	7.46	60.26	13.15	73.41	19.13	100.00		
5	張夏	0.12	0.23	4.87	5.22	62.01	9.34	71.35	23.43	100.00		
6	張夏	0.04	0.24	6.48	7.12	61.01	9.25	70.89	21.99	100.00		
7	張夏	0.15	0.56	7.62	8.33	58.57	9.18	67.75	23.93	100.01		
8	土山峪	0.04	0.08	10.72	10.84	57.49	6.23	63.72	25.44	100.00		
9	土山峪	0.03	0.17	9.39	9.59	52.91	12.27	65.18	25.19	99.96		
10	土湾	0.03	0.10	4.55	4.68	50.03	9.54	59.57	35.75	100.00		
11	土湾	0.24	0.10	8.27	8.61	56.31	9.39	65.70	25.69	100.00		
12	土湾	0.04	0.21	16.95	17.20	50.84	7.09	57.93	24.87	100.00		
13	黑王庄	0.10	0.18	7.22	7.50	58.25	8.69	66.94	25.86	100.00		
14	黑王庄	0.07	0.14	8.24	8.45	60.57	7.09	67.66	23.89	100.00		
15	朱崖	0.15	0.78	5.67	6.60	53.87	10.92	64.79	28.61	100.30		
16	奎山	0.05	0.13	7.52	7.70	59.96	5.87	65.83	26.77	100.00		
	平均值	0.16	0.45	8.96	8.95	55.99	8.71	64.70	25.72			

（据袁又申）

表 16 山西各地馬兰黄土粒度成分

編号	产地	粒級含量 (%)								总計	M_d	S_o
		>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005			
1	保德		0.75	58.75	59.50	24.05	0.55	24.60	14.81	98.91		
2	兴县		1.00	33.25	34.25	42.15	7.60	49.75	16.00	100.01		
3	离石北君子沟		1.00	34.50	35.50	42.00	3.50	45.50	19.00	100.00		
4	隰县		0.70	21.20	21.90	58.60	7.80	66.40	11.70	100.00	0.028	1.93
5	隰县午城		0.83	16.70	17.53	53.35	8.53	61.88	20.58	99.99	0.024	2.44
6	汾西		0.80	20.40	21.20	51.50	7.50	59.00	19.80	100.00	0.026	2.42
7	沁源		1.20	14.60	15.80	54.70	11.60	66.30	17.90	100.00	0.019	2.34
8	翼城		1.92	10.00	11.92	44.52	10.56	55.08	33.00	100.00		
	平均值		1.02	26.17	27.20	46.35	7.20	53.56	19.09			

表 17 陕西各地馬兰黄土粒度成分

編号	产地	粒級含量（%）								总计	M_d	S_o
		>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005			
1	榆林紅石峽		1.30	71.10	72.40	16.80	1.10	17.90	9.80	100.10	0.076	1.35
2	葭县		0.75	41.85	42.60	46.25	3.15	49.40	8.00	100.00		
3	米脂		0.5	49.50	50.00	36.50	3.00	39.50	10.50	100.00		
4	米脂陈新庄		1.10	39.90	41.00	42.70	2.70	45.40	13.60	100.00	0.045	1.77
5	綏德		0.45	34.30	34.75	48.65	6.50	55.15	7.60	97.50		
6	綏德九里山		0.60	40.80	41.40	45.60	2.50	48.10	10.60	100.10	0.046	1.74
7	子长黑山子		1.90	22.10	24.00	45.10	7.60	52.70	23.3	100.0	0.027	2.86
8	延安		0.30	29.1	29.4	50.2	6.2	56.4	14.3	100.1	0.032	2.11
9	延长		1.50	20.50	22.00	55.05	7.50	62.55	15.45	100.0		
10	延长		1.70	25.6	27.3	56.6	8.0	64.6	8.1	100.0	0.028	1.91
11	洛川		0.5	14.5	15.0	48.5	10.5	59.0	26.0	100.0		
12	洛川后子村		0.5	18.0	18.5	50.0	9.0	59.0	22.5	100.0	0.022	2.92
13	黄陵		3.80	18.20	22.00	46.20	8.40	54.60	23.50	100.10		
14	宜君五里鎮		1.1	10.0	11.1	49.0	11.1	60.10	28.8	100.0	0.016	2.92
15	淳化		1.00	10.40	11.40	48.85	12.65	61.50	27.85	100.75		
16	咸阳秦庄		0.8	21.1	21.9	48.2	7.8	56.0	22.1	100.0	0.026	2.63
	平均值		1.11	29.18	30.29	45.88	6.73	52.61	17.00			

表 18 甘肃陇东各地*(六盘山以东)黑兰黄土粒度成分

编号	产地	粒级含量(%)								总计	M_d	S_o
		>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005			
1	宁夏盐池苏家台		1.4	50.2	51.6	38.7	2.5	41.2	7.2	100.0	0.051	1.56
2	甘肃环县牟掌塬		0.4	16.4	16.8	64.4	5.6	70.0	13.2	100.0	0.037	1.77
3	甘肃环县榆家湾		0.3	31.9	32.2	55.8	3.1	58.9	8.9	100.0	0.040	1.66
4	甘肃环县元峁		1.0	29.5	30.5	58.6	3.9	62.5	7.0	100.0	0.032	1.73
5	甘肃环县米家塬		0.7	17.9	18.6	56.4	7.4	63.8	17.6	100.0	0.028	2.15
6	甘肃庆阳东华池		3.9	27.8	31.7	53.3	6.8	60.1	8.2	100.0	0.031	2.00
7	甘肃平凉大芦河		0.9	12.6	13.5	56.5	9.4	65.9	20.6	100.0	0.026	2.14
8	甘肃平凉马家新庄		0.5	16.0	16.5	44.2	8.9	53.1	30.4	100.0	0.020	3.79
9	陕西陇县		0.7	12.4	13.1	60.7	8.2	68.9	18.0	100.0	0.022	2.00
10	陕西泾阳		0.7	11.0	11.7	52.0	10.5	62.5	25.8	100.0	0.018	2.87
	平均值		1.05	22.57	23.62	54.06	6.63	60.69	15.69	100.00		

* 包括六盘山以东子午岭以西甘肃、宁夏及陕西等地。

表 19 甘肃關中各地(六盘山以西)* 黑兰黄土粒度成分

編号	产地	粒級含量(%)								总計	M_d	S_o
		>0.25	0.25--0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005			
1	宁夏中宁		6.5	40.2	46.7	31.0	6.2	37.2	16.1	100.0	0.046	2.25
2	宁夏中宁楊方幌舰		0.6	32.9	33.5	50.6	5.0	55.6	10.9	100.0	0.042	1.70
3	宁夏同心大口子沟		0.5	42.1	42.6	46.7	3.2	49.9	7.5	100.0	0.045	1.55
4	宁夏同心		0.50	41.08	41.58	47.02	3.90	50.92	7.5	100.0		
5	宁夏海原山門		2.0	21.6	23.6	46.8	8.9	55.7	20.7	100.0	0.026	2.54
6	宁夏海原郑旗堡		0.40	38.2	38.6	42.5	4.3	46.8	14.6	100.0	0.038	1.85
7	宁夏海原石舰子		0.5	29.4	29.9	43.2	11.5	54.7	15.4	100.0	0.028	2.42
8	宁夏海原		0.45	32.48	32.93	45.25	8.42	53.67	13.19	99.79		
9	甘肃西吉南庞子沟		0.6	12.1	12.7	53.9	8.1	62.0	25.3	100.0	0.020	2.83
10	甘肃西吉		1.2	15.3	16.5	49.2	4.1	53.3	30.2	100.0	0.026	3.68
11	甘肃西吉		0.50	13.13	13.63	56.13	10.80	66.93	19.12	99.68		
12	甘肃隆德		1.50	14.35	15.85	52.60	8.02	60.62	22.53	99.00		
13	甘肃会宁		0.35	13.40	13.75	53.55	9.20	62.75	23.50	100.00		
14	甘肃靜宁		0.4	11.9	12.3	55.1	10.1	65.2	22.5	100.0	0.020	2.50
15	甘肃靜宁雷达湾		0.7	24.6	25.3	47.1	8.4	55.5	19.2	100.0	0.027	2.48
16	甘肃秦安馬家崖头		0.5	12.1	12.6	54.3	9.3	63.6	23.8	100.0	0.019	2.55
17	甘肃秦安馬家崖头		0.5	12.0	12.5	54.3	9.5	63.8	24.0	100.3		
	平均值		1.04	23.93	24.97	48.75	7.58	56.36	18.59			

* 包括六盘山以西，定西与隴县联綫以东甘肃、宁夏各地。

表 20 甘肃陇西各地(日月山以东、定西以西)馬兰黄土粒度成分

編号	产地	粒級含量 (%)						总計	M_d	S_o	分析方法
		>0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005				
1	甘肃永登东干渠		24.2	46.4	9.7	56.10	19.7	100.0			A
2	甘肃永登东八渠		18.1	58.1	6.8	64.4	17.5	100.0			A
3	甘肃古城麻地台		29.7	44.3	7.1	51.4	18.9	100.0			A
4	甘肃古城郭家堡		21.6	51.0	7.1	58.1	20.2	99.9			A
5	甘肃兰州		11.5	61.6	6.2	67.8	20.7	100.0			A
6	甘肃兰州		25.4	55.2	7.9	63.1	11.5	100.0	0.026	2.02	A
7	甘肃定西大营樑		21.4	40.7	10.2	50.9	27.7	100.0			A
8	甘肃定西大岔河		20.5	36.5	10.0	46.5	33.0	100.0			A
9	甘肃岷县薛家河		29.1	37.7	7.8	45.5	25.3	99.9			A
10	青海尼和东五岭		38.5	42.5	5.5	48.0	13.6	100.1			A
11	青海西宁		21.80	61.20		61.20	16.93	99.93			B
12	青海大通		19.9	60.3		60.3	19.5	99.7			
	平均值		23.47	47.40*	7.78*	56.10	20.37				

A. 为移液管法，偏磷酸鈉分散；

B. 为比重計法。

* 表示不包括西宁和大通两地含量。

表 21 柴达木各地馬兰黄土粒度成分

編号	产地	粒級含量 (%)									总計
		>0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	0.005—0.002	<0.002	<0.005	
1	香日德西 30 公里	3.5	35.5	39.0	29.0	7.5	36.5	2.0	22.5	24.5	100.0
2	香日德西 30 公里	2.5	39.0	41.5	37.0	2.5	39.5	4.5	14.5	19.0	100.0
3	香日德西 30 公里	2.5	61.5	64.0	15.5	9.0	24.5	1.0	10.5	11.5	100.0
4	香日德西	3.5	33.5	37.0	35.0	10.0	45.0	6.0	12.0	18.0	100.0
5	香日德西	5.5	41.5	47.0	32.0	5.5	37.5	4.0	11.5	15.5	100.0
6	香日德西	4.5	40.5	45.0	34.0	5.0	39.0	3.5	12.5	16.0	100.0
7	香日德西	4.5	55.5	60.0	23.0	4.5	27.5	2.5	10.0	12.5	100.0
8	香日德西	2.5	45.5	48.0	32.0	7.0	39.0	3.5	9.5	13.0	100.0
9	香日德西馬岭合今山	2.0	30.0	32.0	37.0	11.5	48.5	6.0	13.0	19.0	99.5
10	烏吉牙合	2.5	53.0	55.5	27.0	5.0	32.0	3.0	9.0	12.0	99.5
11	香日德西 23 公里	2.5	18.0	20.5	63.0	2.5	65.5	2.5	11.5	14.0	100.0
12	脱土	2.5	37.5	40.0	34.5	9.5	44.0	4.0	12.5	16.5	100.5
13	香日德西 39 公里	2.5	44.5	47.0	31.5	7.0	38.5	3.5	11.5	15.0	100.5
14	香日德西 41 公里	2.5	33.5	36.0	39.0	7.5	46.5	5.5	12.0	17.5	100.0
15	察一汗烏苏	4.5	26.0	30.5	28.0	13.0	41.0	9.0	19.5	28.5	100.0
16	香日德	2.5	25.5	28.0	40.5	15.0	55.5	1.5	15.0	16.5	100.0
	平均值	3.15	38.78	41.93	33.62	7.62	41.25	3.87	12.93	16.81	

表 22 中国各地离石-午城黄土粒度成分

产地		粒级含量 (%)										总计
		>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	0.005—0.002	<0.002	<0.005	
山西	内蒙固房		1.50	38.50	40.00	38.75	4.75	38.50	13.25	8.25	21.50	100.00
	山西静乐		0.75	38.50	39.25	30.25	7.50	37.75	12.50	10.50	23.00	100.00
	山西翼城		1.50	15.75	17.25	37.25	10.25	47.50	6.75	28.8	35.55	100.30
	平均值		1.25	30.91	32.16	33.75	7.50	41.25	10.83	15.85	26.68	100.10
陕西	铜川		1.25	9.00	10.25	40.15	11.18	51.33	10.10	28.32	38.42	100.00
	横山赵家窑		1.48	39.50	40.98	37.20	7.00	44.20	2.00	13.00	15.00	100.18
	枸邑土桥剖		1.70	13.35	15.05	53.50	11.45	64.95	4.15	15.85	20.00	100.00
	平均值		1.47	20.61	22.09	43.61	9.87	53.49	5.41	19.05	24.47	100.06
甘肃	海原		1.50	22.00	23.50	47.18	9.30	56.48	8.00	12.02	20.02	100.00
	西吉		0.20	11.50	11.70	57.97	7.50	65.47	8.23	14.60	22.83	100.00
	静宁		0.50	9.25	9.75	51.65	13.05	64.70	2.30	23.50	25.80	100.25
	秦安		1.50	10.02	11.52	54.56	10.17	64.73	5.50	18.02	23.52	99.77
	平均值		0.92	13.19	14.11	52.84	10.00	62.84	6.07	17.03	23.04	100.00

表 23 中国各地黑垆黄土粒度成分变化

地区	粒级含量变化（%）								M_d	S_o
	>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005		
山东	0.04—0.61	0.08—3.01	4.55—22.37	4.68—25.99	36.11—63.15	5.87—13.15	42.36—71.35	21.99—35.75		
山西		0.50—1.92	10.00—58.75	11.92—59.50	24.05—58.60	0.55—11.60	24.60—66.40	11.70—33.00	0.0190—0.0280	1.930—3.030
陕西		0.30—3.80	10.00—71.10	11.1—72.40	16.80—56.60	1.10—12.65	17.90—64.60	7.60—28.80	0.016—0.076	1.35—2.92
甘肃陇东*		0.30—3.90	11.00—50.20	11.70—51.60	38.70—64.40	2.50—10.50	41.20—70.00	7.00—30.40	0.018—0.051	1.56—3.79
甘肃陇中**		0.35—6.50	11.90—42.10	12.30—46.70	31.00—56.13	3.20—11.50	37.20—66.93	7.50—30.20	0.019—0.046	1.55—3.68
甘肃陇西***		11.50—38.50		11.50—38.50	36.50—61.60	5.50—10.20	45.50—67.80	11.50—33.00		
青海柴达木		2.00—5.50	18.00—61.50	20.5—64.0	15.50—63.00	2.50—15.00	24.50—65.50	11.50—28.50		

* 包括子午岭六盘山间甘肃、宁夏、陕西各地。

** 包括六盘山以西至定西与陇县联线以东甘肃和宁夏各地。

*** 包括青海日月山以东至定西等各地。

注：本表包括山西隰县午城分析数据。

表 24 中国各地离石-午城黄土粒度成分变化

地区	粒级含量变化（%）							M_d	S_o
	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005		
山西	0.20—3.40	7.50—38.50	9.20—40.00	30.25—62.30	3.70—13.40	37.75—67.60	9.20—43.60	0.0074—0.0375	1.675—5.080
陕西	1.25—1.70	9.00—39.50	10.25—40.98	37.20—53.50	7.00—11.45	44.20—64.95	15.00—38.42		
甘肃	0.20—1.50	9.25—22.0	9.75—28.50	47.18—57.97	7.50—13.05	56.48—65.47	20.02—25.80		

注：表中包括山西午城分析数据。

細分)。即使仅就这个范圍較寬的限度,也可以看出馬兰黄土中的粘土粒級的含量也不是很高的,不超过 36%。同时从表 23 中也可以看出,在各个地区这一粒級的变化幅度也是大致相似和比較稳定的。

如果仔細观察一下,可以从表 23 中发現,各不同地区的不同粒級含量变化也有一些差异,就其中細砂而言,以柴达木地区的含量較高,一般均在 20.5% 以上,最高可达 64.00%。其次是陝西(包括陝西北部和鄂尔多斯沙漠接近的地方)、山西、隴中(包括六盘山至定西之間及其北部),这三个地区的含量变化比較接近,在 11.1—72.40% 之間。再次为隴东(包括六盘山以东子午岭之間及其北部)和隴西(定西以西及青海西宁以东),其变化为 11.50—51.60% 之間。只有山东地区例外,曾发現有較粗的顆粒,但其細砂总含量还是較低的,变化在 4.68—25.99% 之間。

粉土含量的变化在各个地区之間相差也較大。发現在陝西、柴达木两地区的标本中含量較少,在陝西为 17.90%,在柴达木为 24.50%。各个地区的最大含量虽有高低,但尚比較接近,最低在山西含量为 64.60%,最高含量出現在山东地区,含量为 71.35%。

粘土(<0.005 毫米)粒級的含量,各地区之內的变化相对的来說是比較大的。柴达木地区的粘土含量低,其变化幅度也較小(11.50—28.50%)。含量最高地区是山东,其含量变化为(21.99—35.57%)。这种情况和两地各自細砂的含量正好相反,也說明了各不同地区黄土顆粒成分的消长关系密切,而粉土粒級的变化則比較稳定。在陝西、隴东、隴中地区黄土中,有粘土最少的标本(7.00%),其含量是界于柴达木及山东之間,但变化幅度則較大。

对各地不同时代,不同层位的黄土,目前分析結果还看到的不多。根据現有材料所編成的离石-午城黄土顆粒成分表中(表 24),可以看出分布于我国山西、陝西、甘肃东部等地的离石-午城黄土的顆粒組成相当近似。离石-午城黄土的各級含量变化幅度是細砂 9.20—40.98%;粉土为 37.75—67.60%;粘土为 9.20—43.60%;离石-午城黄土各粒級含量的变化如与上述的馬兰黄土相比較,可以发現它們虽有相似之处,也有不同的地方。离石-午城黄土所含的細砂比馬兰黄土为低,变化范圍也較小。

在細砂一級中沒有发現 >0.25 毫米的顆粒。0.25—0.1 毫米粒級的含量为 0.20—3.40%,0.10—0.05 毫米粒級的含量为 7.50—39.50%,和馬兰黄土一样,在数据上也表現出較 0.1 毫米为粗的顆粒极少,0.1 毫米以下的顆粒开始大量增加。

粉土中 0.05—0.01 毫米粒徑的粗粉土的含量变化为 30.25—62.30%,0.01　0.005 毫米粒徑的細粉土的含量变化为 3.70—13.40%,它們同馬兰黄土一样,也反映了粗粉土含量大于細粉土的含量。粗粉土与細粉土含量的下限(最低含量)大都比馬兰黄土为高,但两个粒級的上限則略比馬兰黄土为低。这說明离石-午城黄土的粉土較馬兰黄土更为集中。

粘土的含量下限,在离石-午城黄土多較馬兰黄土为高。也就是离石-午城黄土的粘

土含量較馬兰黄土为大。

总的看来，离石-午城黄土和馬兰黄土各不同粒級的含量十分近似。各不同粒級的变化幅度及彼此关系也十分近似。所不同者，离石-午城黄土在顆粒成分上和馬兰黄土相比，細砂的含量普遍有所減少，粉土的含量有所增加，且比較集中，粘土也較多。多属中亚粘土[1]、重亚粘土和粘土，輕亚粘土和亚砂土甚少（图 70）。

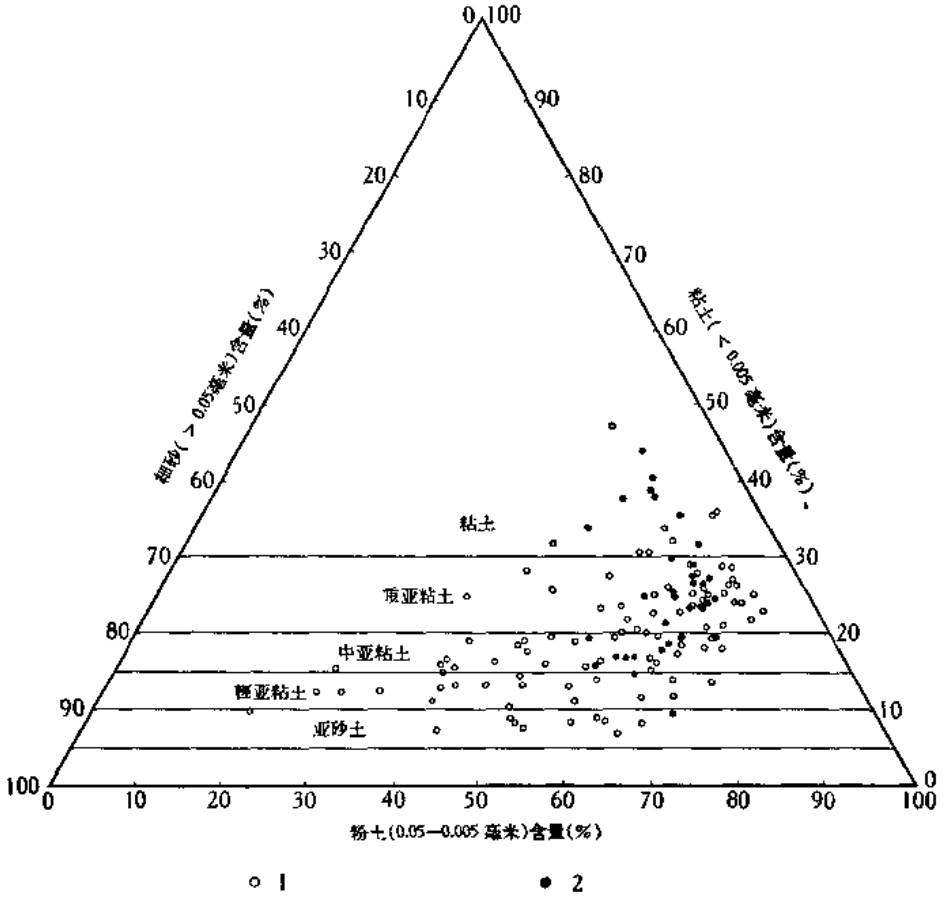


图 70　中国各地不同时代黄土顆粒成分比較图

1.馬兰黄土；　2.离石-午城黄土。

离石-午城黄土和馬兰黄土顆粒成分这样不同，在其他作者的研究中也得到证实。張淑媛研究兰州、永登、古浪等地黄土时，发現更新世中期的石质黄土比晚更新世的馬兰黄土粗粒級的成分（>0.01 毫米）含量減少，其含量常超过 60%，一般含量为 75%，个别样品則高达 80% 或 90%。張宗祜等[18]在研究甘肅隴东地区的黄土时曾划分出不同时代黄土，也发現与上述类似的情况（表 25）。从表 25 中可以看出，黄土时代愈新其中細砂（0.25—0.05 毫米）及粉土（0.05—0.005 毫米）的两个粒級的含量有所增加，相反粘土（<0.005毫米）的含量則減少。对山东黄土（据袁又申）的分析也有类似的情况。

1) 按 B.A. 普里克期斯基分类。

表 25　甘肃隴东不同时代黄土粒度成分

层位与时代	粒度成分含量		
	0.25—0.05 毫米	0.05—0.005 毫米	<0.005 毫米
第三組 等1层	5.0—14.0	67.0—71.0	17.0—23.0
第三組 第1层以下	3.0—8.7	62.0—65.0	26.0—30.0
第二組	2.0—7.5	57.0—67.0	26.0—30.0
第一組	3.1—7.0	44.0—48.0	33.0—49.0

（据張宗祜）

如将中国各地黄土之各不同粒級的含量同俄罗斯苏維埃联邦社会主义共和国黄土进行比較时，則可以发現它們之間有許多相似之处（图 71、72）。其中均以粉土成分为主，特别是 0.05—0.01 毫米粒級在整个粒級中占主导地位。

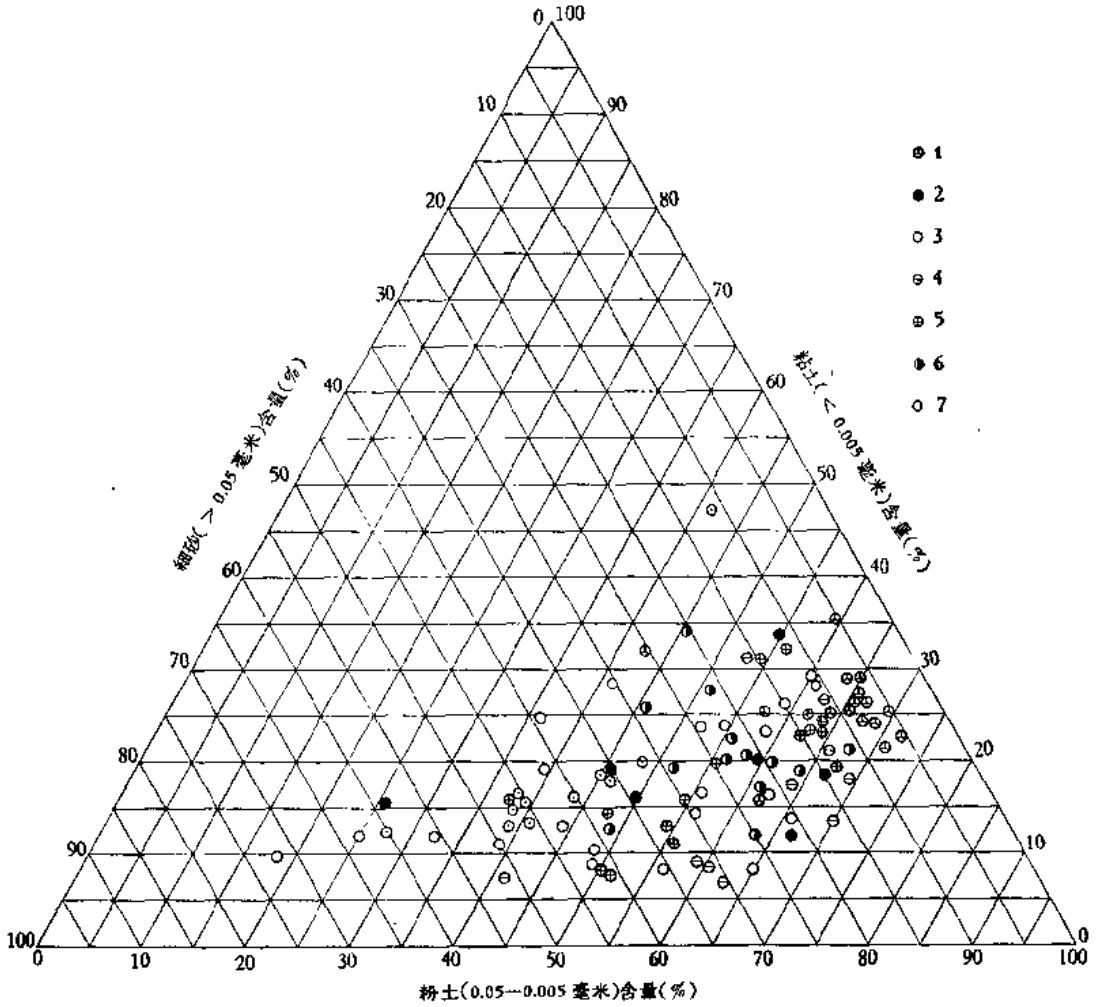


图 71　中国各地馬兰黄土粒度成分图

1.山东；　2.山西；　3.陕西；　4.甘肃隴东(子午岭至六盘山之間)；　5.甘肃隴中(定西至六盘山之間)；
6.甘肃隴西(日月山至定西之間)；　7.青海柴达木。

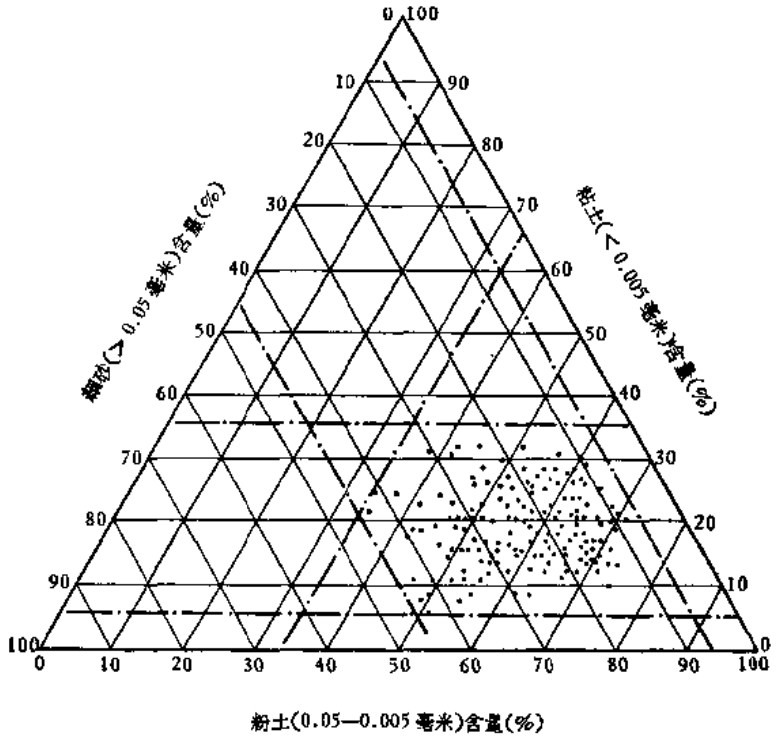


图 72 俄罗斯苏維埃联邦社会主义共和国南部黄土类岩石粒度成分图（据 A. K. 拉里昂諾夫）

但中国黄土的顆粒和苏联黄土相比也有所不同（表 26），例如，中国黄土中 >0.25 毫米粒級的含量很低，除在山东、柴达木黄土[1] 中有此粒級（0.04—0.61%）外，其他地区未見含有 >0.25 毫米粒級的顆粒。在苏联黄土中 >0.25 毫米粒級的含量有时可高达 12.3%，可見苏联黄土有一部分含有較粗的顆粒。但就 0.25—0.1 毫米及 0.1—0.05 毫米粒級含量看，中国黄土又高于苏联黄土。因为表中（表 26）对 0.25—0.05 毫米粒級沒有細分，所以在苏联黄土中是否也如中国黄土一样，在 0.1 毫米处有一界綫不得而知。粗粉土（0.05—0.01 毫米）的含量在中国黄土中也高于苏联。細粉土（0.01—0.005 毫米）

表 26 中国与苏联各地黄土粒度成分对比表

粒 級（毫 米）	中 国	苏 联[121]
>0.25	0.04—0.61	0—12.3
0.25—0.1	0.08—6.50	0.68—52.4
0.1—0.05	2.02—71.10	
0.05—0.01	15.50—70.00	11.82—68.2
0.01—0.005	0.55—29.60	0.5—43.0
<0.005	1—49	0.1—36.0
	1142 个标本分析（据作者）	1034 个标本分析（据 A. K. 拉里昂諾夫等）

1) 分析中发現有 >0.25 毫米顆粒，但未单独分出。

含量上限較苏联为低。粘土的含量上限較苏联为高。所以，从整个 1142 多块标本分析的結果看来，中国黃土是較苏联黃土粗顆粒少，細顆粒多，即总的来說是更細一些。

（二） 黃土粒度成分平均含量

前面是将中国各地黃土不同粒級含量最高和最低值进行了比較。

如果把各地黃土不同粒級含量加以平均，求其平均值以后进行观察，則可能对中国黃土总的面貌更有所了解。

对中国各地馬兰黃土和离石-午城黃土的原始数据进行平均，归納在下表(表27、28)。

表 27　中国各地馬兰黃土粒度成分平均值

地区	粒級含量 (%)							
	>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005
山东	0.16	0.45	8.96	8.95	55.99	8.71	64.70	25.72
山西	0.00	1.02	26.17	27.20	46.35	7 20	53.56	19.09
陕西	0.00	1.11	29.18	30.29	45.88	6.73	52.61	17.00
甘肃隴东*	0.00	1.05	22.57	23.62	54.06	6.63	60.69	15.69
甘肃隴中**	0.00	1.04	23.93	24.97	48.75	7.58	56.36	18.59
甘肃隴西***	0.00	23.47		23.47	47.40	7.78	56.10	20.37
青海柴达木	3.15		38.78	41.93	33.62	7.62	41.25	16.81

* 包括子午岭六盘山間甘肃及宁夏等地。

** 包括定西隴县以东六盘山以西甘肃宁夏等地。

*** 包括青海日月山以东至定西間等地。

注：本表不包括山西午城分析数据。

表 28　中国各地离石-午城黃土粒度成分平均值

地区	粒級含量 (%)							
	>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.05—0.005	<0.005
山西	1.25		30.91	32.16	33.75	7.50	41.25	26.68
陕西	1.47		20.61	22.09	43.61	9.87	53.49	24.47
甘肃	0.92		13.19	14.11	52.84	10.00	62.84	23.04

注：本表内不包括山西午城分析数据。

从表中可以看出，我国各地黃土的不同粒級的平均含量是十分近似的。各粒級含量比例也很一致。

馬兰黃土的細砂(>0.05 毫米)含量一般为 23.47—30.29%（柴达木为 41.93%，山东为 8.95%)；粉土 (0.05—0.005 毫米) 含量多为 52.61—60.69%（柴达木为 41.25%，山东为 64.70%)；粘土含量(<0.005 毫米)含量为 15.69—20.37%（山东为 25.72%)。

离石-午城黃土的細砂含量为 14.11—32.16%，粉土含量为 41.25—62.84%，粘土含量为 23.04—26.68%。

可見离石-午城黄土的含量同馬兰黄土有些接近，其細砂粒級含量大多比馬兰黄土为小，粉砂粒級相当接近，但粘土的含量則較高。

各地黄土中的另一个特点是，不論馬兰黄土或离石-午城黄土，粉土中的粗粉土含量經常大于細粉土，超过細粉土 4 倍以上，最高达 8 倍，这一特点同苏联欧洲西南部的黄土很类似[122]，而且此点可以作为标准黄土的主要特征。其他与黄土类似的黄土状岩石粗粉土的含量有时接近或小于細粉土的含量。

（三） 黄土粒度成分变化規律

从中国各地黄土顆粒成分平均含量中，可以看出中国黄土以粉土为主，其平均含量常达 50% 以上。粉土中又以粗粉土为主，粗粉土与細粉土的比例常在 4.4 以上。各地黄土中粉土的含量基本上相差不多，但各个地区黄土的各粒級的最大和最小含量却有所变化（表 23、24），有时相差很大。虽然个别数据变化很大，可能与分析中誤差有关，但是，根据多数的数据所反映出的現象以及野外实地观察結果，都表明不同地区的黄土的顆粒成分还是有区域变化的。

对中国不同地区黄土粒度成分变化規律，熊毅、文启孝[84]以及中国科学院地质研究所[85-87]、地质部水文地质工程地质研究所[10,18]、北京大学、西北水利科学研究所[68]等单位均进行过不同程度的研究。著者等根据現在已經收集到的有关中国各地黄土顆粒成分資料加以分析以后，发現分布在中国各地的黄土，不論在其地理分布（水平方向）或时間上都具有一定的变化。

1. 黄土粒度成分的区域特征

在討論中国黄土顆粒成分时，曾提到其顆粒組成，細砂（>0.05 毫米）和粘土（<0.005 毫米）的含量在各地区变化很大，而粉土（0.05—0.005 毫米）顆粒的变化較稳定。作者将不同地区馬兰黄土按其細砂、粉土和粘土这三个含量組分，分别点在三角图上（图 75）。从三角图上可以看出，山东、山西、陕西、隴东（六盘山以东）、隴中（六盘山以西至定西）、隴西及柴达木等地的黄土均具有不同的特征，并且可以按其中細砂和粘土的成分不同归为三个类型（每个区域中的个别样品沒有考虑在內）。

第一类型是細砂含量高，粘土含量低，大部分为砂黄土（柴达木黄土）。

第二类型是細砂含量低于第一类，但高于第三类，大部分为黄土。

a）細砂 >38%（陕西、隴中、隴东）。

b）細砂 <38%（山西、隴西—青海东部）。

第三类型是粘土含量高，細砂含量低，大部分为粘黄土（山东黄土）。

（1）第一类——柴达木盆地黄土

从表 23 和三角图（图 73）中可以明显的看出，柴达木盆地的黄土最大特点是，其細砂

(>0.05 毫米)含量高,粘土(<0.005 毫米)成分含量低。細砂含量的变化相当大,最低仅占 20.5%,最高可达 64.0%,絕大多数含量在 35% 以上,平均为 41.93%。相反粘土的含量則比其他地区为低,其含量变化在 11.5—28.5% 之間,平均含量为 16.81%,粉土(0.05—0.005 毫米)也比其他地区为低,平均含量仅为 41.25% (見表 23)。

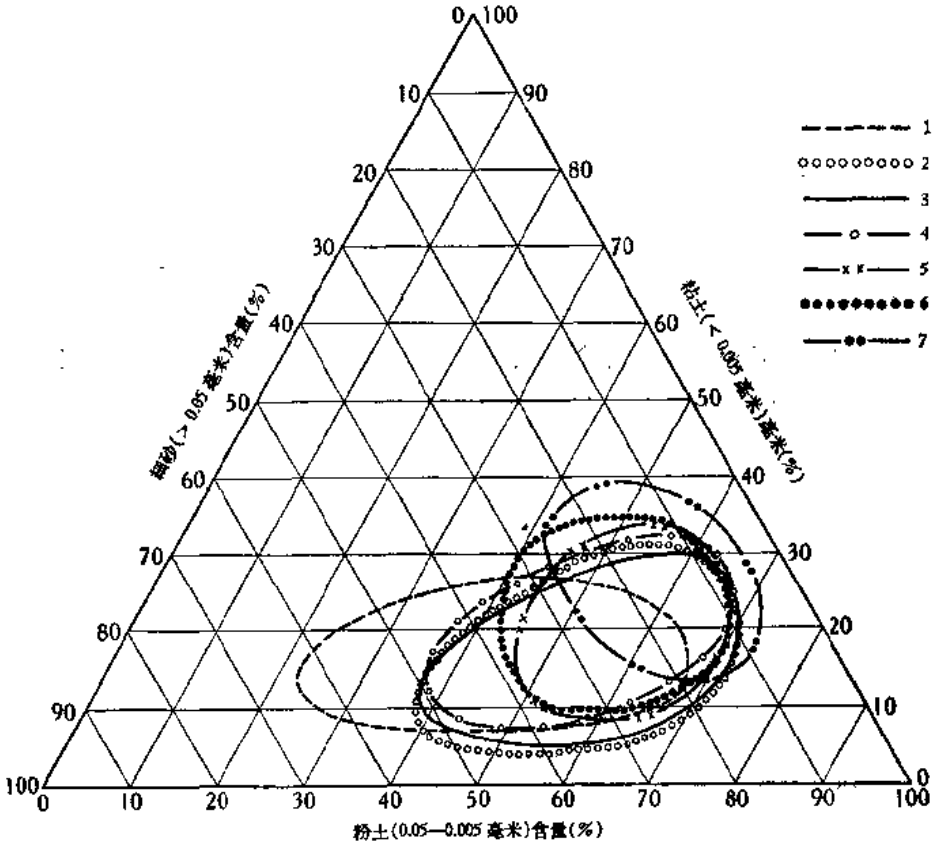


图 73　中国各地馬兰黄土粒度成分变化比較图

1.柴达木;　2.甘肃隴东(六盘山以东);　3.陕西;　4.甘肃隴中(六盘山以西);　5.山西;
6.甘肃隴西及青海东部(日月山以东至兰州);　7.山东。

(2) 第二类——黄河中游黄土

黄土高原地区的黄土以及青海东部地区黄土均属于这个类型。其特点是含細砂成分較柴达木为低,但比山东为高(見下),顆粒成分主要集中在 0.1—0.005 之間。其中根据各地区細砂和粘土含量之不同,还可以分出两个亚类型。

(3) 第三类——山东黄土

属于此类的以山东黄土为代表,山东黄土最大特点是細砂含量低,粘土含量高。細砂含量在山东黄土中,最低为 4.68%,最高可达 25.99%,平均为 8.95%。而粘土的含量变化在 21.99—35.75% 之間,平均含量为 25.74%。

第一亚类是陕西、隴中、隴东各地的黄土,这里黄土成分变化特征大体相仿,細砂含量变化較大,最低为 11.10% (見表 23 陕西),最高一般可达 50% 左右,平均含量为

23.62—30.29%(榆林紅石峽可达 72.4%，不在范圍綫內[1])，粘土含量則比山西、隴西地区黄土为低，最低为 7.00%，最高可达 30.40%，平均含量为 15.69—18.59%。

第二亚类是山西与隴西地区的黄土，这里黄土的細砂含量較前者为低，絕大多数标本变化在 11.50—38.50% 之間，平均含量 23.47—27.20%（山西保德一处較高，不在此范圍綫之內，可达 59.5%），而粘土含量与前类不同，均在 11.50% 以上，在山西南部翼城与甘肃定西大岔河地区两地最高可达 33%；同时其最大特点象山东黄土一样絕大多数标本变化范圍較小，粘土平均为 19.09—20.37%。

上述粒度成分的区域特征，說明从青海、柴达木到黄河中游的甘肃、陕西、山西，再到华北平原和山东，几个区域的黄土各不相同。从总的来看(不考虑晋、陕、甘各地北部少数砂黄土)，愈向西則 >0.05 毫米粒級的成分增多，相应的粘土成分減少；相反，愈向东則細砂(>0.05 毫米)成分減少，而相应的粘土（<0.005 毫米）成分增多；同时也清楚地看出，山东与柴达木两地的黄土同黄河中游各地的黄土間有很大的差异。

十分有趣的是黄河中游各地的黄土，陕西、隴东、隴中三个地区的黄土粒度成分組合和变化范圍极其相似。而隴西、青海东部以及山东等地区的黄土，虽然处于上述陕西、隴东、隴中地区的东西两侧，都具有相类似的組合和变化区間范圍，但在分析的标本之中，未发現有象陕西、隴东、隴中地区細砂含量高的标本，而粘土含量則較前地区为多。从气候条件上来看，在青海的东部和甘肃中部定西以西地区，現在和过去的气候都比其东部地区干燥，因此，化学风化作用应当較弱，理应黄土中粗粒部分容易保存，相应粘土含量較少。然而事实确与之相反，反而黄土之中粘土含量較高，这是由于分析方法不同和采样所引起的呢？还是确系如此，到是值得注意的。

2. 黄土粒度成分水平变化規律

根据中国科学院地质研究所分析的結果，在黄河中游地区黄土粒度成分由北向南，由西向东具有明显的方向性的变化。不論在甘肃的隴中、隴东或陕西、山西，黄土粒度成分之中的 >0.05 粒級的含量，由北向南逐漸減少，而 <0.005 的粘土含量則相应的逐漸增加，其中值的变化也甚为明显（表 16、17、18、19、20 及图 74、75、76、77）。

这种变化規律，中国科学院地质研究所在 1958 年采用移液管及显微鏡两种方法測定将近 500 块标本得出同样的規律[85,86]。这种变化規律与熊毅、文启孝在 1953 年对隴东和陕北地区所做的粒度分析結果是一致的[84]。1959 年張宗祜等研究甘肃隴东地区黄土[18]，賈炳文研究天水一带黄土，張淑媛研究兰州一带黄土，以及 1959 年西北水利科学研究所[68]在研究西北各地黄土时均先后得出由北向南粗粒級成分由粗变細的相同結果，这种大而积的方向性变化显然与現代地形关系不大。

1) 在陕北接近鄂尔多斯沙漠附近的地区的砂黄土，其細砂含量可高达 72.4%，如榆林紅石峽，这一带的黄土在类型上和砂黄土相似。

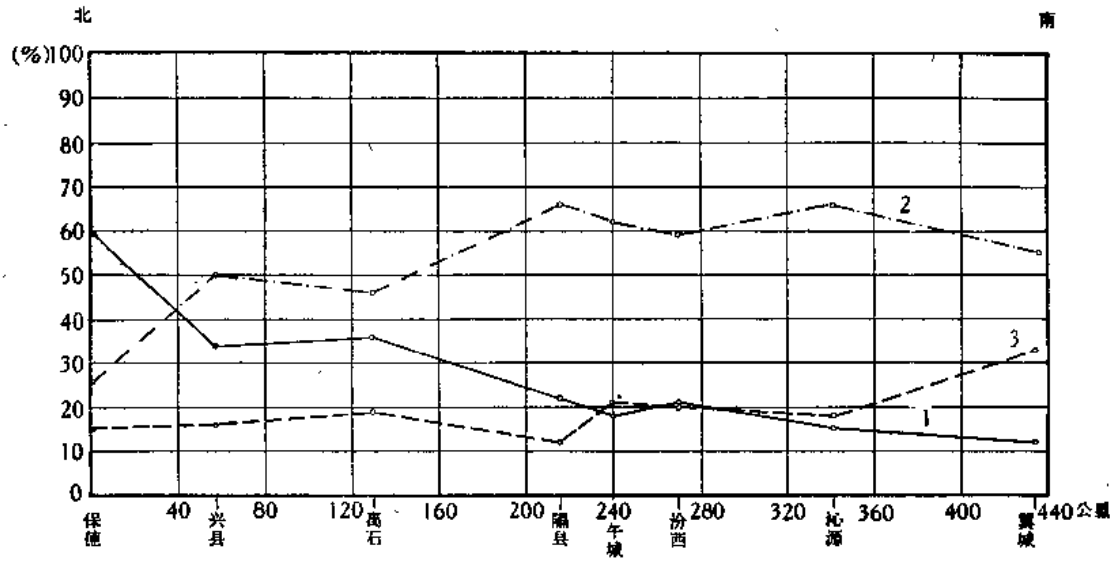


图 74　山西馬兰黃土粒度成分变化曲綫图

1. >0.05 毫米;　2. 0.05—0.005 毫米;　3. <0.005 毫米。

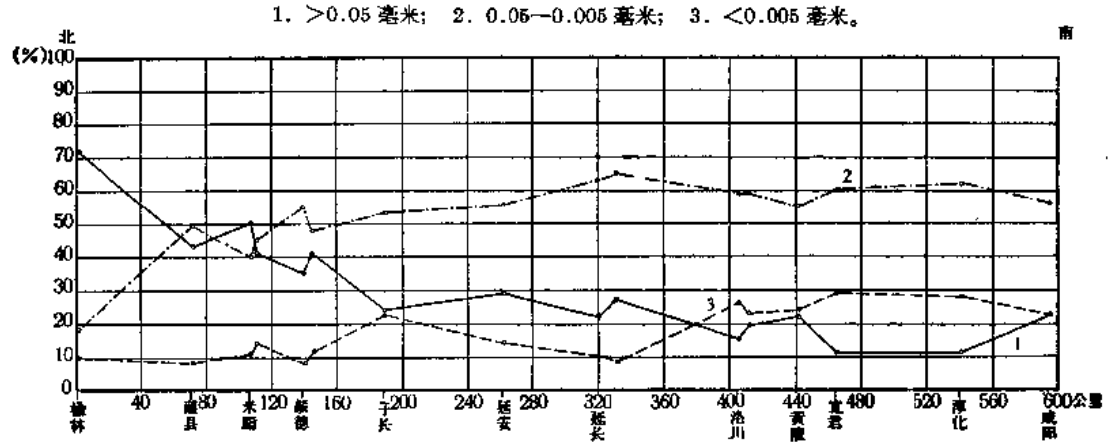


图 75　陕西馬兰黃土粒度成分变化曲綫图

1. >0.05 毫米;　2. 0.05—0.005 毫米;　3. <0.005 毫米。

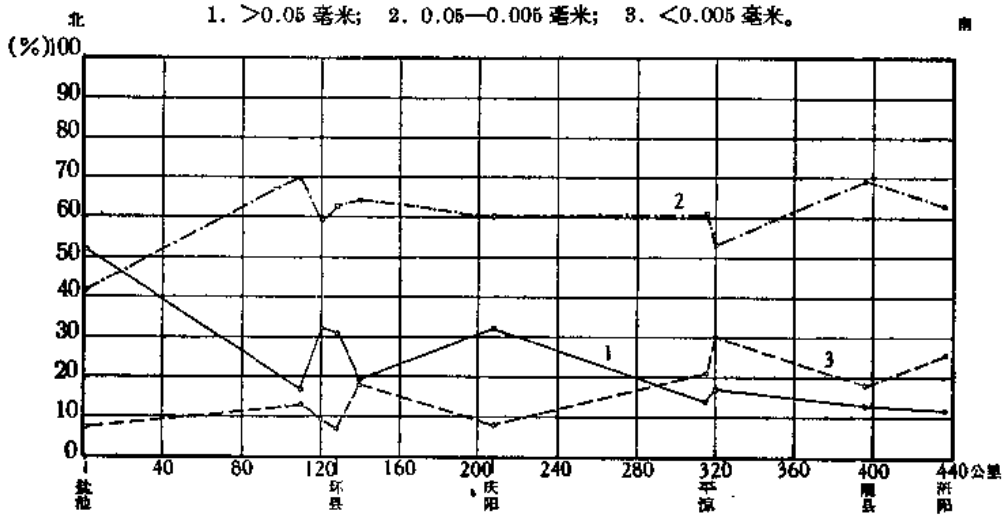


图 76　甘肃隴东(六盘山以东)馬兰黃土粒度成分变化曲綫图

1. >0.05 毫米;　2. 0.05—0.005 毫米;　3. <0.005 毫米。

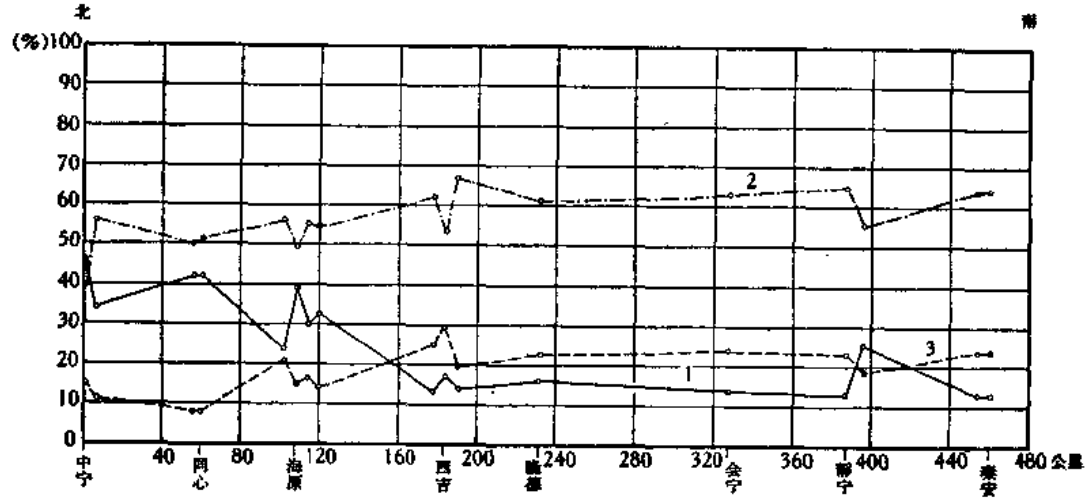


图 77 甘肅隴中(六盘山以西)馬兰黃土粒度成分变化曲綫图

1. >0.05 毫米; 2. 0.05—0.005 毫米; 3. <0.005 毫米。

3. 黃土粒度成分垂直方向的变化

有关中国各时代黃土粒度成分的变化，到現在为止研究的还不多。分析数量較多的是山西呂梁午城柳树沟的剖面。午城黃土剖面包括有上更新統(Q_3)的馬兰黃土、中更新統(Q_2)的离石黃土以及下更新統(Q_1)的午城黃土，整个剖面总厚达 121 米。中国科学院地质研究所曾选自該剖面上 200 块标本进行了系統的机械分析，其結果列入下表（表 29)。从該表中可以看出，不同时代的黃土粒級組成与各地馬兰黃土的成分并沒有显著的不同，毫无例外的是从上到下，粉土成分占絕对优势，各层平均含量为 53.78—61.88%，最大、最小含量变化在 46.7—67.6% 之間，其中粗粉土的含量均大于細粉土的含量；>0.25 毫米粒級含量等于零，粘土的平均含量为 19.53—33.68%，变化在 9.2—43.6% 之間。

剖面自上而下，不同粒級成分有以下規律性的变化；0.1—0.05 毫米与 0.05—0.01 毫米粒級的含量，有由下向上增多的趋势，面小于 0.005 毫米粒級，則由上向下逐漸減少(图 78)。从图 78 中可以看出，以离石黃土的上、下部分界綫为界，由之向上 0.1—0.05 毫米粒級含量显著增加，变化在 10.9—28.0% 之間，离石黃土下部和午城黃土之中，則此粒級含量較低，經常变化在 7.5—14.6% 之間。馬兰与离石黃土上部，粘土（<0.005 毫米）含量普遍低于午城与离石黃土下部，絕大多数样品不超过 25%，但在午城黃土与离石黃土下部之中，除极少数标本含量較低以外，含量均在 25% 以上。

将各层黃土各个粒級繪制三角图，如果按土类比較，則馬兰及离石黃土上部多为中亚粘土和輕质重亚粘土，而离石黃土下部和午城黃土則为重亚粘土和粘土（图 79)。如按細砂、粉土、粘土三类彼此进行比較，則发現离石黃土下部与午城黃土的特征相似，含粘土較多，各点形成一平行粘土坐标的椭圓形，馬兰黃土与离石黃土上部顆粒含量特征相近，其

表 29 山西隰县午城镇柳树沟黄土粒度成分

地层	编号	粒级含量 (%)								总计	M_d	S_o
		>0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	>0.05	0.05—0.01	0.01 0.005	0.05—0.005	<0.005			
马兰黄土	2—V—1		0.9	21.6	22.5	52.8	6.9	59.7	17.8	100.0	0.0280	2.168
	2—V—3		1.2	20.7	21.9	52.9	8.9	61.8	16.3	100.0	0.0265	2.168
	2—V—5		0.7	16.0	16.7	52.9	8.5	61.4	21.9	100.0	0.0215	2.480
	2—V—7		0.7	11.4	12.1	54.8	9.0	63.8	24.1	100.0	0.0218	2.815
	2—V—10		0.5	12.4	12.9	50.4	10.2	60.6	26.5	100.0	0.0210	3.030
	2—V—15		1.0	18.1	19.1	56.3	7.7	64.0	16.9	100.0	0.0280	2.070
离石黄土	2—IV—4		1.9	21.6	23.5	54.8	4.6	59.4	17.1	100.0	0.0350	1.960
	2—IV—9		1.0	18.2	19.2	56.1	6.6	62.7	18.1	100.0	0.0312	2.190
	2—IV—14		1.3	28.0	29.3	49.4	5.4	54.8	15.9	100.0	0.0360	1.965
	2—IV—18		0.8	10.9	11.7	55.5	9.6	65.1	23.2	100.0	0.0240	2.615
	2—IV—23		1.0	24.0	25.0	55.2	5.1	60.3	14.7	100.0	0.0375	1.827
	2—IV—27		0.8	12.1	12.9	60.7	6.7	67.4	19.7	100.0	0.0290	2.160
	2—IV—32		0.6	19.4	20.0	58.9	3.9	62.8	17.2	100.0	0.0270	1.960
	2—IV—38		0.7	14.4	15.1	52.7	7.4	60.1	24.8	100.0	0.0260	2.780
	2—IV—42		1.0	25.0	26.0	49.6	7.6	57.2	16.8	100.0	0.0285	2.220
	2—IV—44		0.2	12.3	12.5	55.6	8.1	63.7	23.8	100.0	0.0235	2.650
	2—IV—49		0.8	24.3	25.1	51.1	6.9	58.0	16.9	100.0	0.0315	2.240
	2—IV—52		1.3	13.4	14.7	54.5	7.8	62.3	23.0	100.0	0.0255	2.602

上部	2—Ⅳ—55		0.8	11.7	12.5	53.9	7.8	61.7	25.8	100.0	0.0255	2.950
	2—Ⅳ—61		1.7	15.7	17.4	55.1	8.2	63.3	19.3	100.0	0.0240	2.318
	2—Ⅳ—66		1.2	12.5	13.7	56.0	7.5	63.5	22.8	100.0	0.0220	2.520
	2—Ⅳ—70		0.8	17.8	18.6	53.3	3.7	57.0	24.4	100.0	0.0335	2.935
	2—$Ⅲ_3$—4		3.1	25.1	28.2	46.5	6.1	52.6	19.2	100.0	0.0280	2.380
	2—$Ⅲ_3$—11		0.8	22.4	23.2	62.3	5.3	67.6	9.2	100.0	0.0340	1.675
	2—$Ⅲ_3$—16		0.7	17.4	18.1	53.6	7.2	60.8	21.1	100.0	0.0265	2.460
离石黄土下部	2—$Ⅲ_3$—20		0.4	11.7	12.1	48.3	13.4	61.7	26.2	100.0	0.0155	2.790
	2—$Ⅲ_3$—25		0.7	10.2	10.9	49.9	9.5	59.4	29.7	100.0	0.0165	3.470
	2—$Ⅲ_3$—30		1.1	11.4	12.5	51.0	9.2	60.2	27.3	100.0	0.0188	3.080
	2—$Ⅲ_3$—38		0.7	12.3	13.0	59.5	7.8	57.3	19.7	100.0	0.0260	2.265
	2—$Ⅲ_3$—52		0.6	8.9	9.5	52.5	12.8	65.3	25.2	100.0	0.0160	2.690
	2—$Ⅲ_2$—11		0.9	10.2	11.1	52.4	10.0	62.4	26.5	100.0	0.0192	2.910
	2—$Ⅲ_2$—18		2.1	8.5	10.6	52.7	10.1	62.8	26.6	100.0	0.0190	2.910
	2—Ⅲ—6		0.9	10.3	11.2	41.2	9.4	50.6	38.2	100.0	0.0118	4.270
	2—Ⅲ—14		2.8	7.5	10.3	38.8	10.5	49.3	40.4	100.0	0.0100	5.080
	2—Ⅲ—24		0.7	8.5	9.2	49.6	9.5	59.1	31.7	100.0	0.0160	3.430
午城黄土	2—Ⅱ—4		0.3	9.4	9.7	34.2	12.5	46.7	43.6	100.0	0.0074	—
	2—Ⅱ—8		2.7	8.4	11.1	40.5	9.5	50.0	38.9	100.0	0.0110	4.180
	2—Ⅱ—13		0.4	14.6	15.0	53.3	7.2	60.5	24.5	100.0	0.0215	2.775
	2—Ⅱ—20		0.3	10.9	11.2	54.1	10.4	64.5	24.3	100.0	0.0185	2.520
	2—Ⅰ—4		3.4	12.3	15.7	38.2	9.0	47.2	37.1	100.0	0.0120	4.680

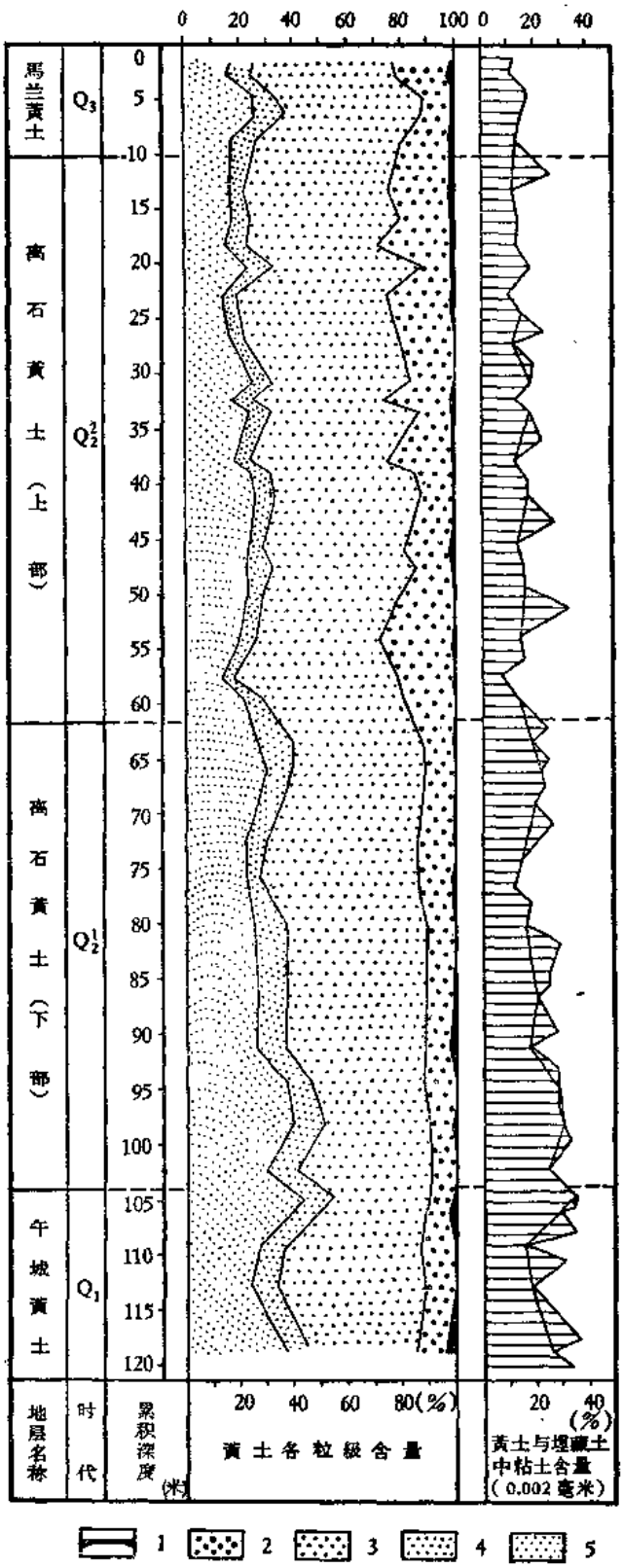


图 78　山西隰县午城鑲柳树沟黄土机械成分变化图

1. >0.1 毫米；　2. 0.1—0.05 毫米；　3. 0.05—0.01 毫米；　4. 0.01—0.005 毫米；　5. <0.005 毫米。

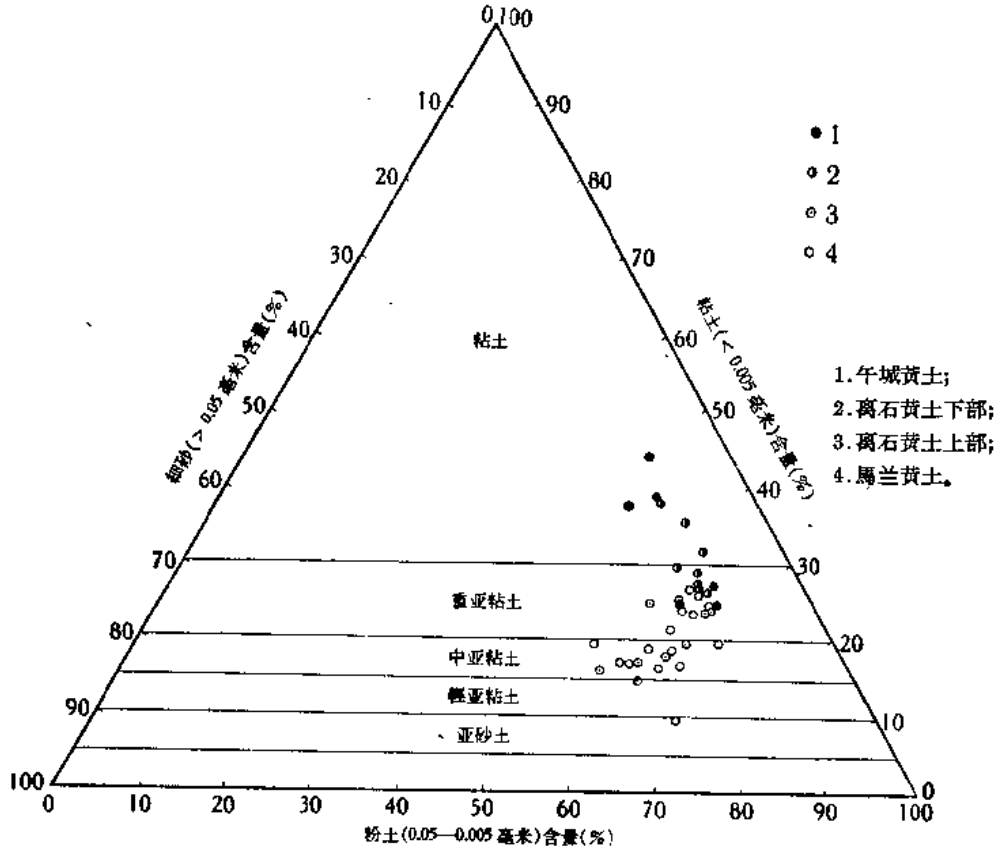


图 79　山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土粒度成分

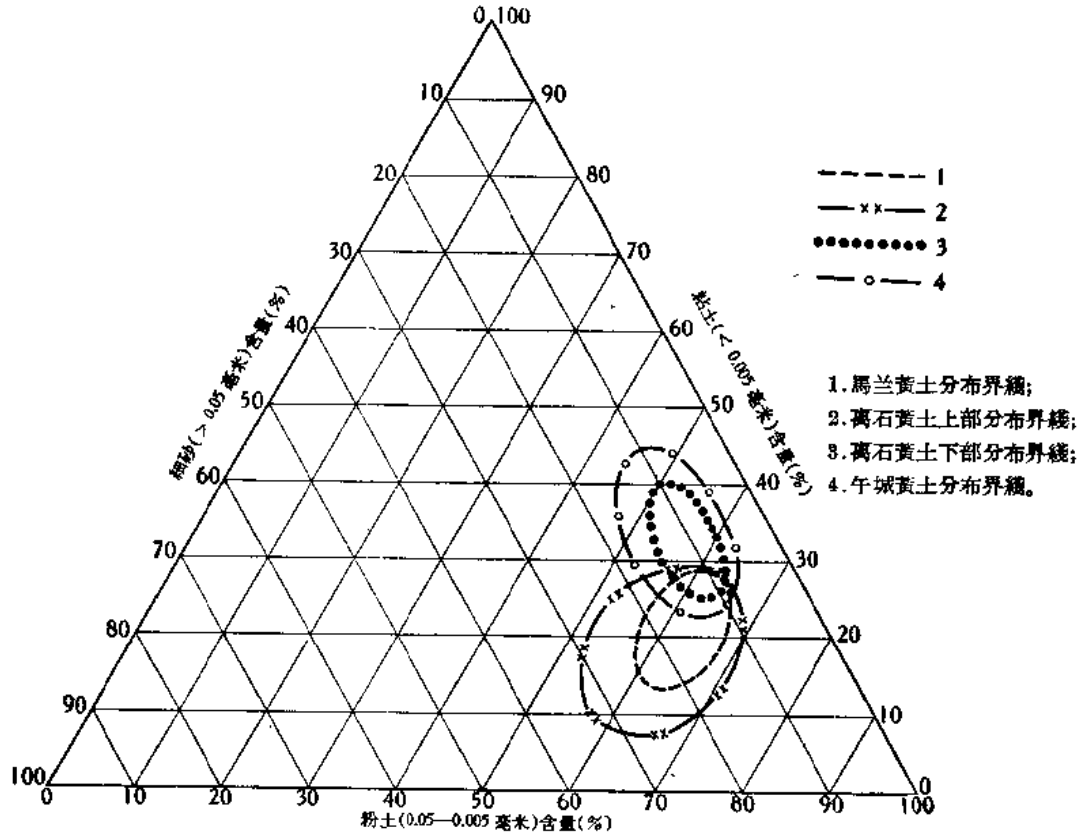


图 80　山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土粒度成分变化比較图

各点的連綫或平行細砂坐标的椭圓形。更有意思的是，馬兰黄土和离石黄土下部顆粒集中，它們形成的椭圓形較小，位于离石黄土上部和午城黄土所形成的椭圓之內(图 80)。因而在黄土堆积的整个历史过程中，其机械成分的变化幅度是由大到小往复两次，也就是其沉积条件的变化为不稳定到稳定，再由不稳定到稳定。因而在整个黄土堆积过程中有两大"輪迴"。

（四） 有关黄土顆粒分析方法和相变化問題

黄土顆粒成分是其結构特征的重要标志之一。黄土顆粒成分与其物理力学性质有密切关系。正因为如此，所以許多工程地质工作者曾企图利用黄土的顆粒組成和級配来解釋黄土的稳定性和滲漏等問題。土壤工作者則企图从土壤顆粒組成的不同，找出影响土壤結构和肥力的原因。地质、地理工作者把黄土的顆粒組成与其变化規律看作是黄土形成时地质营力作用的一个反映，所以也常把黄土顆粒成分的研究当作查明黄土形成及其分类的标志。

关于我国黄土顆粒的分析結果，早期曾零星发表于国內和国外的地质、地理、土壤及工程等刊物中。張有齡[123]曾对黄土顆粒分析資料进行过初步整理。

当时所研究的黄土主要是馬兰黄土，也有一部分为冲积的次生黄土（黄土状岩石），对这些黄土的顆粒組成累集了一些資料，但对各地黄土顆粒成分变化的規律未加以詳細討論。

在日本帝国主义者侵华时期，柴田秀賢[68]、酒井荣吾[124]等曾对华北和內蒙一些地区的黄土进行过分析，但由于他們所分析的标本，除黄土外尚包括很多含砂、砾石层的黄土状岩石在內，所以这类数字无法和眞正的黄土进行对比。

建国以来，进行了不少黄土顆粒成分的研究，有些結果已經发表了。熊毅、文启孝[84]曾根据黄土高原上各地区黄土顆粒成分，討論其由北向南，由西向东逐漸变細的規律与风力搬运的結果。这方面的問題已不断为許多工作者所注意[18,68,17]。

刘东生等曾根据紅色土顆粒組成和馬兰黄土相近似的特点，探討过黄土在我国地质时期的分布。

張宗祜等[10]利用黄土顆粒組成作为指标之一对黄土及黄土状岩石进行了划分。張淑媛、賈炳文、袁又申等从黄土顆粒組成討論了黄土的沉积岩石学分类。

鉄道部鉄道科学研究院[120,125]、建筑工程部建筑科学研究院、水利电力部西北水工試驗所[126]、西北水利科学研究所[68]、中国科学院土木建筑研究所[119]、中国科学院地质研究所[85-87,127] 以及各有关单位及高等院校等，对黄土顆粒組分与工程性质曾进行了不少研究工作。

至目前为止对于各地黄土顆粒分析資料已积累若干資料，但加以整理和对比还相当困难。其原因是：

(1) 不同研究者所使用的分析方法不一致,有的选取移液管法和沙巴宁法,但也有的采用比重法。由于分析方法的不同,往往給分析数据带来很大差誤。

(2) 对样品处理程序和分散剂的选擇,各个研究者間也不相同,有的研究者选用偏磷酸鈉作分散剂,但也有的研究者使用氫氧化銨。煮沸的时間长短也不同。夏家琪、熊毅[128]、張鴻生[129]、陆祖立[130]曾进行过这方面的实驗,证明同样分析方法,使用不同分散剂都会对分析結果有很大影响。

(3) 过去虽然有許多黄土顆粒成分的分析数据,但由于黄土地层划分比較困难,容易与各种成因的黄土状岩石相混淆,因而以往有的分析数据包括了黄土状岩石,其地层层位也不清,所以对比十分困难。

(4) 以往資料中对于黄土顆粒分析的粒組划分詳略程度不一,有的詳細,有的粗略(表 30),这样也給詳細对比造成困难。对于粒組怎样更好划分也是至今尚未解决的問題。

表 30 中国黄土顆粒分析粒級划分詳略比較表

粒級 \ 单位或研究者	中地国质科研学究院所	柴田秀賢	前地质調查所	熊毅	西学北研水利究科所	水北利水电工力試部驗西所	铁科道学部研铁究道院	中木国建科筑学研院究土所	地工质程部地水质文研地究质所	北京炳大文学、張宾叔援申
(毫米)		I	I							
2.000—			II	I						
1.000—	I	II	III		I	I	I	I	I	I
0.500—			IV							
0.250—				II						
0.100—	II	III	V						II	II
0.050—	III		VI							III
0.010—	IV	IV	VII	III	II	II	II	II	III	IV
0.005—	V	V					III	III		V
0.002—	VI		VIII		III	III	IV	IV	IV	VI
0.001—			IX	IV					V	
<0.001—										VII

注: 表中罗馬数字系指各研究者划分的粒組数(仅根据已发表和未发表材料記載)。

尽管在黄土顆粒分析資料整理上还存在上述問題,但是我們认为如把以往資料进行粗略的对比还是有意义的。

根据中国科学院地质研究所于 1954—1958 年間在河南三門峽、晋西北、陕北无定河流域、隴中、涇与洛河流域等地所采集的层位清楚的标本,以及 1958 年系統的按 10 条路綫剖面(南北及东西方向)所采集的标本[24]分析結果,黄土粒度成分基本上是类似的。将

我所及其他单位分析結果綜合比較以后，除发现在我国各地黄土中具有上述类似特征外，以下两个問題也值得討論：

1．黄土相变化的問題

关于我国黄土岩相变化，虽然在 F. 李希霍芬、B. 維里士、B. A. 奧勃魯契夫等人的文章中都提到过，但只是概略的提一提，沒有作更多的探討，也缺乏证实此問題的数据。

P. 德日进曾把中国黄土划分为蒙古相、华北相、平原相、南方相，但缺乏数据。熊毅等虽然也曾提到过黄土高原地区的黄土顆粒自西北向东南逐漸变細，但分析的标本数据甚少。

著者等在 1955 年間就注意了这个問題，当时与之一起工作的其他专家共同发現晋西北地区的黄土自西北而东南逐漸变細。以后經历年工作对此問題都有所证实。1959 年間，在以往工作基础上发現除黄河中游地区的黄土自西北而东南有区域性的变化外，在黄河中游以西和以东各地都有显著的相变化。

在柴达木地区，根据錢宗麟和文启忠等的观察，該地黄土分布在盆地的东南緣，在盆地的西北部分布有各种类型的砂丘，风蝕地形很明显，根据砂丘的排列和产状判明是受西北风和北风影响形成的。砂丘分布区东南部的黄土顆粒成分自西北而东南有逐漸变細的現象。黄土的分布和产状尽管与黄河中游各地黄土类似，但顆粒成分普遍較粗，具有风成层理，未見較老夾紅棕色埋藏土壤的黄土，所以在岩性和层序上同黄河中游及新疆等地的黄土也有很大不同。这就說明柴达木的黄土是另一个黄土“建造”，其形成当时的自然地理条件与黄河中游和新疆地区有所不同。

新疆的黄土虽然現在还沒有足够的分析数据以证实其区域特点和变化規律，但根据 B. A. 奧勃魯契夫在准噶尔盆地以西山地地区的观察，在巴尔里克山区自西北向东南黄土顆粒有由粗逐漸变細的趋势。根据新疆黄土中富含石膏，具有风成层理以及松散多孔，常分布在山前与冰磧砾石层之上等特点，都证明新疆的黄土也有其特殊性，与柴达木的黄土有若干差别。

自柴达木向东至晋、陝、甘黄土高原，黄土分布广泛，十分連續，地层层位清楚而完整，顆粒成分研究較多。据以往研究，黄土顆粒成分在西北部較粗，东南部較細。这样自西北向东南顆粒逐漸变細的規律，早已在刘东生、熊毅与文启孝、張宗祜，西北水利科学研究所、秦岭地质大队等研究者的文章中提到过。同时，黄土自西北向东南岩相变化，以及某一地区黄土的粗細变化，也早已为当地人民群众所熟习，当地人民把北部的黄土叫砂黄土，中部的叫黄土，南部的黄土叫麵黄土，即把一些时代較老质地粘重的黄土也叫麵黄土。

根据野外观察，黄河中游各地的黄土岩相变化也表現在各地黄土梯田坡度、侵蝕地形及其他景观外貌上。例如在北部砂黄土分布区內，梯田以坡式（带有一定坡度）的为主，可以打窑洞，而在典型黄土区內的梯田，則多为阶梯式的，也可以打相当坚固的窑洞。在侵

蚀方式上，于砂黄土区内片状和陷穴侵蚀现象强烈，而南部黄土区（或称典型黄土区）则以綫状侵蚀为主，以上两者較少。

虽然在黄河中游各地黄土中具有明显的相变化，在野外也能观察得到，但截然的分界綫位置在野外是不易找到的。根据野外肉眼观察以及室内分析，砂黄土与黄土的分界綫还是很明显的。这条綫西起海原，向东延伸經志丹、清涧、綏德、临县、五寨，直至燕山地区；再东可以延續到郭家屯、边墙、翁牛特旗等地区。因这条綫已有較多数据来证实，所以将之用特殊符号标記在中国黄土分布图內。

黄土与更細的黄土[1]（或称之为粘黄土）界綫，虽然不如砂黄土与黄土之間的界綫明显，但用两种不同分析方法（移液管法和显微鏡下鑑定）研究結果，发現在洛川和孝义以南地区的黄土顆粒更細，所以这条界綫可暫定在靠近洛川与孝义間联綫之南。

黄河中游的黄土岩相变化不仅只表現在顆粒粗細变化上（图 45、46），而且粗細顆粒相互配置关系自北而南也是不同的（照片 34、35、36、37）。

在黄河中游地区，黄土顆粒成分除有区域性的規律变化以外，在不同时代上也有变化，时代愈老的黄土，其顆粒成分愈細，而在黄土剖面中顆粒粗細也是有若干次变化的。

另外，值得提出的是在黄河中游西北部的黄土中見有砂层，砂层的数量和厚薄不等，靠近沙漠边緣地区較多，愈向东南层数愈少，顆粒愈細，这也間接证明黄土是风成的，是风成黄土在沙漠边緣特殊相变化的一种表現。

从黄河中游黄土这些变化以及层序、产状等等，正如前面所叙述的也具有其区域的特殊性，自成一个整体。

山东和太行山东麓地区的黄土，因靠近华北平原，位于黄土分布区的东部，因所在地区內自然地理条件較为复杂，所以与黄土高原和新疆地区的黄土比較也有所不同，相变化不太明显，但顆粒都比較細，特别是山东地区的黄土一般都很粘重，可見也有其区域特点。

綜合以上所述，可見中国不同地区的黄土有其区域性的特征，这些特征主要表現在岩相变化、地层层序及其結构构造上。所以可把黄土这样地区性的差异用不同“建造”来解釋。当然，有关这方面的工作，現在进行的还不多，需要进一步来证实，但是某些迹象还是很清楚的。

对于中国各地黄土相变化初步可以归納成以下各点：

（1）中国黄土顆粒成分具有区域性变化，一般以西部为粗，东部为細（如柴达木粗，山东細）。

（2）在黄河中游东北和巴尔里克山地区黄土顆粒成分自西北而东南逐漸变細。

（3）黄土岩相变化受地形影响較小，在地形上沒有清楚的分界綫，但从一系列的数据中可以覚察得出，与接近沙漠远近有关。

（4）在黄河中游地区，黄土相变化反映在不同时代黄土中。

1）系陝、甘地区群众称之的翻黄土。

（5）在黄河中游地区，黄土中軟体动物化石自西北向东南体型由小到大成有規律的变化。

（6）砂黄土中細砂含量 >30%，粘土含量 <15%；黄土中細砂含量占 15—30%，粘土含量占 15—25%；粘黄土(細黄土)中細砂含量 <15%，粘土含量 >25%。

（7）在黄河中游砂黄土的寬度約为 130 公里，黄土的寬度約为 250 公里，粘黄土的寬度約为 200 公里。

以上只是对黄土相变化的某些看法，对于这种相变化也可能有另一种解釋，即认为各地黄土原来粒度成分大小是相近似的。現在各地粒度成分不同，只是由于黄土地积在各該地区以后，受到西北部干燥气候和东南部湿潤气候的影响結果。虽然气候对黄土顆粒大小有影响，但黄土經过一段湿潤气候影响，在成土作用下亦可以使其顆粒变細。但是除黄土剖面中的埋藏土外，因主要是在干燥气候环境下堆积的，所以风化的极为輕微，許多不太稳定矿物，象正长石、黑云母、角閃石和輝石等都沒有强烈的风化痕迹。可見黄土顆粒自西北而东南逐漸变細，完全用区域气候条件差异来解釋并不一定合适，在一定程度上是与黄土所在地区距沙漠远近有关，主要反映其原始顆粒成分自西北而东南的变化(主要是指黄河中游地区)。

另外，在黄土每个岩相带內，黄土顆粒并不一定很均匀，甚至在某一岩相带內出現与該带黄土顆粒不相称的或大或小的个别样品存在，这是可能的，也是很自然的。因为黄土是陆相沉积，它与海相沉积不同，在受风力搬运沉积中，地形、植被、雨水和一切季节性的变化，都会对它的沉积有影响，因而在局部地区出現某些个别性的变化还是可以理解的。

黄土本身是一种岩性变化不大的沉积物，虽然在大面积里可以看到它的岩相变化，但不如砂、頁岩之間岩相变化那样明显，可是它們的相变化实质还是相同的。所以說尽管黄土相变化微弱，但不能否认它有相变化存在，这恰恰是值得研究和注意的問題。

2. 黄土顆粒变化与气候关系

以往結合物质成分方面来討論黄土堆积当时的气候条件的还不多，較多的是根据其中保存的动、植物化石所反映的自然地理条件，或者根据黄土与其他第四紀沉积（如冰川沉积)物之間的关系来研究这个問題。中国黄土沉积时期較长，历經了整个第四紀，其中又发育了許多埋藏土层，而且不同层位的埋藏土层之中，其顆粒成分又有一定規律性的变化。所以，研究黄土及其中埋藏土壤顆粒成分，就可能从中了解到黄土形成当时的气候条件及其变化規律。

研究黄土顆粒变化与气候关系首先要考虑的是黄土剖面中所夾的埋藏土壤层。在黄河中游与华北各地的厚层黄土剖面中，常可以見到数层到十余层的埋藏土层，这些埋藏土层的类型和厚薄以及发育情况是不同的。在馬兰黄土中为黑壚土型的埋藏土，而在較老的离石与午城黄土中則为褐色土型的埋藏土，前者是在半干旱草原荒漠景观条件下生成

的，而后者是在草原灌木較为溫暖湿潤气候条件下形成的。

黃土中埋藏土厚薄以及发育情况是不相同的，一般以較老的离石黃土下部和午城黃土中厚度为薄，比較密集，而在离石黃土上部則較厚，間距稀，发育比較好。因为每层埋藏土代表黃土沉积間隔或沉积速度的減緩时期，在风化成壤过程中所形成，所以对黃土母质影响很大。成土作用强烈，則土壤剖面发育完善，成土作用微弱，則土壤剖面发育不佳，对黃土母质影响較小，使之黃土顆粒未起显著变化。

黃土經受成土作用以后，其顆粒的变化还是极为明显的，用肉眼和仪器分析都能覚察得到，作者等及朱显謨最近对晉、陝、甘等各地黃土剖面的分析，証明經过成壤作用的黃土（多是埋藏土壤层），其顆粒組成有明显的变化。在埋藏土壤层的 A、B 层之中，較其下黃土內的粘土成分增加，粉土与細砂含量相应減少（表 6）。

由此可見，埋藏土中顆粒成分普遍較細，这与气候由干燥轉为湿潤和成壤作用有关。各层埋藏土顆粒粗細不同，除与原始黃土母质顆粒粗細有关以外，也与形成各层埋藏土时气候条件的变化有联系。

当研究黃土的顆粒变化与气候关系时，除了解各层埋藏土壤层的顆粒变化以外，对于整个剖面中黃土顆粒自上而下变化等均应特别注意。因为黃土的顆粒粗細，除与当时搬运物质营力有关以外，在一定程度上还反映风化作用的性质和强度。就現在所知，在中国的南方如云南和貴州等地，地面沉积物大都呈紅色，而且质地粘重；与此相反，在中国的北方如新疆和晉、陝、甘等地，由于所受化学风化作用微弱，以物理风化作用为主，所以沉积物的顏色較淺，呈黃色或灰色，顆粒粗大。显而易見气候干燥和湿潤对沉积物顆粒成分影响很大，这种規律也同样的反映在整个黃土堆积过程中。根据午城和洛川等剖面研究，黃土的顆粒成分有由下向上逐漸变粗的趋势。另外在不同时代黃土中顆粒粗細也有变化。因此反映黃土形成的初期化学风化作用較强，物理风化較弱，至晚期則气候条件愈来愈轉为干燥（这和整个第四紀时期气候干湿变化不同，主要是指各个干燥阶段）。但因在不同时代黃土中尙夾有許多层埋藏土及埋藏风化层，在每层黃土中顆粒又有粗細变化，所以黃土堆积的整个历史过程中的气候条件，除愈来愈逐漸变为干燥以外，尙存在若干波动，这也是黃土沉积与成壤作用斗爭的統一过程。

自第四紀以来，黃土顆粒变化有两次差异显著和两次比較微弱的阶段。显著的阶段出現在午城黃土（早更新世）和离石黃土上部（中更新世晚期），微弱的阶段出現在离石黃土下部（中更新世早期）和馬兰黃土（晚更新世）中。从而反映自第四紀以来有两个較大的“旋迴”[1]。这两个“旋迴”过程即从午城黃土到离石黃土下部，从离石黃土上部到馬兰黃土。

最后还应当提到的是，現在对这方面的工作还不多，所掌握的資料还相当有限，显然过多的討論是不恰当的。因为影响黃土顆粒变化的除气候因素以外，还有更多的其他复

1）指各层黃土顆粒大小差异显著过渡到不显著两次重复。

杂因素在內，所以必須全面考虑，不然会得出片面結論。但是从埋藏土壤以及黄土顆粒分析的結果来看，顆粒变化和气候变化之間的关系还相当明显的，所以在研究黄土时不能不对这种变化給予特别注意。

四、中国黄土矿物成分及其特征

关于中国各地黄土矿物成分的研究以往报导的很少，只是在最近几年这一工作才日益得到人們的注意。

虽然以往研究的人数不多，但是也有人对它发生很大兴趣，并进行了不同程度的研究。例如，早年（1928 年）李学清[131]曾对山西、河北等地的黄土进行过研究，他发現黄土中主要矿物成分是石英、长石、角閃石和云母等矿物，并根据与其下三趾馬紅土[1]矿物成分类似这一特点证明黄土同紅土有关。这一研究对于以后了解不同时代黄土之間的关系具有一定意义。之后日人富田达[57]、柴田秀賢[58]、酒井荣吾[59]等分别对山西、河北、河南和山东等地的黄土进行过不同程度的研究，并提出各地黄土与基岩矿物成分相当类似，指出許多"示源矿物"，据此他們认为各地黄土矿物成分主要是由当地或其附近某种特定岩石风化产物搬运堆积而来。虽然，这一研究对了解黄土物质成分的来源很有意义，但是，他們并沒有进一步深入研究，找寻所謂"示源矿物"自山地向平原中心移运的途徑，而仅只停留在一般对比上。

建国以来，黄土研究工作得到迅速的开展，其中矿物研究也得到逐步深入。

1955 年 И. Д. 謝德列茨基（Седлецкий）与 В. П. 阿納涅夫（Ананьев）[86]曾对我国土壤学家朱显謨提供的甘肃榆中、平凉、环县等地的黄土进行过分析，他們除了把黄土矿物成分詳細区分以外，又根据矿物成分若干特点证实中国黄土是风成的。

1959 年張宗祜等[16]曾对甘肃隴东地区的黄土进行过研究，并根据黄土中的重矿物成分自山区向盆地內部含量逐漸增加这一特点确认該地黄土是洪积-坡积生成的。

同年北京大学張淑媛[117]、賈炳文[116]、袁又申[118]等[2]也分别对兰州、古浪、天水、山东等地的黄土进行过研究，除去证明以往前人在各地黄土中所发現的矿物以外，并认为各地黄土是风成的。

1960 年王嘉蔭[132]研究华山黄土以后，提出該地黄土是冰川成因的看法。

1960 年 А. С. 里布琴可夫（Рябченков）[133]也曾对黄河中游几个地区的黄土进行过研究，根据他的研究各地黄土矿物成分十分近似，所以他也认为中国各地黄土是风成的。

最近陕西省地质局秦岭区域地质測量大队曾河清[134]又对黄河中游許多地区的黄土进行过研究，并证明各地黄土矿物成分具有頗大的类似性。

1）李学清当时所指的紅土可能包括有部分离石-午城黄土在內。

2）本文曾引用曾河清、張淑媛、賈炳文、袁又申等同志未发表資料，于此表示感謝。

中国科学院地质研究所自 1960 年以来也着手从事此项研究工作，初步成果已被引用在"中国的黄土"一文[17]及王克鲁[25]发表的論文中。

根据以上所述可以看出，虽然到現在为止对于矿物成分的研究还不多，但是也陆續的累积了不少資料，为今后研究中国黄土矿物成分提供良好的基础。但是也不能不指出，由于以往各研究者选取分析的粒級不同(有的研究者选取 0.25—0.01 毫米[65]，也有的研究者用 0.1—0.01 毫米[133]这一粒級)，对矿物种类区别的詳略程度不同，所以对比相当困难。除此之外，更影响对比的是富田达、柴田秀賢和酒井荣吾等人所指的黄土，包括了黄土和黄土状岩石在內，这就更使結果不易对比。

虽然存在有上述問題，但是因为多数学者是选用的 0.25—0.01 毫米这一粒級，解放后对各地黄土地层的看法又比較接近，所以也給互相对比提供了可能性。

当然到現在为止对各地黄土矿物成分的分析資料还不多，在仅有的少数資料基础上加以整理綜合和討論，不可避免的会存在許多不完善的地方。我們所以把它加以整理，目的是为以后研究黄土矿物成分时提供一点綫索。

(一) 黄土的矿物种类及其一般特征

根据以往各文献上的記載，在中国不同地区的黄土中大約发現将近有 60 余种的矿物，其中以他生矿物为主，自生矿物甚少。

根据研究結果，黄土中主要矿物成分是石英、长石和云母这三类矿物。这三类矿物的总含量常占所有碎屑矿物含量的 80%，重矿物多集中在 0.1—0.01 毫米粒級中，尤其是其中 0.05—0.01 粒級中重矿物含量最多。

在各地黄土中 >0.01 毫米粒級組分里經常发現的矿物加表(表 31、32)中所示，在輕矿物成分中計有石英、正长石、斜长石、微斜长石、白云母、方解石、白云石、石膏、玉髓，重矿物成分中計有紫苏輝石、頑火輝石、透輝石、普通輝石、普通角閃石、藍閃石、鈉角閃石、鈣鈉閃石、玄武閃石、阳起石、透閃石、綠帘石、黝帘石、褐帘石、紅帘石、斜黝帘石、綠泥石、硬綠泥石、黑云母、磁鉄矿、鈦鉄矿、赤鉄矿、褐鉄矿、白鈦矿、鉻尖晶石、尖晶石、紅柱石、藍晶石、硅綫石、柘榴石、硅灰石、鋭鈦鉄矿、板鈦矿、鋯英石、电气石、金紅石、榍石、磷灰石、黄玉、重晶石和火山玻璃等等(照片 38、39、40)。

不經常出現的，在兰州与古浪的黄土中发現有鈦輝石、金云石、鉄鋰云母、蛇紋石、十字石等矿物。在甘肃环县与榆中两地黄土中发現有古銅輝石，除此之外在張家口、金山寺和臨汾还发現有橄欖石、鈉微斜长石[58]、条紋正长石、条紋鈉长石，鈉鉄輝石及鈉鉄性輝石等等[57]。但是后面这几种矿物在黄土高原內部黄土中尚未发現，是否属于黄土中原来矿物組分值得研究。

<0.001毫米細粒級組分中发現有伊利石、蒙脫石、高岭石、变多水高岭石、拜来石、針鉄矿、含水針鉄矿、含水赤鉄矿、叶蜡石(?)、石英、海綠石(?)、綠泥石及有机物等(表 33)。

表 31　中国各地黄土重矿物

地区			辉石类							角闪石					
			紫苏辉石	顽火辉石	普通辉石	透辉石	古铜辉石	钛辉石	分计	普角闪通石	蓝闪石	钠角闪石	钙钠闪石	玄武闪石	阳起石
河北官厅			2.70	0.20	0.60	1.10			4.60	19.20	0.80			1.10	6.60
山东		张夏		0.16	0.23	0.23			0.62	8.73	0.35			0.22	14.80
		淄博	0.10	0.50	0.17	0.24			1.01	8.12	0.44	0.20	0.25		14.50
山西		大同	2.10		3.10	1.00			6.20	11.70		0.20	0.50		3.80
		隰县午城	1.27	0.75	4.85	1.41			8.28	11.18	0.37			0.34	4.13
甘肃	陇东	环县	3.0	4.0	0.9	2.8	很少		10.7	14.0			<0.5		2.0
		平凉	2.7	2.4	0.8	2.0	0.6		8.5	19.0			<0.5		3.5
	陇中	静宁	0.5	0.2	0.4	1.5			2.6	12.7	0.5				5.0
		清水	0.5	0.5	0.2	0.7			1.9	8.3					4.6
		秦安	0.2	0.2	0.5	1.5			2.4	9.9	1.3		0.2		5.8
		徽城				0.2			0.2	6.5	0.4				6.9
	中	榆中	2.4	2.7	<0.5	2.2			7.3	18.0			<0.5		2.9
		定西			0.3				0.3	9.0			0.6	0.2	6.4
	兰州以西	古浪	0.2	0.3	0.3	0.9			1.70	4.8	5.7	0.5	0.3	0.6	4.4
		兰州	0.20	0.30	0.30	1.20			2.40	8.30	4.60		0.60	0.20	4.40

地区			云母类				綠泥石类			其					
			白云母	金云母	铁鋰云母	分计	綠泥石	硬綠泥石	分计	蛇紋石	鉻尖晶石	尖晶石	紅柱石	藍晶石	硅綫石
河北官厅			0.20			1.50			0.00			0.20			
山东		张夏	1.68			6.27	0.86		0.86		0.30		0.20	0.17	0.20
		淄博	1.60			6.02	0.43	0.10	0.53		0.30		0.17	0.13	0.17
山西		大同	1.00			5.20	3.60		3.60					0.20	0.30
		隰县午城	1.46			10.91	2.75		2.75			0.52		0.47	0.25
甘肃	陇东	环县	1.3			2.5	0.5		0.5		2.1	1.0		1.0	
		平凉	1.5			3.5	0.7		0.7		2.3			2.3	0.9
	陇中	静宁	0.2			4.4	2.0	0.2	2.2			0.7			0.3
		清水	3.1			8.8	3.1	0.5	3.6					0.2	0.5
		秦安	1.0			4.6	2.5		2.5					0.2	
		徽城	4.0			11.6	2.7	0.5	3.2			0.2		0.2	0.2
	中	榆中	1.6			3.5	0.6	很少	0.6		2.5	0.6		<0.5	<0.5
		定西	0.6			9.0	2.7		2.7			0.4		0.2	
	兰州以西	古浪	1.7	0.3	0.2	11.1	3.6	0.2	3.8	0.2	0.3	0.2	0.2	0.5	0.3
		兰州	1.90	0.30	0.20	10.90	2.50	0.40	2.90	0.20	0.40	0.20	0.20	0.20	0.30

注：1. 官厅、大同、静宁、清水、秦安、徽城、定西据贾炳文；　2. 张夏、淄博据袁又申；　3. 隰县午城据王克鲁；老时代黄土，其他均为馬兰黄土。

成分 (0.25—0.01 毫米粒級)

类			綠帘石-黝帘石类						不透明金属矿物类						云母类
透闪石	其他闪石	分計	綠帘石	黝帘石	褐帘石	紅帘石	斜黝帘石	分計	磁铁矿	鈦铁矿	赤铁矿	褐铁矿	白鈦矿	分計	黑云母
3.20		30.90	10.30	1.30			0.90	12.50	22.00	5.00		8.90	0.60	36.50	1.30
3.20		27.30	22.40	1.15			3.30	26.85	18.44		1.10	7.33	1.81	28.68	4.59
2.90		26.41	24.20	1.33		0.10	5.07	30.70	16.70		0.37	6.10	1.41	24.58	4.42
1.30		17.50	9.20	3.80			1.00	14.00	10.10	8.30		10.60		29.00	4.20
2.21	0.74	18.97	6.25	0.40	0.37			7.02	20.04	2.37	4.64			27.05	9.45
0.8		16.8	9.0	8.0				17.0	3.4	7.0		很少	5.0	15.4	1.2
0.9		23.4	7.0	10.0				17.0	4.0	4.0		1.0	5.0	14.0	2.0
6.2		24.4	11.6	6.2			3.2	21.0	8.4	10.4	5.6	5.0		29.4	4.2
3.5		16.4	12.7	4.5			1.3	18.5	10.2	6.5	6.7	8.6	0.5	32.5	5.7
5.8		23.0	11.6	7.8			2.4	21.8	8.1	5.1	10.8	6.0	1.5	31.5	3.6
5.4		19.2	7.7	7.1			3.8	18.6	6.0	5.9	8.1	3.1	2.5	25.6	7.6
0.6		21.5	9.1	8.0				17.1	4.1	5.5		<0.5	5.6	15.2	1.9
8.2		24.4	12.1	9.6			3.3	25.0	7.0	5.7	4.8	7.5	2.1	27.1	8.4
4.6		20.9	26.4	1.7		0.2	0.7	29.0	6.2		4.0	9.2	2.4	21.8	8.9
4.00		22.10	28.00	2.20	0.20	0.20	1.20	31.80	7.80		3.50	8.90	1.80	22.00	8.50

他矿物类														
柘榴石	十字石	硅灰石	銳鈦矿	板鈦矿	鋯英石	电气石	金紅石	榍石	磷灰石	黄玉	重晶石	其他	分計	总計
7.50					1.30		0.40	1.30	1.10			2.20	14.00	100.00
2.38				0.18	1.52	0.93	0.18	1.06	0.19			2.11	9.42	100.00
2.77			0.20	0.20	2.19	1.28	0.20	1.25	0.26		0.10	1.53	10.75	100.00
7.50			0.30	0.40	2.60	0.80	0.40	2.10	1.00			8.90	24.50	100.00
3.68		0.62			10.92	2.44	2.05	0.93	0.87	很少		2.27	25.02	100.00
12.0			1.0		6.5	4.0	3.0	3.5	2.0	很少		1.0	37.1	100.00
8.0			1.9		6.0	3.5	3.5	3.0	2.5				33.9	101.00
2.7			0.5		4.3	1.4	1.4	0.4	0.2			4.1	16.0	100.00
2.2			0.8	0.4	1.8	0.5	0.2	1.7	1.5			8.5	18.3	100.00
3.1			0.8	0.4	4.7	1.6	0.4	0.3	1.6			1.1	14.2	100.00
2.5			0.7	0.5	2.6	1.7	1.0	1.7				10.3	21.6	100.00
8.5			1.1		8.0	4.1	3.4	3.6	1.2			1.8	34.8	100.00
1.8				0.7	1.2	0.9	1.0	1.4	0.2			3.7	11.5	100.00
0.6	0.5	0.3	0.2	0.5	1.0	1.6	0.7	1.3	0.4		0.2	2.5	11.5	100.00
1.00	0.20	0.60	0.20	0.40	0.96	1.10	0.40	1.50	0.50		0.20		8.36	100.46

4. 环县、平凉、榆中据 И. Д. 謝德列茨基与 В. П. 阿納涅夫； 5. 古浪、兰州据張淑媛； 6. 古浪、兰州、大同包括棘

表 32　黄河中游各地馬兰黄土矿物成分（0.1—0.01 毫米粒級）

地区			重矿物（比重 >2.90）										
			輝石类			角閃石类					綠帘石-黝帘石类		
			单斜輝石	斜方輝石	分計	普角閃通石	透閃石	阳起石	藍閃石	分計	綠帘石	黝帘石	分計
河南		洛宁中方村	0.14	0.21	0.35	25.68	1.20	1.20		28.08	28.00	4.31	32.31
		三門峽大北沟	0.25	0.23	0.48	24.58	1.40	1.64	0.26	27.88	26.40	4.35	30.75
陕西		榆林青云山	0.25		0.25	25.00	2.50	3.45	0.21	31.16	22.40	4.50	26.90
		子长水沟平	0.20		0.20	23.60	2.00	1.50		27.10	20.20	5.06	25.26
		延安城西	0.20	0.25	0.45	23.80	1.80	2.10		27.70	26.70	5.12	31.82
		洛川东里沟	0.16	0.15	0.31	28.01	0.82	1.03	0.25	30.11	18.15	7.29	25.44
		潼关苏村	0.20		0.20	20.30	0.75	1.19		22.24	26.90	7.70	34.60
陕西与甘肃	隴东	同心肖家口	0.24	0.24	0.48	23.78	1.55	1.52	0.25	27.10	25.10	7.35	32.45
		宝鸡牛寺庙	0.21	0.21	0.42	21.80	1.07	1.28		24.15	21.80	8.60	30.40
	隴中及隴西	海原城东	0.40		0.40	24.80	1.58	1.12	0.21	27.71	25.30	7.20	32.50
		西吉菜口湾	0.80	0.20	1.00	23.10	1.86	0.80	0.39	26.15	24.76	6.78	31.54
		靜宁城北	0.20		0.20	23.65	1.77	0.76	0.19	26.37	25.80	7.10	32.90
		天水榆林坪	0.20		0.20	24.30	0.80	1.60	0.40	27.10	25.70	6.60	32.30
		徽城謝平	0.34	0.34	0.68	20.00	1.86	2.08	0.17	24.06	23.60	6.60	30.20
		兰州皋兰山	0.25		0.25	24.40	1.60	0.81	0.25	27.06	24.00	7.49	31.49

重矿物（比重 >2.90）															
不透明金属类					云母类			其他类							
磁鉄矿	鈦鉄矿	赤鉄矿	褐鉄矿	分計	黑云母	白云母	分計	綠泥石	鋯英石	电气石	金紅石	榍石	磷灰石	銳鈦矿	柘榴石
11.63	0.65	3.25	5.59	21.12	3.67	1.00	4.67	0.44	3.05	2.08	4.31		0.30	0.25	1.63
10.36	0.64	4.50	6.45	21.95	4.07	1.85	5.92	0.55	2.61	1.43	3.58	0.25	0.24		3.63
13.90	1.60	4.00	6.10	25.60	3.40	2.00	5.40	0.57	2.60	1.50	1.05	0.31	0.25	0.25	2.50
14.00	2.80	4.80	7.10	28.70	5.45	3.76	9.21	1.15	1.84	1.15	1.40	0.20	0.20	0.20	1.61
13.00	0.90	3.10	7.90	24.90	2.68	2.44	5.12	0.45	3.11	1.44	0.80	0.20	0.20	0.20	2.40
13.05	1.45	2.89	7.22	24.61	6.05	3.40	9.45	0.52	2.69	2.22	0.48	0.16		0.25	2.37
11.30	0.75	3.98	8.37	24.40	4.90	3.78	8.68	1.13	1.60	2.19	0.60			0.25	2.76
12.12	2.18	4.57	5.80	24.67	2.86	1.34	4.20	1.80	1.86	1.75	0.98	0.33	0.22		2.38
11.70	1.48	3.94	8.05	25.17	6.50	2.21	8.71	2.37	1.51	1.28	1.28	0.21	0.21		2.28
12.56	1.82	3.93	4.08	22.39	3.83	2.26	6.09	2.33	1.26	1.24	1.33	0.34	0.30		2.64
13.27	2.31	3.54	6.19	25.31	2.89	1.58	4.47	1.56	1.61	3.09	1.38	0.19	0.28		2.13
12.48	2.42	5.24	5.65	25.79	2.52	1.15	3.67	1.92	1.29	1.82	1.23	0.29	0.29		2.31
12.80	2.20	4.09	6.00	25.09	2.80	2.00	4.80	1.30	1.00	1.80	0.62	0.21	0.21	0.21	3.60
13.50	1.17	2.08	7.30	24.05	4.10	2.50	6.60	2.37	2.85	1.85	1.02	0.17	0.27		3.86
10.26	2.26	1.63	8.10	22.25	5.28	2.42	7.70	1.82	1.74	1.60	1.80	0.25	0.25	0.23	1.60

（續表 32）

地区			重矿物（比重 >2.90）				輕矿物（比重 <2.90）							
			其他类			总計	石英	长石	白云母	黑云母	玉髓	粘土团粒	其他	总計
			十字石	其他	分計									
河南		洛宁中方村		1.41	13.47	100.00	49.00	40.50	3.50	2.50	0.50	2.00	2.00	100.00
		三門峽大北沟	0.21	0.52	13.02	100.00	50.00	41.00	3.50	2.50		1.50	1.50	100.00
陕西		榆林青云山		1.66	10.69	100.00	51.30	43.00	2.20	1.00	0.50	0.50	1.50	100.00
		子长水沟平		1.78	9.53	100.00	51.50	43.00	2.00	1.80	0.70	0.50	0.50	100.00
		延安城西	0.20	1.81	10.81	100.80	51.00	42.50	2.50	1.50	0.50	1.00	1.00	100.00
		洛川东里沟	0.20	1.39	10.28	100.20	53.00	42.00	2.00	1.00		1.00	1.00	100.00
		潼关苏村	0.19	1.13	9.85	99.97	50.00	41.00	2.50	2.50	1.00	1.50	1.50	100.00
陕西与甘肃	隴东	同心肖家口	0.22	1.61	11.10	100.00	52.00	41.50	3.00	2.00	0.50	0.50	0.50	100.00
		宝鸡牛寺庙	Q.25	1.71	11.10	99.95	50.00	41.00	3.20	2.50	0.50	1.50	1.30	100.00
	隴中及隴西	海原城东	0.19	1.28	10.81	100.00	50.00	43.00	3.00	2.50	0.50	0.50	0.50	100.00
		西吉菜口湾	0.20	1.09	11.53	100.00	50.50	42.50	3.50	2.50	0.50		1.00	100.50
		靜宁城北	0.19	1.73	11.07	100.00	50.00	42.20	3.00	2.00	0.50	0.50	1.80	100.00
		天水榆林坪	0.20	1.37	10.52	100.01	49.30	42.00	3.00	2.00	0.90	1.00	1.80	100.00
		徽城謝平	0.17	1.85	14.41	100.00	49.50	40.00	3.60	2.90		2.00	2.00	100.00
		兰州皋兰山	0.25	1.71	11.25	100.00	53.00	39.50	3.00	2.00	0.50	0.50	1.50	100.00

（据秦岭地质队）

表 33 中国各地黄土胶体分散矿物成分

产地	胶体分散矿物組合	主要胶体分散矿物	备注
甘肃西部			
兰州	伊利石、蒙脱石、拜来石、高岭石、石英、有机质、白云母	伊利石、石英	据張紹鎮
榆中	伊利石、石英、高岭石、蒙脱石、針铁矿、水針铁矿、叶蜡石(?)	伊利石、石英	据И.Д.謝德列茨基与B.П.阿納涅夫
天水	伊利石、蒙脱石、高岭石、針铁矿、水針铁矿、石英	伊利石、石英	据賈炳文
甘肃东部			
平凉	伊利石、石英、蒙脱石、高岭石、針铁矿、水針铁矿、水赤铁矿、叶蜡石(?)	伊利石、石英	据И.Д.謝德列茨基与B.П.阿納涅夫
环县	伊利石、石英、蒙脱石、高岭石、針铁矿、水針铁矿、水赤铁矿、叶蜡石(?)	伊利石、石英	同上
隴东	伊利石、蒙脱石、高岭石、拜来石、針铁矿、水針铁矿	伊利石	据張宗祜等

表 34　黄河中游各地离石-午城黄

地区			重矿物							
			辉石类			角闪石类				
			单斜辉石	斜方辉石	分計	普通角闪石	透闪石	阳起石	蓝闪石	分計
河南		洛宁申方村	0.23		0.23	11.57	0.64	0.45		12.66
		三門峡大北沟	0.26		0.26	11.73	0.56	0.46		12.75
陕西		榆林青云山	0.20		0.20	19.64	1.40	1.56	0.19	22.79
		子长水沟平	0.20		0.20	17.75	1.04	1.22		20.01
		延安城西	0.20		0.20	16.24	0.90	1.02	0.23	18.39
		洛川东里沟	0.20	0.20	0.40	17.87	0.29	0.52	0.40	19.08
		潼关苏村	0.19		0.19	13.00	0.66	0.50	0.20	14.36
陕西甘肃	陇东	平凉叶家堡	0.25	0.16	0.41	18.61	1.26	1.53	0.16	27.56
		宝鸡牛寺庙	0.20	0.20	0.40	13.70	0.72	0.98	0.28	15.68
	陇中	天水胡家堡	0.47		0.47	20.45	0.87	0.45		21.77
		敦城謝坪	0.20	0.20	0.40	16.53	1.15	0.60	0.20	18.48

地区			重矿物含量(%)							
			其他类							
			鈦英石	电气石	金紅石	榍石	磷灰石	鋭鈦矿	柘榴石	十字石
河南		洛宁申方村	3.49	2.47	4.08	0.34	0.40		2.74	
		三門峡大北沟	3.77	2.23	3.01	0.32	0.26	0.20	3.24	0.20
陕西		榆林青云山	3.50	2.55	1.26	0.20	0.20	0.20	3.25	0.20
		子长水沟平	3.23	2.03	1.49	0.20	0.20	0.20	2.53	
		延安城西	4.01	2.63	1.43	0.20	0.20	0.20	3.20	0.19
		洛川东里沟	3.31	2.62	1.02	0.19	0.26	0.20	2.83	0.18
		潼关苏村	3.96	1.36	1.11	0.29	0.38	0.19	3.19	0.18
陕西甘肃	陇东	平凉叶家堡	3.54	2.06	1.36	0.26	0.32		2.80	0.25
		宝鸡牛寺庙	1.33	1.79	1.22	0.50	0.40	0.20	4.60	0.20
	陇中	天水胡家堡	2.58	1.24	1.14	0.40	0.20	0.31	3.89	0.20
		敦城謝坪	1.85	1.46	0.82	0.24			4.52	0.10

土矿物成分（0.1—0.01 毫米粒級）

含量（%）（比重 >2.90）

綠帘石类			不透明金属类					云母类			其他类
綠帘石	黝帘石	分計	磁铁矿	鈦铁矿	赤铁矿	褐铁矿	分計	黑云母	白云母	分計	綠泥石
29.21	4.65	33.86	17.31	1.22	3.84	10.02	32.39	3.91	1.83	5.74	0.50
26.89	6.47	33.36	16.74	1.29	3.75	11.30	33.08	3.72	1.16	3.88	1.06
25.57	4.18	29.75	14.40	1.10	6.31	7.30	29.11	3.15	1.85	5.00	0.57
26.27	6.03	32.30	14.60	2.40	4.62	7.50	29.12	4.51	2.67	7.18	0.56
26.69	5.83	32.52	13.30	1.21	8.30	8.30	31.11	3.69	2.05	5.74	0.42
24.80	10.47	35.27	8.19	2.97	5.16	8.19	24.51	5.25	3.00	8.25	0.36
25.50	9.56	35.06	12.97	1.09	5.34	10.90	30.30	4.98	1.38	6.36	1.18
23.70	11.16	34.86	13.00	0.64	2.06	6.96	22.66	3.93	2.89	6.82	1.33
25.10	7.60	32.70	13.74	1.16	3.62	10.32	28.84	5.46	3.53	8.99	1.81
25.00	8.70	33.70	13.42	1.70	4.13	6.69	25.94	3.40	2.50	5.90	1.26
26.80	7.70	34.50	14.14	1.26	2.70	8.15	26.25	5.00	3.10	8.10	2.24

（比重 >2.90）　　輕矿物含量（%）（比重 <2.90）

其他	分計	总計	石英	长石	白云母	黑云母	玉髓	粘土团粒	其他	总計
1.20	15.22	100.10	47.50	39.50	3.80	2.50	1.50	4.00	1.20	100.00
0.78	15.07	98.40	50.00	39.50	3.50	2.00	1.00	2.50	1.50	100.00
1.22	13.15	100.00	50.36	42.18	2.21	1.14	0.57	1.64	1.90	100.00
0.75	11.19	100.00	49.27	42.10	2.50	2.00	0.45	1.90	1.78	100.00
1.58	14.06	102.02	49.93	41.00	2.58	1.80	0.57	1.50	2.62	100.00
1.32	12.29	99.80	50.50	41.10	2.20	1.50	0.50	1.10	3.10	100.00
1 89	13.73	100.00	51.00	39.00	3.00	3.21	0.80	1.50	1.49	100.00
1.77	13.69	100.00	47.50	42.00	4.50	3.10	0.50	1.20	1.20	100.00
1.37	13.42	100.03	50.40	37.50	3.20	2.60	1.00	3.50	1.80	100.00
1.00	12.22	100.00	49.50	41.00	3.00	3.00	0.50	1.00	2.00	100.00
1.06	12.29	100.02	48.50	38.00	3.00	2.50	1.50	4.50	2.00	100.00

（据秦岭地质队）

表 35　山西隰县午城镇柳树沟黄

标本编号	层位	重矿									
		不稳定矿物									
		紫苏辉石	顽火辉石	普通辉石	普通角闪石	玄武闪石	蓝闪石	其他角闪石	黑云母	分計	透辉石
2—V—3	馬兰黄土	0.85	0.85	4.66	4.24	0.42			14.41	25.43	1.27
2—V—6		1.16	0.63	6.97	13.10	0.46	0.69	0.46	13.10	36.57	1.39
2—V—10		2.60	0.33	2.28	15.96		0.55	2.27	4.56	28.55	1.65
2—V—14		0.47	1.19	5.48	11.42	0.47	0.24	0.24	5.72	25.23	1.43
2—IV—1*	离石黄土	1.08	1.28	2.57	8.99	0.21		0.64	3.21	17.98	0.64
2—IV—9		1.39	0.59	6.35	7.08	1.70		0.22	12.61	29.94	6.44
2—IV—10		1.50	0.75	7.75	10.50			1.00	10.00	31.50	1.50
2—IV—18		3.80	1.02	5.85	19.20	0.51	1.28		2.71	33.87	2.71
2—IV—21			0.43	3.53	18.61	0.42			17.95	40.94	2.19
2—IV—32		0.24	3.30	8.10	23.85		0.47	0.47	16.40	52.83	3.10
2—IV—40		0.50	1.25	7.50	19.75	0.50	0.50	1.50	12.50	44.00	2.50
2—IV—45*		2.65	1.33	6.31	16.98	0.53	0.53	1.57	6.10	36.00	2.65
2—IV—51			1.25	7.50	22.55			1.25	2.75	35.30	2.00
2—IV—66		3.62	2.59	4.31	17.61	0.26		3.62	2.59	34.60	2.59
2—III_3—1*		0.34	3.40	3.40	14.98	1.70	0.36	4.74	8.50	37.42	1.70
2—III_3—9		0.66	0.44	10.00	17.79			0.66	23.12	52.67	3.34
2—III_3—20		2.30	1.28	4.60	15.10	0.50	1.03	1.03	8.70	34.54	1.54
2—III_3—25		0.42	0.43	4.16	17.72			0.62	15.61	38.96	1.46
2—III_3—29		1.68	2.16	3.32	12.60		0.46	2.35	11.40	34.47	1.24
2—III_3—38		0.20	0.41	4.37	18.98		0.41	0.20	18.90	43.47	2.08
2—III_3—52		0.50	0.50	5.75	14.00	0.25	1.00		18.50	40.50	1.00
2—III_2—1*		0.28	2.28	1.69	10.15	0.28		3.47	10.42	28.57	1.26
2—III_2—12		0.98	1.11	6.45	15.96	0.22	0.44	0.66	13.31	39.04	0.66
2—III_2—18		1.20	0.89	5.10	14.35	0.89		3.59	3.89	29.91	1.80
2—III—14		0.40	0.40	4.00	15.00		0.60	0.40	15.60	36.40	1.00
2—III—24		0.98		2.65	7.80	0.33			18.18	29.94	0.33
2—II—8	午城黄土	2.55	1.28	5.88	5.37		0.52	0.77	8.70	25.07	1.53
2—II—13		0.44	1.11	2.22	7.10		0.44		21.10	32.41	4.00
2—II—21		0.50	1.25	4.00	8.00		0.50	0.25	10.25	24.75	2.25
2—I—3		1.58	2.65	3.16	7.65	0.79	2.12	0.79	6.60	25.34	3.37
2—I—4		0.47	1.19	1.91	3.82		0.93	0.47	15.82	24.61	0.95
2—I—7		0.50	0.75	1.25	7.50	0.25			3.50	13.75	3.25
平均值		1.10	1.07	4.96	13.31	0.28	0.44	0.83	11.78	33.74	2.09

注：1. 标本编号右侧带 * 者为埋藏土。　2. 平均值中不包括埋藏土分析数据。

土矿物成分（0.25—0.01 毫米粒級）

物								（比 重 >2.9）				
較		稳		定		矿		物				稳定矿物
阳起石	透闪石	綠帘石	褐帘石	褐帘石	綠泥石	硅綫石	硅灰石	磷灰石	柘榴石	白云母	分計	磁铁矿	赤铁矿
3.81	0.42	9.00		1.27	5.08	0.42		0.78	4.24		26.29	15.00	1.27
6.27	4.18	5.12	1.16			0.42	0.46	0.69	5.57	2.79	28.05	19.72	3.02
3.37	0.44	7.07	0.44	0.22		1.63	0.54	1.09	3.25	0.66	20.36	28.39	4.80
3.09	3.82	3.82			5.95			0.94	1.66	2.38	23.09	17.06	9.48
1.08	1.08	7.07	1.50	0.43				0.43	6.21	3.43	21.87	26.34	0.64
6.13	1.70	14.28	0.44	1.37	0.98	0.48	1.77	1.53	1.66		36.78	19.90	1.07
3.25	5.00	8.00	5.00					0.25	3.25	4.00	30.25	18.00	2.25
11.00	4.60	3.07	1.79			0.51		0.51	1.26	2.30	27.75	21.20	6.15
3.13	3.54	4.16	5.20					0.21	0.62	11.38	30.43	15.62	3.18
3.33	3.82	4.28	0.94					0.47	0.49	6.67	23.10	8.86	4.28
3.50	3.00	5.25	2.00					1.25	2.50	6.75	26.75	10.00	5.00
4.51	1.84	9.81	3.45	0.27		0.27	0.27	0.53	1.86	5.31	30.77	16.71	1.56
2.00	2.25	8.25	6.25				0.50	0.50	4.50	1.00	27.25	20.00	2.50
4.92	3.57	9.08	3.11	0.78	0.26		0.53	0.26	0.78	2.32	28.00	17.62	8.30
1.08	3.74	2.53	1.36	3.06	0.68	0.68	0.68	0.34	0.34	3.74	19.93	20.75	2.40
1.11	2.22	2.66	5.55					很少	1.43	6.59	22.90	10.00	3.34
4.35	4.85	7.18	0.50	0.25			0.25	1.03	1.79	3.30	25.04	24.00	3.83
1.46	2.71	6.24	5.20					0.21	1.46	7.30	26.04	19.70	0.62
4.16	6.70	0.61	2.94	0.50	0.61			0.46	1.54	14.50	33.26	18.40	1.78
4.16	3.13	6.26	3.54	0.20	0.20		0.62	0.20	1.89	4.80	27.08	13.95	2.71
3.50	2.00	3.75	1.25				0.25	0.50	2.25	2.50	17.00	15.75	9.50
4.23	1.97	6.10	1.13	1.09	0.56	1.28	1.13	1.69	0.56	5.07	26.67	22.51	5.77
5.12	4.45	8.45	1.43		0.22		0.22	0.22	2.44	3.56	26.77	21.10	0.89
4.79	2.40	11.68		2.09	0.89	0.28	0.30	很少	0.60	1.50	26.93	24.82	2.09
4.00	4.80	8.60	5.20					1.00	2.00	8.00	34.60	14.80	3.60
1.96		11.05	1.30	3.57	0.98		0.98	1.95	0.33	14.61	37.06	13.84	5.89
4.12	0.26	13.30	1.02	1.02	0.51		0.26	0.77	1.28	5.63	29.70	20.72	5.88
1.43	2.22	2.45	0.44	0.22				0.66	6.66	15.10	33.18	20.00	2.11
3.75	2.50	8.75	2.00					0.50	5.00	2.50	27.25	23.00	5.50
0.79		4.74	0.56			很少		1.06	2.32	2.90	15.74	27.10	7.14
3.10	1.91	7.15	1.67				0.24	0.47	4.76	10.71	30.96	21.25	4.76
3.75	3.25	5.50	4.75					1.25	11.00	6.25	39.00	20.75	6.25
3.76	2.84	6.81	2.27	0.42	0.56	0.13	0.23	0.67	2.73	5.36	27.89	18.59	4.18

标本編号	层位	重矿物（比重									
		稳定矿物				极稳定矿物					
		鈦鉄矿	榍石	藍晶石	分計	尖晶石	鋯英石	金紅石	电气石	銳鈦矿	黃玉
2—V—3	馬兰黃土	1.70	1.70	0.42	20.09	1.27	15.00	0.42	2.12		很少
2—V—6		很少	0.69	0.23	23.66	0.46	6.27	1.39	3.50		
2—V—10		4.29	0.87	0.76	39.11	0.11	8.36	1.63	2.48		
2—V—14		3.50	0.47	0.47	30.98	0.24	14.05	4.76	1.66		很少
2—IV—1*	离石黃土	8.99	0.21	0.21	36.39	0.21	18.66	3.21	1.71		
2—IV—9		0.11	0.47	0.22	21.77	0.54	7.74	0.85	0.59		
2—IV—10		1.50	0.25	很少	22.00		10.00	1.75	1.50	0.50	
2—IV—18				0.25	27.60		5.16	1.54	4.10		
2—IV—21		2.00	0.21	很少	21.01		3.80	1.18	2.50	0.21	很少
2—IV—32		很少	0.47	0.47	14.08		3.58	2.12	3.82	0.47	
2—IV—40		2.50	0.75	很少	18.25	1.25	5.00	0.50	3.75		很少
2—IV—45*					18.27	0.80	5.50	1.33	3.18		
2—IV—51		2.00	很少	很少	24.50		7.50	3.75	1.50	0.25	很少
2—IV—66			0.26	1.04	27.22		6.56	2.32	1.80		
2—III_3—1*	黃土	3.06	0.65	1.04	27.90	0.34	9.53	2.40	1.02	0.68	
2—III_3—9		很少	0.44	很少	13.78		4.44	2.22	3.34	0.66	很少
2—III_3—20		0.75	0.25		28.83	0.25	8.04	2.08	2.00		
2—III_3—25		很少	1.25	0.21	21.78		8.35	1.06	3.54	0.21	很少
2—III_2—29		0.62			20.80	0.30	6.93	1.08	3.16		
2—III_3—38		很少	0.41	0.20	17.27		6.26	1.25	4.37	0.20	
2—III_3—52		5.00	0.25	很少	30.50	很少	7.25	3.50	1.00		很少
2—III_2—1*	土	1.13	1.13		30.54		8.45	2.54	2.54	0.56	
2—III_2—12			0.22		22.21		4.66	2.89	4.44		
2—III_2—18		0.62	很少	1.50	29.03		7.54	2.40	4.49		
2—III—14					18.40		5.00	2.00	4.00		
2—III—24		0.33	0.92		20.98		6.07	1.95	1.62		
2—II—8	午城黃土	1.02	2.00	0.26	29.88		7.67	0.77	6.39		
2—II—13		1.20	0.22	0.66	24.19		5.58	0.89	3.75		很少
2—II—21		2.00	0.25	0.50	31.25		7.50	2.75	6.00		
2—I—3		6.58		0.79	41.61		9.00	3.16	4.24		
2—I—4			0.73	0.24	26.98		7.86	2.80	6.43		
2—I—7		2.43	1.00	0.75	31.18	0.75	7.75	3.75	3.25		
平均值		1.47	0.50	3.20	24.96	0.18	7.25	2.02	3.24	-0.09	很少

（續表 35）

>2.9)			輕 矿 物 （比 重 <2.9）									
分計	其他未知矿物	总計	石英	长石	斜长石	微斜长石	白云母	碳酸盐	石膏	玉髓	其他	总計
18.81	9.32	99.94	64.00	17.25	10.75	0.25	5.75			0.25	1.75	100.00
11.62		99.90	60.50	17.25	10.85	0.50	4.00	1.70	0.75	0.75	3.40	99.70
12.58		100.60	56.70	20.25	14.00	1.40	7.25				0.40	100.00
20.71		100.01	59.25	19.20	10.49	0.25	4.75	2.35	0.71	0.25	2.76	100.01
23.79		100.03	59.00	14.40	12.07	0.45	3.70	1.70	0.91		7.77	100.00
9.72	1.77	99.98	56.25	21.75	11.00	1.50	4.67	1.70		0.25	2.88	100.00
13.75	0.25	99.75	55.00	20.00	10.80	1.78	6.00	0.50	0.25		5.69	100.02
10.80		100.02	58.00	18.00	10.80	很少	4.85	2.40			5.95	100.00
7.69		100.07	49.25	21.00	15.00	1.50	2.00	3.25	0.50		7.50	100.00
9.99		100.00	50.27	20.07	17.08	1.64	7.67	0.23	0.71	0.74	1.49	99.90
10.50		99.50	51.00	18.00	19.25	1.00	4.00	0.75	0.25	1.75	4.00	100.00
10.81	3.45	99.30	58.50	18.90	16.20	0.35	3.00	0.70	0.35		2.06	100.06
13.00		100.05	58.00	17.25	16.75	1.00	0.25			0.25	6.50	100.00
10.18		100.00	50.00	19.00	12.41	1.00	0.10	0.45	0.45		16.59	100.00
13.97	0.34	99.56	64.80	14.40	13.15	0.45	3.65	0.35			3.20	100.00
10.66		100.01	56.75	16.50	17.00	1.00	0.50				8.25	100.00
12.37		100.78	50.80	20.70	13.58	很少	4.50				9.00	98.58
13.16		99.94	56.30	20.90	10.04	0.25	4.80	2.48	0.24		5.00	100.01
11.47		100.00	56.10	22.40	9.30	0.55	7.40				4.25	100.00
12.08		99.90	54.75	20.00	9.75	0.75	6.75			0.50	7.50	100.00
11.75	0.25	100.00	53.50	24.50	7.50	1.25	3.75			0.25	9.20	99.95
14.09		99.87	56.25	20.75	7.00	0.75	4.10	1.25			9.90	100.00
11.99		100.01	56.00	21.00	7.60	2.00	9.00	1.40	0.50	0.50	2.00	100.00
14.43		100.30	59.70	20.50	7.30	1.55	4.00				6.95	100.00
11.00		100.40	49.50	21.25	10.25	0.50	10.00			1.00	7.50	100.00
9.64	1.95	99.57	57.30	20.55	11.75	0.75	6.95			0.50	2.20	100.00
14.83		99.48	47.80	23.80	12.30	1.47	10.56				4.27	100.00
10.22		100.00	54.00	20.00	12.00	1.25	6.75	1.00	很少	0.75	4.25	100.00
16.25		99.50	56.76	20.00	10.50	0.50	2.25	2.00			7.99	100.00
16.40		99.09	57.75	21.40	13.25	1.55	3.44			1.00	1.65	100.04
17.09		99.64	56.49	19.85	10.49	0.74	9.97	0.44	0.25	0.22	1.55	100.00
15.50		99.43	54.50	20.75	8.50	1.50	8.00			1.00	5.75	100.00
12.79	0.62		55.22	20.10	11.79	0.98	5.35	0.74	0.16	0.36	5.22	

从以上各表中可以看出，虽然各地黃土中个别矿物有多有少，但是其中所含大多数矿物还是类似的。

不同时代的黃土矿物成分，根据以往李学清[131]、張淑媛、賈炳文、袁又申、曾河清[134]、王芸生[135]以及最近秦岭地质大队和作者等的研究，在其矿物种类上也与馬兰黃土类似（表34、35），只是在其含量与形态方面略有一些差异。

根据不同学者以及作者等对山西隰县午城鎮不同时代黃土矿物成分的研究，可以发現顆粒大小及其外部形态等都极为类似。在0.25—0.01毫米組分当中，石英多半是带有棱角和半棱角状的，无色透明者顆粒居多，有的表面带有鉄染；貝壳状断口显著。长石主要成短柱状或三棱形不規則粒状，表面风化微弱，一般都很新鮮，同埋藏土层中的长石多呈現强烈的风化現象有明显的不同。云母多成橢圓形鱗片状，白云母风化微弱，黑云母风化显著。輝石类矿物中普通輝石呈深綠色，頑火輝石呈綠白色、透輝石为淡綠白色等短柱状顆粒。閃石类矿物中以普通角閃石为主，呈淺綠色，并具有显著的多色性。輝石和閃石类矿物一般表面虽带有风化痕迹，但相当輕微。这些矿物中較大的顆粒棱角都不显著，但个别粗大顆粒比較圓滑。綠帘石則以黃綠色或檸檬黃色的顆粒为主，呈一种短柱状或粒状。柘榴石为无色、綠色或薔薇色。鋯英石以无色自形晶体者出現較多，常具有环带状的构造。金紅石为紅、棕、橙、綠等色，呈自形完整晶体出現。

上述各类矿物棱角都比較显著，其中以棱角和半棱角状的顆粒为主，并随黃土的粒級加大而渾圓的顆粒增多（照片38、40、41），在<0.03毫米粒級中也发現机械磨蝕的痕迹[65,138]。

<0.001毫米細粒級組分中，主要是一些粘土矿物，这是黃土矿物成分里重要的一部分，在这方面現在因研究的資料还不多，所以各地的变化情况一时还难以詳細比較。

各地黃土中的矿物种类、含量及其形态的相似性，是中国黃土的特征之一。如果把各地黃土中的矿物种类和含量同其分布区周圍和下复基岩进行对比，就可以看出各地的地层时代和岩石性质的显著不同，和黃土中矿物种类、含量間的极大相似性形成一个鮮明的对比，关于这个有意义的問題我們将准备在后面加以討論。

（二）中国各地黃土矿物含量及其区域特征

1．黃土矿物組合及其含量总的变化

各地不同时代黃土矿物成分以輕矿物（比重<2.90）为主，其含量約占矿物总含量的90—96%，据A. C. 里布琴可夫[1]的研究还要高，可达99.11%。黃土中重矿物（比重>2.90）含量甚少，一般常占4—7%，变化在1—10%之間。

对于中国不同地区的各矿物含量百分比，已列在表31、32、35。

从表31、32、35中可以看出，在不同地区馬兰黃土0.25—0.01毫米粒級中，石英与长

1）A. C. 里布琴可夫以比重<2.83的为輕矿物。

石在輕矿物成分中占主导地位，石英含量常占 49.00—64.00%，大多数都超过 50%。其次是长石，占 29.94—43.00%，并以正长石为主，鈉、鈣及其他种类的斜长石均含量甚少。其他如白云母和碳酸盐类矿物含量都不多。

各地黄土中主要重矿物成分为不透明金属矿物类，綠帘石-黝帘石类、角閃石类和云母类等矿物，其他如輝石、柘榴石、尖晶石、鋯英石、电气石、金紅石等等都含量較少。

于重矿物組分中含量最大的是不透明金属矿物，在 0.25—0.01 毫米粒級中含量变化在 14.0—36.50%，秦岭地质大队分析的 0.1—0.01 毫米粒級中含量变化較小，在 21.12—28.70% 之間，仅次于不透明矿物类的是綠帘石和黝帘石类矿物，这类矿物的含量变化在 7.02—31.80% 之間，0.1—0.01 毫米粒級含量較为接近，变化在 25.26—34.60% 之間。角閃石类矿物的含量与綠帘石-黝帘石类相近，在各地黄土中含量变化在 16.40—30.90% 之間。0.1—0.01 毫米粒級之中含量較高，其中含量均超过 22.24%。云母类矿物在各地黄土中也占有一定的含量，均超过 2.5% 以上，变化在 2.5—11.60% 之間。但在 0.1—0.01 毫米粒級中变化范圍較小，为 3.67—9.45%，其他各类矿物在黄土中含量不大，在重矿物成分中占从属地位。

对于离石-午城黄土的矿物成分以往研究的不多，特别缺少系統分析。

秦岭地质大队最近曾对黄河中游不同地区的离石-午城黄土进行过研究（表 34）。从表 34 中可以看出，不同地区的离石-午城黄土 0.1—0.01 毫米組分当中，矿物种类与含量百分比和其同粒級組分的馬兰黄土极为类似，只是其中綠帘石-黝帘石类和不透明矿物类的含量，略比馬兰黄土为高，前者含量多在 29.75% 以上，最高可达 35.27%。离石-午城黄土中的角閃石含量則比馬兰黄土为低，一般其含量常小于 23%。云母和其他类矿物的含量虽然也有高低的差异，但差别不大。

綜上所述可以看出，尽管这些資料是来自不同研究者，在分析方法中所选用的粒級以及对矿物种类区分的詳略程度有所不同，但分析結果都表明矿物的种类和含量各地大体上是接近的（图 81、82、83），尤其是某研究者本人对各不同地区的研究結果更为类似（图 81、82）。但是各黄土分布区的邻近地区及其下伏基岩时代和岩石性质是各种各样的，从时代上看包括了太古代以来的各紀的地层，其中有海相的也有陆相的；有火成岩，也有沉积岩和各种变质岩，在岩性上有砂岩、頁岩和石灰岩，也有各种类型的酸性、中性、基性的火成岩、片麻岩、板岩和千枚岩。这显然同各地黄土矿物成分的大面积的均一性有很大不同。这是特别值得倍加注意研究的問題。

2. 不同区域黄土矿物的特征及其变化

虽然中国各地黄土矿物成分以类似性为其特征，但在总的类似情况之下，由于受各个地区內地质地貌条件的影响，也存在某些小的差异，这些差异主要表現在以下几个方面：

（1）各地矿物种类上的差异。如果把各地黄土的矿物成分按着地区分成山西、山东、

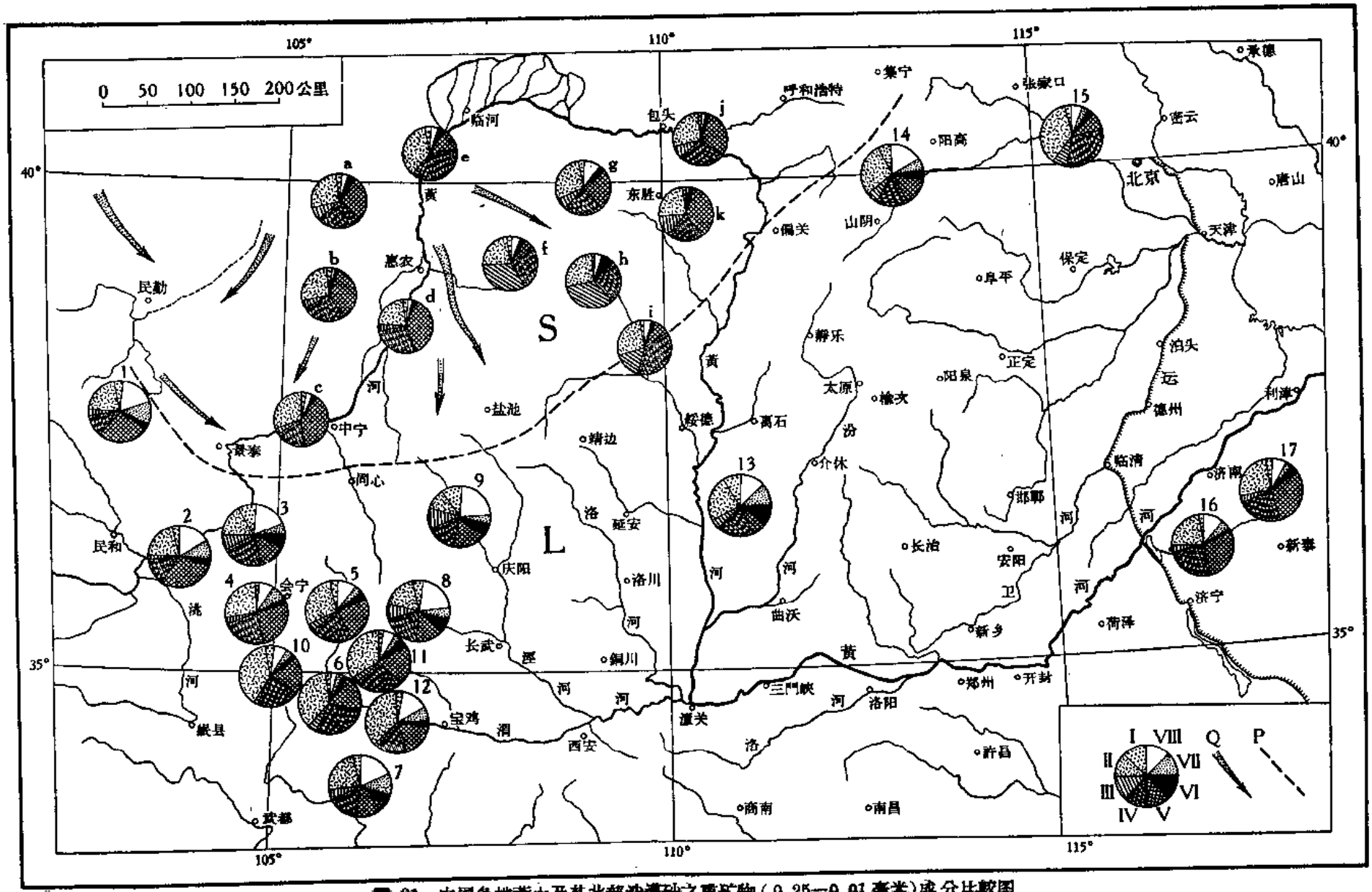


图 81 中国各地黄土及其北部沙漠砂之重矿物（0.25—0.01 毫米）成分比較图

Ⅰ.褐石； Ⅱ.不透明金属矿物； Ⅲ.石榴石； Ⅳ.角閃石； Ⅴ.綠帘石-鈦帘石； Ⅵ.鋯英石； Ⅶ.云母； Ⅷ.其他矿物； Q.风向； P.沙漠分布南界。

L——黄土分布区：1.古浪；2.兰州；3.榆中；4.定西；5.靜宁；6.天水；7.徽城；8.平凉；9.环县；10.甘谷；11.秦安；12.清水；13.隰县；14.大同；15.宣厅；16.張夏；17.淄博。

S——沙漠分布区：a.阿拉善吉兰泰；b.阿拉善巴彦浩特；c.腾格里；d.銀川；e.磴口；f.鄂托克旗；g.杭錦旗；h.扎薩克旗乌审旗；i.榆林；j.达拉特旗；k.庫布旗。

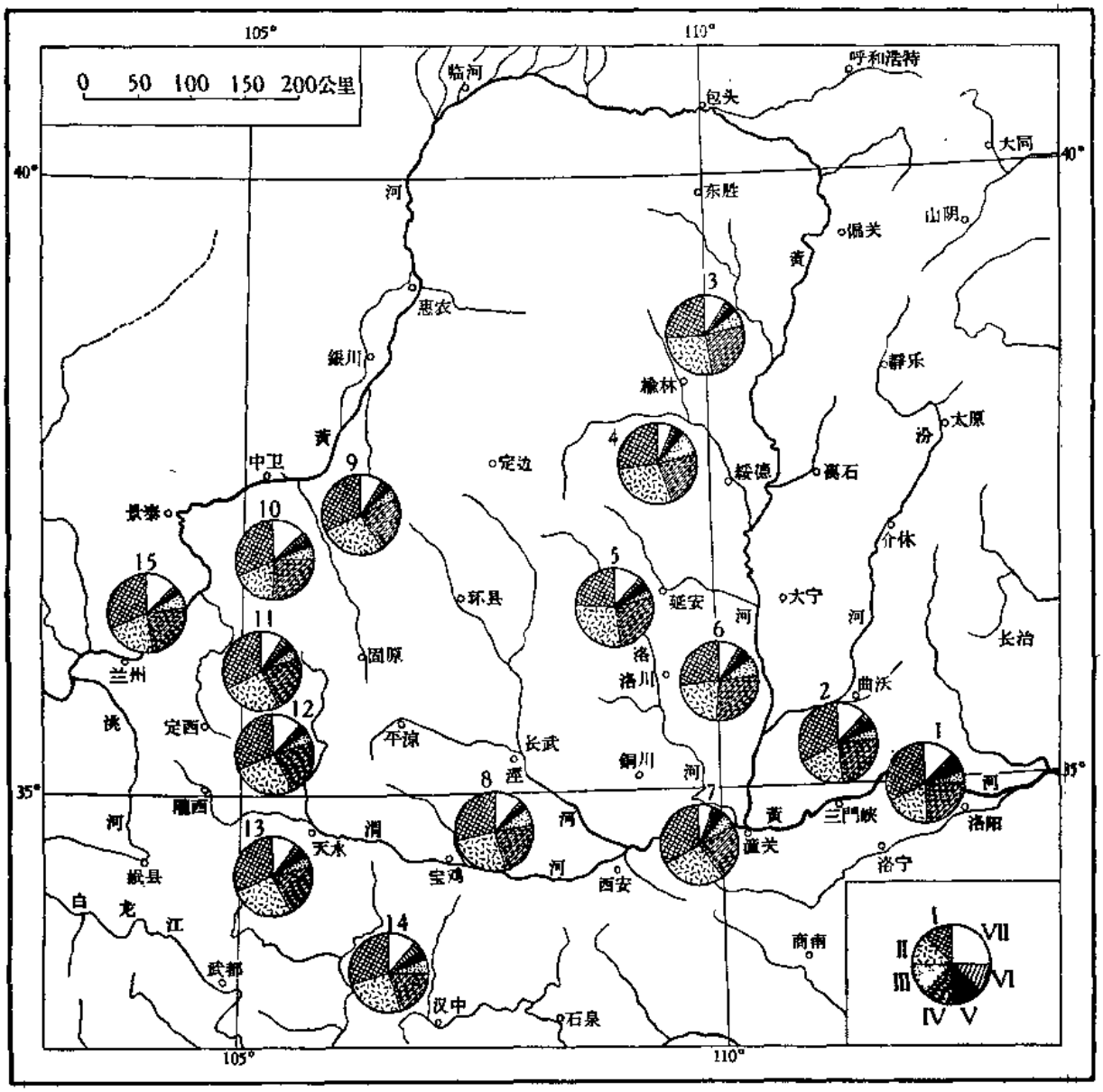


图 82 黄河中游各地馬兰黄土重矿物 (0.1—0.01 毫米) 成分比較图

Ⅰ.綠帘石-黝帘石; Ⅱ.不透明金属矿物; Ⅲ.云母; Ⅳ.角閃石; Ⅴ.鋯英石;
Ⅵ.石榴石; Ⅶ.其他矿物。

1.洛宁; 2.三門峽; 3.榆林; 4.子长; 5.延安; 6.洛川; 7.潼关; 8.宝鸡; 9.同心;
10.海原; 11.西吉; 12.靜宁; 13.天水; 14.徽城; 15.兰州。

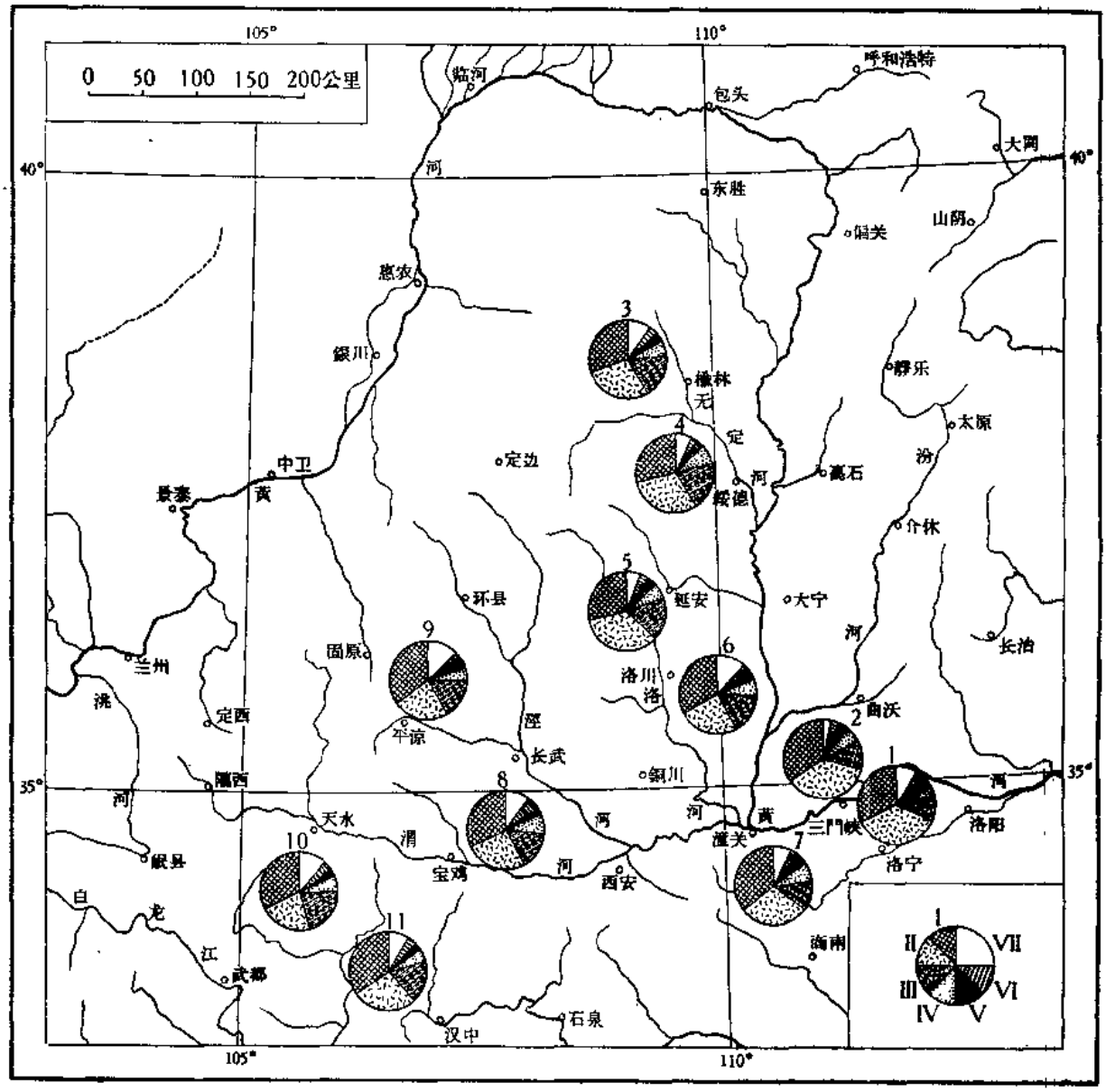


图 83　黄河中游各地离石-午城黄土重矿物(0.1—0.01 毫米)成分比较图

Ⅰ.榍石-锆石; Ⅱ.不透明金属矿物; Ⅲ.角闪石; Ⅳ.云母; Ⅴ.锆英石;
Ⅵ.石榴石; Ⅶ.其他矿物。

1.洛宁; 2.三門峡; 3.榆林; 4.子长; 5.延安; 6.洛川; 7.潼关; 8.宝鸡; 9.平凉;
10.天水; 11.徽城。

河北、隴东、隴中和兰州以西等几个区域彼此进行比較，則可以看出，除大部分矿物种类相同外，也有些个别矿物不同。例如，在兰州以西兰州与古浪两地的黄土中出現有鈦輝石、紅帘石、金云母、鉄鋰云母、蛇紋石、十字石等矿物，在其他地区尚未发現。在河北的黄土中未見綠泥石、藍晶石、硅綫石、銳鈦矿、板鈦矿和电气石等矿物。山东的黄土缺少尖晶石、銳鈦矿、鈦鉄矿。隴东的黄土中缺乏藍閃石、玄武閃石、赤鉄矿、板鈦矿。在隴中地区的黄土中又发現古銅輝石。

(2) 矿物含量上某些差异。如果把各地黄土矿物合併成輝石、角閃石、綠帘石及黝帘石、云母、不透明金属矿物、綠泥石及其他几个大类以后(見前表 31、32)，就可看出(表 31、32)，兰州以西和隴中地区綠帘石-黝帘石等类矿物含量較高，例如表 31 中在兰州、古浪两地含量均超过 29.0%，在表 32 中含量也多 >31%；在山东和河南等地綠帘石-黝帘石的含量也較高，大于 26.85%，与此相反的在这两个地区中柘榴石含量較低；隴中和陝西境內与前者相反，柘榴石含量較綠帘石-黝帘石类矿物含量为低。

(3) 几类矿物含量上的差异。如果把不同地区的黄土按其稳定程度之不同归成不稳定、較稳定与稳定、极稳定三个大类分别繪在三角图中 (图 84、85)。从图 86 中可看出，不稳定矿物的含量以山西最高，隴中和隴东居中，山东最低；較稳定与稳定矿物含量以山东

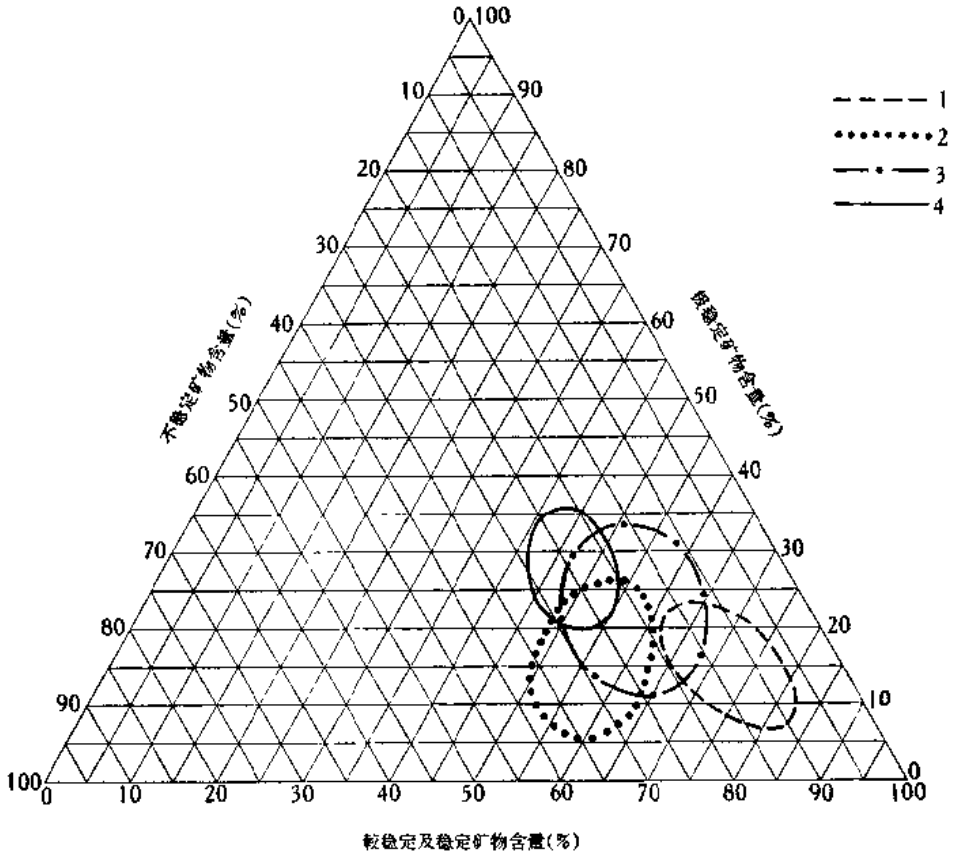


图 84 中国各地黄土中重矿物含量比較图

1.山东； 2.山西； 3.隴中(六盘山以西)； 4.隴东(六盘山以东)。

为高，山西最低；极稳定矿物以隴东含量較高，隴东次之，最低是山东。

根据秦岭地质大队的分析（0.1—0.01 毫米粒級），黄河中游各地的馬兰与离石-午城黄土內这三大类的矿物含量也有变化。

在馬兰黄土中，不稳定矿物以陕西含量最高，其次是河南与隴东，最低是隴中。較稳定矿物則以隴中含量最高，隴东次之，陕西最低。极稳定矿物的含量以河南为最高，其次是陕西，最低是隴中（图 85）。

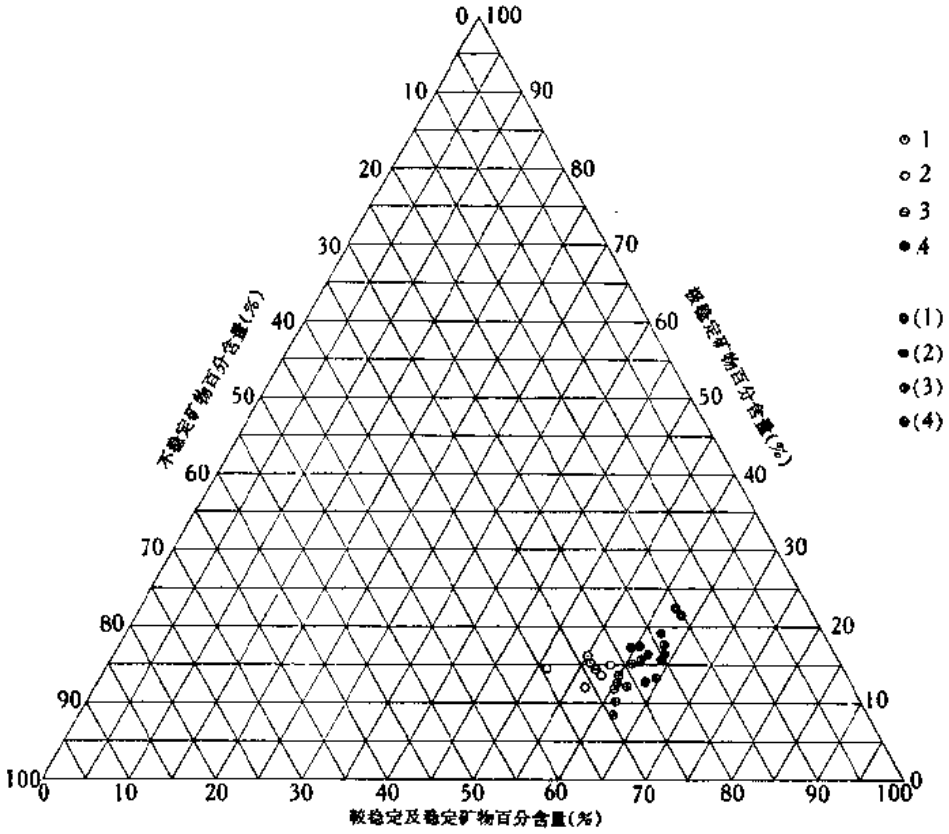


图 85　黄河中游各地不同时代黄土中重矿物含量比較图

馬兰黄土：1.河南；　2.陕西；　3.隴东(六盘山以东)；　4.隴中(六盘山以西)。
离石-午城黄土：(1)河南；　(2)陕西；　(3)隴东(六盘山以东)；　(4)隴中(六盘山以西)。

各地离石-午城黄土的区域变化規律基本上同馬兰黄土类似，唯比馬兰黄土含有更多的較稳定、极稳定矿物成分，不稳定的矿物則普遍有所減少（图 85）。根据以上对比可以作出以下几点結論：

（1）从图 84 和 85 特別是图 85 中可以看出，所有的分析数据点子在三角图中相当集中，这首先說明黄土中各类矿物之間的类似性。图 84 中的点子比較分散一些，这可能与以下两个原因有关：第一，分析包括的地区較广，各局部地区可能有些变化；第二，这些分析数据来源复杂，系来自不同研究者，因而在矿物鑑定上可能有一些人为的差誤存在。

（2）从图 84、85 中可以看出，所有的样品分析数据点子，多集中在三角图的右下角，

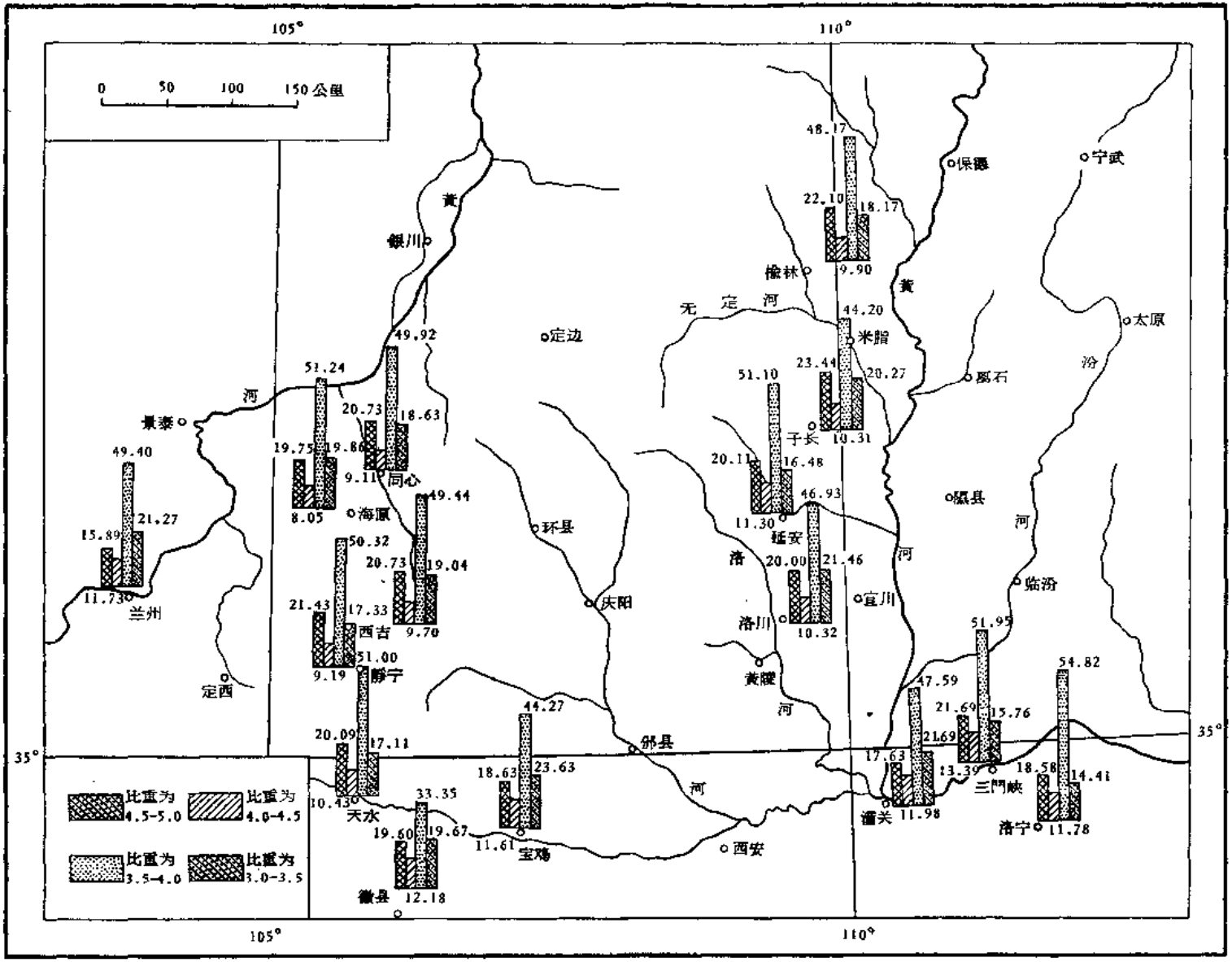


图 86　黄河中游各地馬兰黄土不同比重矿物百分含量区域变化图

这就說明中国黄土矿物成分以稳定与較稳定矿物为主，这类矿物常占总碎屑矿物含量的40—85 %。不稳定和极稳定类矿物一般都含量很少，不稳定矿物含量变化在 15—43% 之間，极稳定矿物变化在 5—35% 之間。

黄土之中这三类矿物含量如此配置，这說明粉土成分在其堆积以前还沒有遭到剧烈的风化阶段，这显然和形成黄土时期气候干燥有联系。在这一点上黄土同其他第四紀沉积物之間有很大区别。

(3) 不同比重矿物在区域上的变化。各地黄土矿物成分不仅种类和含量在各地有所差异，同时根据矿物的比重大小不同其含量自北而南也有一定变化。

作者等曾利用表 32 进行过研究，如果把各地黄土的矿物成分按其比重大小不同大致划分成 3.0—3.5, 3.5—4.0, 4.0—4.5, 4.5—5.0 这四个組，并将各組中矿物含量百分比相加，繪于图(图 86)中，即可以看出，4.5—5.0 这一組矿物在陝西与河南境內，自北而南含量逐漸減少。

在隴中地区也有类似情况，南部数字都偏低。比重 3.0—3.5 一組矿物含量自北而南含量似乎也有逐漸增加的趋势，矿物含量变化不太明显，在其南部也出現有低值。离石-午城黄土虽然与馬兰黄土比較并不完全相同，但也有些类似。

至今对不同比重大小矿物区域变化研究的还不多，資料也极为有限，所以根据現有不多資料所得到的这一結果能否如实的反映不同比重矿物在区域上的变化，还有待进一步去证实，但是这种变化規律是值得注意的。

众所周知，当松散的砂与粉土类沉积，受风与水搬运轉移之后，按顆粒大小和其比重进行分选，最后比重較大的常富集在原产地，而比重較小的易于轉运。如果上面分析的結果无誤的話，那么显見这种規律同黄河中游各地黄土矿物按比重大小由北而南变化規律是一致的。当然影响重矿物变化的因素还很多，所以除了注意上述因素以外还必須全面的予以考慮。

(三) 不同时代黄土的矿物成分及其变化

对于不同时代黄土剖面系統分析目前尚少，著者于 1960 年曾研究过山西隰县午城鎮的黄土剖面。这一剖面位于黄土高原的东南部，黄土厚度很大，相当完整，自上而下包括有馬兰 (Q_3)、离石 (Q_2) 和午城 (Q_1) 等三个不同时代的黄土，所以可以同其西陝西和甘肅地区的广大黄土“塬”区进行对比。为了便于在本文中討論，所以也将以往分析結果列入表中 (見表 35)。

从表 35 中可以看出，不同时代黄土的矿物成分，不論就其种类或含量，发現自下而上具有极大的类似性。如果把黄土輕矿物成分中的主要矿物成分石英和长石以及黄土中重矿物成分按矿物在抵抗化学风化能力的强弱程度不同合併成不稳定、較稳定、稳定和极稳定四类[136]繪在图上(图 87)以后，就会发現自上而下变化的很小。同时不同时代的馬兰、

离石-午城黄土的矿物含量平均值也十分接近(图 88)。这与机械分析和化学分析中所取得的自上而下变化不大結果是吻合的。但是不同时代黄土矿物成分也多少有些变异，其差异主要表现在以下几个方面:

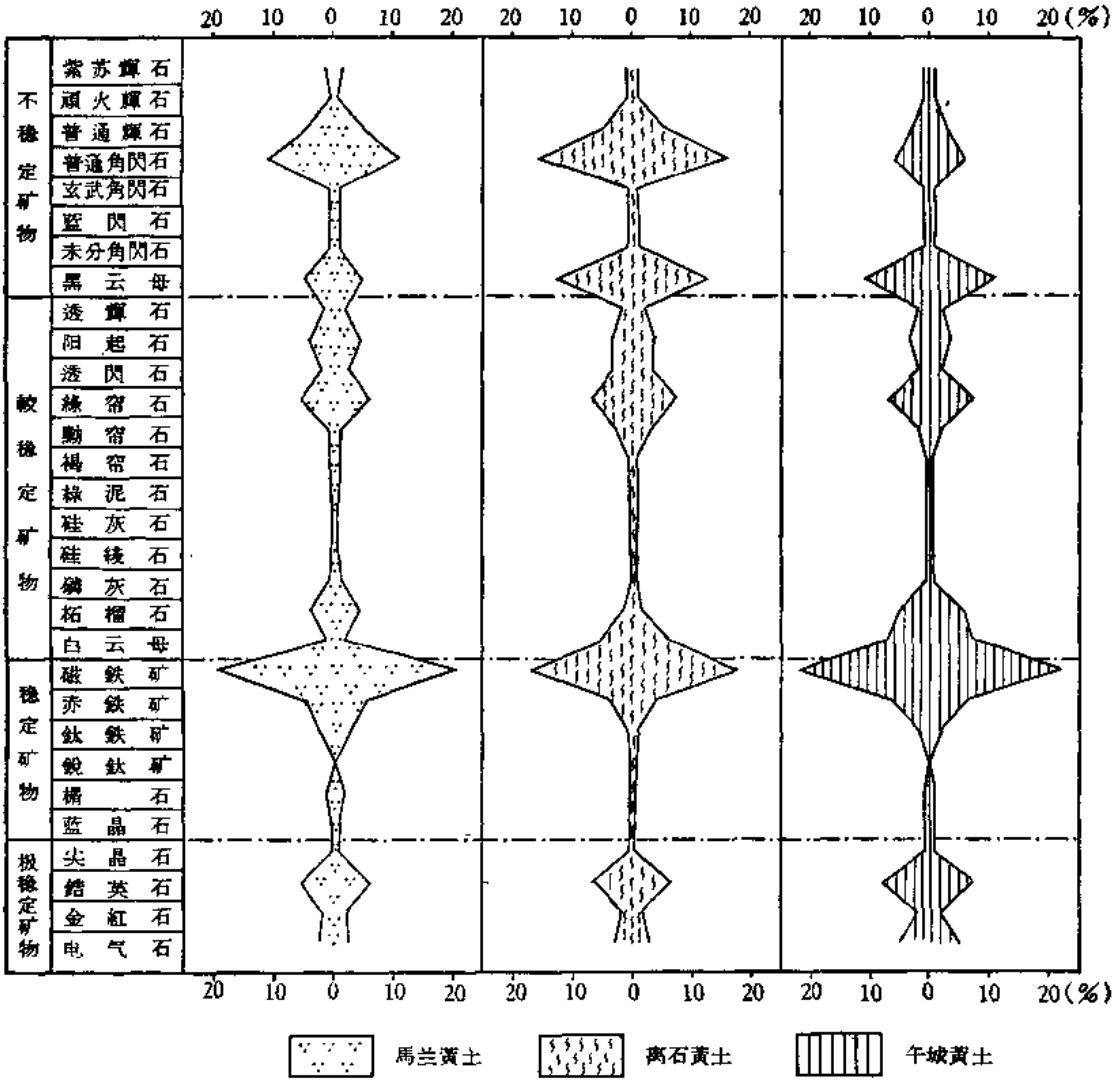


图 88 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黄土中重矿物含量平均值比較图

1. 个别矿物在不同时代的黄土中自上而下存在一定变化(图 89)。

图 89 中横座标代表各不同层位的黄土，纵座标代表矿物的含量百分数。

从图 89 中可以看出，普通角閃石和普通輝石以离石黄土上部含量最大，自左而右含量逐渐減低，在午城黄土中減到最低含量，柘榴石、电气石在午城黄土中含量都很大，而馬兰与离石黄土中含量都較小，不透明金属矿物与上述几种矿物变化相反，在离石黄土之中含量普遍減低，其他各种矿物在不同层位中自左而右也存在或多或少的变化。

2. 从表 35 与图 87、88 中可以看出，离石黄土比其上馬兰黄土和其下午城黄土含有

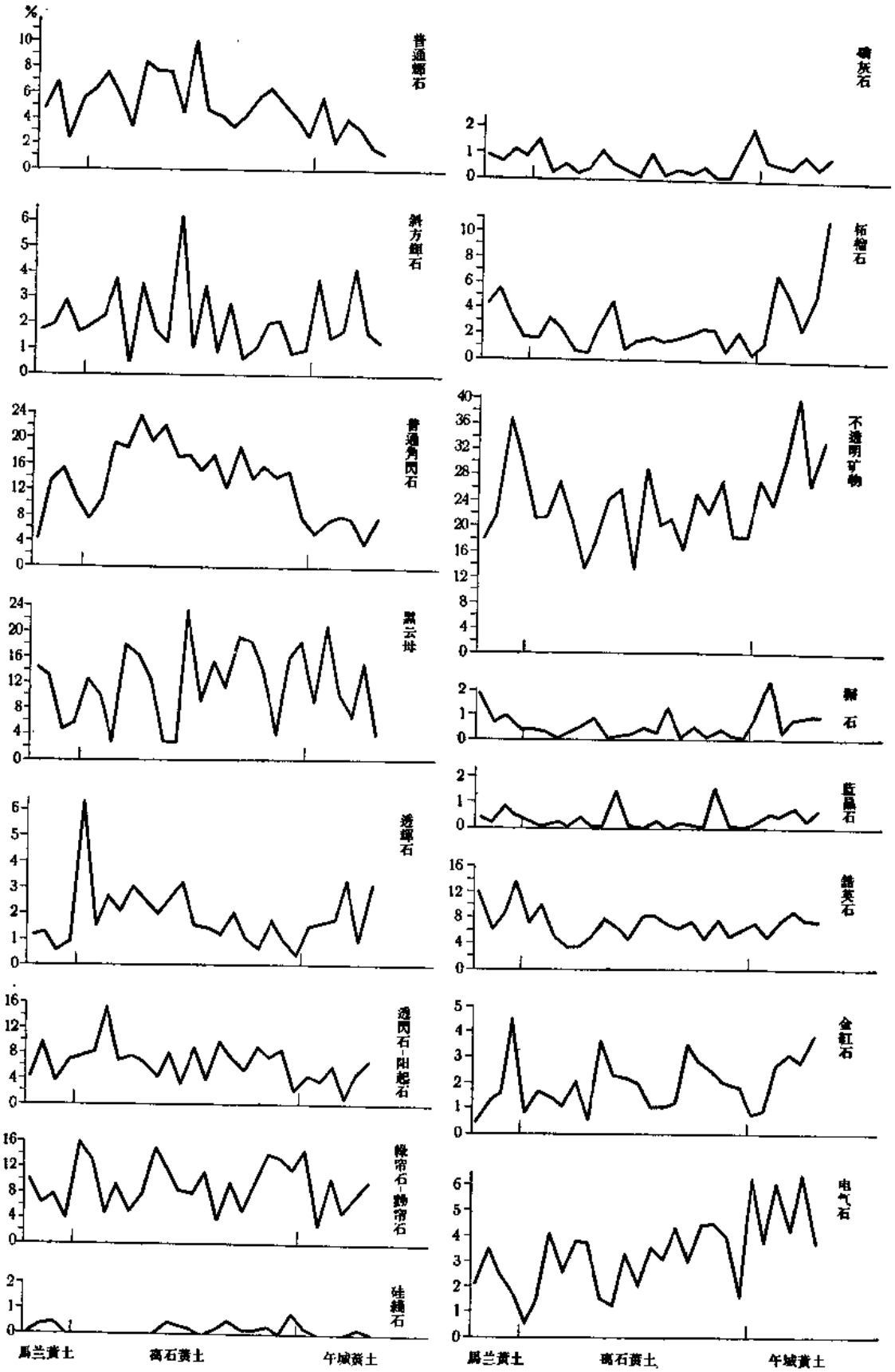


图 89　各种不同矿物在黄土中含量变化图

更多的不稳定矿物，离石黄土本身上、下部相比，则其上部又比其下部含不稳定矿物成分为高。

3．不同层位的黄土矿物成分彼此間含量大小变化的幅度差也有所不同，如果把各层位中的矿物按不稳定、較稳定-稳定和极稳定三类繪在三角图（图 90）內，可以发現其变化幅度大小并不完全相同，其中以午城黄土和离石黄土上部变化較大，因此所有的分析数据点子不集中比較分散，与此相反馬兰黄土和离石黄土下部数据点子比較集中，在图中占据的面积較小。

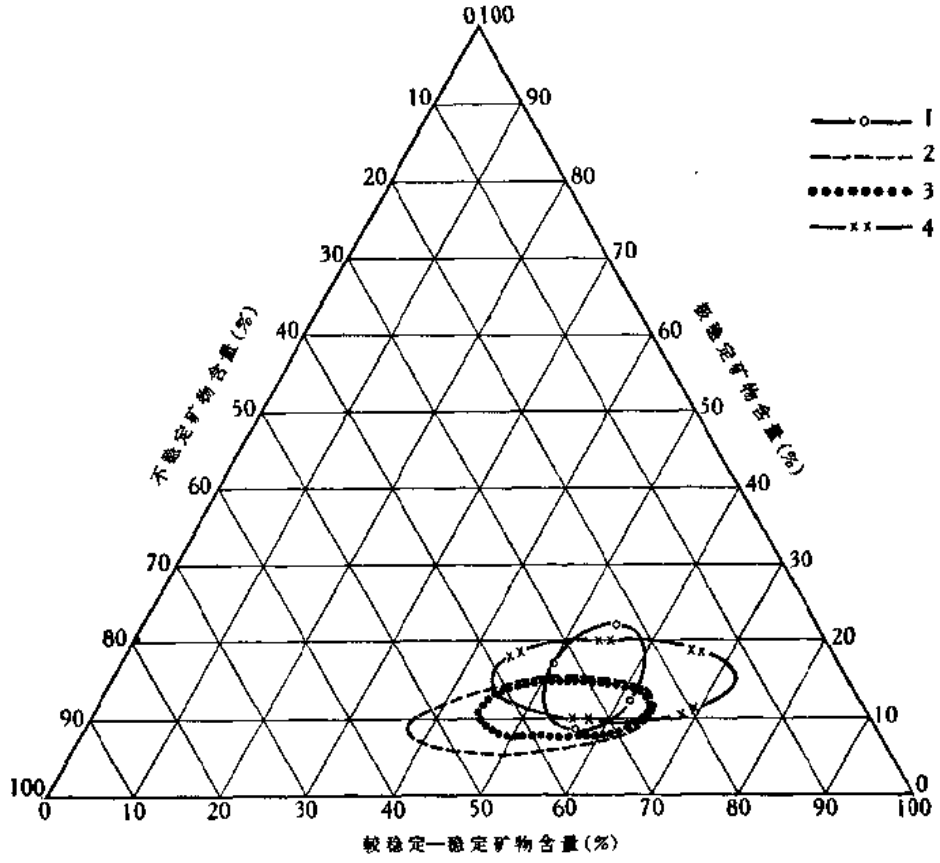


图 90　山西隰县午城鎮不同时代黄土中重矿物成分比較图

1.馬兰黄土；　2.离石黄土上部；　3.离石黄土下部；　4.午城黄土。

上述各层分析数据点子有的集中，有的分散，这說明不稳定、較稳定-稳定和极稳定这三类矿物的含量百分比在变化。点子愈零散，則反映变化幅度愈大，表明当时堆积环境不稳定；相反分析的数据点子愈集中，則說明变化幅度小，堆积环境稳定。既然如此，那么从这一剖面上可以看出，从早更新世以来到晚更新世期間，矿物含量变化幅度曾出現过由大到小两次循环，一次是早更新世到中更新世初期；另一次是中更新世晚期到晚更新世。

矿物成分这样有規律循环变化，无疑其原因很多，但其中最主要的还是气候变化。

（四）比較和討論

1．中国黄土矿物成分同世界其他地区比較

为对比中国和世界其他地区黄土矿物成分，现在根据收集到的仅有材料列入下表（表36）。

表 36　中国及世界其他地区黄土重矿物成分对比表

矿物名称 \ 地区 / 矿物含量（%）	中国 黄河中游山西、陕西、甘肃各地及河北部分地区	匈牙利 納德維尔及其他地区	苏联 斯塔夫罗波尔等地	苏联 中亚伊塞克庫尔地区	苏联 中亚塔什干奇尔奇科地区	苏联 烏克兰	苏联 白俄罗斯莫茲尔等地区	德意志民主共和国 布兰登布克区
紫苏輝石	0.10—3.60	0—P	1.5—4.0					
頑火輝石	0.16—4.00		2.5—4.8	2.0—3.0			很少—0.5	
斜頑火輝石								
古銅輝石	很少—0.60		0—0.8			0—2.0		4—6
透輝石	0.20—6.44	1.5—3.2	0.5—6.0					
普通輝石	0.17—10.00	1.8—3.6	0.5—3.0	2.0—4.0	一顆—1.79			
单斜輝石			P—5.0					
普通角閃石	3.82—28.01	2.0—9.0	1.0—8.5		13.44—22.32		5.8—14.3	
藍閃石	0.16—5.70	0—3.6	0—P					
直閃石			0—P					
鈉角閃石	0—0.5							
鈣鈉閃石	0.20—0.7			12.0—14.0		0.2—8.6		18—19
玄武閃石	0.20—1.70	0—1.2						
阳起石	0.45—14.80	P—0.7	1.1—3.5					
透閃石	0.26—8.20	P—1.9	0.5—3.0				很少—0.3	
其他閃石	0.20—3.62		1.5—4.0					
綠帘石	0.26—29.21	3.5—5.0	4.3—6.0	12.0—14.0				
黝帘石	0.44—11.16	8.3—14.5	3.5—8.0					
紅帘石	0.10—0.20				0.37—13.14	0—5.2	6.4—14.8	14—15
褐帘石	0.20—3.57							
斜黝帘石	0.70—5.07		0—2.0					
硬綠泥石	很少—0.50							<0.5
綠泥石	0.20—5.95	1.5—4.0	3.5—7.0	<0.5				
黑云母	1.20—23.12	0.5—2.1	1.5	6.0—7.0		0—2.0	很少—0.4	1—2
白云母	0.20—15.10	1.9—30.0	0—P	1.0—3.0		0—0.2		
磁铁矿	3.40—28.39	0.4—1.3	0.5—7.0	8.0—9.0	14.88—32.12		很少—0.5	
鈦铁矿	很少—10.40	20.5—28.0	18.0—26.0	5.0—7.0	15.90—33.30	1.1—46.1	26.7—32.8	35—36
白鈦矿	0.50—5.00	5.0—8.1	4.0—7.0			0—20.9	3.7—8.5	
赤铁矿	0.37—10.80	0—2.0	0—1.0	<0.5			很少—1.0	
褐铁矿	很少—11.30	1.0—1.6	1.0—8.0	2.0	5.70—20.53		很少—1.0	
尖晶石	很少—1.27	0—P				0—0.2		
鉻尖晶石	0.30—2.50	P—3.0	0.5—1.0	0—1.0		0—0.2		
藍晶石	很少—2.30	P—2.1	0—P			1.0—17.5	很少—1.2	可达1.5
硅綫石	很少—1.65		0—P			0—4.7	很少	一粒

（續表 36）

矿物名称 \ 地区 / 矿物含量（%）	中国	匈牙利	苏联					德意志民主共和国
	黃河中游山西、陝西、甘肅各地及河北部分地区	納德維尔及其他地区	斯塔夫罗波尔等地	中亚伊塞克庫尔地区	中亚塔什干奇尔奇科地区	烏克兰	白俄罗斯莫茲尔等地区	布兰登布克区
柘榴石	0.33—12.00	4.5—18.0	3.0—4.0	1.0—2.0	0.37—4.21	0.6—14.7	16.6—20.5	3—4
十字石	0.18—0.50	0—0.5	0.5—2.5			0—13.5	0.3—1.20	0.5
硅灰石	0.22—1.77							
鈦鉄矿	0.19—1.90	0—0.5	P	1.0		0—2.8	很少—0.4	<0.5
板鈦矿	0.18—0.70	0—P	P—0.8			0—0.2		可达 1
鋯英石	0.96—15.00	1.5—5.5	3.0—6.0	5.0—8.0	一粒—0.90	10.9—29.0	9.2—18.0	5
电气石	0.50—6.43	1.8—3.7	0.5—1.5	2.0—4.0	1.24—2.92	0—2.3	0.2—1.3	可达2.5
金紅石	0.18—4.71	1.0—5.1	0.5—1.5	2.0—4.0	一顆—1.22	2.2—11.1	6.4—13.6	3—4
榍石	很少—3.60	1.3—2.1	0.5—1.5	2.0—2.5	一顆—0.89	0—0.4	很少—4.2	2
磷灰石	很少—2.5	0—1.0	1.0—2.5	3.0—5.0		0—1.1	很少—0.8	可达 1
黃玉	0—很少		P			0—2.6		
海綠石					6.94—17.74			
独居石			0—P			0—2.2	很少—0.2	
鉻云母				<0.5				
金云母	0—0.3							
鋰云母	0—0.3			<0.05				
紅柱石						0—0.5		
蜜紅柱石						0—0.2		
磷釔矿						0—0.5		
剛玉						0—0.2		
		据И.Д.謝德列茨基与B.П.阿納涅夫	据B.П.阿納涅夫		据Г.A.馬夫琛諾夫	据B.И.米耶累尼科	据K.И.魯卡爾夫	据K.A.拉里莫諾夫

从表 36 中可以看出，中国各地黃土的重矿物成分与世界其他地区有些类似，表現在种类与含量上都相当接近。但是其中也存在較大差异。这种差异远比中国国內各地黃土矿物成分之間的差异为大。茲根据其間的差异作如下叙述：

（1）对比結果可以看出，中国黃土矿物成分比較复杂，像輝石、角閃石和綠帘石类矿物的种类都相当多。但直到目前为止还沒有发現独居石、剛玉、磷釔矿和海綠石等矿物，而这些矿物，尤其是其中海綠石在苏联和匈牙利等地都有所发現，并占有很大数量，这同中国黃土有很大不同，这可能是因为中国黃土沉积区及其外圍地层以陆相地层为主，缺少海相地层的原因所造成的。

（2）中国黃土除在矿物种类上有以上特点以外，在矿物含量百分比方面与其他地区也有某些不同。

如与匈牙利的黃土[137]对比，則中国黃土含較多的輝石、角閃石、綠帘石、黑云母、磁鉄矿、鋯英石，而白云母、鈦鉄矿、柘榴石則較少。

与苏联中亚几个地区的黃土矿物[138—140]进行对比之后，則发現中国黃土含較多

的輝石、綠帘石、磁鉄矿和褐鉄矿等則比塔什干为低，比伊塞克庫尔（Иссык-Куль）为高。

同斯塔夫罗波尔（Ставрополь）进行对比，則中国黄土比之含有較多的角閃石、綠帘石、云母、磁鉄矿、柘榴石、鋯英石，而綠泥石、十字石等含量較低。

同白俄罗斯[141]莫茲尔（Мозырь）的黄土对比以后，則中国黄土含較多之普通角閃石、阳起石、綠帘石、磁鉄矿、黑云母、褐鉄矿，而鈦鉄矿、柘榴石、鋯英石、金紅石含量少。

如果同烏克兰黄土[142]比較，則中国黄土含較多之輝石、角閃石、綠帘石、黑云母、白云母，但鈦鉄矿、藍晶石、十字石、鋯英石和金紅石等含量均較少。

同德意志民主共和国布兰登布克（Brandenburg）等地进行比較，則中国黄土含角閃石、綠帘石、柘榴石、黑云母等較多，而金紅石含量較少。

对比結果可以看出，中国黄土比世界其他多数地区的黄土含角閃石、綠帘石、云母和輝石等类矿物多，而鋯英石、金紅石、柘榴石等矿物含量少。世界各地黄土矿物成分間所以具有这种差异，无疑与各地黄土分布区內或其邻区的地质、地理条件等的不同有关。

2. 討論

根据以上分析，对中国各地黄土矿物成分作如下探討。

1. 关于中国黄土物质成分来源

（1）中国黄土矿物成分同当地基岩間缺乏一定联系。通过上述可以看出，广泛分布于中国各地的黄土不論 >0.01 毫米或 <0.001 毫米粒級組分，其中所含矿物种类与含量在水平或垂方向上未发現十分显著的不同，相反，彼此十分类似。然而，在黄土广大覆盖区內，地质构造，地层岩性，地貌条件等却存在很大不同。据以往研究，发現各地基岩中矿物种类、含量、标型特征等不仅彼此不同，而且也与黄土矿物成分有很大区别（表 37）。所以显見各地黄土的矿物成分同附近或其下伏基岩幷沒有很大联系。这証明中国各地的黄土粗粒矿物成分絕大部分不是取自其相邻的山地，或其下伏基岩，而是取自較远地区。

（2）中国黄土矿物或分另一个特点是具有区域变化。

根据已有鄂尔多斯、东阿拉善和黄河河谷地区砂的矿物成分部分分析[143]（图 81），从图中可以看出，北部砂的矿物成分同其南部黄土矿物成分区域特征是类似的。靠近黄河中游西部地区，如阿拉善砂与六盘山以西各地黄土，均以富含綠帘石和貧乏柘榴石与鋯英石等为其特征。向东在鄂尔多斯砂中，以及其南隴东、陕西、山西等地的黄土，其矿物組合和含量特点又与其西部不同，該区含柘榴石和鋯英石等甚多，而綠帘石类矿物的含量則显著減少。所以看来似乎彼此間存在着一定的联系，但是黄土矿物成分在各地含量变化不大，同北部沙还是不同的，这說明黄土矿物成分虽受北部沙影响，但影响不大，而黄土物质成分可能来自更远。另外，发現在离石黄土中含有較多角閃石类，綠帘石-黝帘石类矿物，

而馬兰黄土含有較多的柘榴石与鋯英石，这反映离石黄土矿物成分受鄂尔多斯影响較小，而馬兰黄土矿物成分受之影响較大。

（3）在黄河中游地区，馬兰黄土中不同比重矿物自北而南也发現有一定規律的变化。如果把馬兰黄土重矿物成分，按其比重大小不同分成四类（如前），則发現比重大的矿物含量自西北而东南逐漸減少，相反比重較小的重矿物則含量有所增加（图 86）。这种变化規律显見是与顆粒成分区域南北方向性变化是吻合的，都反映其物质成分是来自区域的西北部。

中国各地黄土矿物成分在种类上也很复杂，如前所述它包括来自火成岩（酸性、中性、基性）、变质岩和沉积岩各类矿物，而且与其中任何一种岩石的矿物成分都不相同。这說明黄土矿物成分不是来自某地区一种岩石，而是来自許多地区多种岩石。同时它們也不象任何其他第四紀沉积物那样随地区的不同而矿物成分变化显著。可見黄土矿物成分是具有其自己特征，其矿物成分是来自广大地区各类岩石，在搬运的过程中得到高度混合，并形成既复杂又均匀的黄土矿物成分。

虽然到目前为止，对中国黄土矿物成分方面的研究还不多，对其成分来源研究更少，但就上述資料可以看出，黄土矿物成分同当地老岩石沒有联系，然而却自西北而东南具有方向性变化，就其中矿物組合与含量特点来看，与鄂尔多斯和阿拉善各地砂与基岩矿物成分有联系。这反映黄土矿物成分是来自区域的西北部。

2．关于黄土沉积条件和搬运营力

搬运营力：中国不同地区黄土中的矿物成分大都未受剧烈风化，一般风化程度都微弱，甚至象黑云母和斜方輝石以及硷性角閃石等矿物保存的都非常好。这表明中国黄土是在十分干燥的气候环境下形成的。另外，黄土矿物成分复杂，十分类似，說明其成分来源較远，并在搬运的过程中曾經得到高度混合。如此高度均匀混合是其他任何流水作用所无能为力的。因为不論冲积或洪积常受其附近地势和水文网所局限，所以矿物成分不能在大面积內获得一致。

中国黄土矿物成分不仅种类复杂，而且在 <0.03 毫米大小顆粒中尚带有磨蝕痕迹[65]，同时其风化系数很小，仅为 0.2—0.3[133]，也与其他流水沉积物不同，这都說明中国黄土是风搬运而沉积的。

黄土沉积条件：不同时代黄土的矿物成分自上而下变化甚小，表明当黄土沉积时补給区相当稳定。但从黄土矿物含量，特别是当把黄土重矿物区分为不稳定、稳定-較稳定和极稳定三类以后，将其含量百分比繪于三角图中（图 90），可以看出不同时代黄土堆积当时还有一定变化，根据其含量的变化范圍和稳定情况来看，至少从早更新世以来到晚更新世时期之間有过四次大小变化和两个“旋迴”，第一个“旋迴”起自早更新世至中更新世的早期；第二个“旋迴”从中更新世的晚期开始一直到晚更新世时期。除此之外，从矿物含量变化来看，还存在多次的較小变化。

表 37　黄河中游各地不同时代

矿物名称 / 矿物含量(%) / 产地及岩性	紫苏辉石	顽火辉石	普通辉石	透辉石	普通角闪石	蓝闪石	钠钙闪石	玄武闪石
甘肃天水前震旦纪秦岭系	1		2.1	2.5	23.2			
甘肃第三纪甘肃群粉砂岩					4.8			
甘肃白垩纪河口群粉砂岩					1.00	0.70		
甘肃第三纪红色粘土					0.9			
甘肃第四纪安宁组砂岩	0.3		0.1		1.2	0.3		
甘肃黄河冲积物	0.3	2.0	0.4	1.2	14.0	4.5	0.2	
鄂尔多斯侏罗纪砂岩							极少	
鄂尔多斯侏罗纪砂岩							极少	
鄂尔多斯白垩纪砂岩							69.0	
鄂尔多斯白垩纪砂岩	1.0						77.0	
鄂尔多斯白垩纪砂岩							40.0	
鄂尔多斯抗锦旗风成砂	3.0						28.0	
鄂尔多斯榆林风成砂	1.0						34.0	
阿拉善风成砂	3.0						22.0	

矿物名称 / 矿物含量(%) / 产地及岩性	褐铁矿	白钛矿	尖晶石	红柱石	蓝晶石	硅线石	柘榴石	十字石
甘肃天水前震旦纪秦岭系	8.5		5.5				21.0	
甘肃第三纪甘肃群粉砂岩	6.4						8.7	
甘肃白垩纪河口群粉砂岩	2.00						35.70	
甘肃第三纪红色粘土	12.5	7.5					5.5	0.3
甘肃第四纪安宁组砂岩	7.3						2.83	0.1
甘肃黄河冲积物	1.2				0.2	0.7	0.9	
鄂尔多斯侏罗纪砂岩							24.0	
鄂尔多斯侏罗纪砂岩							45.0	
鄂尔多斯白垩纪砂岩							15.0	
鄂尔多斯白垩纪砂岩							8.0	
鄂尔多斯白垩纪砂岩							12.0	
鄂尔多斯抗锦旗风成砂				0.5		0.5	10.0	1.0
鄂尔多斯榆林风成砂				—	极少		26.0	极少
阿拉善风成砂					极少		3.5	

岩石与沉积物矿物成分（%）

阳起石	透闪石	綠帘石	黝帘石	褐帘石	斜黝帘石	綠泥石	黑云母	白云母	磁铁矿	鈦铁矿	赤铁矿
		3.4	1.9			6.2	9.2		15.5		
0.5		15.0	7.2			3.9	10.5		4.0		
0.70		3.20	0.35	0.35		3.60	4.60		2.00	1.30	
		26.0	0.50			0.6	0.9	0.2	32.0		
0.1	0.3	41.0	1.30	0.3	0.6	0.6	3.2	0.4	30.0	5.0	0.9
5.2	3.5	27.0	1.4		0.9		1.6	0.2	10.0	2.5	0.2
		0.7									66.0
		6.0									43.0
		—									12.5
		1.0									8.6
		2.0									34.5
		24.0									26.0
		11.0									26.0
		32.5									35.5

硅灰石	板鈦矿	錯英石	电气石	金紅石	磷灰石	磷灰石	剛玉	其他	备注
									据賈炳文
		0.8	0.3		2.6		2.1	33.20	据賈炳文
		8.60	18.50	0.70		0.35		16.35	据張淑媛
		1.9	4.5	0.34	1.6	0.2	1.4	3.16	据張淑媛
	0.3	1.6	2.2	0.1					据張淑媛
	0.2	1.2	1.0	0.2	3.4	2.5		15.2	据張淑媛
		6.6		0.3	1.5				据 M. П. 彼得罗夫
		4.5	1.0	0.5					据 M. П. 彼得罗夫
		3.5							据 M. П. 彼得罗夫
		5.0	极少						据 M. П. 彼得罗夫
		9.0	极少	1.0	1.5				据 M. П. 彼得罗夫
		3.5	1.0	—	2.5				据 M. П. 彼得罗夫
		1.0	极少	0.5	0.5				据 M. П. 彼得罗夫
		3.0	0.5	极少	极少				据 M. П. 彼得罗夫

五、中国黄土化学成分及其特征

对于中国黄土化学成分方面的研究至今还不多。1928年李学清[131]曾对山西、河北、河南和甘肃等地的黄土进行过研究，其后G. B. 巴尔博[72] (Barbour)、柴田秀賢[58]、胁水铁五郎[30]、三好政筹[144]、B. A. 柯夫达 (Ковда)[145]等人也分别对上述地区进行过不同程度的研究。但以往研究的标本数量甚少，多局限在馬兰黄土中，对于馬兰黄土以前的离石、午城黄土研究很少。

解放之后，黄土化学成分的研究日益增多。許多人对西北地区的黄土进行过研究，例如，地质部水文地质工程地质研究所[10,18]曾对甘肃隴东地区的黄土进行过研究，西北水利科学研究所[68]对陕西、甘肃和青海部分地区的黄土进行过研究，铁道部铁道科学研究院[120]、中国科学院土木建筑科学研究所[119]、秦岭地质大队以及北京大学等单位，都分别对甘肃、陕西等地的黄土进行过不同程度的研究，均为今后研究黄土化学成分提供許多宝貴資料。但是，尚感不足之处是以往所研究的地区不平衡，各研究者由于本身工作和重点、目的的不同，往往分析的項目多寡也不一致，所以对比起来还存在一定困难。

中国科学院地质研究所在1955—1960年，于山西、陕西、甘肃和宁夏回族自治区与內蒙等典型黄土分布区工作中，曾采集了大量的层位可靠的未受扰动的标本。并选取其中具有代表性的标本进行主要化学成分、pH值、易溶盐等分析。本文将根据这些分析的結果进行叙述和討論。在描述和討論中我們也援引了其他单位的若干資料。由于掌握的資料有限，所以文內的若干結論可能有很多不足之处，待日后补充和修改。

（一）中国黄土主要化学成分

1. 黄土主要化学成分及其含量变化

表38、39是中国各地黄土化学成分的含量变化范圍。

从表38中可以看出，不同地区馬兰黄土化学成分最大与最小值变化范圍如下：SiO_2为48.24—63.54%，TiO_2为0.11—0.85%，Al_2O_3为7.77—14.61%，Fe_2O_3为2.15—6.14%，FeO为0.46—2.24%，MnO＜0.35%，MgO＜6.63%，CaO为3.52—12.92%，Na_2O为1.28—2.32%，K_2O为0.20—2.44%。

从表39中可以看出，离石-午城黄土含量变化与馬兰黄土基本类似，SiO_2为39.34—61.30%，TiO_2为0.25—0.90%，Al_2O_3为7.83—14.79%，Fe_2O_3为2.39—7.32%，FeO为0.34—2.46%，MnO＜0.35%，MgO＜9.26%，CaO为4.83—20.55%，Na_2O为0.28—2.00%，K_2O为1.24—2.60%。

对比以下两表后可以看出，馬兰和离石-午城黄土变化情况基本类似，只是离石-午城黄土之中TiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3、MgO、CaO、K_2O等的含量最大和最小值略比馬兰黄土为

表 38 黄河中游各地黑兰黄土化学成分变化

地区	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他*	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$	分析数量**
山西	49.23—59.20	0.11—0.82	7.77—13.49	3.80—5.57	0.46—2.24	痕—0.30	痕—4.45	3.52—12.92	1.44—2.32	0.02—2.28	—	7.43—12.22	0.17—1.82	15
陕西	49.52—63.54	0.12—0.61	8.41—13.51	2.64—6.14	0.46—1.72	0.10—0.25	1.34—4.81	6.83—10.11	1.32—2.32	1.48—2.44	—	6.53—12.73	0.08—0.92	11
甘肃陇东	50.68—53.36	0.42—0.85	10.66—11.24	3.38—4.95	1.18—1.52	痕—0.25	1.57—2.68	8.16—11.09	1.28—2.00	1.24—1.80	—	7.84 8.45	0.10 0.85	4
甘肃陇中	48.24—55.32	0.11—0.50	10.08—14.61	2.15—4.95	0.47—1.66	痕—0.35	0.86—6.63	8.29—12.79	1.32—2.00	1.48—2.24	—	6.23—9.44	0.26—1.40	10
总变化	48.24—63.54	0.11—0.85	7.77—14.61	2.15—6.14	0.46—2.24	痕—0.35	痕—6.63	3.52—12.92	1.28—2.32	0.20—2.41	—	6.23—12.73	0.08—1.82	

* 其他化学成分如 P_2O_5、S、挥发物及有机质等等未列入表内。

** 表中所列数量只是选自标本分析中的具有代表性的部分，其他与此类似的标本未列入。

表 39 黄河中游各地离石-午城黄土化学成分变化

地区	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他*	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$	分析数量**
山西	39.34—60.95	0.30—0.70	8.17—14.74	2.39—5.63	0.34—2.32	痕—0.35	1.27—9.26	5.20—20.55	0.85—2.00	1.48—2.60	—	6.75—13.70	0.12—1.60	34
陕西	41.03—61.30	0.40—0.90	7.83—14.79	2.98—7.32	0.53—1.47	0.07—0.32	痕—8.20	4.83—19.25	0.28—1.84	1.48—2.28	—	6.57—9.35	0.10—0.66	11
甘肃陇东	51.16—55.30	0.25—0.85	9.82—13.20	4.31—5.84	0.41—1.48	0.15—0.25	1.27—7.74	6.33—8.55	1.60—1.88	1.24—2.28	—	6.86—9.79	0.15—0.73	5
甘肃陇中	48.19—52.47	0.25—0.82	10.02—11.75	3.60—5.61	1.19—2.46	0.01—0.15	1.57—3.50	6.85—11.68	1.60—1.96	2.20—2.24	—	7.45—8.78	0.50—1.36	6
总变化	39.34—61.30	0.25—0.90	7.83—14.79	2.39—7.32	0.34—2.46	痕—0.35	痕—9.26	4.83—20.55	0.28—2.00	1.24—2.60	—	6.57—13.70	0.10—1.60	

注：*与**说明同表 38。

大，其他如 SiO_2、Na_2O 等则比馬兰黄土为小，而 MnO 的含量则彼此相仿。

从表 38 与 39 中也可以看出，不同地区的变化范围也大体相似，未发现特殊差异。如果同以往一些研究者所作的分析（表 40）进行比較，则从表中可以看出，其他研究者分析的結果中 SiO_2 和 Al_2O_3 的含量最小值較高，SiO_2 的最大值也較高（除兰州四个地点及河南、河北、山西六个地点外）。MgO 与 CaO 的最大值，較其他研究者分析含量数值为大。

表 40　中国各地不同时代黄土化学成分含量变化

成分＼含量变化(%)＼地区	河南、河北、山西、甘肃等六个地点	河南一个地点	河南、河北、山西六个地点	山西三个地点	甘肃兰州附近四个地点	甘肃天水一带四个地点	黄河中游山西、陕西、甘肃等66个地点
SiO_2	59.28—69.89	64.22	57.25—62.46	62.82—66.18	56.51—58.94	57.70—64.67	39.34—63.54
TiO_2	0—0.61		0.35—0.50		0.55—0.63	0.74—0.82	0.11—0.90
Al_2O_3	9.12—12.60	18.1	8.24—14.21	8.07—11.19	11.57—12.29	12.15—15.17	7.77—14.79
Fe_2O_3	0.79—3.65		5.40—7.98	5.76—6.35	2.35—2.94	2.94—5.49	2.15—7.32
FeO	0.21—1.54				1.38—1.55	0.50—1.44	0.34—2.46
MnO			0.03—0.07		0.08—0.10	0.09—0.13	痕—0.35
MgO	2.28—2.98	2.09	0.95—3.32	1.43—1.93	2.69—3.03	1.73—2.71	痕—9.26
CaO	8.76—14.63	6.31	4.69—6.40	5.64—5.95	7.91—9.14	1.28—8.36	3.52—20.55
Na_2O	1.05—2.35	0.22	1.50—2.15	1.01—1.82	1.54—2.01	1.52—1.71	0.28—2.32
K_2O	1.47—3.90	0.99	1.98—2.34	1.38—1.72	2.26—12.29	2.21—2.94	0.20—2.60
P_2O_5	0—0.20		0.09—0.18	0—0.19	0.15—0.19	0.13—0.23	
SO_3	0—0.21			0—0.40			
CO_2	0—7.08	4.01		3.08—4.75			
其他	——	——	——	——	——	——	——
資料来源	李学清	G.B.巴尔博	胁水铁五郎	三好政筹	張淑媛*	賈炳文*	中国科学院*地质研究所

注：1.　*表示分析中包括离石与午城黄土。

2.　其他化学成分因大多数研究者沒有进行分析，所以表中从略。

不同研究者的分析結果彼此間存在着一定差异，除与各研究者分析項目多寡之别有关以外，也与取样的地质、地貌位置及深度等有关。

根据各不同地区黄土化学成分平均含量分析，分别綜合列表如下（表 41、42）。

从表 41 和 42 中可以看出，各地黄土化学成分中含量最多的是 SiO_2、Al_2O_3、CaO，其次是 Fe_2O_3、MgO、K_2O、Na_2O、FeO、TiO_2 和 MnO 等的含量甚少。在馬兰黄土中 SiO_2 的含量平均值为 53.54%，变化在 51.49—55.58% 之間；Al_2O_3 为 11.11%，变化在 10.81—11.42% 之間；CaO 为 8.72%，变化在 7.76—9.61% 之間；Fe_2O_3 为 4.16%，变化在 3.96—4.36% 之間；MgO 为 2.58%，变化在 2.12—3.36% 之間；K_2O 为 1.81%，变化在 1.57—2.04% 之間；Na_2O 为 1.76%，变化在 1.72—1.85% 之間；FeO 为 1.13%，变化在 0.95—1.32% 之間；TiO_2 为 0.45%，变化在 0.35—0.67% 之間；MnO 为 0.16%，变化在 0.11—0.25% 之間。

表 41 黄河中游各地马兰黄土化学成分平均含量

地区	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$	分析数量
山西	55.10	0.43	10.81	4.36	0.96	0.14	2.36	7.76	1.85	1.73		9.06	0.66	15
陕西	55.58	0.37	11.34	4.17	0.95	0.25	2.52	8.43	1.77	1.90		7.48	0.50	11
甘肃陇东	52.01	0.67	10.87	4.17	1.32	0.15	2.12	9.11	1.72	1.57		8.16	0.71	4
甘肃陇中	51.49	0.35	11.42	3.96	1.80	0.11	3.32	9.61	1.72	2.04		7.77	0.78	10
平均值	53.54	0.45	11.11	4.16	1.13	0.16	2.58	8.72	1.76	1.81		8.11	0.66	

表 42 黄河中游各地离石-午城黄土化学成分平均含量

地区	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$	分析数量
山西	55.62	0.47	11.65	4.48	1.01	0.16	3.88	7.14	1.87	1.81		9.16	0.89	34
陕西	54.46	0.58	11.68	4.84	0.88	0.18	2.76	7.79	1.28	1.97		8.03	0.45	11
甘肃陇东	53.21	0.55	11.72	5.09	1.07	0.17	3.32	7.83	1.71	1.90		7.81	0.49	5
甘肃陇中	50.84	0.57	10.89	4.29	1.52	0.11	2.57	9.46	1.86	2.22		7.95	0.82	6
平均值	53.53	0.54	11.48	4.67	1.12	0.15	3.13	8.05	1.68	1.97		8.23	0.66	

在离石-午城黄土之中，SiO_2 的平均含量为 53.53%，变化在 50.84—55.62% 之間；Al_2O_3 为 11.48%，变化在 10.89—11.72% 之間；CaO 为 8.05%，变化在 7.14—9.46% 之間；Fe_2O_3 为 4.67%，变化在 4.29—5.09% 之間；MgO 为 3.13%，变化在 2.57—3.88% 之間；K_2O 为 1.97%，变化在 1.81—2.22 之間；Na_2O 为 1.68%，变化在 1.28—1.87% 之間；FeO 为 1.12%，变化在 0.88—1.52% 之間；TiO_2 为 0.54%，变化在 0.47—0.58% 之間；MnO 为 0.15%，变化在 0.11—0.18% 之間。

如果把以上不同时代黄土的平均值加以对比，则可以看出基本类似。只是时代較老的离石-午城黄土中 Na_2O、CaO 两成分含量平均值較馬兰黄土为低，TiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MgO、K_2O 为大，其他成分含量平均值甚为接近。

以上所述，是各地黄土化学成分含量及其总的变化范圍，其区域和时代上的特点及变化将在后面加以叙述。

2. 黄土主要化学成分的变化規律

1. 不同区域黄土化学成分的特征及其变化規律

下图(图 91、92)是根据各地不同时代黄土化学成分表(表 43—50)制成的。

表 43　山西馬兰黄土化学成分

編号	产　地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	保　德	59.06	0.50	10.32	3.97	1.13	0.07	2.68	6.20	2.16	1.80		9.73	0.62
2	东　寨	55.99	0.40	10.76	4.25	1.23	0.15	3.54	7.83	2.00	1.92		8.87	0.65
3	何　庄	52.40	0.82	11.02	3.97	0.85	0.30	2.53	9.14	1.76	1.88		8.07	0.45
4	南　口　村	54.54	0.30	11.07	3.09	1.27	0.20	2.88	8.22	1.60	1.92		8.40	0.89
5	靜乐扶家店	55.82	0.25	7.77	5.57	0.47	0.20	0.81	6.98	1.76	1.24		12.22	0.17
6	方　山	55.85	0.40	10.52	4.06	1.08	0.15	2.33	7.83	2.32	2.08		9.01	0.60
7	岔　口	50.55	0.25	10.44	3.75	1.14	0.10	4.45	9.66	1.84	1.80		8.16	0.65
8	郭　家　岔	58.05	0.60	11.89	5.34	0.46	0.25	1.01	5.87	1.64	2.28		8.32	0.18
9	隰　县	55.71	0.11	10.63	3.80	1.28	0.11	3.49	7.24	1.96	1.80		8.91	0.73
10	翼城西玉岭	49.23	0.62	11.09	4.74	0.85	0.10	痕	12.92	1.44	0.20		7.58	0.37
11	晋　城	58.92	0.50	13.49	5.51	0.88	痕	2.33	3.52	1.96	2.20		7.43	0.35
	平　均　值	55.02	0.43	10.82	3.36	0.96	0.14	2.36	7.76	1.85	1.73		8.79	0.51

表 44 陕西马兰黄土化学成分

编号	产地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	盐池	55.11	0.61	9.64	3.57	0.15	0.15	2.28	7.37	1.32	1.48		9.65	0.09
2	靖边	63.54	0.50	8.41	2.64	0.46	0.20	2.63	6.83	1.76	1.52		12.73	0.37
3	子长鲁家湾	54.11	0.50	10.80	4.70	0.75	0.25	2.18	7.63	1.76	1.88		8.57	0.34
4	志丹二里湾	63.51	0.25	12.57	4.39	1.72	0.15	2.53	7.50	1.80	1.92		8.59	0.85
5	延安杨家畔	54.83	0.55	13.27	3.34	1.40	0.20	3.44	9.14	2.32	2.08		7.01	0.95
6	延安南21公里	54.24	0.12	10.98	3.74	1.29	0.10	2.28	9.46	1.96	1.48		8.43	0.73
7	延安南21公里	56.90	0.25	10.15	3.81	1.07	0.15	1.62	9.66	1.76	2.24		9.56	0.55
8	鄜县桃花扁	49.52	0.25	11.02	6.14	0.54	0.15	2.38	6.85	1.68	2.00		7.62	0.18
9	洛川曲西	54.82	0.20	11.44	4.85	0.88	0.20	1.34	8.81	1.68	1.96		8.14	0.40
10	黄龙雨家山	51.88	0.40	13.51	4.57	1.09	0.20	2.28	10.11	1.68	1.92		6.53	0.53
11	铜川	52.97	0.50	12.98	4.21	1.17	1.10	4.81	9.46	1.84	2.44		6.93	0.61
	平均值	55.58	0.37	11.34	4.17	0.95	0.25	2.52	8.43	1.77	0.99		7.48	0.50

表 45 甘肃西东*(六盘山以东)马兰黄土化学成分

编号	产地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	平凉	50.68	0.42	10.66	3.39	1.52	痕	1.57	11.09	1.84	1.80		8.10	0.87
2	平凉	51.85	0.85	11.24	3.38	1.35	0.15	2.68	9.00	1.28	1.24		7.84	0.85
3	平凉米家塬	52.18	0.60	10.80	4.42	1.23	0.20	2.48	8.22	2.00	1.52		8.26	0.62
4	隆县	53.36	0.82	10.80	4.95	1.18	0.25	1.77	8.16	1.76	1.74		8.45	0.53
	平均值	52.01	0.67	10.87	4.17	1.32	0.15	2.12	9.11	1.72	1.57		8.16	0.71

注: * 包括部分陕西地区。

表 46 甘肃陇中(六盘山以西)马兰黄土化学成分

编号	产地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	海原	50.43	0.25	10.66	2.15	1.38	痕	6.14	8.55	1.54	2.20		8.06	1.35
2	海原黄之川	55.32	0.25	10.08	2.82	1.44	0.07	2.73	8.55	1.84	1.48		9.39	1.17
3	西吉	48.24	0.25	10.30	4.95	1.46	0.07	2.53	10.77	1.32	2.20		7.95	0.66
4	靖宁	51.92	0.50	12.11	4.60	1.54	0.10	2.73	7.51	1.84	2.20		7.32	0.75
5	定西盐土岔	50.93	0.11	11.82	3.86	1.51	痕	2.93	8.42	1.76	2.24		7.36	0.87
6	定西米家湫	53.55	0.50	14.61	4.00	0.47	0.35	3.69	8.29	2.00	1.92		6.23	0.24
7	定西朱家湫	49.61	0.25	11.24	4.37	1.66	0.12	2.58	11.03	1.76	2.24		7.50	0.85
8	秦安	52.67	0.42	10.51	4.59	1.28	0.10	6.63	10.44	1.84	1.80		8.50	0.60
9	皋兰石洞寺	50.78	0.50	10.08	4.37	0.80	0.30	2.38	9.79	1.76	1.88		8.62	0.44
10	陇渭寻尔寺	51.52	0.50	12.79	3.91	1.53	0.07	0.86	12.79	1.60	2.24		6.35	0.87
	平均值	51.50	0.30	11.42	3.96	1.31	0.11	3.32	9.61	1.73	2.04		7.77	0.78

表 47　山西离石-午城黄土化学成分

编号	产地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	三岔堡	60.55	0.30	11.57	4.61	0.97	0.10	2.38	5.20	2.00	2.00		8.92	0.46
2	下石褐峪	56.96	0.40	11.47	4.34	0.99	0.35	1.27	7.83	2.00	1.92		8.46	0.48
3	南口村	52.11	0.40	12.09	3.24	2.32	0.17	4.30	8.17	2.00	1.92		7.34	1.60
4	静乐上店	55.72	0.60	10.66	5.03	0.59	0.20	1.27	8.84	1.76	1.88		8.91	0.26
5	方山	57.70	0.50	12.18	5.20	0.34	0.25	5.97	5.35	1.76	1.52		8.06	0.12
6	隰县	53.64	0.50	11.31	3.34	1.35	痕	2.73	8.09	1.84	1.48		8.11	0.85
7	翼城西五岭	52.80	0.60	12.25	5.63	0.54	0.08	9.26	6.66	1.68	2.00		7.32	0.20
	平均值	55.62	0.47	11.64	4.48	1.01	0.16	3.96	7.11	1.87	1.81		8.16	0.57

表 48　陕西*离石-午城黄土化学成分

编号	产地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_2	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	内蒙	41.03	0.40	7.83	2.98	1.47	0.10	1.27	19.25	1.32	2.24		8.98	0.11
2	靖县乌龙铺	57.02	0.45	12.33	4.48	0.91	0.20	2.23	4.83	1.11	1.48		7.70	0.42
3	清間乐堂鋪	54.28	0.62	10.66	4.00	1.03	0.07	2.58	5.80	1.76	2.24		8.68	0.60
4	清間乐堂鋪	53.68	0.50	11.17	4.67	0.85	0.10	2.58	7.76	1.00	2.24		8.19	0.37
5	志丹二里湾	54.51	0.40	9.97	3.36	1.02	0.15	2.58	10.05	1.80	1.72		9.35	0.66
6	志丹二里湾	55.79	0.82	11.78	4.59	1.05	0.15	2.78	4.89	0.28	1.92		8.06	0.53
7	志丹二里湾	55.49	0.90	12.47	4.85	0.88	0.32	痕	7.50	1.04	2.28		7.56	0.40
8	延安南21公里	61.30	0.50	13.56	7.32	0.91	0.20	2.93	1.89	1.84	2.20		7.66	0.26
9	郃阳城东南	57.27	0.50	14.79	6.38	0.53	0.30	8.20	7.18	1.40	2.00		6.57	0.17
10	銅川	57.25	0.82	12.40	5.78	0.44	0.10	1.59	8.74	1.28	1.52		7.87	0.16
11	銅川	51.53	0.50	11.59	4.90	0.68	0.30	3.69	7.83	1.28	1.88		7.52	0.30
	平均值	54.41	0.58	11.68	4.84	0.88	0.18	2.76	7.79	1.28	1.97		8.03	0.45

注：* 表中包括内蒙一个地点，詳細产地不詳。

表 49　甘肃隴东*(六盘山以东)离石-午城黄土化学成分

编号	产地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	环县八里鋪	54.72	0.25	9.82	4.31	1.23	0.17	3.34	8.42	1.60	1.92		9.79	0.63
2	平凉北塬环川	51.16	0.60	11.46	5.23	1.22	0.15	1.97	8.55	1.68	2.00		7.59	0.51
3	平凉	53.24	0.85	13.20	4.37	1.48	0.15	1.27	8.43	1.64	2.28		6.86	0.75
4	隴县	55.30	0.25	12.02	5.70	1.05	0.25	7.74	6.33	1.88	2.08		7.86	0.41
5	泾阳	51.64	0.82	12.11	5.84	0.41	0.15	2.31	7.44	1.76	1.24		7.27	0.15
	平均值	53.21	0.55	11.72	5.09	1.07	0.17	3.33	7.95	1.71	1.90		7.81	0.49

注：* 表中包括部分陕西地区。

表 50 甘肃陇中(六盘山以西)离石-午城黄土化学成分

编号	产地	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	其他	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
1	西吉新营	50.62	0.62	10.51	3.73	1.57	0.10	2.53	9.79	1.96	2.20		8.17	0.91
2	定西盐土营	48.19	0.50	10.44	4.02	1.25	0.15	2.13	11.68	1.60	2.24		7.86	0.68
3	定西盐土营	50.50	0.82	10.88	5.61	1.40	0.01	3.50	9.72	1.68	2.24		7.92	0.54
4	定西盐土营	51.75	0.82	10.02	3.60	1.26	0.10	1.57	10.31	1.76	2.24		8.78	0.77
5	秦安馬家崖头	51.51	0.40	11.75	3.53	2.46	0.15	2.83	8.42	1.96	2.20		7.45	1.54
6	秦安	52.47	0.25	11.75	5.26	1.19	0.15	2.88	6.85	1.88	2.20		7.59	0.50
	平均值	50.84	0.57	10.89	4.29	1.52	0.11	2.57	9.46	1.81	2.22		7.95	0.82

从表 43—50 和图 91、92 中可以看出，分布于黄河中游山西、陕西、甘肃陇东和陇中(包括六盘山以西各地)等地的不同时代黄土，其化学成分虽然极其类似，但在含量上也发现有以下变化。并主要表现在自西而东，自北而南两个方向上，兹分别叙之如下：

在东西方向上，从图 91 中可以看出，各地馬兰黄土化学成分在含量上尽管有高低差异，但就其中大多数数据点子座标位置来看区域变化规律还是很明显的。例如，SiO_2、Fe_2O_3、MnO 的含量由东向西逐渐减少，而 FeO、CaO、K_2O 等的含量则相反，有所增加。其他成分如 TiO_2 和 MnO 和 MgO 等虽然也有变化，但其变化规律不明显，只是发现 MgO 的含量以西部地区为多，而 MnO 的含量在山西与陕西两地相近。

较老的离石-午城黄土的化学成分变化和馬兰黄土相似(图 92)。其中 SiO_2、Fe_2O_3 的含量也自东而西减少，但 FeO、CaO、K_2O 等的含量则与此相反，自东而西含量增加，至于 Na_2O 的含量变化，不大明显，山西和甘肃陇中(六盘山以西)两地含量均较高。离石-午城黄土之中的 Al_2O_3 的含量发现以陇东与陕西两地为高，而陇中则含量较低。MnO 的含量则由东向西发现逐渐降低，但不十分明显。

不同时代黄土化学成分，除在东西方向上有变化外，在南北方向上也出现一定变化。

从表 43、44、45、46 中可以看出，各地馬兰黄土在南北方向上有以下变化：

在山西地区，Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的含量自北而南变化的总趋势是逐渐增加，FeO 和 Na_2O 含量自北而南减少，SiO_2 的含量虽变化规律不显著，但其中最高含量也多出现在北部。例如在保德，SiO_2 的含量高达 59.06%，而在最南部的翼城仅为 49.23%。其他成分南北变化规律不明显。

在陕西地区，总的变化规律和山西相似，也是 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的含量自北而南增加，SiO_2 的含量自北而南减少也很明显，CaO 的含量在中部和南部有些偏高。

在甘肃陇东地区，Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的含量变化与陕西和山西相似，自北而南含量增加，FeO 和 CaO 的含量自北而南逐渐减少，只是 SiO_2 的含量变化与前述两地相反，似有由北而南增加，和其他地区不同。但因此区分析标本过少，这一变化规律目前难以

确定。

在陇中地区，Al_2O_3、Fe_2O_3、SiO_2 的含量变化规律大体同山西、陕西两地相似。但 TiO_2 的含量变化规律也较显著，自北而南逐渐增加。其他化学成分南北方向上变化不明显。

离石-午城黄土化学成分，在南北方向的变化同馬兰黄土基本类似(表47、48、49、50)，大多数地区 Al_2O_3、Fe_2O_3 等的含量也自北而南增加，CaO、K_2O、Na_2O 等的含量则自北而南有所减少。

綜上所述可以看出，在山西、陕西、陇东和陇中各地黄土中，Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的含量自北而南显著增加，但 SiO_2、FeO、CaO、Na_2O、K_2O 等的含量与此相反，自北而南含量减少。然而应当提到的是 SiO_2 的含量变化在离石-午城黄土之中不如馬兰黄土明显，这可能与标本采取的层位偏上或偏下有关。当然，由于目前已有資料还不多，这一規律还有待证实。但是，通过已有資料分析，至少可以对各地黄土化学成分总面貌有所了解，且从中可以得到以下两点結論：

(1) 虽然在各地黄土化学成分含量百分比有高低之分，但是总的来看，在山西、陕西、陇东、陇中等地并未发现特大差异。这一点与黄土顆粒成分和矿物成分的各地类似性完全一致。所以证明分布在黄河中游各地的不同时代黄土原始物质組成有其相似性。各地黄土中含有大量的 SiO_2、Al_2O_3、CaO、Na_2O、K_2O 等成分，与黄土中含有的矿物以石英、长石、云母为主是一致的。黄土中含有一定数量的 Fe_2O_3、FeO、MgO 等成分，与黄土中的磁鉄矿、赤鉄矿、鈦鉄矿、褐鉄矿、輝石、角閃石以及其他含鉄、錳重矿物成分有关。各地黄土中也含有相当多的 CaO 成分，这除与黄土中含有較多的碳酸盐矿物有关外，也与黄土中含有一定量的綠帘石、輝石等类矿物有关。

(2) 各地北部黄土 SiO_2 的含量較高，如果結合前两节所述的黄土的顆粒成分自北而南由粗变細規律，則可以发現 SiO_2 的含量变化与顆粒粗細变化有联系。据研究，在黄土中的石英常伴随其顆粒加大而增多，而石英含量增加必影响 SiO_2 的含量加多。但黄土中的 SiO_2 含量自北而南減少并不如顆粒变化明显，这可能說明影响化学成分变化因素較多，除受矿物顆粒成分的影响外，也与当地基岩、气候、地下水等条件有密切关系。

各地黄土中的 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的含量，自北而南有所增加，这恰恰同黄土的顆粒成分由北向南逐渐变細的規律一致。因为 Al_2O_3 以长石中含量較多，而长石又为黄土的主要矿物成分，其含量随顆粒減小而增加[121]。此外，高岭石、蒙脫石、伊利石等也含有較多的 Al_2O_3 成分[146]。所以各地 Al_2O_3 含量由北向南逐渐增加，也是受黄土顆粒成分自北面南由粗变細規律所决定的。

2．不同时代黄土化学成分的变化規律

由于以往对不同地区不同时代黄土化学成分的研究还不多，特别是缺乏系統剖面上的分析。因此本文中只能根据极少的剖面进行討論，无疑的根据仅有資料所取得的若干

結論，尚需进一步来証实。

中国科学院地质研究所，在前几年的工作中，曾进行过不同时代黄土化学成分的分析，其中比較完整的要属山西隰县午城剖面。兹就这一剖面上的分析結果加以介紹和討論。

下表是对午城鎮不同时代黄土、埋藏土、埋藏风化层[1]等分析的全部結果(表51)。

从表51中可以看出，在午城鎮不同时代黄土当中，其化学成分自上而下相当类似，从中未見很大差别(見后图95)。在大多数試样中 SiO_2 的含量均占50%以上，只有离石黄土中的2—Ⅳ—47、2—Ⅳ—54、2—$Ⅲ_3$—3、2—$Ⅲ_2$—6、2—$Ⅲ_3$—16、2—Ⅲ—18、2—Ⅲ—19和午城黄土中的2—Ⅰ—3、2—Ⅰ—4等号試样內SiO_2的含量<50%。剖面中 SiO_2 含量最低值多出現在剖面的底部。Al_2O_3的含量大多均占8%以上，变化在2.39—14.74%之間；Fe_2O_3 和 FeO 的含量一般比較稳定，变化幅度較小；Fe_2O_3 的含量多超过2.50%（只有2—Ⅳ—47号試样含量較低，为0.33%），变化在1.99—4.98%之間。FeO 含量变化在0.81—2.64%之間，CaO 的含量在不同样品中变化很大，最低含量为1.94%，最高含量在2—Ⅳ—47号試样中可达39.99%。根据已进行的分析結果来看，不同时代黄土的化学成分和不同区域黄土化学成分基本类似。

但是如果把各层黄土彼此进行比較，也可以发現存在某些变化。

从表51和图93、94、95（見后）中可以看出，不同时代黄土中的 SiO_2、FeO、Na_2O、K_2O、MnO 等成分，含量自上而下有逐漸減少的趋势；相反，Al_2O_3、Fe_2O_3 的含量自上而下逐漸增加。

从图中还可以看出，在各层黄土里各个化学成分的含量大、小差异情况也是不相同的。自上而下含量愈来愈不稳定，彼此差异很大。

根据上述，可以得出如下几点結論：

(1) 不同时代黄土化学成分基本类似，这与其他不同地区黄土化学成分变化不大規律性是一致的。不同时代黄土的主要化学成分是 SiO_2、Al_2O_3、CaO、Fe_2O_3，其他如 MnO、FeO、Na_2O、K_2O、TiO_2 和 P_2O_5 等含量都很少。

不同时代黄土的化学成分的如此类似，与其矿物成分的类似性有密切关系。化学成分的类似性也同样的反映了粉土成分来源共同性，和沉积过程中的稳定性。

(2) 在剖面上自上而下 SiO_2 与 Al_2O_3 具有一定規律性的变化，SiO_2 的含量向下減少，而 Al_2O_3 的含量相应增加，这同黄土顆粒自上而下逐漸变細的規律是一致的，所以 SiO_2 向下含量減少，与石英随顆粒变細含量減少有关，而 Al_2O_3 的含量自上而下增高，与长石矿物随粒徑变細含量加多以及含 Al_2O_3 的粘土矿物成分增加有关。当然，影响黄土中 SiO_2 和 Al_2O_3 成分的因素不仅只是石英和长石，其他矿物成分和因素也可能对之有影响，但是上述的因素是不可以忽視的。

1) 为发育不好的埋藏土层。

表 51 山西隰县午城镇柳树沟不同时代黄土化学成分

地层层位	样品编号	岩性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-	全S	挥发质 CO_2、C及有机质	总计	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
马兰黄土 Q_3	2—V—2	黄土	59.20	0.65	9.56	3.31	2.03	0.15	2.44	7.77	1.80	2.55	0.22	3.94	1.05	0.50	4.82	99.99	10.59	1.40
	2—V—6	黄土	58.05		11.15	2.72	2.02			7.50									8.86	1.64
	2—V—10	黄土	58.45	0.70	9.72	2.73	2.24	0.20	2.22	8.61	1.75	2.55	0.12	3.75	1.09	0.50	5.15	99.78	10.24	1.82
	2—V—14	黄土	58.86		10.56	4.53	1.20			8.33									9.51	0.57
离石黄土	2—IV—1	埋藏土	62.87		9.76	4.05	1.66			3.89									11.01	0.90
	2—IV—3	淀积层	58.58		8.56	3.50	1.50			9.99									11.74	0.91
	2—IV—10	黄土	59.00	0.60	9.35	3.41	1.78	0.15	2.22	7.77	1.80	2.55	0.27	4.00	1.19	0.54	4.88	99.51	10.79	1.14
	2—IV—17	黄土	60.10		10.55	3.03	1.89			7.77									9.79	1.37
	2—IV—21	黄土	59.72		8.17	2.97	1.83			7.77									12.42	1.35
	2—IV—28	埋藏土	63.97		11.55	4.39	1.84			1.94									8.65	0.91
	2—IV—30	淀积层	57.46		11.35	3.47	1.65			8.05									8.61	1.01
	2—IV—32	黄土	59.93		9.96	3.04	1.85			6.94									10.27	1.32
	2—IV—34	埋藏土	61.10		11.15	3.98	1.32			4.72									9.33	0.72
	2—IV—36	淀积层	63.65		13.15	3.68	1.59			4.44									8.27	0.95
	2—IV—40	黄土	58.94		10.16	2.89	1.83			8.05									9.90	1.38
	2—IV—45	埋藏土	60.55		10.75	3.47	1.77			5.55									9.60	1.10
上	2—IV—47*	淀积层	14.49		2.59	0.33	1.31			39.99									9.64	0.90
	2—IV—51	黄土	59.20		9.76	3.05	2.03			7.22									10.36	1.47

部	2—Ⅳ—57	埋藏土	60.31		12.95	4.52	2.64			5.27								7.77	1.51
	2—Ⅳ—59	淀积层	47.08		9.76	2.34	1.19			17.49								8.24	0.65
	2—Ⅳ—67	黄　土	59.15	0.62	10.74	3.57	1.35	0.14	2.44	7.22	1.70	2.55	0.12	3.82	1.35	0.48	4.17	9.37	0.83
Q_3	2—Ⅲ$_3$—1	埋藏土	63.83		16.33	4.98	1.24			2.22								7.08	0.54
	2—Ⅲ$_3$—3	淀积层	45.39		9.76	3.89	1.41			19.44								7.94	0.83
	2—Ⅲ$_3$—9	黄　土	57.87	0.65	9.36	3.43	1.60	0.15	2.22	9.44	1.77	2.55	0.12	3.19	1.27	0.48	6.17	10.58	1.04
	2—Ⅲ$_3$—17	埋藏土	60.72		14.72	3.76	1.45			4.99								7.01	0.86
	2—Ⅲ$_3$—19	淀积层	55.59		13.15	3.51	1.42			9.72								7.23	0.95
	2—Ⅲ$_3$—21	黄　土	52.94		12.95	3.74	1.74			14.72								6.93	1.04
离	2—Ⅲ$_3$—22	埋藏土	59.96		14.74	3.67	1.62			7.77								6.93	1.00
石	2—Ⅲ$_3$—26	埋藏土	60.52		12.15	4.14	1.67			7.50								8.46	0.92
黄	2—Ⅲ$_3$—28	淀积层	55.67		9.56	3.74	1.47			11.66								9.95	0.86
	2—Ⅲ$_3$—30	黄　土	58.62		14.74	3.74	1.77			7.22								6.77	1.04
土	2—Ⅲ$_3$—32	黄　土	59.31		14.64	3.48	1.51			7.22								6.95	1.00
	2—Ⅲ$_3$—33	淀积层	59.96		13.15	3.21	1.68			9.16								7.79	1.09
下	2—Ⅲ$_3$—40	黄　土	57.77		13.35	3.88	1.57			8.61								7.39	0.87
部	2—Ⅲ$_3$—44	埋藏土	59.25		13.94	3.28	1.97			8.05								7.25	1.28
	2—Ⅲ$_3$—46	黄　土	60.95		9.76	4.75	1.27			6.66								10.67	0.58
Q_2	2—Ⅲ$_3$—47	淀积层	59.79		13.74	3.52	1.70			6.94								7.42	1.00
	2—Ⅲ$_3$—49	淀积层	57.27		14.34	4.23	1.61			7.77								6.80	0.84
	2—Ⅲ$_3$—52	黄　土	60.91		7.57	4.88	1.11			6.39								13.70	0.50

（續表 51）

地层层位	样品編号	岩 性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_2	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2P_5	H_2O^+	H_2O^-	全S	挥发质 CO_2、C及有机质	总 計	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
离石黄土下	2—III$_2$—1	埋藏土	57.53		10.95	3.76	1.48			9.16									8.94	0.56
	2—III$_2$—3	淀积层	58.66		9.36	3.28	1.84			7.50									10.72	1.25
	2—III$_2$—4	埋藏土	54.48		10.75	4.07	1.34			9.99									8.63	0.72
	2—III$_2$—6	淀积层	37.64		8.36	2.50	1.39			20.27									7.63	1.26
	2—III$_2$—7	埋藏土	57.56		10.95	5.36	0.83			10.84									8.95	0.33
	2—III$_2$—10	淀积层	53.38		9.76	3.19	1.56			11.94									9.34	1.10
	2—III$_2$—12	黄 土	60.42		10.15	3.30	1.74			7.77									10.14	1.20
	2—III$_2$—14	埋藏土	59.31		6.77	3.69	1.81			8.05									14.95	1.08
	2—III$_2$—16	淀积层	40.51		4.58	2.34	1.10			22.22									15.31	1.07
	2—III$_2$—18	黄 土	59.13		7.57	3.57	1.70			7.50									13.29	1.09
黄土	2—III—1	黄 土	58.93		14.54	3.93	1.57			5.55									6.90	0.87
	2—III—3	埋藏土	57.43		15.14	4.68	1.56			6.11									6.45	0.72
	2—III—5	淀积层	55.55		13.94	3.83	1.42			8.61									6.79	0.82
	2—III—6	黄 土	60.38	0.70	11.94	3.68	1.55		2.22	6.11	1.50	2.60	0.12	4.49	1.94	0.51	2.74	100.48	8.58	0.91
	2—III—7	埋藏土	57.21		11.75	4.02	1.34			9.72									8.27	0.72
	2—III—9	淀积层	55.13		13.15	3.45	1.42			9.16									7.16	0.90
	2—III—10	埋藏土	—		6.77	4.23	1.36			—									—	0.69
	2—III—12	淀积层	34.56		12.55	1.99	0.99			8.33									4.67	1.08

部	2—Ⅲ—14	黄　土	56.23		13.94	4.40	1.37			8.05								6.88	0.76
	2—Ⅲ—16	埋藏土	56.90		14.15	3.62	1.45			8.05								6.86	0.90
	2—Ⅲ—18	淀积层	42.72		10.75	2.64	1.01			17.77								6.77	0.58
Q_2	2—Ⅲ—19	埋藏土	49.65		13.34	3.52	1.32			13.61								6.35	0.90
	2—Ⅲ—21	淀积层	47.13		10.75	2.77	1.37			17.22								7.46	1.11
	2—Ⅲ—24	黄　土	59.87		9.96	3.97	1.32			6.94								10.26	0.75
	2—Ⅱ—1	埋藏土	62.34		8.17	4.52	1.24			4.44								12.96	0.60
	2—Ⅱ—3	淀积层	46.27		9.16	2.62	1.11			23.05								8.65	0.93
午	2—Ⅱ—4	黄　土	51.20	0.60	9.55	3.98	1.45	0.03	1.77	12.49	1.00	2.35	0.14	5.37	2.28	0.48	7.23	99.92	9.16	0.83
	2—Ⅱ—5	埋藏土	56.19		13.74	4.39	1.07			8.33								6.97	0.51
	2—Ⅱ—7	淀积层	45.61		11.55	3.93	0.92			18.05								6.71	0.57
城	2—Ⅱ—10	埋藏土	62.58		6.97	4.93	1.52			4.72								15.30	0.70
	2　Ⅱ　-12	淀积层	60.62		13.15	4.57	1.03			7.50								8.53	0.50
黄	2—Ⅱ—14	黄　土	58.38		13.15	3.67	1.29			8.83								7.59	0.73
	2—Ⅱ—17	淀积层	47.75		12.15	4.71	1.01			15.27								6.73	0.48
	2—Ⅱ—21	黄　土	59.30	0.63	9.75	3.71	1.40	0.10	2.22	7.22	1.20	2.60	0.12	4.14	1.93	0.55	4.48	99.35	10.38	0.82
土	2—Ⅰ—1	埋藏土	62.26		12.95	4.93	0.81			3.05								8.15	0.36
	2—Ⅰ—3	淀积层	47.56		10.95	3.11	1.07			17.22								7.39	0.77
Q_1	2—Ⅰ—4	黄　土	39.34	0.45	9.95	2.39	1.32	0.03	1.77	20.55	0.85	1.75	0.17	5.15	1.39	0.50	14.24	99.85	6.75	1.28
	2—Ⅰ—5	埋藏土	60.83		14.54	3.18	1.08			5.27								7.11	0.73
	2—Ⅰ—8	黄　土	51.25	0.51	8.36	3.78	0.87	0.03	2.22	13.60	0.85	1.75	0.12	4.80	1.40	0.50	9.88	99.92	10.40	0.52

注：1. 表中埋藏风化层未单独分出，统称之为埋藏土；

2. 表中空白栏表示没有进行分析。

3. ＊该标本是一石灰质结核，所以分析的结果 SiO_2 含量偏低，而 CaO 偏高。

（二）黄土中的二氧化硅（SiO_2）与三氧化二鋁（Al_2O_3）、氧化铁（FeO）与三氧化二铁（Fe_2O_3）及其变化

对于黄土中的二氧化硅与三氧化二鋁以及氧化铁和三氧化二铁之間的关系，以往曾經有人进行过研究。赫尔苏韦茲(Harrssowitz)[147]和 A.歇伊迪格(Scheidig)[148]曾提出根据总化学成分的百分比与硅酸系数 $\left(Ki=\frac{SiO_2}{Al_2O_3}\right)$ 和基性系数 $\left(Ba=\frac{CaO+Na_2O+K_2O}{Al_2O_3}\right)$ 进行黄土分类。近年来 A.K.拉里奧諾夫(Ларионов)[121]和 K.И.魯卡謝夫 (Лукашев)[98]等也进行某些研究。K.И. 魯卡謝夫在研究黄土化学成分同时又对氧化铁和三氧化二铁相互关系进行过比較和討論。

虽然利用硅酸系数 Ki 来进行黄土分类还存在若干問題，但是对于了解不同区域不同时代黄土中鋁、硅变化还是很有意义的。Fe_2O_3 是 FeO 再受氧化結果，所以通过 FeO 和 Fe_2O_3 的研究可以从中了解到氧化强度，而氧化强度又与气候条件紧密相关，所以 FeO 和 Fe_2O_3的研究对于了解不同地区不同时代黄土形成时的气候条件也甚为重要。因此在本节中拟根据以上分析結果进行一些討論。

文中我們所提到的 SiO_2 和 Al_2O_3 之比，FeO 和 Fe_2O_3 之比都是指的它們分子比值，这与土壤学和粘土矿物研究上經常使用的方法是一致的。

茲根据已有的分析結果进行如下討論：

1. 黄土中二氧化硅与三氧化二鋁

根据研究，各不同地区和不同时代黄土与埋藏土中二氧化硅和三氧化二鋁的比值变化的相当大，絕大多数在 7 以上，变化在 4.67—15.31 之間[1]。馬兰黄土之中变化范圍較小，为 6.23—12.73，而离石-午城黄土則变化范圍較大，最低为 6.57，最高达 13.70（表 38、39、51）。

二氧化硅和三氧化二鋁的比值 (Ki)，在不同地区和不同时代中都存在一定差异。

如果把山西、陝西、隴东和隴中等不同地区的不同时代的黄土 Ki 值进行比較，从表（表 43—50）显見 Ki 值在六盘山以西隴中地区含量常較低，向东含量逐漸增加，但离石-午城黄土变化不是那样显著。

硅酸系数 Ki 值除东西方向发現有变化外，自北而南也存在一定变化。从表 43—50 中可以看出，虽然自北而南其数值有高低起伏，但是在隴中、陝西和山西等地均发現自北而南数值逐漸降低（只有山西靜乐一个地点含量竟高达 12.22）。

較老的离石-午城黄土变化情形基本上与馬兰黄土类似。

不同时代黄土中的 Ki 值也有变化，从表 51 中可以看出，Ki 之最大值位于剖面下部，

1）其中包括黄土、埋藏土和淀积层。

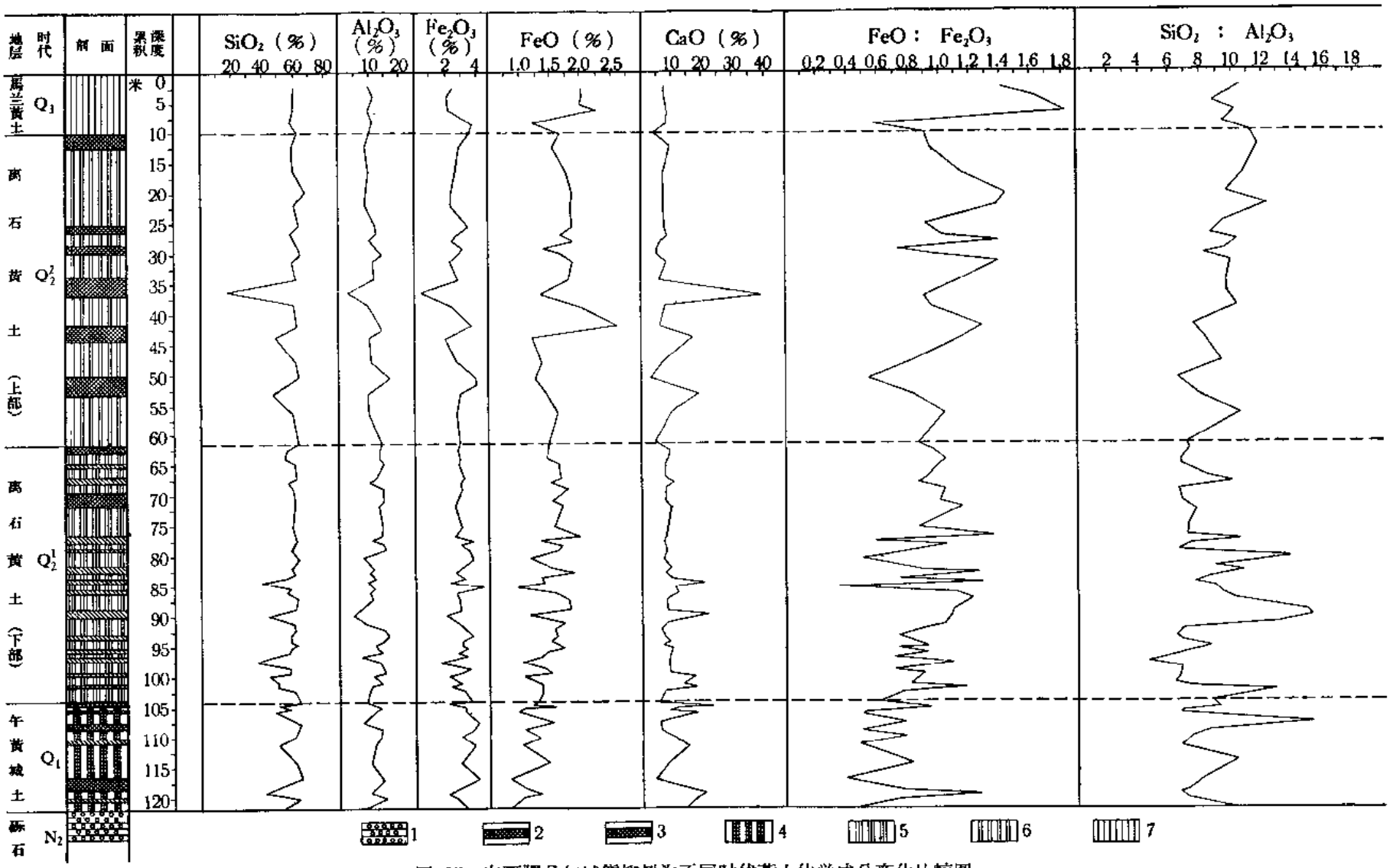


图 95　山西隰县午城镇柳树沟不同时代黄土化学成分变化比较图

1.砾岩；　2.埋藏风化层；　3.埋藏土；　4.午城黄土；　5.离石黄土下部；　6.离石黄土上部；　7.马兰黄土。

在午城黃土之中2—II—10号試样中为15.30，而在离石黃土的下部2—III_2—16号試样中更高，可达15.31。虽然，Ki值在不同层位变化較大，时高时低，但是其变化基本規律还是比較明显的。如果不考虑几个特殊含量較高的試样，則Ki值的变化自下而上有逐漸增加的趋势，只是到了馬兰黃土之中Ki值又发現逐漸減小（图95），Ki值变化另一特点是自下而上变化幅度（最大与最小值之差）愈来愈小。

綜上所述可以看出，SiO_2和Al_2O_3比值有以下特点：

1．黃河中游各地黃土中二氧化硅和三氧化二鋁的比值，虽然其中有些变化，但是不同地区不同时代絕大多数試样分析結果还是很接近的，数值多在7以上，10以下。这同前面所述总化学成分（或称主要化学成分）区域差异不大这一規律是一致的。

2．虽然各地Ki值基本类似，但在不同区域和不同时代中也不是沒有变化的。如果以山西、陝西、隴东、隴中几个区域来比，則在馬兰黃土中以隴中地区为低，由之向东逐漸增高。各地区Ki值均具自南而北数值逐漸增大趋势。

3．不同时代黃土中的Ki最大值虽然出現在离石下部和午城黃土之中，但其总的变化趋势是自下而上数值增大，尤其是埋藏土层中的Ki更为明显。黃土中的Ki值大小变化也随时代变新而逐漸減少。

A.歇伊迪格[148]在1934年曾研究过德国境內的黃土类岩石，得出黃土类岩石硅酸系数Ki=1的結果，A.K.拉里奧諾夫[121]曾經根据自己及其他研究者的研究，发現苏联境內黃土类岩石中Ki值变化在3.4—7.4之間，K.И.魯卡謝夫[98]也对苏联白俄罗斯各地黃土中Ki值进行过研究，并认为白俄罗斯境內Ki值較大，最低为7.0，最高可达15.5。为便于进行比較現将各研究者对不同地区研究結果列于下表（表52、53）。

表52　中国各不同地区黃土硅酸系数（Ki）值

地区		硅酸系数（Ki）平均值	硅酸系数（Ki）最大与最小值
山西	馬兰黃土	—	7.43—12.22
	离石-午城黃土	—	6.75—13.70
陝西	馬兰黃土	8.83	6.53—12.73
	离石-午城黃土	7.93	6.57—9.35
甘肃隴东	馬兰黃土	8.16	7.84—8.45
	离石-午城黃土	7.76	6.86—9.79
甘肃隴中	馬兰黃土	7.76	6.23—9.44
	离石-午城黃土	7.93	7.45—8.78

表 53 苏联与德国不同地区黄土硅酸系数 (Ki) 值

地区		时代	硅酸系数 Ki 值	資料来源
苏联	基輔	Q_3	6.0—7.4	据 A. K. 拉里奧諾夫
	德聶伯罗彼得罗夫斯克高原	Q_3	5.0—6.1	同 上
	奧廖尔分水岭	Q_3	5.1—5.7	同 上
	卡明斯克高阶地	Q_3	6.0—6.2	同 上
	頓河罗斯托夫分水岭	Q_3	5.9—6.9	同 上
	东斯塔夫罗波尔	Q_3	3.2—4.7	同 上
	莫洛奇納雅河右岸	Q_3	4.5	据 И. Л. 索科洛夫斯基
	塔什干		3.8	据 Ф. И. 瓦罗諾夫
	霍哲特		3.4	据 И. П. 格拉西莫夫
	白俄罗斯		7.0—15.5	据 К. И. 普卡謝夫
德国			1	据 A. 歇伊迪格

(根据 A. K. 拉里奧諾夫資料补充)

从表 52、53 中可以看出，中国不同地区黄土中硅酸系数 Ki 值比德国和苏联許多地区为高，除山西一个地区以外，絕大多数地区在 6 以上。而苏联除去白俄罗斯、基輔和卡明斯克三个地区以外，一般数值都很低，在 6 以下，而德国則数值更小。就差异变化大小来看，中国的黄土 Ki 值各地变化較小，这不仅同中国各地黄土中化学成分的类似性有关，而且同顆粒成分彼此差异不大这一点也是一致的。

比較中国黄土中硅酸系数以后，可以得到以下几点結論，并值得进一步去探討。

1．中国黄河中游各地黄土中的硅酸系数 Ki 值变化是有規律的，尤其是自南而北增加更为明显。各地 Ki 值自南而北增加，这說明了黄土中的 SiO_2 自南而北相应加多，而 Al_2O_3 的含量相应減少，两者存在一种互为消长的关系。

2．中国黄土中硅酸系数 Ki 值最高的地区是黄河中游的北部气候干燥的地区，同样的在山西气候比較湿潤地区也較其以西气候干燥地区为大，当然由于山西境內分析的样品多靠近北部，所以使 SiO_2 分析数值偏高也是可能的。究竟向东 SiO_2 的含量相应增加或 Al_2O_3 含量減少是因气候条件变湿的影响呢？还是由于分析的試样靠北呢，需要进一步研究。

在苏联硅酸系数最低的是在干旱区中，在北部气候湿潤区內 Ki 值都較大(表 53)，这与中国境內硅酸系数变化情况有很大差别。显然中国黄河中游中的黄土 Ki 值增大并不一定完全取决于风化改造作用，而有可能是同它原始堆积的顆粒变化有联系。Ki 值自北而南減小同样反映其物质成分主要是来自西北广大地区。

3．不同时代黄土中 Ki 值变化，有自下而上逐漸增加的趋势，这一方面反映与顆粒自下而上变粗有联系，另一方面也和黄土堆积当时气候条件由湿潤逐漸变为干燥有联系。

在午城黄土和离石黄土下部 Ki 值变化幅度較大，而在离石黄土上部和馬兰黄土中变化較小，这可能說明当午城黄土与离石黄土下部堆积过程环境不大稳定，至黄土堆积晚期

則逐漸变为稳定[1]。

2. 黄土中的氧化铁和三氧化二铁

对于黄土中的 FeO 和 Fe_2O_3 的研究，就目前已知报导的还很少。由于高铁和低铁含量的多寡反映氧化能力强度，而这种强度又同区域不同时期的气候条件有联系，所以通过 FeO 与 Fe_2O_3 的研究，可能对探討黄土形成当时的环境更有意义。

根据研究，黄河中游各地的黄土中的 FeO 与 Fe_2O_3 的比值平均含量各地比較接近。在馬兰黄土中山西为 0.66，陝西为 0.50，甘肃隴东为 0.71，隴中为 0.78。在离石-午城黄土中 FeO 与 Fe_2O_3 比值在各地也比較接近，在山西为 0.89，陝西为 0.45，隴东为 0.49，隴中为 0.82（表 43—50）。

各地最大与最小值如下：在馬兰黄土中山西为 0.17—1.82，陝西为 0.08—0.92，甘肃隴东为 0.10—0.85，隴中为 0.26—1.40；离石-午城黄土中变化基本上同馬兰黄土类似，在山西为 0.12—1.60，陝西为 0.10—0.66，甘肃隴东为 0.15—0.73，隴中为 0.50—1.36（表 43—50）。

不同时代黄土中 FeO 和 Fe_2O_3 比值的变化也很大，在午城剖面中各层变化如：馬兰黄土为 0.57—1.82，离石黄土上部为 0.54—1.51，离石黄土下部为 0.33—1.28，在午城黄土中为 0.48—1.28（表 51）。

根据上述可以看出不同地区不同时代的黄土，FeO 和 Fe_2O_3 的比值都存在一定差异。

从表 43—50 中可以看出，FeO 与 Fe_2O_3 的比值在平面上具有明显变化。其中除少数几个地点数据值較大以外，它們总的变化趋势是自东而西，自南而北逐漸增加。这种趋势不仅表現在馬兰黄土中，在离石-午城黄土中也有所发現。

FeO 与 Fe_2O_3 的比值自东而西，自南而北数值逐漸增大，說明 FeO 的含量向西向北相应增加。根据 A. И. 彼列尔曼（Перельман）的意見[149]，在潮湿气候条件下，在风化壳形成过程当中，含有二价鉄的矿物得到迅速风化，鉄从硅酸盐中析出从低氧化物形态轉变为氧化物形态（高价的鉄氧化物）。可見黄土中的 Fe_2O_3 的含量增加，也和地区化学风化作用强烈有联系，而化学风化作用的强烈与否又与区域的气溫和干湿有关，气候愈湿潤溫度愈高，則愈富集 SiO_2 和 Al_2O_3，这种作用已早被許許多多研究者所指出。

所以，通过 FeO 与 Fe_2O_3 比值由北向南減少这一事实，可以得到这样的概念，即当黄河中游黄土堆积之时，气候条件基本和現在类似，也就是說自西而东，自北而南气候愈来愈溫暖面湿潤。当然要证实这一重大問題只靠 FeO 与 Fe_2O_3 之比还是不足的，应当配合化石和其他方面进行研究。

对于不同时代黄土中的 FeO 和 Fe_2O_3 的比值，目前还缺乏大量資料，但根据山西湿

1）总的趋势如此，究竟同顆粒变化关系如何，尚需研究。

县午城，洛川以及其他几个地区的剖面分析，仍然可以看出 FeO 与 Fe_2O_3 自上而下具有明显的变化，从表 51 与图 95 中可以看出，其含量变化有以下几个特点：

1．FeO 与 Fe_2O_3 的比值有由下向上逐渐增大的趋势，但埋藏土层比值变化不如黄土更为明显。从表 51 与图 95 中可以看出，馬兰黄土、离石黄土上部、离石黄土下部和午城黄土这四层不同时代黄土中的 FeO 与 Fe_2O_3 的比值大小和变化是不相同的。在馬兰黄土中比值最大，除 2—V—10 以外数值均超过 1.40，而离石黄土上部数值較低，大多数在 0.8 以上，最高不超过 1.51，离石黄土下部大多在 1.10 以下，最高也不超过 1.28，午城黄土中最低，除 2—I—4 外均低于 0.93，8 以下的为数很多。

2．不同时代黄土中 FeO 与 Fe_2O_3 比值变化，以下部为大，且又頻繁，从总的形式来看午城黄土和离石黄土上部这两层变化大，而离石下部和馬兰黄土較小，所以好象也有四个不同节奏，两次重复出現現象（不是完全一致的重复）。

綜上所述可以看出，中国不同时代黄土形成当时氧化的程度强弱是不相同的，很显然，从老到新氧化环境逐渐減弱，还原能力有所加强，而氧化能力的減弱反映气候条件逐渐变为干燥和寒冷，这同現在保存在不同时代黄土中的动、植物化石所反映的气候总的变化是一致的。但是动、植物化石的变化并沒有如此明显。从不同时代黄土中的 FeO 与 Fe_2O_3 比值变化，顆粒变化以及結合剖面上各层埋藏土层等的发育情况来看，可以看出至少有四个小的节奏，两个"旋迴"，这两次"旋迴"影响到它的化学成分变化。

（三） 黄土中易溶盐及其酸碱度

作者等在研究中国各地黄土的主要化学成分的同时，也注意了可溶盐和酸碱度，兹将根据分析結果作以下叙述。

1．黄土中易溶盐

黄土中的易溶性盐类主要是以下三类：1．氯化物，2．重碳酸盐，3．硫酸盐。这三类之中以第一类和第二类为最多，第三类含量較少。

可溶于水的这些盐类根据黄土的天然湿度不同和其溶解度的不同，在不同条件下分别呈固态与液态形式存在。它們以直接或間接的方式影响着黄土的透水性、粘着性和稳定性等等，所以在工程地质研究中应予以特别注意。

下列各表是我們对黄河中游各地黄土中的易溶盐与 pH 值的分析[1]結果（表 53—57）。

从表 53—57 中可以看出各地黄土中的易溶盐的含量平均值存在一定差异，于离石-午城黄土中，山西黄土中易溶盐含量为 0.25%，陝西和甘肃（隴东）两地各为 0.33%，甘肃隴中为 0.50%；馬兰黄土之中其含量平均值略比离石-午城黄土为大，在山西为

1）易溶盐的全量分析系采用重量法进行的。

表 54　山西各地黄土中易溶盐与 pH 值

A. 馬兰黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	保德	0.28	6.8
2	东寨	0.48	7.0
3	何庄	0.63	6.2
4	南口村	0.10	6.3
5	静乐扶家店	0.12	7.0
6	方山	0.10	6.6
7	岔口	0.11	6.2
8	郭家岔	0.51	6.9
9	隰县	0.66	8.6
10	翼城西五岭	0.59	6.9
11	晋城	0.02	8.6
	平均值	0.32	7.0

B. 离石黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	三岔堡	0.45	7.8
2	下石楊峪	0.18	8.5
3	南口村	0.13	—
4	静乐上店	0.14	7.6
5	方山	0.10	5.8
6	隰县	0.41	8.7
7	翼城西五岭	0.34	6.8
	平均值	0.25	7.5

表 55　陕西*各地黄土中易溶盐与 pH 值

C. 馬兰黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	盐池	0.48	8.2
2	靖边	0.66	6.4
3	子长曾家湾	0.29	6.5
4	志丹二里湾	0.03	6.3
5	延安楊家畔	0.05	6.5
6	延安南21公里	0.95	8.7
7	延安南21公里	0.10	8.6
8	鄜县桃花扁	0.38	6.4
9	洛川曲西	0.26	7.0
10	黄龙	0.19	6.5
11	銅川	0.11	7.0
	平均值	0.31	7.1

D. 离石-午城黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	內蒙	0.64	7.9
2	宜县烏龙鋪	0.01	7.4
3	清間乐堂鋪	0.37	7.9
4	清間乐堂鋪	0.61	7.7
5	志丹二里湾	0.16	6.5
6	志丹二里湾	0.03	6.1
7	志丹二里湾	0.12	6.2
8	延安南21公里	0.26	8.6
9	舒阳	0.38	7.4
10	銅川	0.71	7.7
11	銅川	0.30	7.3
	平均值	0.32	7.3

* 表中包括內蒙一个地点。

表 56　甘肃陇东*各地黄土中易溶盐与 pH 值

E. 馬兰黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	平凉	0.08	7.3
2	平凉	0.85	7.2
3	平凉米家塬	0.72	7.3
4	隴县	0.23	7.2
	平均值	0.47	7.2

F. 离石-午城黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	环县	0.37	8.2
2	平凉	0.89	7.8
3	平凉北塬环川	0.09	7.6
4	隴县	0.11	7.2
5	济阳	0.21	6.2
	平均值	0.33	7.4

* 包括子午岭至咸阳间联綫以西渭河以北的陕西地区在內。

表 57 甘肃隴中*黄土中易溶盐与 pH 值

G. 馬兰黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	海原	0.79	—
2	海原黄之川	0.11	6.8
3	西吉	0.43	8.2
4	靜宁	0.90	8.4
5	定西盐土岔	0.31	8.0
6	定西朱家湫	0.27	6.6
7	定西	0.29	7.6
8	秦安	0.79	8.1
9	皋兰石洞寺	0.10	6.4
10	臨洮寻尔寺	0.72	7.8
	平均值	0.47	7.5

H. 离石-午城黄土

編号	产地	易溶盐	pH 值
1	西吉新营	0.40	8.8
2	定西盐土岔	0.37	8.0
3	定西盐土岔	0.69	8.5
4	定西盐土岔	0.97	8.1
5	秦安馬家崖头	0.39	8.3
6	秦安	0.20	8.3
	平均值	0.50	8.3

* 包括部分隴西地区。

0.32%，陕西为 0.31%，甘肃隴东与隴中两地平均含量相等，均为 0.47%。各地易溶盐含量变化范围大小也有所不同，在馬兰黄土中各地变化如下：山西为 0.02—0.66%；陕西为 0.03—0.95%；甘肃隴东为 0.08—0.85%，隴中为 0.10—0.90%。在离石-午城黄土中，山西为 0.10—0.45%；陕西为 0.01—0.71%；甘肃隴东为 0.09—0.89%，隴中为 0.20—0.97%，可見不同时代黄土中的含量变化基本相似。

根据其含量的平均值及其变化范围大小等来看，愈向西其含量愈高，有由东向西逐漸增加的趋势，只是馬兰黄土中的陕西地区平均值略比山西为低。

南北方向上的变化并不明显，但含量較大的数据也常常出現在北部。

为了更进一步地比較各地黄土中易溶盐含量的区域变化及其与其他因素的关系，現将我們分析的全部数据繪入图(图 96)中，在图中也引用了西北水利科学研究所分析的部分数据。

从图 96 里可以看出，不論馬兰黄土或离石-午城黄土，其中易溶盐的含量出現有两个低值区，其中一个区域位于隴县、邠县、宜君和黄龙山間連綫以南，包括"北山"[1] 及关中在內，这一带之中易溶盐大多数試样含量不超过 0.45%；第二个区域是位于黄龙山以北，在陕西境內。从黄龙山开始向北伸延，直达陕西省北部的靖边和榆林一带，然后向东北方向扩展，到达保德和三岔附近。在这一带之中含量不超过 0.66%，一般含量为 0.10—0.40%。含量較高的地区是子午岭以西的甘肃隴东和隴中两地，在这两个地区中，大部分土样易溶盐的含量超过 0.35%，最大可达 0.79%，比較特殊的是山西的南部和西南部两个地区可溶盐的含量也較高。最高在隰县的馬兰黄土中可达 0.66%。尽管各地含量有离有低，但其总的变化規律还是很明显的，即向北向西含量逐漸增加。

1) 陕西群众常把渭河地堑北侧东西延长分布的小山称为北山。

为了討論易溶盐在各地变化，現将楊鑑初[1] 編制的黄河中游年降水盐图引在文內（图97）。从图97中可以看出，黄河中游各地年平均降水量有自南而北，自东而西逐漸减少的趋势。如果把降水量图同易溶盐图彼此进行比較，除可以看出易溶盐含量自东而西自南而北逐漸增加与降水量逐漸减少这一变化吻合以外，还可以看出在400毫米降水量綫的南北两侧，易溶盐的含量具有显著的变化，此綫以北大部地区易溶盐的含量在0.30%以上，只有山西北部几个地区含量較低。400毫米降水量綫以南，虽然在枸邑、銅川、郃阳、鄜县、翼城等地个别試样易溶盐的含量也較高，可达0.8%，但大多数試样分析結果都較低，含量多在0.4%以下。

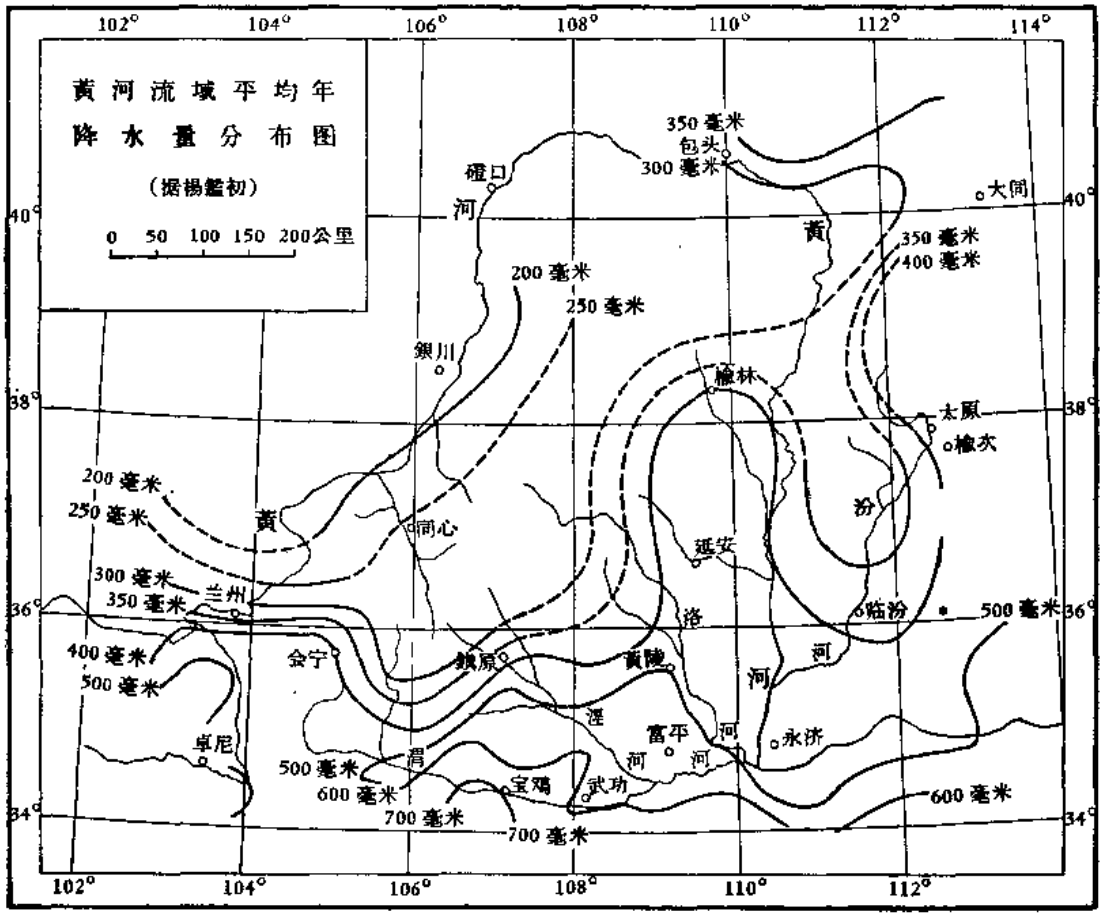


图97　黄河流域平均年降水量分布图

对于黄河中游各地的第四紀时期的气候研究的还不足，但仅就在黄土地区中所发现的已有动、植物化石等資料来看，与現代气候条件有很大类似性。如果确系如此，那么就可以想象得到，各地黄土中的易溶盐含量的变化，可能与各地降水量的多寡有联系，因为降水量大，地下水和地表水活动力便加强，在其长期的作用下，不可避免的会有一部分易溶盐受到溶解流失，这是可以理解的。

1）叶篤正、楊鑑初、高由禧等著：1956年，黄河流域的降水。科学出版社。

对于黄土中易溶盐在垂直方向上的变化，至今系統地研究还不多，根据地质部水文地质工程地质研究所張宗祜等在甘肃隴东地区的研究，发現自上而下有由氯盐为主逐漸轉变为以硫酸盐为主的趋势[18]；中国科学院土木建筑研究所土力学研究室在研究兰州元城等地黄土剖面时，发現易溶盐的含量在剖面不同深度之內并无固定規律[119]。根据邓紹忠与高长翟等在兰州东崗鎮古城坪等各阶地黄土剖面的研究，发現低阶地（多数是冲积黄土）其含量自上而下逐漸增加。而在高阶地沒有层理的黄土之中，由上向下易溶盐的含量有逐漸減少的趋势[120]。根据以上所述，可見各处变化情况并不完全一致。

2．黄土中酸碱度（pH）

对于西北各地黄土中的 pH 值，有許多单位进行过研究，例如，張宗祜等人曾对隴东不同层位黄土 pH 值进行过研究，发現不同时代黄土中的 pH 值变化在 6—9 之間[18]。陝西省水利科学研究所，在研究西北一些地区黄土的 pH 值以后，发現多在 6.8 以上，最高可达 9.1，平均为 7.8[68]。

中国科学院地质研究所，几年来在研究黄河中游各地黄土化学成分的同时，也对黄土中 pH 值进行过一些分析，其結果已列入表 54—57 之中。从表 54—57 中可以看出，在各地馬兰黄土之中，其变化范圍为 6.2—8.6[1]，而在各地离石-午城之中为 5.8—8.8，显見各单位分析的結果都証明其变化幅度很大，其最大、最小值也很接近。

不同地区黄土中 pH 值的平均值也有些变化。在不同地区馬兰黄土之中，数值最低的是山西，平均值为 7.0，最高值为隴中，达 7.5，并自山西向陝西、甘肃隴东、隴中依次数值增加。在离石-午城黄土也发現自东而西数值加大，例如，在山西为 6.4，陝西为 7.3，甘肃隴东为 7.4，隴西为 8.3。所以，不論馬兰和离石-午城黄土，其 pH 值变化自东而西逐漸增加。

pH 值在南北方向上变化不太明显，但是其中数值較大的出現在北部为多。

为了进一步地比較不同时代不同地区黄土中的 pH 值的区域变化，現将上述分析結果（表 54—57）以及西北水利科学研究所对陝西、关中和甘肃各地的部分分析結果[68]同时繪入图 98[2]。

从图 98 中可以看出，各地黄土中的 pH 值有自东而西，自南而北逐漸增加的趋势。例如在山西境內，pH 值多在 7 以下，向西至陝西与甘肃（隴东）两地数值加大，7.5 以上者很多，至甘肃隴中地区則更大，8 以上者占絕对优势。在各地的北部多在 8 以上的很多，而在其南部很少，多在 8 以下。

如果在图中 pH 7.9 和 8 之間自西而东联結成一綫，那么可以看出，这条綫在六盘山

1）据最近校核，原来所測数偏低。

2）虽然由于分析方法上的不同，放在一起对比不見得十分准确，但为了粗略对比起見，也将之放在一起进行比較，待以后校正。

以西地区变化是北起皋兰，向南經兰州至临洮，然后再到秦安至庄浪。过六盘山以后，由平凉东偏北方向延长，經庆阳、延安、延长、隰县后折而北上至离石又西折，然后以黄河为界再向东北延长。虽然，由于分析的数据还不多，这条綫还只是大致联結的，但是也还可以看出，綫的南北 pH 值高低差别很大，綫之以北 8 以上的很多，綫之以南主要为 7.8 以下。

为了說明 pH 值这样变化，下面我們引用黄河中游地貌图(图 99)来加以說明。

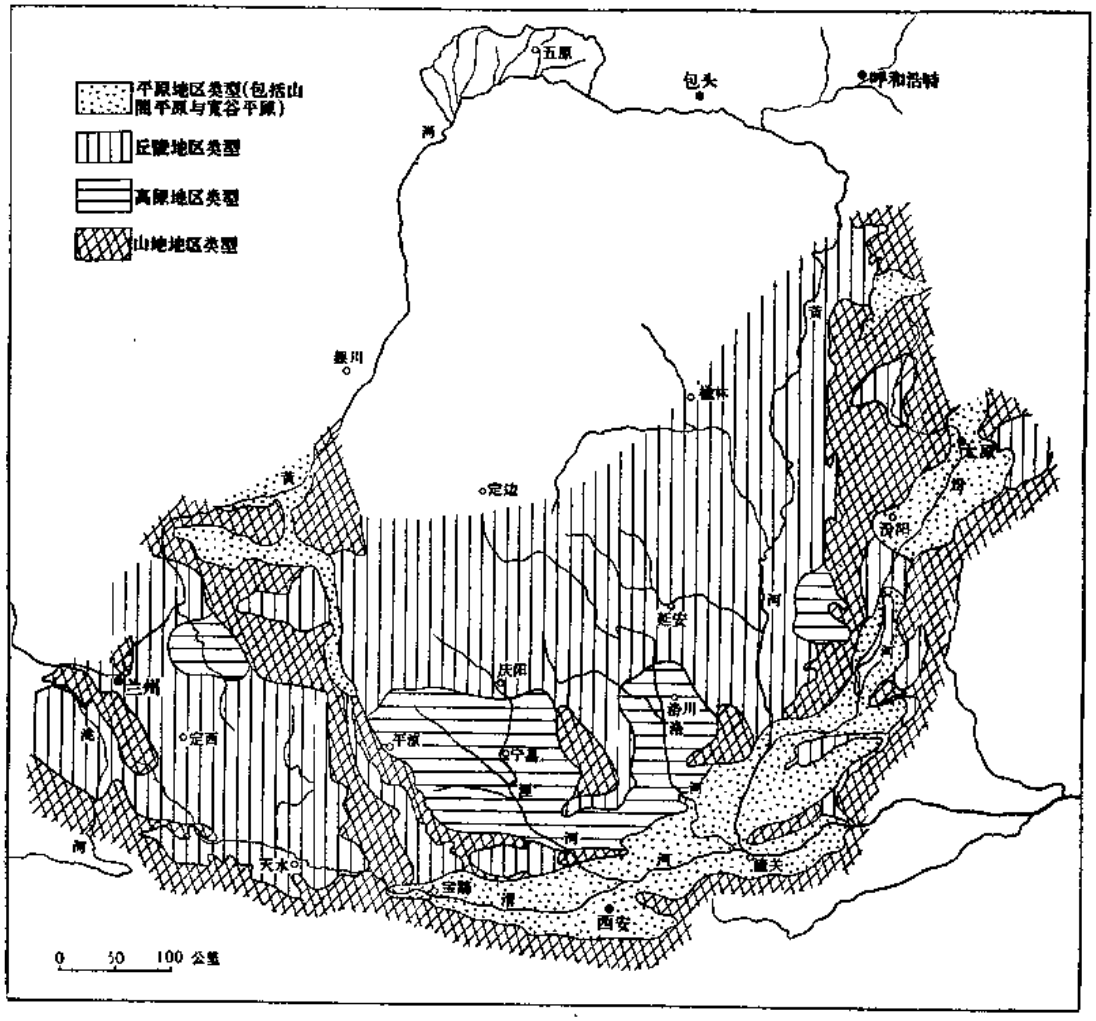


图 99　黄河中游黄土区地貌类型区划图
(据黄河中游黄土区域自然类型区划图改繪)

从图 99 中可以看出，pH 8 这条界綫大体同現在黄土塬和梁峁丘陵区两者分界綫是一致的，也就是說 pH 8 以上的分布区是現在的黄土丘陵区，可見 pH 值的大小变化与地貌条件也有联系。

綜上所述可以看出，各地黄土中的 pH 值变化不仅同降水量、蒸发量有关，也就是同气候干旱、湿潤条件有关以外，也与地貌条件也有联系。

对不同时代黄土中的 pH 值至今研究的还很少，根据我們最近对洛川剖面用电位法(雷地 21 型自动电位滴定計)测定結果，发现 pH 值变化在 7.5—8.6 之間(未包括离石下部及午城黄土在內)，自下而上逐漸增加。

綜合上述可以得到如下几点結論：

(1) 黄河中游各地黄土大多数呈碱性或弱碱性和中性反应，酸性反应的較少。

(2) 不同时代不同地区內的黄土 pH 值存在很大差异。这是与不同地区干燥与湿潤程度和地质、地貌条件有关。

(3) 黄河中游各地黄土 pH 值自东而西、自南而北具有明显的方向性变化，这与該地气候条件向西向北愈来愈干燥有規律的变化完全一致。

(4) 黄河中游各地黄土中 pH 值以丘陵区为大，塬区为小。

第五章 結 语

綜合上述，对中国黃土和黃土状岩石可以得到如下的几点认識。

一、中国黃土和黃土状岩石的分布

1．中国黃土和黃土状岩石主要分布在昆侖山(其北坡沿青藏公路均有黃土分布)、秦岭、泰山、魯山联綫以北的干旱和半干旱地区，界于北緯30°—49°之間地带，但在34°—45°之間地区最为发育。如与欧洲各地黃土和黃土状岩石分布区比較，則所占緯度較为偏南。中国黃土和黃土状岩石分布区內現在年降水量多小于500毫米，在250—500毫米的地区內黃土分布最为广泛，小于或大于250毫米的地区黃土和黃土状岩石則分布較少。

2．中国黃土分布的北面是沙漠和戈壁，自北而南戈壁、沙漠、黃土三者逐漸过渡，成带状排列，靠近沙漠地区的黃土顆粒成分变粗，黃土剖面中夾有风成砂层，証明黃土与沙漠和戈壁关系是密切的。

3．中国黃土的分布自早更新世以来逐漸扩大，形成連續的超覆。这种連續超覆不同于黃土区內其它第四紀沉积的分布形式，黃土不受地势高低所局限，按一定气候带內这样超覆，是与中国北部的地质构造的相对稳定以及气候条件在第四紀晚期逐漸轉为干燥有关。

4．根据中国北部各地自然地理条件和地质地貌条件，大致可把黃土划分为四个分布区(据現有資料)：1.黃土高原区，2.华北区，3.东北区，4.西北內陆盆地区。这四个区里黃土分布、产状、地层和厚度等各有特色，其中以黃土高原的黃土最为发育，为典型黃土。在分布上，黃土高原区的黃土基本上是連續的，向西向东逐漸分布零星；就其厚度来說，以黃土高原区为最厚，向东向西則逐漸減薄；埋藏土壤的发育也以黃土高原区层数最多，向东向西层数減少，向西向北发育不完善，这些都証明黃河中游地区自第四紀以来有利于黃土的堆积。

二、中国黃土堆积的地质时期

1．根据中国黃土中所含的脊椎动物化石，可以划分为早更新世黃土(午城黃土)、中更新世黃土(离石黃土)和晚更新世黃土(馬兰黃土)。在馬兰黃土之上尚有不厚的全新世

黄土堆积。由此可見，中国的黄土至少从早更新世就已开始堆积，并經历了整个第四紀，一直到現在还沒結束。

比較各地黄土剖面以后，可知不同时代黄土的厚度各不相同，其中以离石黄土最厚，馬兰黄土次之，午城黄土較薄，全新世黄土最薄，說明中国北部中更新世时期黄土的堆积速度最大。

2．中国各时期黄土在許多地区成为上、下叠覆，但在馬兰与离石黄土之間，离石与午城黄土之間以及离石黄土上、下部之間都存在明显的不整合面（剝蝕面），并在河谷与凹地当中，常代之以河湖相沉积，这证明中国黄土虽然是連續沉积，但其間尚有几个間断，与这一間断相适应的是气候条件由干燥轉为湿潤。

3．中国黄土与其它第四紀沉积物地层的关系，特别是与河湖相地层之間的关系，是中国北方第四紀地质研究的重要問題，但以往研究得很少，以往許多研究者把这两者之間的关系当成相变，也就是黄土和河湖相沉积的关系，在横向上是过渡的，其时代相同。

研究了黄土高原許多含化石剖面以后，发現黄土与河湖相之間大都是叠覆的。黄土与河湖相沉积的互相叠覆，反映在黄土堆积过程中，在气候逐漸向干燥轉化的总趋势下，其間曾經有遇几次气候条件轉为湿潤的变化。研究了中国北部各地黄土与黄土状岩石以及河湖相沉积以后，初步可以划分成三种接触类型：第一类型是黄土互为叠覆的，其間以几个剝蝕面所隔开。属于这个类型的地区有黄土高原，如山西、陝西、甘肅与河南北部等地，但部分河谷地区除外；第二类型是黄土和河湖相交替出現，属于这个类型的地区有黄土高原的东南部及大河河谷地区；第三类型是叠覆的連續的沉积，在剖面上顆粒成分只反映由粗变細的几次旋迴上，属于这一类型的有华北平原。

三、中国黄土物质成分

1．中国黄土顆粒成分以粉土为主（平均值多＞50%），大于0.25毫米的粒級在黄土中經常沒有或极少。粗粉土的含量大于細粉土，证明中国黄土甚为典型。中国黄土絕大多数是属于輕亚粘土和中亚粘土，輕亚砂土和重亚粘土甚少。

2．中国黄土的矿物有60余种，其中主要是石英和长石。就矿物的种类来看，十分复杂可能来自火成岩、变质岩和沉积岩等岩石，但不同地区和不同时代的黄土矿物成分在种类与含量上都十分接近。这說明中国黄土矿物成分来自西北广大沙漠地区，在搬运中得到高度混合，并与其西北的鄂尔多斯和阿拉善沙漠砂有联系。

中国黄土中不稳定矿物成分很多，保存大量的角閃石、輝石和黑云母等矿物。粘土中蒙脫石和伊利石矿物为主，說明黄土是在干燥气候条件下形成的。

中国黄土矿物成分另一个特点，是未发現有海綠石，这可能与中国北部及其北部邻区缺乏海相地层有关，这是与世界各国黄土矿物成分不同之处。

3. 中国黃土化学成分以 SiO_2 和 Al_2O_3 为主，各占（50.84—55.58%）和（10.89—11.68%）。分析結果表明，不同地区不同时代黃土的化学成分是接近的，但其主要化学成分中有如下的变化：在黃河中游 SiO_2、FeO、CaO、Na_2O 自西北而东南逐渐減少，相应的 Fe_2O_3、Al_2O_3 等成分有所增加。不同时代黃土自老而新 SiO_2、FeO 等含量逐渐增加，而 Al_2O_3、Fe_2O_3 含量減少。

根据黃土顆粒、矿物、化学成分等的分析，可以看出不同地区、不同时代的黃土基本类似，这一类似性似乎同各个地区內的地质地貌条件关系不大，显然与受地质地貌条件影响較大的坡积、洪积、冲积、冰川等沉积物有所不同，两者形成一个鮮明对比。这首先說明黃土物质成分是取自沉积区以外的远源地区，由大面积的各类岩石所供給的，在长距离轉移搬运中得到高度混合。

黃土顆粒、矿物、化学成分等所呈現的变化基本上是有規律的，自西北而东南有方向性变化，这些特点表明其物质来源于西北广大地区。

中国黃土物质成分在不同时代黃土中具有很大的一致性，这不仅表明各层黃土关系密切，而且在成因上彼此是有联系的。所以間接证明中国北部第四紀以来剝蝕与堆积条件是相当稳定的，而剝蝕与堆积条件的稳定性又与古地理条件的稳定性有联系。

四、中国黃土的沉积条件

1. 根据現有保存在黃土中的脊椎动物化石来看，以喜干燥的齧齿类动物为主，其他喜湿类动物很少。孢子花粉分析結果也表明其中以嵩属和禾本科植物为主，木本植物花粉占从属地位。这些都反映黃土堆积当时气候条件是相当干燥的。黃土的顆粒、矿物和化学成分等分析結果表明其顆粒成分以粉土为主，不稳定矿物含量很高，矿物风化微弱，含有大量的碳酸盐、石膏和蒙脫石，pH 值很大，所有这些特点也都证明黃土形成当时气候条件是相当干燥的。

但是，不同时代黃土堆积的当时气候条件也并不是始終沒有变化。因为午城、离石、馬兰各不同时代黃土中均夾有埋藏土壤层，这就說明在黃土堆积的过程中除以干燥的气候条件为主外，其間也曾有过若干次由干燥寒冷轉为湿潤溫暖的阶段。至于在某个时期內的变化次数，可由黃土中发現的埋藏土壤层的层数多寡来决定。在午城黃土中埋藏土壤层較多（可能其中一部分的鈣质結核层与成土作用无关）、离石黃土中較少（上部比下部还少），馬兰黃土中更少，这就证明黃土堆积当时气候条件变化次数是由多逐渐变少的。

2. 黃土下伏的基岩地形輪廓是形成于白堊紀末期，在第三紀时期又經过进一步的塑造。有起伏的丘陵，也有平坦开闊的古盆地。根据其特征不同可以划分为七种不同类型。

埋藏土壤层的产状也反映了古地面的形态。在午城黃土中埋藏土壤横剖面上大都近于水平，在离石黃土下部常略具傾斜，在离石黃土上部中則具有很大弯曲。这些特点說明

午城黄土堆积当时古地面是平正的，但当午城黄土堆积以后，地面发生輕微的切割破坏，至离石黄土堆积时期地面已具有很大起伏，馬兰黄土堆积以前現代地形基础已基本形成。所以目前所观察得到的黄土地形，絕大部分并非馬兰黄土堆积以后經侵蝕而形成的，而是在整个第四紀时期經过堆积与侵蝕的相互作用而成的。

中国黄土地形可以区分为塬、梁、峁三种不同类型。这三类地形具有一定分布地理位置，并与古地形是吻合的。塬，下伏基底是平坦的，梁、峁，下伏基底是丘陵起伏的。同样，梁、峁地形并不一定完全由塬遭受侵蝕所形成。故不能簡单的把黄土地形发育过程理解为由塬变成梁，由梁再变成峁。

五、中国黄土的分类及其岩相变化

1.中国黄土根据其細砂和粘土含量，可以区分为砂黄土、黄土和粘黄土[1]。砂黄土中細砂(>0.05毫米)含量为 >30%，粘土含量为 <15%；黄土中細砂含量为 15—30%，粘土含量 15—25%；粘黄土中細砂含量为 <15%，粘土含量为 >25%。这三类黄土在平面上分布是有規律的。这几类黄土根据距离沙漠远近和时代上的新、老不同是有变化的。

2．尽管現有分析資料还不多，但中国黄土岩相变化規律还是很明显的。

相变化事实之一是表現在塔里木、准噶尔和柴达木等地黄土比黄河中游各地黄土含有更多的細砂成分，而山东地区的黄土顆粒較細，含粘土成分高。这种地区性的差异是与各个地区內地质、地貌条件，尤其是气候条件上的差异有联系的，反映新疆和柴达木的黄土是在更为干燥条件下形成的，而山东地区的黄土是在比黄河中游地区黄土更为湿潤条件下堆积的。

相变化事实之二是表現在以戈壁和沙漠为中心向外緣顆粒、矿物、化学成分上的有規律变化。尤其是顆粒成分上的变化。在黄河中游由沙漠向外圍(自西北向东南)可以划分为三个岩相带，第一带为砂黄土；第二带为黄土；第三带为粘黄土。在准噶尔和东北等地虽然至今还沒有进行大量顆粒分析，但是自沙漠向外圍黄土顆粒逐漸变細，在典型黄土与沙漠之間有砂黄土带的存在还是很清楚的。在黄河中游地区，不仅发現馬兰黄土的变化如此，而且离石-午城黄土也具有同样的变化規律。

在中国黄土之中所以存在相变化，我們认为这是风力作用所造成的，而风化成壤作用在不同时期起着很大輔助作用。

3．中国北方黄土堆积，根据其分布、产状、岩性、物质成分等等，可以划分为黄土和黄土状岩石。

根据黄土中动物化石以陆生为主，黄土掩覆在不同高度不同地貌单元之上，全层上下均匀一致，沒有砂与砾石夹层，顆粒、矿物、化学成分等与其下或其邻近山地基岩成分沒有

1) 粘黄土亦可称为細黄土。

直接联系，顆粒、矿物、化学成分自沙漠向外圍有規律性的变化等，均证明中国黃土是风成的。但是，由于广大黃土分布区內地理、地质条件的复杂性，在黃土堆积时期，在某些局部地区，有风以外的其他地质营力参与也是可能的。

根据黃土状岩石多分布在地势較低的位置，在岩性上自分水岭向河谷具有显著的相变化，并夾有砂、砾石等特点，均证明与黃土不同，是在流水作用下形成的。

黃土和黃土状岩石两者是互相轉化的，在地质构造和地形条件不利于黃土堆积，則被风所携带来的大量尘土就得不到很好保存。开始自分水岭、山坡向河谷和洼地轉移，在轉移之中混进当地基岩碎屑，带有砂、砾石夾层，出現了层理构造。与此相反，如果早期沉积的黃土状岩石裸露于地表，被风所吹揚，那么黃土状岩石也可以形成更新的黃土。

黃土是第四紀地质历史时期广大干旱区內特殊风化、經风力搬运而堆积的产物，是我国黃土堆积的主体。

参 考 文 献

[1] Pumpelly R.: 1866, Geological researches in China, Mongolia and Japan during the years 1862—1865. Smith. Contr., Vol. 202.

[2] Richthofen F.: 1877—1883, China. Vol. 1—4.

[3] Willis B.: 1907, Research in China, Vol. I. Washington.

[4] Schmitthenener H.: 1932, Chinesische Lösslandschaft und Städte. Stuttgart.

[5] B. A. 奥勃鲁契夫: 1958年,黄土的成因問題。砂与黄土問題。科学出版社。

[6] Cressey G. B.: 1934, Chinas Geographic Foundations.

[7] P. 德日进: 1941年,东亚地质及人类原始。前北京地质学生物学研究所,第7号。

[8] 富田达、增渊坚吉: 1944年,北支蒙疆边疆区域に于ける黄土の分布图。东亚研究所四委北三,中間报告,第8号。

[9] 刘东生、王挺梅、王克鲁、文启忠: 1958年,中国山西、陕西黄土分布图。科学記录,第2卷,第5期。

[10] 地质部水文地质工程地质研究所: 1959年,中国黄土及黄土状岩石。地质出版社。

[11] B. A. 奥勃鲁契夫: 1958年,黄土問題。論黄土,地质出版社。

[12] B. A. 奥勃鲁契夫: 1956年,粉砂在自然界中的作用。地质譯丛,第1期。

[13] Попов В. В.: 1957, Полевое руководство по комплексной геологической съемке четвертичных отложений. Изд. АН СССР.

[14] Попов В. В.: 1957, Классификация лессовых пород. Тр. ин-та геол. АН УССР, сер. геоморфол. и четвертичн. геол., вып. I.

[15] 刘东生: 1959年,新黄土和老黄土。地质月刊,第5号。

[16] 刘东生: 1958年,黄河中游山西、陕西一带黄土的初步观察。中国第四紀研究,第1卷,第1期。

[17] 刘东生、張宗祜: 1962年,中国的黄土。地质学报,第42卷,第1期。

[18] 張宗祜等: 1958年,中国甘肃东部(隴东)黄土的地质特征及工程地质的綜合研究。水文地质工程地质論文集,第3卷。地质出版社。

[19] P. 德日进、楊鍾健: 1930年,山西西部陕西北部蓬蒂紀后黄土期前之地层观察。地质专报甲种,第8号。前中央地质調查所。

[20] Кесь А. С.: 1959, К вопросу о происхождений лессовой толщи северного Китая. Тр. ком. по изуч. четвертичн. периода, т. 14. Изд. АН СССР, М.

[21] 严陣: 1960年,宝鸡一带第四紀地层划分。中国第四紀研究,第3卷,第1、2期。

[22] 刘东生、王克鲁: 1964年,中国北方第四紀地层的若干問題。第四紀地质問題。科学出版社。

[23] 王克鲁等: 1962年,陕北隴东涇、洛河流域第四紀地质調查报告。黄河中游第四紀地质調查报告。科学出版社。

[24] 刘东生等: 1964年,黄河中游黄土。科学出版社。

[25] 王克鲁、裴靜娴: 1964年,山西臨县午城黄土矿物成分。第四紀地质問題,科学出版社。

[26] Richthofen F.: 1877, China, Bd. I, Berlin.

[27] 翁文灏: 1931年,中国北部河流冲积及其地质意义——华北侵蝕及冲积現象数量的研究(英文)。中国地质学会志,第10卷。

[28] Cressey G. B.: 1932, The Distribution and Source of Chinese Loess. Bull. Geol. Soc. Amer., 43. No.I.

[29] Andersson J. G.: 1934, Children of the Yellow Earth, Studies in Prehistoric China. London.

[30] 勘水鉄五郎: 1942年,支那の黄土,世界地理第三卷,支那I。

[31] 潘德揚: 1958年,黄土。地质出版社。

[32] 張宝堃: 1957年,"中国全年气温与降水量分布图"。

[33] 郭鴻俊、謝宇平：1958年，关于东北地貌分区。中国第四紀研究，第1卷，第2期。
[34] 植田房雄等：1937年，滿洲南西部の地质及地志。伪南滿铁道株式会社地质調查所。
[35] 远藤隆次(李文彬、李常益譯)：1950年，东北地质及矿产。
[36] P. 德日进：1932年，热河圍場区域地质。地质汇报，第19号。
[37] 中国地质学編輯委員会、中国科学院地质研究所：1956年，中国区域地层表(草案)。科学出版社。
[38] 楊钟健：1927年，中国北部之齧齿动物化石(英文)。古生物志，丙种，第五卷，第三册。
[39] 梁思永：1932年，昂昂溪史前遺址。历史語言研究所集刊。前中央研究院，第4本，第1分册。
[40] 周明鎮等：1959年，东北第四紀哺乳动物化石志。中国科学院古脊椎动物研究所，甲种专刊，第3号。
[41] E. 桑志华、P. 德日进：1930年，古林黑龙江地质观察(英文)。中国地质学会志，第9卷，第1期。
[42] A. M. 斯米尔諾夫：哈尔濱地区的第四紀沉积(东北平原)。中国第四紀研究，第1卷，第2期。
[43] 孙殿卿、楊怀仁：1961年，大冰期时期中国的冰川遺迹。地质学报，第41卷，第3—4期。
[44] 黄汲清：1957年，中国新构造运动的几个类型。中国科学院第一次新构造运动座談会发言記录。科学出版社。
[45] 丁国瑜等：1964年，华北平原第四紀沉积物的顏色特征及其地质意义。地质科学，第2期。
[46] 楊钟健、卞美年：1935年，山东中部汶河一泗水間新生代地质。中国地质学会志，第14卷，第2期。
[47] 陈吉余：1958年，泰山地区山地地貌摘要。中国第四紀研究，第1卷，第1期。
[48] 叶良輔：1920年，北京西山地质志。地质专报甲种，第1号，前中央地质調查所。
[49] Andersson J. G.: 1939, The Malan Terraces of Northern China. Mus. Far. East. Antiq. Bull. No. 11.
[50] D. 步达生：1931年，地质时代北极之迁移及其对于地形及气候之影响(英文)。中国地质学会志，第10卷。
[51] 王恒升：1928年，直隶宣化一带古火山之研究。地质汇报，第10卷。
[52] 譚錫疇：1928年，直隶宣化涿鹿怀来三县間地质矿产。地质汇报，第10卷。
[53] G. B. 巴尔博：1929年，張家口附近地质志。地质专报甲种，第6号。
[54] G. B. 巴尔博、P. 德日进、卞美年：1935年，秦岭东部地质观察。地质汇报，第25号。
[55] 刘国昌等：1951年，山东萊、新、蒙区之地质构造。地质論評，第16卷，第2期。
[56] 楊钟健：1936年，山东宜都、臨朐、昌乐新生代地质。中国地质学会志，第15卷，第2期。
[57] 富田达：1947年，黄土类之矿物組成。科学时报，第14卷，第3—5期。
[58] 柴田秀賢：1940年，北支蒙疆黄土の岩石学的矿物学的研究。伪东亚研究所。
[59] 酒井荣吾：1955年，华北における黄土层 (Huangtu formation) の地质学的研究—山东省西北部濮夏および界首区域の"黄土层"。日本地质学杂志，第61卷，718号。
[60] P. 德日进、裴文中：1934年，二十二年及二十三年間周口店之新发现(英文)。中国地质学会志，第13卷，第3期。
[61] 楊钟健：1935年，山西、河南之哺乳动物化石(英文)。中国古生物志，丙种，第9卷，第2号。
[62] Ян. Чжун-цзянь: 1957, Лесс Китая. Природа. № 5. Изд. АН СССР.
[63] A. C. 凱西：1958年，中国黄土的几个問題及其解决的途徑。干燥区和黄土区的地理問題。科学出版社。
[64] J. G. 安特生：1923年，中国北部之新生界(英文)。地质专报，甲种，第3号。前中央地质調查所。
[65] И. Д. 謝德列茨基、В. П. 阿納涅夫：1957年，中国西北部黄土的矿物成分与风成成因。工程地质专輯，第2輯。
[66] P. 德日进、楊钟健：1933年，山西东南部之新生代后期地层。中国地质学会志，第12卷，第2期。
[67] 楊钟健、卞美年：1937年，甘肃阜兰永登区新生代地质。中国地质学会志，第16卷。
[68] 西北水利科学研究所：1959年，西北黄土的性质。陕西人民出版社。
[69] 馬杏恒：1957年，五台山及中条山区的一些新构造运动現象。中国科学院第一次新构造运动座談会发言記录，科学出版社。
[70] P. 德日进、楊钟健：1931年，中国北部新生代后期之哺乳动物化石(英文)。中国古生物志，丙种，第9卷，第1号。
[71] P. 德日进、E. 桑志华：1927年，山西河南間第三紀末及第四紀地层研究(英文)。中国地质学会志，第6卷，第2期。
[72] Barbour G. B.: 1935, Recent Observations on the Loess of North China. Geog. Jour. Vol. 86, No. I
[73] Герасимов М. П.: 1955, Лёссы Китая и их происхождение. Изд. АН СССР серия.

географ. № 5.

[74] B.A. 奥勃魯契夫: 1958年, 华北黃土、砂与黃土問題。科学出版社。

[75] B.A. 奥勃魯契夫: 1958年, 黃土——一种特殊的土壤, 它的成因及研究任务。論黃土, 地质出版社。

[76] 朱显謨: 1958年, 关于黃土层中紅层問題的討論。中国第四紀研究, 第1卷, 第1期。

[77] P. 德日进: 1942年, 中国北部新发現之上新統、下更新統之囓齿动物(英文)。北京地质生物学研究所, 第9号。

[78] 王嘉蓀: 1963年, 中国地质史料。科学出版社。

[79] J. 梭頗: 1935年, 土壤剖面与近代地质(英文)。中国地质学会志, 第14卷, 第3期。

[80] 石元春: 1958年, 晋西地区的黃土及其形成过程。中国第四紀研究, 第1卷, 第1期。

[81] Gross H.: 1957, Die geologische Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mittcleuropa und den angrenzenden Gebieten. Quartar. Bd. 9.

[82] Prorek F. und Lozek V.: 1957, Stratigraphische Übersicht des tschechoslowakischen Quartärs. Lisz. u. G. 8.

[83] 馬溶之: 1948年, 土壤剖面之研究及其地文意义。地质論評, 第13卷, 第3—4期。

[84] 熊毅、文启孝: 1954年, 如何改良西北土壤。科学通报, 10月号。

[85] 朱澤之: 1964年, 黃河中游黃土粒度区域分布变化的現象及其解釋。第四紀地质問題。科学出版社。

[86] 苏联义等: 1959年, 黃河中游黃土顆粒的分析。地质科学, 第8期。

[87] 王挺梅等: 1964年, 黃河中游黃土之粒度分析。第四紀地质問題。科学出版社。

[88] Б. А. 費道罗維奇、严欽尚: 1960年, 中国西部天山冰期的次数和性质問題。中国第四紀研究, 第3卷, 第1—2期。

[89] 余伯良: 1957年, 甘肃走廊新构造运动的特征与意义。中国科学院第一次新构造运动座談会发言記录、科学出版社。

[90] 王永焱: 1959年, 北疆西部第四紀沉积。中国第四紀研究, 第2卷, 第2期。

[91] B. A. 奥勃魯契夫: 1950年, 准噶尔盆地北部的黃土。地质譯丛。

[92] De Terra, H.: 1932, Geologische Forschungen im Westlichen Kun-Lun und Karakorum-Himalaya. Wiss. Ergeb. d. Dr. Trinklerschen Zentral Asien-Expedition. Bd. 2.

[93] B. M. 西尼村: 1959年, 在中央亚細亚最新的調查对奥勃魯契夫院士理論的发展。中国第四紀研究, 第2卷, 第1期。

[94] 孙鴻冰: 1958年, 河西走廊的第四紀地质問題。中国第四紀研究, 第1卷, 第1期。

[95] 任駟弘: 1958年, 河西走廊的第四紀地质問題及其对水文地质条件的影响。水文地质工程地质論文集, 第1号。地质出版社。

[96] Б. А. 費道罗維奇: 1958年, 結合黃土在欧亚大陆的分布条件来探討黃土成因問題。干燥区和黃土区的地理問題。科学出版社。

[97] 周廷儒: 1963年, 新生第四紀陆相沉积的主要类型及其和地貌气候发展的关系。地理学报, 第29卷, 第2期。

[98] Лукашев К. И.: 1961, Проблема лессов в свете современных представлений. Изд. АН БССР, Минск.

[99] Cressey, G. B.: 1955, Land of the 500 million. New York.

[100] 馬溶之: 1944年, 中国黃土之生成。地质論評, 第9卷, 第3—4期。

[101] 梁文郁: 1946年, 关于中国黃土厚度問題。地质論評, 第11卷, 第3—4期。

[102] 胡惠民: 1958年, 从西北隴东地貌特征及古地理演化討論黃土形成問題。水文地质工程地质論文集, 第1号。

[103] P. 德日进、P. 罗学宾: 1942年, 中国哺乳动物化石类編。地质学生物学研究所, 第8号。

[104] 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所編: 1960年, 中国椎脊动物化石手册, 哺乳类部分。

[105] 周昆叔等: 1960年, 山西离石王家沟陈家崖老黃土埋藏土壤中的孢子花粉及植物蠟体。中国第四紀研究, 第3卷, 第1—2期。

[106] Teilhard de Chardin P., Piveteau J.: 1930, Les mammifires fossiles de Ni-Ho-Wan (China)., Annales d. Paleontologie No.19.

[107] 楊鍾健: 1940年, 中国上新統与更新統之分界問題。科学, 第24卷, 第4期。

[108] P. 德日进、裴文中: 1941 年, 周口店第 13 地点之哺乳动物化石(英文)。中国古生物志, 新丙种 11 号。

[109] Young, C. C.: 1948, The Plio-Pleistocene Boundary in China. XVIII Session Intern. Geol. Congress, part IX.

[110] 裴文中、黄万波: 1959 年, 对于三門系的一些意見, 三門峡第四紀会議論文集。科学出版社。

[111] 裴文中: 1957 年, 中国第四紀哺乳动物群的地理分布。古脊椎动物学报, 第 1 卷, 第 1 期。

[112] A. T. 胡步伍: 1935 年, 中国之象类化石。中国古生物志, 丙种, 第 9 卷, 第 3 号。

[113] O. 帥丹斯基: 1925 年, 中国北部第四紀之食肉兽类化石(英文)。中国古生物志, 丙种, 第 2 卷, 第 2 号。

[114] 賈兰坡等: 1962 年, 昌河。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 甲种专刊第 5 号。

[115] 刘东生、黄万波、王挺梅: 1957 年, 三門系地层的新构造运动。中国科学院第一次新构造运动座談会发言記录。科学出版社。

[116] 賈炳文: 1959 年, 甘肃天水一带黄土的岩石学和矿物学研究。北京大学地质地理系进修教师結业論文。

[117] 張淑媛: 1959 年, 兰州一带黄土的岩石学和矿物学研究。北京大学地质地理系进修教师結业論文。

[118] 袁又申: 1959 年, 山东淄博張夏蓬萊一带黄土的岩石結构及矿物之研究。北京大学地质地理系进修教师結业論文。

[119] 賀劍章、郁寿松: 1961 年, 黄土的物理化学性质。黄土基本性质的研究。中国科学院土木建筑研究所研究报告, 第 13 号。科学出版社。

[120] 邓紹忠、高长翼等: 1958 年, 兰銀綫黄土地段各类黄土的性质及路塹边坡問題。黄土資料, 第二輯。人民铁道出版社。

[121] Ларионов А. К., Приклонский В. А., Ананьев В. П.: 1959, Лёссовые породы СССР и их строительные свойства. Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр Москва.

[122] Морозов С. С.: 1950, Тяжелые лёссовидные суглинки четвертичного возраста Юго-западного райана Европейской части СССР. Вестн. МГУ, № 5.

[123] 張有齡: 1956 年, 中国黄土顆粒分析之整理。黄土資料, 第一輯。人民铁道出版社。

[124] 酒井荣吾: 1940 年, 怀来盆地樊山堡附近产黄土层中の粒度分析不連續面。伪东亚研究所。

[125] 張紹鎮: 1958 年, 三門峡及兰州两地区黄土中粘土矿物的初步研究。黄土資料, 第二輯。人民铁道出版社。

[126] 孟宪麟等: 1958 年, 陕西地区黄土夯实功能的研究。黄土資料, 第二輯。人民铁道出版社。

[127] 孙广忠: 1959 年, 黄土单位沉降量及湿陷量簡易估計方法。地质科学, 第 3 期。

[128] 夏家淇、熊 毅: 1953 年, 石灰性土壤机械分析的良好分散剂——偏磷酸鈉。土壤学报, 第 2 卷, 第 3 期。

[129] 張鴻生: 1959 年, 黄土顆粒分析中土壤处理方法的研究。黄土資料, 第 3 輯。人民铁道出版社。

[130] 陆祖立: 1958 年, 黄土顆粒分析方法試驗初步研究。水文地质工程地质論文集, 第 1 輯。地质出版社。

[131] 李学清: 1928 年, 黄土的矿物及化学成分的初步研究。中国地质学会志, 第 7 卷。

[132] 王嘉蔭: 1960 年, 华山頂上的黄土。中国第四紀研究, 第 3 卷, 第 1—2 期。

[133] A. C. 里布琴可夫: 1960 年, 中国某些地区黄类岩石物质成因和物理性质比較研究。地质科技情报。水文地质工程地质部分, 第 4 期。

[134] 晉河清: 1964 年, 黄河中游黄土的碎屑矿物和結构的研究。中国第四紀研究, 第 4 卷, 第 1 期。

[135] 王芸生: 1960 年, 从甘肃东部黄土的矿物成分和組織結构試論我国西北黄土的成因。地质学报, 第 40 卷, 第 1 期。

[136] Рухин Л. Ю.: 1958, Справочное руководство по петрографии осадочные пород. т. I. Ленинград.

[137] Седлецкий И. Д. и Ананьев В. П.: 1954, Состав и происхождение лёсса Венгрии. Докл. АН СССР, т. 94, № 5.

[138] Ананьев В. П.: 1955. Распространение и состав лёсса Иссык-Куля "Северная киргизия". Докл. АН СССР, т. 101, № 4.

[139] Мавлянов Г. А.: 1958, Генетические типы лёссов и лёссовидных пород центральной и южной частей средней Азии. Изд. АН УзССР, Ташкент.

[140] Ананьев В. П.: 1956, Минералогический состав лёсса Ставрополья "Северный Кавказ". Докл. АН СССР, т. 110, № 6.

[141] Лукашев К. И., Дромашко С. Г.: 1960, Минералогический состав лессовых пород Белоруссии. Докл. АН БССР, т. 4, №8.

[142] Мельник В. И.: 1961, Минералогический состов лессовых пород некоторых опорных разрезов Украины. Тр. ком. по изуч. четвертичный период. вып 13, 14, 15, Изд. АН УССР.

[143] М. П. 彼得罗夫: 1959 年, 鄂尔多斯、东阿拉善和黄河中游河谷的砂子的矿物成分及其成因。地理学报, 第 25 卷, 第 1 期。

[144] 三好政筹: 1942 年, 黄土地带土壤の理化学的性质。伪东亚研究所。

[145] В. А. 柯夫达: 1960 年, 中国之土壤与自然条件概論。科学出版社。

[146] И. Д. 謝德列茨基: 1957 年, 胶体分散矿物学。科学出版社。

[147] Harassowitz: 1931, Die chemische Zusammensetrung der Lösse. Z. dtsh. geol. Ges. 83.

[148] Scheidig A.: 1934, Der Löss und seine Geotechnischen Eigenschafen. Diesden und Leipzig.

[149] А. И. 彼列尔曼: 1959 年, 风化壳的形态及其分布。风化壳及其地球化学。商务印书館。

附　录

附录一、插表一覽表

表 1　黃土和黃土狀岩石間差別綜合表
表 2　中国黃土和黃土狀岩石比較表
表 3　中国黃土地层划分对比表
表 4　黃土下伏古地形現代分布和古地形的分区
表 5　不同时期鼢鼠演化表
表 6　黃土中古土壤剖面各发生层段的特征
表 7　黃土和埋藏土形成时气候条件的差别表
表 8　新疆及河西走廊降水量表
表 9　中国黃土类堆积分布面积表
表 10　中国各不同时期黃土中脊椎动物化石名录
表 11　中国早更新世时期黃土中脊椎动物化石
表 12　中国中更新世时期黃土中脊椎动物化石
表 13　中国晚更新世时期黃土中脊椎动物化石
表 14　中国全新世时期黃土及黃土狀岩石中脊椎动物化石
表 15　山东各地馬兰黃土粒度成分
表 16　山西各地馬兰黃土粒度成分
表 17　陕西各地馬兰黃土粒度成分
表 18　甘肃隴东各地(六盘山以东)馬兰黃土粒度成分
表 19　甘肃隴中各地(六盘山以西)馬兰黃土粒度成分
表 20　甘肃隴西各地(日月山以东、定西以西)馬兰黃土粒度成分
表 21　柴达木各地馬兰黃土粒度成分
表 22　中国各地离石-午城黃土粒度成分
表 23　中国各地馬兰黃土粒度成分变化
表 24　中国各地离石-午城黃土粒度成分变化
表 25　甘肃隴东不同时代黃土粒度成分
表 26　中国与苏联各地黃土粒度成分对比表

表 27 中国各地馬兰黃土粒度成分平均值
表 28 中国各地离石-午城黃土粒度成分平均值
表 29 山西隰县午城鎮柳树沟黃土粒度成分
表 30 中国黃土顆粒分析粒級划分詳略比較表
表 31 中国各地黃土重矿物成分 (0.25—0.01 毫米粒級)
表 32 黃河中游各地馬兰黃土矿物成分 (0.1—0.01 毫米粒級)
表 33 中国各地黃土胶体分散矿物成分
表 34 黃河中游各地离石-午城黃土矿物成分 (0.1—0.01 毫米粒級)
表 35 山西隰县午城鎮柳树沟黃土矿物成分 (0.25—0.01 毫米粒級)
表 36 中国及世界其他地区黃土重矿物成分对比表
表 37 黃河中游各地不同时代岩石与沉积物矿物成分
表 38 黃河中游各地馬兰黃土化学成分变化
表 39 黃河中游各地离石-午城黃土化学成分变化
表 40 中国各地不同时代黃土化学成分含量变化
表 41 黃河中游各地馬兰黃土化学成分平均含量
表 42 黃河中游各地离石-午城黃土化学成分平均含量
表 43 山西馬兰黃土化学成分
表 44 陝西馬兰黃土化学成分
表 45 甘肃隴东(六盘山以东)馬兰黃土化学成分
表 46 甘肃隴中(六盘山以西)馬兰黃土化学成分
表 47 山西离石-午城黃土化学成分
表 48 陝西离石-午城黃土化学成分
表 49 甘肃隴东(六盘山以东)离石-午城黃土化学成分
表 50 甘肃隴中(六盘山以西)离石-午城黃土化学成分
表 51 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土化学成分
表 52 中国各不同地区黃土硅酸系数 (Ki) 值
表 53 苏联与德国不同地区黃土硅酸系数 (Ki) 值
表 54 山西各地黃土中易溶盐与 pH 值
表 55 陝西各地黃土中易溶盐与 pH 值
表 56 甘肃隴东各地黃土中易溶盐与 pH 值
表 57 甘肃隴中黃土中易溶盐与 pH 值

附录二、插图一覽表

图 1 中国北方黃土及黃土状岩石分布图
图 2 中国及其西南邻国晚更新世建造图
图 3 华北黃土厚度图
图 4 中国北方黃土与河湖相沉积对比关系图
图 5 东家营子更新世沉积剖面
图 6 馬家子附近剖面
图 7 吉林省榆树县閔家屯一德惠县上河湾間第四紀地层示意剖面
图 8 南部松辽平原第四紀沉积物柱状对比图
图 9 林西革西蒙特 (Gisement) 素描
图 10 北京西山雁翅車站永定河左岸剖面
图 11 宜阳洛河南礼曲剖面
图 12 山东明水丁家村間地质剖面
图 13 山东益都南王家庄剖面
图 14 山东临朐寶家洼村一带剖面
图 15 河北徽水徽水桥黃土剖面
图 16 河南偃师黑石关北坡离石-午城黃土剖面
图 17 高美东南白坡附近甘河和洛河汇合处甘河东岸陡崖的横剖面
图 18 英賢鎮附近洛河右岸剖面
图 19 山东章丘县大临池北河东村黃土剖面
图 20 通过駝山和云門山的剖面
图 21 山东萊蕪解林前村药王河阶地剖面
图 22 山东萊蕪县西民站坡积黃土状岩石剖面
图 23 山东章丘明水唐德堰黃土状岩石剖面
图 24 山东淄博下道义黃土状岩石剖面
图 25 河北、山东各地黃土地层柱状剖面
图 26 山东、河北各地冲积黃土状岩石柱状剖面
图 27 山东、河北各地坡积黃土状岩石柱状剖面
图 28 河北峰峰南大峪洪积-冲积黃土状岩石柱状剖面
图 29 山西榆社張家沟附近剖面
图 30 蓬萊欒家口坡子村洪积-冲积黃土状岩石柱状剖面
图 31 山西地台近期升降及断裂系統图

图 32 横山沙湾土坝塌地素描
图 33 黃土下喀斯特状古地形示意剖面
图 34 黃土下波状起伏的丘陵及开闊盆地古地形示意剖面
图 35 黃土下单斜平原古地形示意剖面
图 36 黃土下河谷阶地古地形示意剖面
图 37 山西、河南各地黃土地层柱状剖面对比图
图 38 陝西各地黃土地层柱状剖面对比图
图 39 甘肃及陝西各地黃土地层柱状剖面对比图
图 40 雨土頻率图
图 41 保德火山附近黃河剖面
图 42 山西靜乐下高崖村黃土不整合接触关系剖面素描
图 43 山西沁水刘家窑黃土地层不整合关系剖面
图 44 陝西銅川漆水河附近鉄路旁黃土埋藏土产状与不整合关系示意剖面
图 45 黃河中游馬兰黃土顆粒变化图(平均值)
图 46 馬兰黃土横向分带及砂粒含量分布图
图 47 香日德南黃土分布示意剖面图
图 48 青海柴达木希里沟北山一带黃土分布剖面图
图 49 柴达木东南香日德至脫吐間黃土剖面图
图 50 安集海附近天山北麓及准噶尔盆地南部剖面
图 51 呼图壁河阶地剖面
图 52 庫克雅南之剖面
图 53 庫克雅东南东阿克其克的景观
图 54 敦煌至三危山間剖面
图 55 民乐黃琴塞-干河河谷剖面
图 56 英吉沙附近之阶地景观
图 57 英吉沙金庫里河谷断面示意图
图 58 瑪納斯下野地四場西大渠終端平原冲积黃土状岩石剖面
图 59 塔城盆地車排子南奎屯河岸剖面
图 60 地球上黃土和黃土状岩石分布
图 61 亚洲黃土和沙地地形分布略图
图 62 横山高家沟沟谷地形素描图
图 63 黃土下梯級状高地古地形示意剖面
图 64 黃土下山間侵蝕盆地古地形示意剖面
图 65 黃河中游馬兰黃土等厚綫图

图 66 黃河中游离石-午城黃土等厚綫图
图 67 匼河澗（Kehejian）6054 及 6060 地质剖面
图 68 中国不同时代黃土沉积过程示意剖面图
图 69 民和米拉沟湟水右岸阶地剖面
图 70 中国各地不同时代黃土顆粒成分比較图
图 71 中国各地馬兰黃土粒度成分图
图 72 俄罗斯苏維埃联邦社会主义共和国南部黃土类岩石粒度成分图
图 73 中国各地馬兰黃土粒度成分变化比較图
图 74 山西馬兰黃土粒度成分变化曲綫图
图 75 陕西馬兰黃土粒度成分变化曲綫图
图 76 甘肃隴东(六盘山以东)馬兰黃土粒度成分变化曲綫图
图 77 甘肃隴中(六盘山以西)馬兰黃土粒度成分变化曲綫图
图 78 山西隰县午城鎮柳树沟黃土机械成分变化图
图 79 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土粒度成分
图 80 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土粒度成分变化比較图
图 81 中国各地黃土及其北部沙漠砂之重矿物（0.25—0.01 毫米）成分比較图
图 82 黃河中游各地馬兰黃土重矿物（0.1—0.01 毫米）成分比較图
图 83 黃河中游各地离石-午城黃土重矿物（0.1—0.01 毫米）成分比較图
图 84 中国各地黃土中重矿物含量比較图
图 85 黃河中游各地不同时代黃土中重矿物含量比較图
图 86 黃河中游各地馬兰黃土不同比重矿物百分含量区域变化图
图 87 山西隰县午城鎮柳树沟黃土剖面矿物含量变化图
图 88 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土中重矿物含量平均值比較图
图 89 各种不同矿物在黃土中含量变化图
图 90 山西隰县午城鎮不同时代黃土中重矿物成分比較图
图 91 中国各地馬兰黃土化学成分比較图
图 92 中国各地离石-午城黃土化学成分比較图
图 93 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土主要化学成分比較图
图 94 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土化学成分比較图
图 95 山西隰县午城鎮柳树沟不同时代黃土化学成分变化比較图
图 96 黃河中游各地不同时代黃土中易溶盐百分含量分布图
图 97 黃河流域平均年降水量分布图
图 98 黃河中游各地黃土中 pH 值变化图
图 99 黃河中游黃土区地貌类型区划图

附录三、照片一覽表

(一) 照　片

照片 1　内蒙昭盟赤峰南八里罕黃土地形
照片 2　内蒙昭盟敖汗旗南山前黃土地形
照片 3　内蒙昭盟敖汗旗南黃土冲沟
照片 4　内蒙昭盟宁城大石折西辽冲积黃土状岩石
照片 5　北京西山斋堂清水河右岸馬兰村
照片 6　北京西山斋堂清水河馬兰阶地
照片 7　陕西靖边白于山分水岭上的黃土丘陵地形
照片 8　黃土高原上的梯田及田梗
照片 9　山西太原郊区被黃土充填的沟谷
照片 10　陕西靖边墸地
照片 11　陕西白于山分水岭上的黃土梁地形
照片 12　陕西白于山分水岭上的黃土梁与黃土峁地形
照片 13　陕西延安馬兰黃土与离石黃土不整合
照片 14　黃土中埋藏土
照片 15　陕西銅川离石-午城黃土中的埋藏土与石灰质結核
照片 16　黃土中的石灰质結核
照片 17　山西太原黃土中柱状节理
照片 18　山西隰县薛关黃土中天然桥
照片 19　陕西靖边米家园子发育在馬兰黃土上的风蚀黑墟土殘台
照片 20　陕西銅川鉄路旁离石黃土中不整合
照片 21　山西涉县黎城东太行山主分水岭西坡黃土分布及不整合关系
照片 22　烏兰牙合附近基岩上的片状薄层风积馬兰黃土
照片 23　柴达木烏兰牙合布尔汗布达山前黃土丘陵地形
照片 24　新疆天山北麓黃土覆盖
照片 25　新疆天山北麓烏苏一带山前黃土覆盖
照片 26　新疆瑪納斯紅山咀高阶地上的黃土
照片 27　天山北麓黃土及冰碛砾石
照片 28　新疆叶城南昆侖山北坡上的黃土分布上界
照片 29　新疆叶城南昆侖山北坡单面山上的黃土覆盖
照片 30　察汗烏苏附近山前冲积-洪积黃土状岩石

照片 31 香日德一带具有窝状层理的馬兰黃土
照片 32 香日德西风成馬兰黃土与风成砂
照片 33 叶城前山带黃土(粗砂黃土)覆盖
照片 34 馬兰黃土第一类型——松散、粗粒黃土(陕西横山 No. 3)
照片 35 馬兰黃土第二类型——典型黃土(陕西延安 No. 6)
照片 36 馬兰黃土第三类型——細粒、致密黃土(山西孝义 No. 9)
照片 37 沁源黃土(层位未定)
照片 38 陕西靖边馬兰黃土重矿物成分
照片 39 山西午城馬兰黃土中重矿物成分
照片 40 陕西洛川馬兰黃土重矿物成分
照片 41 陕西洛川馬兰黃土重矿物成分

(二) 航空照片

照片 I 山地中的黃土
照片 II 大河河谷两側的黃土与基岩地形
照片 III 被黃土掩覆的基岩山地
照片 IV 厚层黃土与孤丘
照片 V 被薄层黃土掩盖的山地
照片 VI 山坡上的厚层黃土
照片 VII 被厚层黃土包圍的基岩山峰
照片 VIII 山間盆地中的黃土
照片 IX 黃土丘陵地形
照片 X 被大片砂丘覆盖的厚层黃土
照片 XI 黃土"塬"与冲沟
照片 XII 完整的黃土"塬"地形
照片 XIII 受强烈切割破坏的黃土塬
照片 XIV 黃土"梁"地形
照片 XV 分布在山麓地区遭受剧烈切割的厚层黃土
照片 XVI 具有风成层理的砂质黃土
照片 XVII 侵蝕剧烈地形上的薄层黃土
照片 XVIII 分布在分水岭上的厚层黃土
照片 XIX 低分水岭上的薄层黃土
照片 XX 低山頂上的片状黃土