

普通地质学概论

1. 主要内容

1.1 地球的物理性质及圈层构造

- 一、地球的外部形态:
- 二、地球的物理性质:
- 三、地球的圈层构造:

1.2 地球的演化与地质作用

- 一、 地球的演化:
- 二、 地质作用:
 - (一) 内动力地质作用
 - (二) 外动力地质作用
 - (三) 内、外动力地质作用之间的相互关系

三、地貌

1.3 概述

一、工程地质学概念

工程地质问题、地质环境、工程地质现象、工程地质学研究对象:

二、研究工程地质学的目的与任务

三、工程地质学的研究内容

四、工程地质学的发展与分支学科

重点与难点:

公路工程活动与工程地质条件关系; 地球的物理性质; 内、外动力地质作用类型及其相互关系; 地貌类型与基本概念

1.1 地球的物理性质与圈层构造

1、地球的地位: 地球是太阳系九大行星中较小的一颗行星。太阳在银河系里只是 1.6×10^{11} 颗恒星之一; 银河系也仅仅是总星系的一个成员; 而总星系还只是宇宙的一部分。现代天文观测手段能测知的可见宇宙边缘已达 120 亿光年。

(1999 年欧洲八国建成超哈勃太空望远镜后, 可观测到 140 亿光年远的星系)。

可见, 地球在无穷大的宇宙中是颗极其渺小的星体, 真可谓“沧海之一粟”! 但因

其是一个具有生命的星球，在宇宙和太阳系中占有特殊的重要地位。

一、地球的外部形态：

- 地球为一梨状三轴旋转椭球体。赤道一带稍微凸出，南北半球也不对称，加上表面凹凸不平。
- 赤道半径（a） 6378.1724km 赤道周长 40075.696km
- 两极半径（b） 6356.7986km 子午线周长 40008.6km
- 平均半径 6371.229km 表面积 $5.1007 \times 10^8 \text{km}^2$
- 扁率 $((a-b)/a)$ 1: 298341
- 体积 $1.0832 \times 10^{12} \text{km}^3$

二、地球的物理性质：

1、密度

- 地球的平均密度：**5.516g/cm³**
- 地表岩石平均密度：**2.7g/cm³**
- 地心的密度：**13g/cm³**

2、地球的压力

地球内部压力是随深度加大而逐渐增高的。深度每增加 1 km，压力增加 **27.5 MPa**（1 MPa=1 兆帕斯卡= $10^6 \text{N} / \text{m}^2$ ）。深部随着岩石密度的加大，静岩压力增加得更快些。静岩压力在莫霍面附近约 **1200 MPa**，古登堡面附近约 **135,200 MPa**，地心处可达 **361,700 MPa**，相当于 360 万个大气压力。

3、地球的重力

地球自转引起的离心力和地球引力的合力。

因为离心力相对很小，即使在赤道也只有万有引力的 1/289，所以重力基本上就等于万有引力，方向也基本上指向地心。为了便于比较，通常用单位质量所受的引力来表示重力（重力加速度 **g**）

重力的变化：

(1)重力在地表的变化

重力随纬度的增加而增加，随海拔高度的增加而减小。

(2)重力在地球内部的变化

影响重力大小的不是整个地球的总质量，而主要是所在深度以下的质量。

由于地壳与地幔的密度都比较小，从地表到地下 2900km 的核幔界面，重力大体上是随深度增加而略有增加，但有波动。在核幔界面上，重力值达到极大(约 1069 伽)，再往深处去,各个方向上的引力趋向平衡,重力值逐渐减少，直至变小为零。

重力异常

实际测得的重力值与理论重力值之间的差值，称重力异常。

当实测重力值 > 理论重力值,称正异常

当实测重力值 < 理论重力值,称负异常

在埋藏有密度较小物质（如石油、煤、盐等非金属矿产）的地区，常显示负异常；而埋藏有密度大物质（如铁、铜、铅、锌等金属矿产）的地区，就显示正异常。所以人们就可以通过重力测量，来圈定重力异常的区域，寻找那些引起重力异常的非金属和金属矿产。这就是地质勘查中常用的重力探勘方法

4、地球的磁场

地磁场：地球周围存在的磁场它有两个磁极，其磁北极位于地理北极附近，磁南极位于地理南极附近，但不重合，地磁轴与地球自转轴的夹角现在约为 11.5 度，1980 年实测的磁北极位于北纬 78.2 度、西经 102.9 度（加拿大北部），磁南极位于南纬 65.5 度，东经 139.4 度（南极洲）。

地磁三要素：磁场强度、磁偏角、磁倾角

磁场强度：为某地点单位面积上磁力大小的绝对值。它是一个具有方向（磁力线方向）和大小的矢量，一般在磁两极附近磁感应强度大（约为 60 μ T（微特拉斯））；在磁赤道附近最小（约为 30 μ T ）。

磁偏角：磁力线在水平面上的投影与地理正北方向之间形成的夹角。即，磁子午线与地理子午线之间的夹角。磁偏角的大小各处都不相同。在北半球，如果磁力线方向偏向正北方向以东称为东偏，偏向正北方向以西称为西偏。我国东部地区磁偏较为西偏，甘肃酒泉以西地区为东偏。

磁倾角：指磁针北端与水平面的交角。通常以磁针北端向下为正值，向上为负值。地球表面磁倾角为零度的各点的连线称为地磁赤道；

磁倾角的变化：由地磁赤道到地磁北极，磁倾角由 0° 逐渐变为+90°；由地磁赤道到地磁南极，磁倾角由 0° 变成-90°。

5、地球的温度

地温 人们可以火山和温泉意识到地下深处是热的，地球的温度总体上是从地表向地内逐渐增高的。在地表附近，由于太阳幅射热的影响，温度有昼夜变化、季节变化和多年周期的变化。这一表层可叫外热层（或变温层）。外热层的深度一般在十几米。在其下界面附近，地温常年保持不变，等于或略高于当地年平均气温，该处称为常温层。常温层以下，受到地球内部热量的影响，温度逐渐升高。一般把在常温层以下，每向下加深 100m 所升高的温度称为地热增温率或地温梯度。这是由于地球内部热量通过向上热传导而造成的。世界上不同地区，地温梯度都不相同，地球表面的平均地温梯度为 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。海底的地温梯度一般为 $4 - 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，大陆为 $0.9 - 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。大陆的地温梯度一般来说是显著低于海底的。

6、地球的弹塑性

弹塑性 地球具有**弹性**，表现在地球内部能传播地震波，因为地震波是弹性波。地表的固体岩石在日、月引力的作用下也有交替的涨落现象，其幅度为 7—8cm,这种现象称为固体潮。也说明固体地球具有弹性。地球也具有**塑性**，地球的自转能引起地球赤道半径加大而成为椭球。在应力的作用下引起岩石发生弯曲而不破裂等，这些都说明地球具有塑性。

三、地球的圈层构造：

- 1.地球的外部圈层
- 水圈\大气圈\生物圈
- 2.地球的内部圈层
- 地壳、地幔和地核三个主要圈层。
- 软流层：（又称低速带）40-250 km 处，地震波波速低，温度接近岩石熔点，塑性较大，利于岩石活动。
- 某些区域内不能传播横波----岩石可能已为液态。
- 软流圈以上的地幔和地壳合称岩石圈。

1.2 地球的演化与地质作用

一、 地球的演化：

二、 地质作用

地质作用：促使地壳物质组成、构造和地表形态不断发生变化的作用，统称为~。由地质作用所引起的现象，称为地质现象。地质作用按其能源不同，可分

内、外动力地质作用。

含义：是自然发生的复杂的物质运动形式，其表现是对地球的改造和建造，改造和建造是一对矛盾的统一。

（一）内动力地质作用：即由地球内部能量引起的地质作用。

- 地壳运动-----高山、湖泊、盆地等

分水平和垂直作用两种。是地壳运动，诱发地震，影响岩浆、变质作用的重要条件，也影响外动力作用的强度和变化。

- 岩浆作用-----火山喷发、岩浆运动
- 变质作用-----变质岩
- 地震作用-----地震

（二）外动力地质作用：

1.风化作用---是外力作用中最为普遍的一种。

- **(1)物理风化作用：**

- ①剥离
- ②冰劈
- ③晶胀

- **(2)化学风化作用：**

- ①氧化作用—氧化是化学风化中极为普遍的主要方式之一，尤其是在水的参与下，显得更为强烈。
- ②溶解作用—直接溶解岩石的组成矿物，使岩石破坏，常形成溶洞、溶穴等地貌。最易溶的是卤化岩类、其次是硫酸岩类、再次是碳酸岩类。
- ③水解作用—某些矿物和水反应生成带-OH的新矿物的过程，称为水解作用。
- ④水化作用—某些矿物和水反应生成新的含水矿物的过程。
- ⑤碳酸化作用—当水中溶有 CO_2 时，碱金属及碱土金属与之相遇会形成碳酸盐的作用。

- **(3)生物风化作用：**

- ①生物的机械破坏：
- ②生物的化学破坏：

2. 剥蚀作用
3. 搬运作用
4. 沉积作用 ---从介质中分离出来。
5. 成岩作用 ----随着沉积物的埋深而升温、加压，发生化学反应。

(三) 内、外动力地质作用之间的相互关系:

内、外动力地质作用是对立统一的关系。既互相排斥对立，又互相依存联系，推动着地壳的演变和发展。

内动力地质作用的总趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面的高低起伏；外动力地质作用则是破坏内动力地质作用形成的地形或产物，总趋势是削高补低，形成新的沉积物。

三、地貌

1.3 概述

一、工程地质学概念

- **公路工程地质学**是调查、研究、解决与公路工程建筑物的设计、施工和使用有关的**地质问题**的一门学科。是研究公路工程活动与**地质环境**之间相互制约并保证这种制约关系向良性方向发展的科学。它是地质学在应用学科方面的一个分支。

1、工程地质问题

- 工作区的工程地质条件满足不了工程建筑的要求出现的安全使用、地基稳定及经济问题。包括：
 - 区域稳定问题：活断裂、地震及其相关的地质问题等；
 - 地基稳定问题：如公路常遇的边坡、路基（桥基）稳定问题；隧道工程常遇的围岩稳定、突然涌水等问题；
 - 经济问题：如天然材料的储量、质量等。

2、地质环境

- 又称工程地质条件，通常是指那些影响工程建筑结构类型、施工方法及其稳定性的**各种自然条件的综合**。这些自然条件包括地层、地质构造、岩性、

水文地质、地貌特征、物理地质作用、气候等;此外还包括人为的因素。

(1)工程地质条件与人类经济活动的关系

工程地质条件与人类的经济活动息息相关,如矿山、水库、电站、工业与民用建筑、道路与桥梁等等工程建筑物,都是以地壳表层的土或岩石为其地基,并受到客观环境地质条件的制约。而这些工程建筑物在施工和使用的过程中,又反过来影响着自然地质条件的变化,产生工程地质现象,使得建筑物的稳定性问题更加复杂化。

(2)工程地质条件在路桥工程中的重要意义

众所周知,公路是一种延伸很长、且以地壳表层为基底的线形建筑物,它常常要穿越许多自然条件不同的地段,故路桥工程必然要受到不同地段的地质、地理各种因素的影响,这是公路工程区别于房屋、水库、矿山等工程建筑物最主要的特性。因此,在路桥工程建筑的设计、施工中,必须对不同地段的建筑物所处的工程地质条件进行深入调查研究,取得可靠的地质资料后,才能为路或桥的合理布设、安全施工、正常运营起到保障作用。

3、工程地质现象:

一般是指由于人类的工程活动所引起的地质环境改变而产生的地质现象。

如人工开挖边坡引起山体崩塌、滑坡;由于过量取用地下水引起地面沉陷;水库蓄水后的坍岸等等。

4、工程地质学研究对象:

工程活动与地质环境之间的相互制约关系。

二、研究工程地质学的目的与任务

1、目的:(一、2已述)工程地质条件与人类的经济活动息息相关,因而对工程地质条件进行调查、研究,作出较全面的评估和提出应采取的相应措施,以求保证公路工程建筑物的稳定性和正常使用,就成为工程地质学的目的。

2、公路工程地质学的任务是:

评价各类工程建筑场地的工程地质条件;

预测在工程建筑物作用下,地质条件可能出现的变化;

选定最佳的建筑场地和克服不良地质条件所应采取的工程措施

从而为保证建筑工程的合理设计、顺利施工和正常使用提供可靠的地质科学依

据。

工程活动与地质环境之间的相互制约关系。

三、工程地质学的研究内容

工程岩土学：研究土石的工程性质、内在机理及其在天然或人为影响下的变化规律。

工程地质分析：用地质学的基本原理分析研究公路工程活动中不同建筑物和地质问题的主要工程地质条件、力学机制及其发展变化规律、以及评价和防治它们的不良影响。如：桥隧选址、不良地质现象的处置等。

公路工程地质勘察：用地质手段查明公路工程地质活动中的地质因素。[勘察报告举例](#)

四、工程地质学的发展与分支学科

古代劳动人民在长期的生产实践中积累了丰富的经验。

20C30 年代，诞生了独立的工程地质学科。1932 年原苏联莫斯科地质勘探学院成立了第一个工程地质教研室。

随着经济的发展，工程地质理论得到发展，形成一些分支学科，如环境工程地质、地震工程地质、矿山工程地质、工民建工程地质、公路工程地质、城市规划工程地质。

产业政策分析预测：西部地区，农村公路将有 20% 的费用用于灾害治理。

2. 矿物与岩石

主要内容：

2.1 造岩矿物

2.1.1 矿物的一般知识

2.1.2 矿物的物理性质

2.1.3 常见的造岩矿物

2.2 岩浆岩

2.2.1 岩浆岩及其产状

2.2.2 岩浆岩的化学性质与矿物成分

2.2.3 岩浆岩的结构和构造

2.2.4 常见的岩浆岩类型

2.3 沉积岩

2.3.1 沉积岩的形成过程

2.3.2 沉积岩的化学成分与矿物组成

2.3.3 沉积岩的结构和构造

2.3.4 常见的沉积岩

2.4 变质岩

2.4.1 变质岩的形成过程

2.4.2 变质岩的物质成分

2.4.3 变质岩的结构

2.4.4 变质岩的构造

2.4.5 常见变质岩

2.5 三大岩类的区别

重点与难点：

三大岩类的主要性质，常见矿物、岩石的鉴定方法

2.1 造岩矿物

为什么要学习矿物。因为矿物是组成岩石和土质的基本成分，而岩石则是一切工程建筑的基底和建筑材料。为了正确区分不同类型岩石和土质的性质，必须先学会识别矿物。这就是学习这一课题的目的。

关于矿物我们将分为以下几个问题，首先

矿物的概念中，包涵着四个要求点：

2.1.1 矿物的一般知识

一、定义：我们把“自然界凡具有一定化学成分和物理性质的单质体及化合物，均称为矿物。

单质体——即由单一元素组成的物质。如：自然的 Au. Ag. Hg. Cu. C…等。

化合物——由两种或两种以上元素组成的物质。如：CaCO₃ 方解石. SiO₂ 石英. CuFeS₂ 黄铜矿. CaSO₄ 石膏…

二、造岩矿物。

目前自然界已发现的矿物约 3300 多种，其中主要的常见矿物约有 200 多种。我们把构成岩石的有关矿物称为造岩石矿物。而常见的造岩石矿物，即在岩石中

能经常见到的矿,也只有 30 多种,如石英 SiO_2 .长石 KAlSi_3O_8 .方解石 CaCO_3 等。

三、矿物的形体。

固体矿物都具有一定的形体,可以从内部构造和外部形态上来看。

1. 晶质体与非晶质体。

①晶质体——是指矿物内部质子(原子、离子)作有规律排列。即具有格子构造的称为结晶体。它在三维空间上所反映的有限部分就是晶体。见图 2-1 晶体在形成和发育过程中,如果条件适宜,能生成具有规则的几何多面体外形。见图 2-2.如食盐 NaCl 呈立方体。石英 SiO_2 呈六方双锥形或单锥体。金刚石 C 呈八面体。方解石 CaCO_3 呈菱面体。

但是大多数矿物晶体在发育时受到空间的限制,往往不具有多面外形,或者只见到几个不完整的晶面。这种晶体称为晶粒或晶块,极细微的称隐晶。

②非晶质体——又称玻璃质体。因其组成的质点不是作有规则排列,而是乱杂无章地分布着,没有规则的几何多面体外形,如玻璃、琥珀及许多胶体矿物(蛋白石— $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

2. 集合体形态。

片状——云母 板状——石膏 柱状——角闪石 放射状——电气石
纤维状——石棉 鳞片状——石墨 鲕状或状——赤铁矿

四.矿物的成因类型。

按成因可分为三大类型。

1. 原生矿物(又称内生矿物)是由岩浆冷凝结晶过程中形成的矿物。如:石英、长石、云母、角闪石、辉石、橄榄石等。或热液成矿过程中形成的方铅矿、方解石等。

2. 次生矿物(又叫外生矿物)是指原生矿物遭受化学风化而形成的新矿物。

如:正长石经水解作用后形成高岭石,高岭石再经水解后形成铝土矿。

又如:方铅矿 $\xrightarrow{\text{氧化}}$ 铝矾 $\xrightarrow{\text{碳酸化}}$ 白铅矿。

次生矿物在化学成分上与原生矿物之间有一定的承袭关系。

3. 变质矿物,是指在变质作用过程中所形成的矿物。什么叫变质作用。在讲地质作用这一理论已经作了分析。请大家自学复习时要把前后所学知识联系起

来理解。如碳酸盐围岩接触变质带中的硅灰石、石榴子石等。

通过上述四个要点的讨论，使我们对矿物建立起了明确的概念。工程技术人员学习矿物不是为了去找矿，开发矿产资源，而是为了认识岩石和土的性质。那么怎样去鉴别造岩矿物呢？这就是本单元要进一步分析研究的第二个题目。

2.1.2 矿物的物理性质

矿物的物理性质是矿物内部构造和化学成分的综合，反映是我们用肉眼去鉴别矿物的依据。也是对野外地质工作中，最常用的简单方法。矿物的物理性质，包括光学性质和力学性质及其它方面的特性。现在我们首先来分析矿物的光学性质。

一. 矿物的光学性质

是矿物对自然光的反射，折射和吸收等所表现出的特性。它包括：颜色、条痕、光泽、和透明度。

颜色：是对矿物新鲜面上所见到的色调，它是矿物对可见光线中不同光波选择性吸收和反射后映入人眼视觉的现象。

A. 按矿物颜色产生的原因，分为三种现象：

(1) 自色——矿物自身所固有的颜色，是由矿物的化学成因中含有色素离子所引起的。

表头纵向为：色素离子。所反映的颜色代表矿物名称其化学成分。如含正价的铜离子必须呈绿色，以孔雀石最为典型。其化学成分为含氢氧根的碳酸铜即 $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ (含 Cu57.4%) 又如含三价铁离子的矿物必须呈红色；而带磁性的磁铁矿，必然呈黑色。

(2) 他色——是因为矿物含有外来带色杂质或气泡等机械混入物而引起的反映，与矿物本身成分无关。对一种矿物而言，他色随着所含杂质不同而不同，故无鉴定意义。

例如：水晶 (SiO_2) 无论大小 (展示具体的标本) 都无色透明的。如含有少量不同杂质时，

含 Mn 呈紫色为紫水晶。

Ti 呈蔷薇红色或浅玫瑰色，为蔷薇水晶又称“芙蓉石”。

C 呈褐色，呈烟黄玉暗褐色为烟水晶 → 墨水晶。

由于水晶的他色，绚丽多彩，质料上乘的可以加工成宝石。现代的工艺技术，在一定温度和压力下也能人工合成，其色泽比天然的还吸引人，出现大量的人造宝石。

(3) 假色——是由于物理原因（主要是光的内反射，内散射，干涉等）所引起的颜色。

例如：斑铜矿（ Cu_5FeS_4 ）或黄铜矿（ CuFeS_2 ）因风化作用，表面出现氧化膜而呈现的紫不紫，蓝不蓝的色彩，称为“锈色”。方解石、水晶内部有细裂隙面，出现彩虹彩状，称为“晕色”。

假色只对某些矿物有鉴定意义。

B. 鉴别颜色的方法：在描述颜色时，一般用二名法和类比法。

a. 二名法：以色谱中的七色，红、橙、黄、绿、青、蓝、紫为基本色调。

介于两色之间的用二名法。如红中带紫，为紫红色，红色是主色，紫色是次色；紫中带红为红紫色，书写次序是前次后主。还可以按颜色的深浅，在二名法之前冠以暗或浅，如浅红紫色，暗黄褐色…

b. 类比法：以生活中最常见的实物颜色来描述矿物的颜色。如正长石的肉红色或肉黄色，橄榄石的橄榄绿色，方铅矿的铅灰色，磁铁矿的铁黑色，古铜黄色的黄铜矿，金黄色的黄铁矿。

c. 原生矿物按颜色深浅分为两大类：

什么叫原生矿物在上一节矿物的概念中作了介绍，即由岩浆中冷凝而成的一些矿物，按颜色把他们分为：

深色矿物——以橄榄石、辉石、角闪石、黑云母为主。

浅色矿物——以石英、长石类、白云母为主。

请注意：这些深浅原生矿物之间的组成关系。尤其是它们之间排列的顺序，对岩浆的鉴别有着指导意义。因此要求同学们记住深浅矿物的排列顺序，不能颠倒。

2. 条痕：条痕即矿物粉末的颜色。它较之矿物块体外观的颜色更为固定，有助于对矿物的鉴别。但我们鉴定时，不必把矿物打成粉末，只须在白色天釉瓷板（简称为条痕板）上擦划一下留下的矿物粉末痕迹称为条痕。

条痕可以消除假色, 减弱他色, 保存自色。条痕对无色、浅色矿物无鉴定意义, 对不透明、深色、金属矿物具有鉴定意义。

例如: 黄铁矿——细条痕为绿黑色

黄铜矿——粗条痕, 绿黑色中显铜粉末

赤铁矿——不论外观何色, 但条痕为樱红色

矿物的光学性质除了上述颜色和条痕外, 还应从光泽上进行分析。

3. 光泽: 矿物的光泽是指矿物对可见光反射能力而言的。

按矿物光滑表面对光反射能力的强弱, 可将光泽分为四个等级; 如果表面不平或有细小裂隙或为集合体形态时, 则会呈现出一些特殊光泽。

A. 单体矿物平面反射的四级光泽:

(1) 金属光泽——如黄铁矿、方铅矿, 象金属磨光面的光亮。

(2) 半属光泽——如辰砂、磁铁矿, 象抛光的金属磨表面光亮。

(3) 金刚光泽——如金刚石、宝石磨光面的光亮。

(4) 玻璃光泽——如长石、方解石、萤石, 象平板玻璃上的光亮。

B. 晶体不平或集合体所反射的光泽

油脂光泽——如石英——光泽如油浸过一样。

珍珠光泽——黑白云母——象珍珠状反光。

丝绢光泽——石棉、纤维石膏——表面具丝绢状光亮。

蜡状光泽——蛇纹石——呈蜡烛状的光亮。

土状光泽——高岭石、铝土矿——粉末状或土状的集合体, 表面暗淡无光。

对矿物光泽的描述方法就讲这么多。下面对矿物光学性质的最后一个问题——透明度, 作一些简要介绍。

4. 透明度: 是指矿物透光能力的大小, 即光线透过矿物的程度。

透明度取决于矿物的厚度和矿物对光的吸收率。实习用的手标本为不规则的块体矿物是无法标定其透明程度的。

描述矿物透明度可采用的方法有三:

A. 矿物学的方法: 以 1cm 厚度为标准, 将矿物透明度分为:

(1) 透明——隔着矿物能清楚地见到另一侧物体的轮廓。如水晶、冰洲石、云

母片。

(2)半透明——隔着矿物能见到另一侧物体的模糊阴形，如蛋白石。

(3)不透明——隔着矿物完全不能见到另一侧的任何形象，如磁铁矿、石墨。

B. 镜下鉴定的方法：通常将矿物磨制成 0.03mm 的薄片后，在显微镜下将矿物分为透明的和不透明的两种。

C. 手标本的综合分析法：实际上是要要求通过颜色、条痕及光泽的特征来综合判断矿物是否透明。这一方法是我们鉴别手标本矿物透明度的主要依据。

另外在手标本鉴别中有两个特殊情况：

浅色矿物铝土矿——半透明

深色矿物橄榄石——透明

关于矿物的光学性质就讨论这么多。

2. 1.3 常见造岩矿物鉴定

二. 矿物的力学性质

是矿物受到外力时（敲打、刻划、拉、压）时所表现的各种物理性质。如硬度、解理与断口、延展性、脆性等。

1. 硬度：是矿物抵抗刻划、摩擦、加压的能力。它是矿物所固有的特性，具有特别重要的鉴定意义。一般肉眼鉴定是以已知硬度的去刻划。国际上采用“摩氏硬度计”（1824 年奥地利矿物学家摩氏首先提出），以常见的 10 种矿物为标准。从低到高分为 10 级。为了便于记忆以前的老师把他编成口诀：滑石方，萤磷长，石英黄，刚金刚。在矿物鉴别时有硬度计的矿物，要写出度数。一般简易鉴别通常采用：低硬度（用指甲划动）、中硬度（用指甲划不动，小刀能划动）、高硬度（小刀划不动）。在鉴别中无硬度计的矿物可用低、中、高硬度来描述。

2. 解理与断口：是矿物同时可能存在的，能够沿结晶面裂开的特性。

矿物的断口与解理不同。断口在晶体与非晶体上均可发生，而具有解理的矿物必须是晶体。对于某一种矿物而言，解理与断口的发生常成为互为消长的关系。即容易出现解理的方向不容易发生断口。故在简易鉴别时描述解理，就不描述断口。如方解石完全解理，就不描述其断口。

(1)解理：矿物晶体或晶粒受到外力作用，能沿一定晶面裂开成一系列光滑平面的固有特性。所裂开的面成解理面。按照解理形成的难易和解理面平滑程度分为三个等级：

a：完全解理——矿物极易断开成薄片状、纤维状、规则块体（云母、石棉、方解石）

b：中等解理——矿物能沿解理作不完整裂开。解理面虽清楚可见，但不光滑且不连续。（角闪石、辉石）

c：不完全解理——在块体矿物上很难见到解理面。偶尔可见的解理面既小而不平滑。（橄榄石）

在肉眼鉴别时描述解理时就可以按上述三种描述法，但在解理不明显断口后主要就描述断口。

(2)断口：矿物在外力打击下，沿任意方向发生不规则的裂口，在鉴别中常将断口按形态分为四种：

a：贝壳状断口——断口面呈椭圆形的光滑面上具有同心条纹，象贝壳一样（石英、橄榄石）。

b：锯齿状断口——断口面呈尖锐锯齿状形态。手摸感觉得锯手，硬度大的矿物（黄铁矿）。

c：参差状断口——端面参差不齐，粗糙不平，手摸感觉不平，但不锯手（黄铜矿、石榴子石）。

d：平坦状断口——断面平坦光滑，大多数呈致密块状，手感是光滑的（高岭石、铝土矿、粘土矿）。

总之在描述矿物的解理与断口时应首先看其表面上是什么为主，就描述什么，以解理为主就描述解理不描述断口。

三. 矿物的其它性质

1. 相对密度：指矿物单质与同体积 4℃ 的水的质量比。通常分为三级：

(1)轻级——相对密度小于 2.5（石膏）

(2)中级——相对密度在 2.5-4（石英）

(3)重级——相对密度大于 4（重晶石、方铅矿）

2. 磁性：矿物可被磁场吸引或排斥的性质。

3. 发光性：矿物在外界能量（紫外线、X射线、放射线等）的激发下，能发生可见光的性质。（萤石、白钨矿、金刚石等）。
4. 放射性：含有天然放射性元素铀（U）、钍（Th）、镭（Ra）等矿物称为放射性矿物。
5. 人的感觉性质：根据人的感觉器官对某些矿物感触到的性质。（食盐、明矾等）。

关于矿物的力学性质和其它性质就讨论到这。

I、复习旧课

在上一章节里，我们看重讨论的课题“矿物”，什么是矿物？它与岩石组成的关系常见的造岩矿物有哪些？矿物的形体？矿物的成因类型？矿物的物理性质包括那两大方面？它们又分别包括了哪些内容？怎样根据其物理性质来进行矿物的肉眼鉴别？这都是本章应掌握的基本理论，它与本章内容的学习起到比较重要的指导作用，工程技术人员学习矿物不是为了去找矿，而是为了认识岩石和土的性质，而岩石和土是一切工程建筑的基底和建筑材料，作为工程技术人员必须会区别和认识不同的岩石和土。

今天我们将要学习讨论岩石

II、讲述新课

在前面我们就为什么要学习岩石和意义作为分析既然要学习岩石，首先什么叫岩石？

岩石的概念

岩石的概念中包涵着两个要点：

一、定义：岩石是地壳发展过程中由一种或多种矿物组成，在成分和结构上具有一定规律的集合体。

单矿岩——由一种矿物组成的岩石（石灰石、方解石组成）

复矿岩——由多种矿物组成的岩石（花岗岩由长石石英、角闪石和黑云母组成）

二、岩石按成因分为三大类：

岩浆岩、沉积岩、变质岩（下面分别讨论）

内动：地壳运动岩浆活动、变质作用、地震作用。

外动：风化、剥蚀、搬运、沉积、成岩。

2.2 岩浆岩

2.2.1 岩浆岩及其产状：

1、定义：地下深处天然形成的、高温而粘稠的、富含大量挥发份的硅酸盐熔融体，称为岩浆岩。按其生成环境又分侵入岩和喷出岩：

（1）侵入岩——岩浆侵入地壳内部，在高压下缓慢冷却结晶而形成和岩浆岩（深成侵入——在岩浆源附近凝结的。浅成侵入——接近地表不远，但未上升到地表面而凝结的）

（2）喷出岩——岩浆喷出地表在常压下迅速冷凝而成的岩石（火山岩）

2、产状：岩浆岩生成的空间位置和形态大小，与围岩的接触关系，形成时所处的地质环境，称为岩浆岩的产状。

（1）深成侵入——岩基和岩株。

（2）浅成侵入——岩脉、岩盘和岩床。

（3）喷出岩——火山颈、火山锥、岩流、岩被。

2.2.2 岩浆岩的矿物成分与化学关系

1、矿物成分

（1）主要矿物：是岩石中含量较多（>20%），对分类命名起决定作用的矿物（如：花岗岩：石英长石；辉长岩：辉石、斜长石；闪长岩：角闪石、斜长石）

（2）次要矿物：指某种矿物在岩石中的含量较少（3%—10%）对划分岩石大类不起主要作用，但可用为确定岩石的依据。（闪长岩：角闪石、中性斜长石，少量石英时称为石英闪长岩；花岗岩：角闪黑云母）

（3）副矿物：岩石含量极少（1%—3%），对分类及种属命名都不起作用的矿物。（锆石、磷灰石、褐帘石）

2、化学性质

组成岩浆岩的矿物多数是原生矿物、浅色矿物和深色矿物之间比例不同其化学性质也不同。（浅色：石英、长石、白云母。深色：橄榄石、辉石、角闪石、

黑云母)。这种有规律的组合是其分类命名的主要依据。在岩浆岩的分类中，习惯上根据 SiO_2 含量多少来确定 P33 表，超基性 <45 基，基性 45—55，中性 55—65，酸性 65—75。以此把岩浆岩分为：酸性岩、中性岩、基性岩、超基性岩。

3、矿物成分与化学性质关系

岩浆岩中深、浅矿物的组合，不仅反映在岩石的颜色上，而且决定该岩石的化学性质，在岩石学中，常以铁镁质的深色矿物在岩石中所占的百分比作为“颜色指数”、“色率”。P33 中色率：0—30%（深矿物在岩石中占 0—30%）为浅色岩石，而浅色矿物多含硅铝质 SiO_2 占 70% 左右，比较上表，估是酸性岩，同理为中性（中色岩）、基性岩（深色岩）、超基性岩（暗深色岩），从中可以看出：深色矿物多组成：基性和超基性。浅色矿物多组成：酸性。P33 页 3—2 图

（1）酸性岩：浅色， SiO_2 高，所含矿物有石英长石、酸性斜长石、黑云母、少量角闪石，不可能有辉石（单线）

（2）中性岩：中色， SiO_2 适中，石英含量极少，以长石类与深色矿物角闪石共往（双线）

（3）基性岩：深色， SiO_2 较低，无正长石和石英或含量极少，以基性斜长石与深色矿物辉石为主（基性斜长石的量增大）（三线）

（4）超基性：暗深色， SiO_2 含量很低，以深色矿物橄榄石与辉石为主，长石、角闪极少，绝无石英。如橄榄岩：主要矿物橄榄石、辉石、石榴子石、有点角闪石，没有石英、长石，它形成的变质岩是蛇纹石。（米线）

从这里可看出石英与橄榄石不会共生，不见面的，因为 SiO_2 成份 <45% 不可能达到饱和形成石英，而 40% SiO_2 与铁镁化合形成橄榄石，不能独立形成石英。 SiO_2 成份 >65% 含量多才能独立形成石英，而不能形成橄榄石。大家在鉴别时一定要注意这个问题，浅色酸性，无橄榄石，深暗色超基性，绝无石英。

2.2.3 岩浆岩的结构和构造（结构是微观<内>，构造是宏观<外>）

1、岩浆的结构：组成矿物的结晶程度，晶粒大小，形态以及晶粒之间或晶粒与玻璃质之间的相结合的方式。它与岩浆在冷凝过程有关，在冷凝过程中：

A：形成矿物结晶先后次序为：全晶质、半晶质、非晶质。

（1）全晶质——岩浆在深处，地壳内部高温中缓慢冷凝，矿物有充分结晶

条件而全部结晶，在放大镜下可见一粒粒的晶粒，是侵入岩是主要特征。（花岗岩、闪长岩）

（2）半晶质——因岩浆冷凝速度较较快，其中有一部份岩浆来不及结晶而成为非晶质。它常见于部分浅成岩和喷出岩中（流纹岩、石英斑岩、花岗斑岩）在放大镜下能见到晶粒，但不都是，有的大块晶体称斑晶。

（3）非晶质结构——岩浆喷出地表、冷凝很快，来不及结晶而成为非晶质，也称玻璃质，在放大镜下看不到晶粒，而象玻璃一样（黑曜岩、珍珠岩）

总的来说，岩浆冷凝慢——全晶质，较快——半晶质、突然——非晶质

B、按晶粒的绝对大小分 P34 页 3—2 表

巨粒 >10 （伟晶质），粗粒 10—5，中粒 5—1，细粒 1—0.1（显晶质）、微粒 <0.1 隐晶

C、按晶粒的相对大小分 P34 页 3—4 表

（1）等粒结构：岩石中矿物颗粒大小相等（橄榄石）

（2）不等粒结构：岩石中矿物颗粒有大有小。

（3）斑状结构及似斑状结构：岩石由大小相差悬殊的矿物组成，大的称斑晶，小的称基质。如果基质为非晶质，称斑状结构；如果是晶质，称似斑状结构。

D、按矿物颗粒外形分 P35 页 3—5 图

自形晶、半自形晶和他形晶三种，先结晶的矿物形完整，为自形；次层结晶的矿物只有部分晶形完整，为半自形；最后的为他形晶。（讲图）

2、岩浆岩的构造

岩浆岩的构造是指岩石中各种矿物集合体在空间排列及充填方式上所表现出来的特征，它决定于岩浆性质，产出条件，凝固过程中物质成分的空间运行状态，也是岩石分类命名的重要依据之一，常见的构造有：

（1）**块状构造**：矿物在岩石中排列无一定次序，无一定方向，不具任何特殊形象的均匀块体。大部分侵入岩都是这种构造（花岗岩、辉长岩、闪长岩）

（2）**流纹构造**：在喷出岩中由不同颜色的矿物、玻璃质和拉长气孔等沿一定方向排列，表现出熔岩流动的状态。（常见于酸性或中酸性喷出岩中，流纹岩）

(3) **气孔及杏仁构造**：熔岩喷出时，由于温度和压力骤然降低，岩浆中大量挥发性气体被包裹于冷凝的玻璃质中，气体逐渐逸出，形成各种大小和数量不同的圆形或椭圆形、个别呈管状的孔洞，称气孔构造，如果孔洞被后斯次生方解石、沸石、蛋白石等矿物充填，形如杏仁，则称为杏仁构造（玄武岩、浮岩）

2.2.4 常见的岩浆岩鉴定

P35 页 3—3 表，按表讲解

一、对于岩石颜色描述采取：综合法、二名法。

1、综合色法：有的岩石拿在手上看有绿有黑，或有黑有白，怎样描述，应根据综合色的方法，用手拿着标本晃动，用眼睛余光看是什么色就写什么色。

2、以二名法：岩石中主要矿物为主，次要矿物为辅，次在前主在后（次前主后），如绿黑色、褐灰色……在结构与构造中应按不同的鉴定方法描述。

二、正确描述岩浆岩的结构（全晶质、半晶质、非晶质以及晶粒绝对大小分级：巨、粗、中、细、微、显晶质和相对大小分级：等粒、斑状、似斑状。与自形晶、半自形晶和他形晶的意义）。

三、掌握岩浆岩的三个种构造：块状、流纹、气孔。

四、对岩浆岩的化学性质：要能够根据 SiO_2 的百分含量区别其酸性、中性、基性、超基性，掌握鉴别岩石中主要矿物的方法，并能根据深色矿物在岩石中的比例“色率”判断岩石的化学性质：酸性、中性、基性、超基性；酸性多半是浅色，中性是中色，基性或超基性为深色；能熟习网络图中各种化学性质岩石的分布与主要矿物，懂得各种线条所代表的岩石。

五、巩固新课：

今天我们着重对“岩石”和“岩浆岩”的概念、产状（侵入岩——深成侵入、浅成侵入、喷出岩，与产状深成——岩基株；浅成——岩脉、岩盘、岩床。喷出岩——火山岩、火山锥、岩流岩被）等问题作了较详细地分析。

按顺序将岩浆名称告诉学生，并进行鉴别。

1、纯橄榄岩 2、辉石角闪岩 3、辉长岩 4、玄武岩 5、闪长岩 6、
石英长玢岩 7、花岗岩 8、花岗斑岩 9、岩泡流纹岩 10、珍珠岩

六、总结:

名称	颜色	结构	构造	主要矿物	次要矿物
纯橄榄岩	橄榄绿	全晶质	块状	橄榄石、	
辉石角闪岩	深绿黑色	全晶质	块状	角闪石	辉石
辉长岩	灰黑	全晶质	块状	基性斜长石、辉石	
玄武岩	灰黑	隐性	气孔	基性斜长石、辉石	
闪长岩	灰黑	全晶质	块状	中性斜长石、辉石	黑云母
石英闪长玢岩	浅棕色	斑状	块状	中性斜长石	角闪石、石英
花岗岩	肉绿色	全晶质	块状	石英、长石	角闪石、黑云母
花岗斑岩	浅黄	班状	块状	石英、长石	角闪石、黑云母
岩泡流纹岩	暗红	斑状	流纹	石英、长石	角闪石、黑云母
珍珠岩	深绿	非晶质	块状	石英、长石	角闪石、黑云母

注意下列几组岩石区别:

辉长石、闪长石、辉石角闪岩、珍珠岩、石英闪长玢岩、花岗岩

工程性质: 岩浆岩在工程上由于是硬质岩或极硬质岩其工程性质很好, 如辉长岩、闪长岩、花岗岩、花岗斑岩等在公路工程开挖路边坡中稳定性好可以形成高陡直立边坡, 但要考虑节理裂隙发育情况以及崩塌体形成和整治(如兴文坪银杏乡), 在施工中要考虑极硬质岩开挖边坡的问题, 增大施工难度。

2.3 沉积岩

一、沉积岩的概念 P37

沉积岩是在地表常温压环境下，由外动力地质作用促使地壳表层先成的矿物和岩石遭到破坏，将其松散、碎屑、浮悬、溶解物搬到适宜的地带沉积下来，再经压固、胶结，形成层状的岩石，可以概括地认为：沉积岩就是外动力地质作用五个环节全过程的综合特殊的集中反映。大家在答沉积岩时只要记得外动力地质作用五个环节，简述沉积岩的形成过程（重点考试内容） 讲 P37 3-6 表（简答）

二、沉积岩的化学成分与矿物组成 P38 3-4 表

1、沉积岩的化学成分：

- (1) 沉积岩中 $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{FeO}$ 的含量，岩浆岩相反（用化学 FeSO_4 例）
- (2) 沉积岩中 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ，而岩浆岩相反
- (3) 沉积岩中富含 H_2O 和 CO_2 ，而岩浆岩中含量较少

2、沉积岩的矿物组成 P38 3-5 表

- (1) 粘土矿物、铁质矿物、碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐、氧化物和氢氧化物等，有机物（生物残骸）
- (2) 深色（铁镁质）很难存在于沉积岩中（风化）
- (3) 浅色（硅铝质）矿物可同时在沉积岩、岩浆岩中存在但沉积岩中石英、白云母的含量较多于岩浆岩，而长石含量岩浆岩中比沉积岩中多

2、沉积岩划分的类型

按颗粒大小，由大一小一化学，可分为：

- (1) 碎屑矿物：原岩经风化碎破而生成的呈碎屑状态的物质。（石英、长石、云母）砾、砂
- (2) 粘土矿物：主要是一些原生矿物经化学风化作用下所形成的次生矿物（高岭石、蒙脱石、伊利石）矿物的粒径 $< 0.002\text{mm}$ ，有亲水性、可塑性、膨胀性（砂以下、粉砂质）
- (3) 化学沉积物：是纯化学作用或生物化学作用从溶液中沉淀结晶产生的沉积矿物（方解石、白云石、石膏、铁和锰的氧化物或氢氧化物）（比粉砂细）
- (4) 有机质及生物残骸：由生物残骸或有机化学变化而成的物质（贝壳、泥炭）

(5) 胶结物：指充填于沉积颗粒之间，并使之胶结成块的矿物质。SiO₂ 硅质、铁质、钙质、泥质、炭质、火山凝灰质。硅质最硬，泥质、炭质最易软化。

三、沉积岩的结构和构造

1、沉积岩的结构（复习岩浆岩）

是指组成岩石颗粒大小、形状及组合关系，分四种：

(1) 碎屑结构：碎屑物被胶结而成的结构：

①按颗粒的绝对大小，划分为三种：砾状结构粒径>2mm；见有大颗粒，绿豆大都称。

砂状结构：粗砂 2-0.5，中砂 0.5-0.25（红色砂岩），细砂 0.25-0.074（象零号砂纸的感觉，灰白硅质、石英砂岩）

粉砂结构：0.074-0.002（用手摸手上沾有粉，比较粗糙、泥黄）野外水田里沾点水有泥砂

按颗粒相对大小分为：等粒结构、不等粒结构

按颗粒形状分为：棱角状、浑圆状、滚圆状

②以胶结物成分而论：硅质胶结颜色浅、强度高；铁质胶结呈红色，强度次之；钙质胶结颜色浅，强度较低；泥质胶结多呈黄色、褐色，胶结松散。

(2) 泥质结构：粘土结构，由 50%—95% 粒径小于 0.002mm，粘土质点组成（泥岩、页岩）按其中粘粒、粉砂粒和砂粒百分比分为三种：泥质、粉砂质、砂泥质 P40 3-7

(3) 化学结晶结构：是由溶液中沉淀或生结晶、纯化学成因所形成，根据沉积环境可分为：晶粒状结构、鲕状结构（在深海里水在动的情况下形成，如果水深还可以形成豆状），竹叶状结构（CaCO₃）

(4) 生物结构：是以大部或全部生物遗体或碎片所组成的结构（贝壳结构、碎屑结构），它是在大陆架，浅海形成有生物活动，称生物灰岩。

以方解石结晶叫石灰岩，以Mg、CaCO₃结晶的白云岩、含镁颜色微红、偏黄、滴上稀HCL微起泡，热HCL要强烈起泡。

2、沉积岩的构造：层理构造、层面构造和化石、结核等。

沉积岩的构造是指在岩石各组成部分的空间分布及其相互间的排列方式

所呈现的宏观特征。

(1) 层理构造：由于季节变化，沉积环境的变迁，使先后沉积的物质在颗粒大小、形状、颜色和成分上发生相应变化，从而显示出来成层现象称为层理构造；按形成条件及所反映的形态，可分为 4 种层理：

①水平层理：层与层之间彼此平行，沉积环境比较平静的条件下形成的按颗粒从大到小，砂岩最先下沉，页岩是静水慢沉积（泥质）最后到化学结晶（离子），它是一层一层的彼此平行。

图：

②斜层理水平内所夹的细层，并与层理呈一定交角的层理。它是由于搬运介质呈单向运动，沉积基底有缓坡地环境中形成。

图：

③交错层理：层理不平整，层理倾斜、彼此交错。

图：

④块状层理：在同一层内上、下层面间的物质无明显变化，比较均匀呈块状的岩层，或者称为无明显层理的岩层。（在野外能看见，实验室石灰岩、泥岩……块状构造）

(2) 层间构造：不同厚度，不同岩性的岩石之间的接触面，称为层面；上、下两层之间成分基本一致的岩石，称为岩层（砂岩层、灰岩层）。岩层厚度是指上下层之间的垂直距离。

各岩层厚度不一，相差很大，特定的一个统一的标准 P41 3-8 表 分为：微细层<0.2 片状层 0.2-2 薄层 2-10 中厚层 10-50 厚层 50-100 巨厚层>100；由于沉积环境的变化，显示出一些层间构造现象：尖灭、透境体、夹层、变薄等。

图：

(3) 层面构造：未固结的沉积物，由于搬运介质的机械原因或自然条件的变化及生物活动，在沉积岩中，突然天气变化、下暴雨、雨停后太阳晒干、保存下来等情况，常在层面上留下痕迹，被后来的沉积物覆盖而固化在层面上的构造现象。(波痕、泥裂、雹痕、雨痕、虫痕等)

(4) 化石和结核：化石和结核也是沉积岩所特有的构造现象，各种古生物遗骸和遗迹经石化后保存下来，利用化石可确定地质年代(第五章中介绍)。结核是与岩层主要成分有区别的胶体物，在黄土高原中存在结核，由于淋滤受雨的作用，渗透下去 $\text{Ca}+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ 溶解，滴下来凝结在一起，越来越大形成结核。

四、常见的沉积岩 P42 3-9 表

1、火山碎屑岩类

(1) 火山集块岩 (2) 火山角砾石 (3) 凝灰岩

2、沉积碎屑岩类

(1) 砾岩及角砾 (2) 砂岩 (3) 粉砂岩

3、粘土岩类

(1) 泥岩 (2) 页岩

4、化学及生物岩类

(1) 石灰岩 (2) 白云母

五、岩石颜色描述方法，同前面的岩浆岩

六、按顺序将沉积岩名称告诉学生，并进行鉴别

1、砾岩 2、含砾石石英岩 3、含钙质砂岩 4、硅质石英砂岩 5、粉砂岩 6、油页岩 7、粘土岩 8、石灰岩 9、鲕状石灰岩 10、生物石灰岩 11、白云岩 共 11 种

名称	颜色	结构	构造	主要矿物	次要矿物
砾岩	灰	砾状	块	砾石、粘土	钙质胶结构
含砾石石英岩	灰	粗砂	块	石英	砾石
含钙质砂岩	暗红	中砂	水平层理	石英	长石
硅质石英砂岩	灰白	细砂	块	石英	长石、钙质胶结构
粉砂岩	泥黄	粉砂	块	石英、粘土	长石、钙质胶结构
油页岩	褐	泥质	层状	粘土	有机物
粘土岩	灰白	泥质	块	粘土	高岭石、白云母
石灰岩	灰黑	化学	块	方解石	粘土
鲕状石灰岩	灰	鲕状	块	方解石	粘土
生物石灰岩	黑	化学	块	方解石	有机质、白云石、粘土
白云岩	黄	化学	块	白云石	

沉积岩的工程性质：应注意在碎屑内中可根据胶结物硅质胶结、铁质胶结和石灰岩等硬质岩类其工程性质好和形成高陡直立的边坡，但要考虑崩塌滑坡对边坡的影响问题。在泥质粉砂岩类对边坡工程性质非常差，常因风化严重滑移，撒落碎屑在路边沟造成排水不畅，引起过水路面，使公路严重损坏，不能保证正常通行（如白沙岷江大桥旁），穿越该类地区需整治

2.4 变质岩

一、变质岩的概念

地壳中原岩（岩浆岩、沉积岩和才变质岩）受到受到温度压力及化学活动性流体等的影响，在固体状态下发生剧烈变化后所形成的新的岩石，称为变质岩，由岩浆岩变质而成的岩石叫正变质岩。原生矿物组成，原始形成的，由沉积岩变质而成的叫副变质岩（原岩风化形成）。变质岩就是原岩经变质作用后所形成的新岩石，变质岩形成的过程。 P44 3-11 图 内动力地质作用的变质作用。

二、变质岩的物质成分

变质岩的化学成分的变化，反映在矿物成分上呈现出极为明显的双重性：既有一定的继承性，又具有自身的特点。P44（石英、长石类、云母、角闪石、辉石和方解石、白云石——继承性）（石墨、滑石、石榴子石、蛇纹石、绿泥石、

硅灰石——自身特征）它是区别沉积岩的重要标志。

三、变质岩的结构和构造（复习岩浆岩、沉积岩）

1、变质岩的结构：一般按成因可分为：变余结构、变晶结构和碎裂结构

（1）变余结构：又称“残留结构”，由于重结晶作用不完全，原岩的矿物成分和结构特征仍被保留下来。若原岩为沉积岩：变余砾状、变余砂状、变余粉砂状及变质泥质状等结构。

（2）变晶结构：原岩在固态条件下，由重结晶作用形成的结晶质结构，（条件适宜形成晶质体）根据组成矿物的相对大小，又分为：等粒变晶结构，不等粒变晶结构，斑状变晶结构（与岩浆岩相似），根据其形态又可分为：粒状变晶结构、鳞片状变晶结构、纤维状变晶结构。注意变质岩的结晶结构与岩浆岩的结晶结构的区别在于：前者基本是在固态情况下随压力和温度的升高，其物质保持了原岩的化学成分，未经液态改造，各种矿物几乎是同时进行重结晶而成为全晶质，且晶体有明显的定向性，而后者在高温高压下的液态岩浆，随温度和压力的降低，在冷凝过程中，各种矿物先后结晶而成，具有明显的结晶顺序。

（3）碎裂结构：（压碎结构）是动力变质作用造成（高压、高温），岩石中矿物颗粒发生弯曲、破裂、断开、甚至研磨成细小的碎屑或岩粉，分为：角砾结构、碎斑结构和糜棱结构等。

2、变质岩的构造（命名以构造特征）

变质岩的构造是指在岩石中矿物在空间排列上的外貌特征，分为：片理构造、块状构造、变余构造。片理构造是变质类区别于沉积岩和岩浆岩的重要特征，也是鉴定变质岩分类在外观上很显著的标志。

（1）片理构造：是指岩石中的片状、针状、柱状或板状矿物，受定向压力作用后，重新组合呈相互平行排列的现象。能顺着变质岩中矿物定向排列方向剥裂开的特性，称为片理，可分为4类：

①板状构造：粘土岩等柔性岩石在温度不高而压力为主的变质作用下由显微镜片状矿物平行排列密集的板状劈理面（板理面）、板岩（弱显丝绢光泽），这种构造有助于开采石料（沿板理面劈开）

②千枚状构造：是粘土岩以及中酸性凝灰岩级低级变质而产生的薄片状构

造。千枚岩（绢云母、绿泥石、较强的丝绢光泽，许多小皱纹）

③片状构造：原岩经区域变质，重结晶使片状、柱状、板状矿物如云母、角闪石、绿泥石等平行排列成连续的薄片状，片理面上光泽很强（云母岩）

④片麻状构造：（片麻理）由不同性质（岩浆岩、沉积岩、早期变质岩）的原岩，经区域变质作用而形成变质程度很深的构造，（具有方向性排列的条带状集合体）（花岗片麻岩）

（2）块状构造：岩石中的矿物成分和结构都很均匀，不具定向排列的称为块状构造。（大理岩、石英岩）

（3）变余构造：（残留构造）一般指浅变质作用后仍保留有原岩的构造特征。由沉积岩变质岩保留有变余层理、斜层理、泥裂、波痕等构造，岩浆岩变余气孔、杏仁、流纹构造等。

四、常见的变质岩

在变质岩中的石英岩是硅质石英砂岩变来的，石灰岩变质成大理岩；碳质页岩变质成黑色板岩，故由于变质作用不同，分为四大类：

1、动力变质岩：构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩

2、接触变质岩：角岩、大理岩、石英岩等

3、气成热液变质岩：蛇纹岩、云英岩、青盘岩

4、压力变质岩：板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、变粒岩、麻粒岩。

从工程角度出发：一般分为片理岩类和块状岩类

P46 3-10 表

1、片理状岩类

（1）片麻岩：粒状变晶结构、片麻状构造，主要矿物石英、长石类，次要云母、角闪、石辉石。

（2）片岩：鳞片状或纤状变晶结构，片状构造，主要矿物云母、绿泥石、滑石，次要角闪石片岩、石英片岩。

（3）板岩：变余泥质结构，板状构造，主要是粘土矿物，次要矿物绢云母、绿泥石。

2、块状岩类

（1）大理岩：粒状变晶结构，块状构造，主要矿物为方解石、白云石。

(2) 石英岩：粒状变晶结构，块状构造，主要矿物为石英，次要长石、绢云母、绿泥石、白云母、黑云母。

(3) 蛇纹岩：鳞片状或纤状变晶结构，状构造，主要矿物有蛇纹石。

五、按顺序将变质岩名称告诉学生，并进行鉴别

1、板岩 2、绿泥石白云母石英片岩 3、白云母石英片岩 4、石榴子石白云母石英片岩 5、花岗片麻岩 6、白云质大理岩 7、石英岩 8、大理岩 共 8 种

名称	颜色	结构	构造	主要矿物	次要矿物
板岩	黑	变余	板状	粘土矿	白云母
绿泥石白云母石英片岩	灰绿	变余	片状	粘土矿、绢云母、石英	绿泥石
白云母石英片岩	灰黄	变晶	片状	石英、白云母	角闪石
石榴子石白云母石英片岩	灰	变晶	片状	石英、白云母	石榴子石
花岗片麻岩	黄	变晶	片麻状	石英、长石	角闪石、黑云母
白云质大理岩	灰	变晶	块状	方解石	白云石
石英岩	白灰	变晶	块状	石英	
大理岩	白	变晶	块状	方解石	

变质岩工程性质：变质岩中除石英岩、大理岩工程性质好外。其它都与其构造有关，特别是片状、千枚状构造的变质岩工程性质非常麻烦，公路边坡穿越时，经常大快小片向下滑落，造成公路阻塞损坏行车（汶川—黑水一线）故该处边坡应整治。

2.5 三大岩类的区别

1、结构的比较

(1) 岩浆岩 由于是直接由高温熔融状的岩浆而成，具有明显的晶质结构，这种结构反映在组合矿物上有先后冷凝结晶的顺序性。在命名上是按成分命名。

(2) 沉积岩是原岩经风化、剥蚀、搬运、沉积、压固胶结而成，具明显的物质沉积规律的结构特征，即具有碎屑结构，泥质结构和生物化学结构的特征，其中化学结晶结构反映出由溶液中沉淀或重结晶的化学性，在命名上是按颗粒大小（即结构）分类命名。

(3) 变质岩是由于不同原岩受不同程度的变质因素影响而形成不同的变质岩，在结构上既有继承性有独特性，而呈现出变晶，变余和碎裂等结构，变质岩的结构反映出各种矿物在固态情况下受定向压力（一定温度）进行重结晶而具有定向性，在命名上是以构造命名。

2、从构造上看

(1) 岩浆岩 随着岩浆性质，产出条件和凝固过程中运动状态的不同而呈现出不同的构造现象。侵入岩产生时，常因岩浆冷却散热过程中矿物晶体间产生的凝聚力，使不同矿物晶体聚合成块状，喷出常因矿物呈玻璃质或隐晶质而形成岩流纹、杏仁状、气孔状构造以及致密块状的构造。

(2) 沉积岩：层理构造、层状构造、块状构造。

(3) 变质岩：片理构造，块状构造。

3、三大岩类鉴定考试

第一章 矿物与岩石

主要内容：

第一节 造岩矿物

一、认识矿物

二、矿物的物理性质

(四) 矿物的光学性质

(五) 矿物的力学性质

(六) 矿物的其它性质

第二节 岩石与岩浆岩

- 一、岩石：
- 二、岩浆岩：
- 三、岩浆岩鉴定：

第三节 沉积岩

- 三、认识沉积岩
- 四、沉积岩鉴定

第四节 变质岩

- 一、认识变质岩
- 二、变质岩鉴定

第五节 岩石的工程地质性质与三大岩类鉴定

- 一、岩石工程地质性质
- 二、三大岩类鉴定

重点与难点：

矿物与三大岩类鉴定

第一节 矿物的基本知识：

为什么要学习矿物。因为矿物是组成岩石和土质的基本成分，而岩石则是一切工程建筑的基底和建筑材料。为了正确区分不同类型岩石和土质的性质，必须先学会识别矿物。这就是学习这一课题的目的。

关于矿物我们将分为以下几个问题，首先

一、认识矿物

矿物的概念中，包涵着四个要求点：

1. 定义：我们把“自然界凡具有一定化学成分和物理性质的单质体及化合物，均称为矿物。

单质体——即由单一元素组成的物质。如：自然的 Au. Ag. Hg. Cu. C…等。

化合物——由两种或两种以上元素组成的物质。如：CaCO₃ 方解石. SiO₂ 石英. CuFeS₂ 黄铜矿. CaSO₄ 石膏…

2. 造岩矿物。

目前自然界已发现的矿物约 3300 多种，其中主要的常见矿物约有 200 多种。我们把构成岩石的有关矿物称为造岩石矿物。而常见的造岩石矿物，即在岩石中能经常见到的矿，也只有 30 多种，如石英 SiO_2 、长石 KAlSi_3O_8 、方解石 CaCO_3 等。

3. 矿物的形体。

固体矿物都具有一定的形体，可以从内部构造和外部形态上来看。

3. 晶质体与非晶质体。

①晶质体——是指矿物内部质子（原子、离子）作有规律排列。即具有格子构造的称为结晶体。它在三维空间上所反映的有限部分就是晶体。见图 2-1 晶体在形成和发育过程中，如果条件适宜，能生成具有规则的几何多面体外形。见图 2-2。如食盐 NaCl 呈立方体。石英 SiO_2 呈六方双锥形或单锥体。金刚石 C 呈八面体。方解石 CaCO_3 呈菱面体。

但是大多数矿物晶体在发育时受到空间的限制，往往不具有多面外形，或者只见到几个不完整的晶面。这种晶体称为晶粒或晶块，极细微的称隐晶。

②非晶质体——又称玻璃质体。因其组成的质点不是作有规则排列，而是乱杂无章地分布着，没有规则的几何多面体外形，如玻璃、琥珀及许多胶体矿物（蛋白石— $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）

4. 集合体形态。

片状——云母 板状——石膏 柱状——角闪石 放射状——电气石
纤维状——石棉 鳞片状——石墨 鲕状或状——赤铁矿

4. 矿物的成因类型。

按成因可分为三大类型。

- (1) 原生矿物（又称内生矿物）是由岩浆冷凝结晶过程中形成的矿物。如：石英、长石、云母、角闪石、辉石、橄榄石等。或热液成矿过程中形成的方铅矿、方解石等。
- (2) 次生矿物（又叫外生矿物）是指原生矿物遭受化学风化而形成的新矿物。

如：正长石经水解作用后形成高岭石，高岭石再经水解后形成铝土矿。

又如：方铅矿 $\xrightarrow{\text{氧化}}$ 铝矾 $\xrightarrow{\text{碳酸化}}$ 白铅矿。

次生矿物在化学成分上与原生矿物之间有一定的承袭关系。

- (3) 变质矿物，是指在变质作用过程中所形成的矿物。什么叫变质作用。在讲地质作用这一理论已经作了分析。请大家自学复习时要把前后所学知识联系起来理解。如碳酸盐围岩接触变质带中的硅灰石、石榴子石等。

通过上述四个要点的讨论，使我们对矿物建立起了明确的概念。工程技术人员学习矿物不是为了去找矿，开发矿产资源，而是为了认识岩石和土的性质。那么怎样去鉴别造岩矿物呢？这就是本单元要进一步分析研究的第二个题目。

二、矿物的物理性质

矿物的物理性质是矿物内部构造和化学成分的综合，反映是我们用肉眼去鉴别矿物的依据。也是对野外地址工作中，最常用的简单方法。

矿物的物理性质，包括光学性质和力学性质及其它方面的特性。现在我们首先来分析矿物的光学性质。

a) 矿物的光学性质

是矿物对自然光的反射，折射和吸收等所表现出的特性。它包括：颜色、条痕、光泽和透明度。

6. 颜色：是对矿物新鲜面上缩减到的色调，它是矿物对可见光线中不同光波选择性吸收和反射后映入人眼视觉的现象。

A. 按矿物颜色产生的原因，分为三种现象：

- (1) 自色——矿物自身所固有的颜色，是由矿物的化学成因中含有色素离子所引起的。

表头纵向为：色素离子。所反映的颜色代表矿物名称其化学成分。如含正价的铜离子必须呈绿色，以孔雀石最为典型。其化学成分为含氢氧根的碳酸铜即 $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ (含 Cu57.4%) 又如含三价铁离子的矿物必须呈红色；而带磁性的磁铁矿，必然呈黑色。

- (2) 他色——是因为矿物含有外来带色杂质或气泡等机械混入物而引起的反映。与矿物本身成分无关。对一种矿物而言，他色随着所含杂质不同

而不同，故无鉴定意义。

例如：水晶（SiO₂）无论大小（展示具体的标本）都无色透明的。如含有少量不同杂质时，

含 Mn 呈紫色为紫水晶。

Ti 呈蔷薇红色或浅玫瑰色，为蔷薇水晶又称“芙蓉石”。

C 呈褐色，呈烟黄玉暗褐色为烟水晶 → 墨水晶。

由于水晶的他色，绚丽多彩，质料上乘的可以加工成宝石。现代的工艺技术，在一定温度和压力下也能人工合成，其色泽比天然的还吸引人，出现大量的人造宝石。

(3) 假色——是由于物理原因（主要是光的内反射、内散射、干涉等）所引起的颜色。

例如：斑铜矿（Cu₅FeS₄）或黄铜矿（CuFeS₂）因风化作用，表面出现氧化膜而呈现的紫不紫，蓝不蓝的色彩，称为“锈色”。方解石、水晶内部有细裂隙面，出现彩虹彩状，称为“晕色”。

假色只对某些矿物有鉴定意义。

B. 鉴别颜色的方法：在描述颜色时，一般用二名法和类比法。

a. 二名法：以色谱中的七色，红、橙、黄、绿、青、蓝、紫为基本色调。介于两色之间的用二名法。如红中带紫，为紫红色，红色是主色，紫色是次色；紫中带红为红紫色，书写次序是前次后主。还可以按颜色的深浅，在二名法之前冠以暗或浅，如浅红紫色，暗黄褐色…

b. 类比法：以生活中最常见的实物颜色来描述矿物的颜色。如正长石的肉红色或肉黄色，橄榄石的橄榄绿色，方铅矿的铅灰色，磁铁矿的铁黑色，古铜黄色的黄铜矿，金黄色的黄铁矿。

c. 原生矿物按颜色深浅分为两大类：

什么叫原生矿物在上一节矿物的概念中作了介绍，即由岩浆中冷凝而成的一些矿物，按颜色把他们分为：

深色矿物——以橄榄石、辉石、角闪石、黑云母为主。

浅色矿物——以石英、长石类、白云母为主。

请注意：这些深浅原生矿物之间的组成关系。尤其是它们之间排列的顺序，对岩浆的鉴别有着指导意义。因此要求同学们记住深浅矿物的排列顺序，不能颠倒。

7. 条痕：条痕即矿物粉末的颜色。它较之矿物块体外观的颜色更为固定，有助于对矿物的鉴别。但我们鉴定时，不必把矿物打成粉末，只须在白色天釉瓷板（简称为条痕板）上擦划一下留下的矿物粉末痕迹称为条痕。

条痕可以消除假色，减弱他色，保存自色。条痕对无色、浅色矿物无鉴定意义，对不透明、深色、金属矿物具有鉴定意义。

例如：黄铁矿——细条痕为绿黑色

黄铜矿——粗条痕、绿黑色中显铜粉末

赤铁矿——不论外观何色，但条痕为樱红色

矿物的光学性质除了上述颜色和条痕外，还应从光泽上进行分析。

8. 光泽：矿物的光泽是指矿物对可见光反射能力而言的。

按矿物光滑表面对光反射能力的强弱，可将光泽分为四个等级；如果表面不平或有细小裂隙或为集合体形态时，则会呈现出一些特殊光泽。

A. 单体矿物平面反射的四级光泽：

(1)金属光泽——如黄铁矿、方铅矿，象金属磨光面的光亮。

(2)半属光泽——如辰砂、磁铁矿，象抛光的金属磨表面光亮。

(3)金刚光泽——如金刚石、宝石磨光面的光亮。

(4)玻璃光泽——如长石、方解石、萤石，象平板玻璃上的光亮。

B. 晶体不平或集合体所反射的光泽

油脂光泽——如石英——光泽如油浸过一样。

珍珠光泽——黑白云母——象珍珠状反光。

丝绢光泽——石棉、纤维石膏——表面具丝绢状光亮。

蜡状光泽——蛇纹石——呈蜡烛状的光亮。

土状光泽——高岭石、铝土矿——粉末状或土状的集合体，表面暗淡无光。

对矿物光泽的描述方法就讲这么多。下面对矿物光学性质的最后一个问题——透明度，作一些简要介绍。

4. 透明度: 是指矿物透光能力的大小, 即光线透过矿物的程度。

透明度取决于矿物的厚度和矿物对光的吸收率。实习用的手标本为不规则的块体矿物是无法标定其透明程度的。

描述矿物透明度可采用的方法有三:

D. 矿物学的方法: 以 1cm 厚度为标准, 将矿物透明度分为:

(1)透明——隔着矿物能清楚地见到另一侧物体的轮廓。如水晶.冰洲石.云母片。

(2)半透明——隔着矿物能见到另一侧物体的模糊阴影, 如蛋白石。

(3)不透明——隔着矿物完全不能见到另一侧的任何形象, 如磁铁矿.石墨。

E. 镜下鉴定的方法: 通常将矿物磨制成 0.03mm 的薄片后, 在显微镜下将矿物分为透明的和不透明的两种。

F. 手标本的综合分析法: 实际上是要要求通过颜色.条痕及光泽的特征来综合判断矿物是否透明。这一方法是我们鉴别手标本矿物透明度的主要依据。

另外在手标本鉴别中有两个特殊情况:

浅色矿物铝土矿——半透明

深色矿物橄榄石——透明

关于矿物的光学性质就讨论这么多。

b) 矿物的力学性质

是矿物受到外力时(敲打.刻划.拉.压)时所表现的各种物理性质。如硬度.解理与断口.延展性.脆性等。

1. 硬度: 是矿物抵抗刻划.摩擦.加压的能力。它是矿物所固有的特性, 具有特别重要的鉴定意义。一般肉眼鉴定是以已知硬度的去刻划。国际上采用“摩氏硬度计”(1824年奥地利矿物学家摩氏首先提出), 以常见的 10 种矿物为标准。从低到高分 10 级。为了便于记忆以前的老师把他编成口诀: 滑石方, 荧磷长, 石英黄, 刚金刚。在矿物鉴别时有硬度计的矿物, 要写出度数。一般简易鉴别通常采用: 低硬度(用指甲划动).中硬度(用指甲划不动, 小刀能划动).高硬度(小刀划不动)。在鉴别中无硬度计的矿物可用低.中.高硬度来描述。

2. 解理与断口: 是矿物同时可能存在的, 能够沿结晶面裂开的特性。

矿物的断口与解理不同。断口在晶体与非晶体上均可发生，而具有解理的矿物必须是晶体。对于某一种矿物而言，解理与断口的发生常成为互为消长的关系。即容易出现解理的方向不容易发生断口。故在简易鉴别时描述解理，就不描述断口。如方解石完全解理，就不描述其断口。

(1)解理：矿物晶体或晶粒受到外力作用，能沿一定晶面裂开成一系列光滑平面的固有特性。所裂开的面成解理面。按照解理形成的难易和解理面平滑程度分为三个等级：

a: 完全解理——矿物极易断开成薄片状.纤维状.规则块体（云母.石棉.方解石）

b: 中等解理——矿物能沿解理作不完整裂开。解理面虽清楚可见，但不光滑且不连续。（角闪石.辉石）

c: 不完全解理——在块体矿物上很难见到解理面。偶尔可见的解理面既小而不平滑。（橄榄石）

在肉眼鉴别时描述解理时就可以按上述三种描述法，但在解理不明显断口后主要就描述断口。

(2)断口：矿物在外力打击下，沿任意方向发生不规则的裂口，在鉴别中常将断口按形态分为四种：

a: 贝壳状断口——断口面呈椭圆形的光滑面上具有同心条纹，象贝壳一样（石英.橄榄石）。

b: 锯齿状断口——断口面呈尖锐锯齿状形态。手摸感觉得锯手，硬度大的矿物（黄铁矿）。

c: 参差状断口——端面参差不齐，粗糙不平，手摸感觉不平，但不锯手（黄铜矿.石榴子石）。

d: 平坦状断口——断面平坦光滑，大多数呈致密块状，手感是光滑的（高岭石.铝土矿.粘土矿）。

总之在描述矿物的解理与断口时应首先看其表面上是什么为主，就描述什么，以解理为主就描述解理不描述断口。

c) 矿物的其它性质

1. 相对密度：指矿物单质与同体积 4℃ 的水的质量比。通常分为三级：

- (1)轻级——相对密度小于 2.5（石膏）
 - (2)中级——相对密度在 2.5-4（石英）
 - (3)重级——相对密度大于 4（重晶石.方铅矿）
2. 磁性：矿物可被磁场吸引或排斥的性质。
 3. 发光性：矿物在外界能量（紫外线.X 射线.放射线等）的激发下，能发生可见光的性质。（萤石.白钨矿.金刚石等）。
 4. 放射性：含有天然放射性元素铀（U）.钍（Th）.镭（Ra）等矿物称为放射性矿物。
 5. 人的感觉性质：根据人的感觉器官对某些矿物感触到的性质。（食盐.明矾等）。
- 关于矿物的力学性质和其它性质就讨论到这。

第二节 岩浆岩

A. 组织教学：

在上一章节里，我们看重讨论的课题“矿物”，什么是矿物？它与岩石组成的关系常见的造岩矿物有哪些？矿物的形体？矿物的成因类型？矿物的物理性质包括那两大方面？它们又分别包括了哪些内容？怎样根据其物理性质来进行矿物的肉眼鉴别？这都是本章应掌握的基本理论，它与本章内容的学习起到比较重要的指导作用，工程技术人员学习矿物不是为了去找矿，而是为了认识岩石和土的性质，而岩石和土是一切工程建筑的基底和建筑材料，作为工程技术人员必须会区别和认识不同的岩石和土。

今天我们将要学习讨论岩石

B、讲述新课

在前面我们就为什么要学习岩石和意义作了分析，既然要学习岩石，首先什么叫岩石？

岩石的概念中包涵着两个要点：

1、定义：岩石是地壳发展过程中由一种或多种矿物组成，在成分和结构上具有一定规律的集合体。

单矿岩——由一种矿物组成的岩石（石灰石、方解石组成）

复矿岩——由多种矿物组成的岩石（花岗岩由长石石英、角闪石和黑云母组成）

2、岩石按成因分为三大类：

岩浆岩、沉积岩、变质岩（下面分别讨论）

内动：地壳运动岩浆活动、变质作用、地震作用。

外动：风化、剥蚀、搬运、沉积、成岩。

首先介绍岩浆岩

二、 岩浆岩及其产状：

1、定义：岩浆涌向地表或地下一定深处，因其理论化环境即压力和温度条件发生了变化，使之冷凝而成的岩石，称为岩浆岩。按其生成环境又分侵入岩和喷出岩：

（1）侵入岩——岩浆侵入地壳内部，在高压下缓慢冷却结晶而形成和岩浆岩（深成侵入——在岩浆源附近凝结的。浅成侵入——接近地表不远，但未上升到地表面而凝结的）

（2）喷出岩——岩浆喷出地表在常压下迅速冷凝而成的岩石（火山岩）

2、产状：岩浆岩生成的空间位置和形态大小，称为岩浆岩的产状。

（1）深成侵入——岩基和岩株。

（2）浅成侵入——岩脉、岩盘和岩床。

（3）喷出岩——火山颈、火山锥、岩流、岩被。

三、 岩浆岩的矿物成分与化学性质关系

1、矿物成分

（1）主要矿物：是岩石中含量较多（>20%），对分类命名起决定作用的矿物（如：花岗岩：石英长石；辉长岩：辉石、斜长石；闪长岩：角闪石、斜长石）

（2）次要矿物：指某种矿物在岩石中的含量较少（3%—10%）对划分岩石大类不起主要作用，但可用为确定岩石的依据。（闪长岩：角闪石、中性斜长石，少量石英时称为石英闪长岩；花岗岩：角闪黑云母）

（3）副矿物：岩石含量极少（1%—3%），对分类及种属命名都不起作用的矿物。（锆石、磷灰石、褐帘石）

2、化学性质

组成岩浆岩的矿物多数是原生矿物、浅色矿物和深色矿物之间比例不同其化学性质也不同。（浅色：石英、长石、白云母。深色：橄榄石、辉石、角闪石、黑云母）。这种有规律的组合是其分类命名的主要依据。在岩浆岩的分类中，习惯上根据 SiO₂ 含量多少来确定 P33 表，超基性<45 基，基性 45—55，中性 55—65，酸性 65—75。以此把岩浆岩分为：酸性岩、中性岩、基性岩、超基性岩。

3、矿物成分与化学性质关系

岩浆岩中深、浅矿物的组合，不仅反映在岩石的颜色上，而且决定该岩石的化学性质，在岩石学中，常以铁镁质的深色矿物在岩石中所占的百分比作为“颜色指数”、“色率”。P33 中色率：0—30%（深矿物在岩石中占 0—30%）为浅色岩石，而浅色矿物多含硅铝质 SiO₂ 占 70% 左右，比较上表，估是酸性岩，同理为中性（中色岩）、基性岩（深色岩）、超基性岩（暗深色岩），从中可以看出：深色矿物多组成：基性和超基性。浅色矿物多组成：酸性。界中的为中性。（P33 页 3—2 图）

（1）酸性岩：浅色，SiO₂ 高，所含矿物有石英长石、酸性斜长石、黑云母、少量角闪石，不可能有辉石（单线）

（2）中性岩：中色，SiO₂ 适中，石英含量极少，以长石类与深色矿物角闪石共往（双线）

（3）基性岩：深色，SiO₂ 较低，无正长石和石英或含量极少，以基性斜长石与深色矿物辉石为主（基性斜长石的量增大）（三线）

（4）超基性：暗深色，SiO₂ 含量很低，以深色矿物橄榄石与辉石为主，长石、角闪极少，绝无石英。如橄榄岩：主要矿物橄榄石、辉石、石榴子石、有点角闪石，没有石英、长石，它形成的变质岩是蛇纹石。（米线）

从这里可看出石英与橄榄石不会共生，不见面的，因为 SiO₂ 成份<45% 不可能达到饱和形成石英，而 40% SiO₂ 与铁镁化合形成橄榄石，不能独立形成石英。SiO₂ 成份>65% 含量多才能独立形成石英，而不能形成橄榄石。大家在鉴别时一定要注意这个问题，浅色酸性，无橄榄石，深暗色超基性，绝无石英。

四、 岩浆岩的结构和构造（结构是微观<内>，构造是宏观<外>）

1、岩浆的结构：组成矿物的结晶程度，晶粒大小，形态以及晶粒之间或晶粒与玻璃质之间的相结合的方式。它与岩浆在冷凝过程有关，在冷凝过程

中：

A：形成矿物结晶先后次序为：全晶质、半晶质、非晶质。

(1) 全晶质——岩浆在深处，地壳内部高温中缓慢冷凝，矿物有充分结晶条件而全部结晶，在放大镜下可见一粒粒的晶粒，是侵入岩是主要特征。(花岗岩、闪长岩)

(2) 半晶质——因岩浆冷凝速度较较快，其中有一部份岩浆来不及结晶而成为非晶质。它常见于部分浅成岩和喷出岩中(流纹岩、石英斑岩、花岗斑岩)在放大镜下能见到晶粒，但不都是，有的大块晶体称斑晶。

(3) 非晶质结构——岩浆喷出地表、冷凝很快，来不及结晶而成为非晶质，也称玻璃质，在放大镜下看不到晶粒，而象玻璃一样(黑曜岩、珍珠岩)
总的来说，岩浆冷凝慢——全晶质，较快——半晶质、突然——非晶质

B、按晶粒的绝对大小分 P34 页 3—2 表

巨粒>10(伟晶质)，粗粒 10—5，中粒 5—1，细粒 1—0.1(显晶质)、微粒 <0.1 隐晶

C、按晶粒的相对大小分 P34 页 3—4 表

(1) 等粒结构：岩石中矿物颗粒大小相等(橄榄石)

(2) 不等粒结构：岩石中矿物颗粒有大有小。

(3) 斑状结构及似斑状结构：岩石由大小相差悬殊的矿物组成，大的称斑晶，小的称基质。如果基质为非晶质，称斑状结构；如果是晶质，称似斑状结构。

D、按矿物颗粒外形分 P35 页 3—5 图

自形晶、半自形晶和他形晶三种，先结晶的矿物形完整，为自形；次层结晶的矿物只有部分晶形完整，为半自形；最后的为他形晶。(讲图)

2、岩浆岩的构造

岩浆岩的构造是指岩石中各种矿物集合体在空间排列及充填方式上所表现出来的特征，它决定于岩浆性质，产出条件，凝固过程中物质成分的空间运行状态，也是岩石分类命名的重要依据之一，常见的构造有：

(1) 块状构造：矿物在岩石中排列无一定次序，无一定方向，不具任何特殊形象的均匀块体。大部分侵入岩都是这种构造(花岗岩、辉长岩、闪长岩)

(2) 流纹构造：在喷出岩中由不同颜色的矿物、玻璃质和拉长气孔等沿一定方向排列，表现出熔岩流动的状态。（常见于酸性或中酸性喷出岩中，流纹岩）

(3) 气孔及杏仁构造：熔岩喷出时，由于温度和压力骤然降低，岩浆中大量挥发性气体被包裹于冷凝的玻璃质中，气体逐渐逸出，形成各种大小和数量不同的圆形或椭圆形、个别呈管状的孔洞，称气孔构造，如果孔洞被后斯次生方解石、沸石、蛋白石等矿物充填，形如杏仁，则称为杏仁构造（玄武岩、浮岩）

五、 常见的岩浆岩

P35 页 3—3 表，按表讲解

六、 岩石颜色描述方法

1、综合色法：有的岩石拿在手上看有绿有黑，或有黑有白，怎样描述，应根据综合色的方法，用手拿着标本晃动，用眼睛余光看是什么色就写什么色。

2、以二名法：岩石中主要矿物为主，次要矿物为辅，次在前主在后（次前主后），如绿黑色、褐灰色……在结构与构造中应按不同的鉴定方法描述。

III、巩固新课：

今天我们着重对“岩石”和“岩浆岩”的概念、产状（侵入岩——深成侵入、浅成侵入、喷出岩，与产状深成——岩基株；浅成——岩脉、岩盘、岩床。喷出岩——火山岩、火山锥、岩流岩被）等问题作了较详细地分析。

对岩浆岩的化学性质：要能够根据SiO₂的百分含量区别其酸性、中性、基性、超基性，掌握鉴别岩石中主要矿物的方法，并能根据深色矿物在岩石中的比例“色率”判断岩石的化学性质：酸性、中性、基性、超基性；酸性多半是浅色，中性是中色，基性或超基性为深色；能熟习网络图中各种化学性质岩石的分布与主要矿物，懂得各种线条所代表的岩石。

正确描述岩浆岩的结构（全晶质、半晶质、非晶质以及晶粒绝对大小分级：巨、粗、中、细、微、显晶质和相对大小分级：等粒、斑状、似斑状。与自形晶、半自形晶和他形晶的意义），掌握岩石构造中的三个种构造：块状、流纹、气孔。

对于岩石颜色的描述采取：综合法、二名法。

IV、按顺序将岩浆名称告诉学生，并进行鉴别。

- 1、纯橄榄岩 2、辉石角闪岩 3、辉长岩 4、玄武岩 5、闪长岩 6、石英长玢岩 7、花岗岩 8、花岗斑岩 9、岩泡流纹岩 10、珍珠岩

名称	颜色	结构	构造	主要矿物	次要矿物
纯橄榄岩	橄榄绿	全晶质	块状	橄榄石、辉石	石榴子石、角闪石（黑云母）
辉石角闪岩	深绿黑色	全晶质	块状	角闪石	辉石
辉长岩	灰黑	全晶质	块状	基性斜长石、辉石	角闪石
玄武岩	灰黑	隐性	气孔	基性斜长石、辉石	角闪石
闪长岩	灰黑	全晶质	块状	中性斜长石、辉石	黑云母
石英闪长玢岩	浅棕色	斑状	块状	中性斜长石	角闪石、石英
花岗岩	肉绿色	全晶质	块状	石英、长石	角闪石、黑云母
花岗斑岩	浅黄	斑状	块状	石英、长石	角闪石、黑云母
岩泡流纹岩	暗红	斑状	流纹	石英、长石	角闪石、黑云母
珍珠岩	深绿	非晶质	块状	石英、长石	角闪石、黑云母

全部由玻璃质组成，有明显的玻璃光泽和贝壳状断口，下列几组岩石区别：

辉长石、闪长石、辉石角闪岩、珍珠岩、石英闪长玢岩、花岗岩

第三节 沉积岩

一、沉积岩的概念 P37

沉积岩是在地表常温压环境下，由外动力地质作用促使地壳表层先成的矿物

和岩石遭到破坏，将其松散、碎屑、浮悬、溶解物搬到适宜的地带沉积下来，再经压固、胶结，形成层状的岩石，可以概括地认为：沉积岩就是外动力地质作用五个环节全过程的综合特殊的集中反映。大家在答沉积岩时只要记得外动力地质作用五个环节，简述沉积岩的形成过程（重点考试内容） 讲 P37 3-6 表（简答）

二、沉积岩的化学成分与矿物组成 P38 3-4 表

3、沉积岩的化学成分：

- (1) 沉积岩中 $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{FeO}$ 的含量，岩浆岩相反（用化学 FeSO_4 例）
- (2) 沉积岩中 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ，而岩浆岩相反
- (3) 沉积岩中富含 H_2O 和 CO_2 ，而岩浆岩中含量较少

2、沉积岩的矿物组成 P38 3-5 表

- (1) 粘土矿物、铁质矿物、碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐、氧化物和氢氧化物等，有机物（生物残骸）
- (2) 深色（铁镁质）很难存在于沉积岩中（风化）
- (3) 浅色（硅铝质）矿物可同时在沉积岩、岩浆岩中存在但沉积岩中石英、白云母的含量较多于岩浆岩，而长石含量岩浆岩中比沉积岩中多

4、沉积岩划分的类型

按颗粒大小，由大一—小—化学，可分为：

- (1) 碎屑矿物：原岩经风化碎破而生成的呈碎屑状态的物质。（石英、长石、云母）砾、砂
- (2) 粘土矿物：主要是一些原生矿物经化学风化作用下所形成的次生矿物（高岭石、蒙脱石、伊利石）矿物的粒径 $< 0.002\text{mm}$ ，有亲水性、可塑性、膨胀性（砂以下、粉砂质）
- (3) 化学沉积物：是纯化学作用或生物化学作用从溶液中沉淀结晶产生的沉积矿物（方解石、白云石、石膏、铁和锰的氧化物或氢氧化物）（比粉砂细）
- (4) 有机质及生物残骸：由生物残骸或有机化学变化而成的物质（贝壳、泥炭）
- (5) 胶结物：指充填于沉积颗粒之间，并使之胶结成块的矿物质。 SiO_2 硅

质、铁质、钙质、泥质、炭质、火山凝灰质。硅质最硬，泥质、炭质最易软化。

三、沉积岩的结构和构造

3、沉积岩的结构（复习岩浆岩）

是指组成岩石颗粒大小、形状及组合关系，分四种：

(1) 碎屑结构：碎屑物被胶结而成的结构：

①按颗粒的绝对大小，划分为三种：砾状结构粒径 $>2\text{mm}$ ；见有大颗粒，绿豆大都称。

砂状结构：粗砂 $2-0.5$ ，中砂 $0.5-0.25$ （红色砂岩），细砂 $0.25-0.074$ （象零号砂纸的感觉，灰白硅质、石英砂岩）

粉砂结构： $0.074-0.002$ （用手摸手上沾有粉，比较粗糙、泥黄）野外水田里沾点水有泥砂

按颗粒相对大小分为：等粒结构、不等粒结构

按颗粒形状分为：棱角状、浑圆状、滚圆状

②以胶结物成分而论：硅质胶结颜色浅、强度高；铁质胶结呈红色，强度次之；钙质胶结颜色浅，强度较低；泥质胶结多呈黄色、褐色，胶结松散。

(2) 泥质结构：粘土结构，由 $50\%—95\%$ 粒径小于 0.002mm ，粘土质点组成（泥岩、页岩）按其中粘粒、粉砂粒和砂粒百分比分为三种：泥质、粉砂质、砂泥质 P40 3-7

(3) 化学结晶结构：是由溶液中沉淀或生结晶、纯化学成因所形成，根据沉积环境可分为：晶粒状结构、鲕状结构（在深海里水在动的情况下形成，如果水深还可以形成豆状），竹叶状结构（ CaCO_3 ）

(4) 生物结构：是以大部或全部生物遗体或碎片所组成的结构（贝壳结构、碎屑结构），它是在大陆架，浅海形成有生物活动，称生物灰岩。

以方解石结晶叫石灰岩，以Mg、 CaCO_3 结晶的白云岩、含镁颜色微红、偏黄、滴上稀HCL微起泡，热HCL要强烈起泡。

4、沉积岩的构造：层理构造、层面构造和化石、结核等。

沉积岩的构造是指在岩石各组成部分的空间分布及其相互间的排列方式所呈现的宏观特征。

(1) 层理构造：由于季节变化，沉积环境的变迁，使先后沉积的物质在颗粒大小、形状、颜色和成分上发生相应变化，从而显示出来成层现象称为层理构造；按形成条件及所反映的形态，可分为 4 种层理：

①水平层理：层与层之间彼此平行，沉积环境比较平静的条件下形成的按颗粒从大到小，砂岩最先下沉，页岩是静水慢沉积（泥质）最后到化学结晶（离子），它是一层一层的彼此平行。图：

②斜层理水平内所夹的细层，并与层理呈一定交角的层理。它是由于搬运介质呈单向运动，沉积基底有缓坡地环境中形成。图：

③交错层理：层理不平整，层理倾斜、彼此交错。图：

④块状层理：在同一层内上、下层面间的物质无明显变化，比较均匀呈块状的岩层，或者称为无明显层理的岩层。（在野外能看见，实验室石灰岩、泥岩……块状构造）

(2) 层间构造：不同厚度，不同岩性的岩石之间的接触面，称为层面；上、下两层之间成分基本一致的岩石，称为岩层（砂岩层、灰岩层）。岩层厚度是指上下层之间的垂直距离。

各岩层厚度不一，相差很大，特定的一个统一的标准 P41 3-8 表 分为：
微细层<0.2 片状层 0.2-2 薄层 2-10 中厚层 10-50 厚层 50-100
巨厚层>100；由于沉积环境的变化，显示出一些层间构造现象：尖灭、透境体、夹层、变薄等。

图：

(3) 层面构造：未固结的沉积物，由于搬运介质的机械原因或自然条件的变化及生物活动，在沉积岩中，突然天气变化、下暴雨、雨停后太阳晒干、保存下来等情况，常在层面上留下痕迹，被后来的沉积物覆盖而固化在层面上的构造现象。（波痕、泥裂、雹痕、雨痕、虫痕等）

(4) 化石和结核：化石和结核也是沉积岩所特有的构造现象，各种古生物遗骸和遗迹经石化后保存下来，利用化石可确定地质年代（第五章中介绍）。结核是与岩层主要成分有区别的胶体物，在黄土高原中存在结核，由于淋滤受雨的作用，渗透下去 $\text{Ca}+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ 溶解，滴下来凝结在一起，越来越大形成结核。

四、常见的沉积岩 P42 3-9 表

3、火山碎屑岩类

(1) 火山集块岩 (2) 火山角砾石 (3) 凝灰岩

2、沉积碎屑岩类

(1) 砾岩及角砾 (2) 砂岩 (3) 粉砂岩

3、粘土岩类

(1) 泥岩 (2) 页岩

4、化学及生物岩类

(1) 石灰岩 (2) 白云母

五、岩石颜色描述方法，同前面的岩浆岩

六、按顺序将沉积岩名称告诉学生，并进行鉴别

1、砾岩 2、含砾石石英岩 3、含钙质砂岩 4、硅质石英砂岩 5、粉砂岩 6、油页岩 7、粘土岩 8、石灰岩 9、鲕状石灰岩 10、生物石灰岩 11、白云岩 共 11 种

名称	颜色	结构	构造	主要矿物	次要矿物
砾岩	灰	砾状	块	砾石、粘土	钙质胶结构
含砾石石英岩	灰	粗砂	块	石英	砾石
含钙质砂岩	暗红	中砂	水平层理	石英	长石
硅质石英砂岩	灰白	细砂	块	石英	长石、钙质胶结构
粉砂岩	泥黄	粉砂	块	石英、粘土	长石、钙质胶结构
油页岩	褐	泥质	层状	粘土	有机物
粘土岩	灰白	泥质	块	粘土	高岭石、白云母
石灰岩	灰黑	化学	块	方解石	粘土
鲕状石灰岩	灰	鲕状	块	方解石	粘土
生物石灰岩	黑	化学	块	方解石	有机质、白云石、粘土
白云岩	黄	化学	块	白云石	方解石

第四节 变质岩

六、变质岩的概念

地壳中原岩（岩浆岩、沉积岩和才变质岩）受到受到温度压力及化学活动性流体等的影响，在固体状态下发生剧烈变化后所形成的新的岩石，称为变质岩，由岩浆岩变质而成的岩石叫正变质岩。原生矿物组成，原始形成的，由沉积岩变质而成的叫副变质岩（原岩风化形成）。变质岩就是原岩经变质作用后所形成的新岩石，变质岩形成的过程。 P44 3-11 图 内动力地质作用的变质作用。

七、变质岩的物质成分

变质岩的化学成分的变化，反映在矿物成分上呈现出极为明显的双重性：既有一定的继承性，又具有自身的特点。P44（石英、长石类、云母、角闪石、辉石和方解石、白云石——继承性）（石墨、滑石、石榴子石、蛇纹石、绿泥石、硅灰石——自身特征）它是区别沉积岩的重要标志。

八、变质岩的结构和构造（复习岩浆岩、沉积岩）

1、变质岩的结构：一般按成因可分为：变余结构、变晶结构和碎裂结构

（1）变余结构：又称“残留结构”，由于重结晶作用不完全，原岩的矿物成分和结构特征仍被保留下来。若原岩为沉积岩：变余砾状、变余砂状、变余粉砂状及变质泥质状等结构。

（2）变晶结构：原岩在固态条件下，由重结晶作用形成的结晶质结构，（条件适宜形成晶质体）根据组成矿物的相对大小，又分为：等粒变晶结构，不等粒变晶结构，斑状变晶结构（与岩浆岩相似），根据其形态又可分为：粒状变晶结构、鳞片状变晶结构、纤维状变晶结构。注意变质岩的结晶结构与岩浆岩的结晶结构的区别在于：前者基本是在固态情况下随压力和温度的升高，其物质保持了原岩的化学成分，未经液态改造，各种矿物几乎是同时进行重结晶而成为全晶质，且晶体有明显的定向性，而后者在高温高压下的液态岩浆，随温度和压力的降低，在冷凝过程中，各种矿物先后结晶而成，具有明显的结晶顺序。

（3）碎裂结构：（压碎结构）是动力变质作用造成（高压、高温），岩石中矿物颗粒发生弯曲、破裂、断开、甚至研磨成细小的碎屑或岩粉，分为：角砾结构、碎斑结构和糜棱结构等。

4、变质岩的构造（命名以构造特征）

变质岩的构造是指在岩石中矿物在空间排列上的外貌特征，分为：片理构造、块状构造、变余构造。片理构造是变质类区别于沉积岩和岩浆岩的重要特征，也是鉴定变质岩分类在外观上很显著的标志。

（1）片理构造：是指岩石中的片状、针状、柱状或板状矿物，受定向压力作用后，重新组合呈相互平行排列的现象。能顺着变质岩中矿物定向排列方向剥裂开的特性，称为片理，可分为4类：

①板状构造：粘土岩等柔性岩石在温度不高而压力为主的变质作用下由显微片状矿物平行排列密集的板状劈理面（板理面）、板岩（弱显丝绢光泽），这种构造有助于开采石料（沿板理面劈开）

②千枚状构造：是粘土岩以及中酸性凝灰岩级低级变质而产生的薄片状构造。千枚岩（绢云母、绿泥石、较强的丝绢光泽，许多小皱纹）

③片状构造：原岩经区域变质，重结晶使片状、柱状、板状矿物如云母、角闪石、绿泥石等平行排列成连续的薄片状，片理面上光泽很强（云母岩）

④片麻状构造：（片麻理）由不同性质（岩浆岩、沉积岩、早期变质岩）的原岩，经区域变质作用而形成变质程度很深的构造，（具有方向性排列的条带状集合体）（花岗片麻岩）

（2）块状构造：岩石中的矿物成分和结构都很均匀，不具定向排列的称为块状构造。（大理岩、石英岩）

（3）变余构造：（残留构造）一般指浅变质作用后仍保留有原岩的构造特征。由沉积岩变质岩保留有变余层理、斜层理、泥裂、波痕等构造，岩浆岩变余气孔、杏仁、流纹构造等。

九、常见的变质岩

在变质岩中的石英岩是硅质石英砂岩变来的，石灰岩变质成大理岩；碳质页岩变质成黑色板岩，故由于变质作用不同，分为四大类：

1、动力变质岩：构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩

2、接触变质岩：角岩、大理岩、石英岩等

3、气成热液变质岩：蛇纹岩、云英岩、青盘岩

4、压力变质岩：板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、变粒岩、麻粒岩。

从工程角度出发：一般分为片理岩类和块状岩类

P46 3-10 表

1、片理状岩类

(1) 片麻岩：粒状变晶结构、片麻状构造，主要矿物石英、长石类，次要云母、角闪、石辉石。

(2) 片岩：鳞片状或纤状变晶结构，片状构造，主要矿物云母、绿泥石、滑石，次要角闪石片岩、石英片岩。

(3) 板岩：变余泥质结构，板状构造，主要是粘土矿物，次要矿物绢云母、绿泥石。

2、块状岩类

(1) 大理岩：粒状变晶结构，块状构造，主要矿物为方解石、白云石。

(2) 石英岩：粒状变晶结构，块状构造，主要矿物为石英，次要长石、绢云母、绿泥石、白云母、黑云母。

(3) 蛇纹岩：鳞片状或纤状变晶结构，状构造，主要矿物有蛇纹石。

十、按顺序将变质岩名称告诉学生，并进行鉴别

1、板岩 2、绿泥石白云母石英片岩 3、白云母石英片岩 4、石榴子石白云母石英片岩 5、花岗片麻岩 6、白云质大理岩 7、石英岩 8、大理岩
共 8 种

名称	颜色	结构	构造	主要矿物	次要矿物
板岩	黑	变余	板状	粘土矿	白云母
绿泥石白云母石英片岩	灰绿	变余	片状	粘土矿、绢云母	石英、绿泥石
白云母石英片岩	灰黄	变晶	片状	石英、白云母	角闪石
石榴子石白云母石英片岩	灰	变晶	片状	石英、白云母	石榴子石
花岗片麻岩	黄	变晶	片麻状	石英、长石	角闪石、黑云母

白云质大理岩	灰	变晶	块状	石英	白云母
石英岩	白灰	变晶	块状	方解石	白云石
大理岩	白	变晶	块状	方解石	白云石

三大岩类对比鉴定：

岩石鉴定共 29 种

一、沉积岩是沉积物压固胶结而成，具明显的物质沉积规律的结构特征，即具有碎屑结构，泥质结构和生物化学结构的特征，其中化学结晶结构反映出由溶液中沉淀或重结晶的化学性，在命名上是按颗粒大小分类命名。

(3)变质岩由于不同原岩受不同程度的变质因素影响而形成不同的变质岩，在结构上既有继承性有独特性，而呈现出变晶，变余和碎裂等结构，变质岩的结构反映出各种矿物在固态情况下受定向压力（一定温度）进行重结晶而具有定向性，在命名上是以构造命名。

2、从构造上看

(1) 岩浆岩是块状构造，流纹、杏仁状构造，气孔状构造。

(2) 沉积岩：层理构造、层状构造、块状构造。

(3) 变质岩：片理构造，块状构造。

二、各大类的基本描述和命名（以下内容由学生看）

岩浆岩：根据“色率”大致分出岩浆岩的化学性质，再进一步用放大镜观察其主要矿物，次要矿物的含量，最后以主要矿物来确定岩石的基本名称。

第五节 岩石的基本性质

一、基本知识

👉 **1、岩石：**岩石是地壳发展过程中，由一种或多种矿物组成、在成分和结构上具有一定规律的集合体。

岩石是构成地壳的最基本单位。按其成因，分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类；按矿物组成成分单矿盐、复矿盐。

2、三大类岩石的鉴别

分类、代表岩石、结构、构造、工程性质

二、工程地质性质

(一)、岩石的物理性质:

- ✦ 1、岩石的相对密度：岩石固体部分的质量（不包括孔隙）与其同体积 4 C.‘水的质量的比。一般介于 2.5-3.3 。
- ✦ 2、岩石的密度：包括孔隙在内的单位体积岩石的质量，大小取决于组成岩石的矿物密度、孔隙性及其含水情况；它是评价岩石密实程度和坚固性的指标。一般介于 2.3-3.1 之间。
- ✦ 3、岩石的孔隙性：指岩石孔隙和裂隙发育的程度，对岩石的强度和透水性有着重要的影响。一般用孔隙度或孔隙比来表示。
 - ✦ (1).岩石的孔隙度($n = V/V_{总}$)：指岩石中孔隙、裂隙的体积 V 与岩石总体积 V 的百分比。
 - ✦ (2).岩石的孔隙比 ($e=V/U$): 指岩石中孔隙、裂隙的体积 V 与该岩石内固体矿物颗粒的体积 U 的比值，一般用小数表示。
- ✦ 随着岩石孔隙度的增大，透水性增大，岩石的强度降低，削弱了岩石的整体性；同时，又由于孔隙的存在，加大了岩石内部与水、气接触面积，加快了风化速度，使孔隙又不断增大。

(二)、岩石的力学性质

- ✦ 岩石开始破坏时所能承受的荷载为极限荷载，用平均应力表示时则称为岩石的极限强度。又常简称为强度。

1、抗压强度 (R)：岩石单向受压时，所能承受的最大压力，单位为 Pa。

- ✦ 公式为： $R=P/A$
- ✦ 抗压强度通常是在室内用压力机对岩样（试件）进行加压试验。

✦ 2、抗拉强度(): $=P/A$

✦ 岩石的抗拉强度=(3% ~ 5%)R

✦ 岩石的抗弯强度=(7%~15%) R

✦ 3、抗剪切强度:

✦ (1)抗切强度：岩样在无垂直压力只加水平推力条件下的抗剪切力的强度。

实质上是直接测试岩石粘聚力(c)值的方法。

- (2)抗剪强度: 两块岩样在垂直接合面上在一定压应力(σ)的作用下, 岩样接触面之间所能承受的最大剪切力, 又称为摩擦强度。
- (3)抗剪断强度: 在一定压应力(σ)的作用下岩样被剪断时, 剪破面上所能承受的最大剪应力。

➤ 岩石的抗剪强度= $(6\%--8\%) R$

➤ 1、岩石按强度分类:

➤ 据岩石饱和单轴(向)极限抗压强度(R_b)将岩石划分为三类

➤ 硬质岩石 $R_b > 30\text{MPa}$

➤ 软质岩石 $R_b : 5--30\text{MPa}$

➤ 极软岩石 $R_b < 5\text{MPa}$

(三)、岩石的水理性质:

1、岩石的吸水性:

➤ (1)吸水率: $W_1 = (m_{w1} / m_s) 100\%$ (常压)

➤ (2)饱水率 $W_2 = (m_{w2} / m_s) 100\%$ (真空或高压)

➤ (3)饱水系数(K_w) = W_1/W_2

2、岩石的抗冻性:

(1) 强度损失率 $RI = (R_2 - R_1) / R_2$

(2) 质量损失率 $K_d = (m - m_1) / m$

一般认为: $RI < 25\%$, $K_d < 2\%$, $W_1 < 0.5\%$. > 0.75 的岩石是抗冻的岩石。

3、岩石的软化性:

➤ 软化系数 = R_w / R_c

➤ > 0.75 时, 属弱软化或不易软化的岩石为抗水、抗风化和抗冻性强的岩石, 如未受风化作用的岩浆岩和某些变质岩, 均属此类;

➤ 当 < 0.75 时, 一般认为属于易软化的岩石, 其工程性质较差, 如沉积岩类的大部分均属此类。

4.岩石的透水性: 用渗透系数衡量。

(四)、影响岩石工程性质的因素:

内因:

- 组成岩石的矿物成分:
- 单矿岩比复矿岩耐风化。
- 矿物的硬度大，岩石抗压强度高。
- 矿物的相对密度大，岩石相对密度也大，岩石抗压强度高。
- 深色矿物的（橄榄石、辉石、角闪石和黑云母）抗风化能力
- 要比浅色矿物的（石英、长石、白云母）抗风化能力差。在岩浆岩中酸性岩比基
- 性岩的抗化学风化能力高；沉积岩抗风化能力要比岩浆岩和变质岩高。
- 结构、构造等:
- 结晶结构的岩石孔隙度小，吸水率低。在荷载作用下变形小，弹性模量大，抗压强度高，细晶岩石的强度要高于同成分的粗晶岩石的强度，
- 胶结连结
- 基底胶结：力学性质完全取决于胶结物的性质。
- 孔隙胶结：强度和稳定性较好的结构。
- 接触胶结：强度和稳定性很差。
- 片理构造、流纹构造等影响岩石的物理力学性质。
- 层理、节理、裂隙和各种成因的孔隙，使岩石结构的连续性与整体性受到一定程度的影响或破坏，从而使岩石的强度和透水性在不同方向上发生明显的差异

外因:即由来自岩石外部的客观因素，如气候环境、风化作用、水文特性等。

3 地质构造

本章重点、难点

- 地层地质年代的确定；
- 判读地质年代表；
- 认识地质构造的各种类型、地质构造与公路工程的关系；
- 节理玫瑰花图的绘制

■ 阅读地质图

3.1 地史的基本知识

几个概念的区分:

地史 ---地壳发展演变的历史叫做地质历史

绝对地质年代 ----地质事件发生(或地质体形成)的时代,是用距今多少年以前来表示,是通过测定岩石样品所含放射性元素确定的;

相对地质年代 ----地质事件发生(或地质体形成)的先后顺序,是由该岩石地层单位与相邻已知岩石地层单位的相对层位的关系来决定的。

一般以应用相对地质年代为主.

一、地层的地质年代

地层和岩层的区别:

岩层-由两个平行或近于平行的界面(岩层面)所限制的同一种岩性组成的层状岩石,称为~,岩层是沉积岩的基本单位而没有时代的含意。

地层-在地质学中,把某一地质时期形成的一套岩层及其上覆堆积物统称为那个时代的地层。

二、地层的相对地质年代

- ◆ 沉积岩相对地质年代的确定
- ◆ 岩浆岩相对地质年代的确定
- ◆ 绝对地质年代的确定

(一) 沉积岩相对地质年代的确定

1. **地层层序律:** 沉积岩在形成过程中,自然的层序总是先老后新(下老上新).
2. **标准地层对比法:** 一定区域内,同一时期形成的岩层特征基本一致。可以以岩石的组成、结构、构造等特点,作为岩层对比的基础。但此方法具有一定的局限和不可靠性。
3. **层位接触关系对比法:** 不整合接触就成为划分地层相对地质年代的一个重要依据。
4. **生物层序法:** 化石是确定地质年代的重要依据。

沉积岩的接触关系

地壳上升可以形成侵蚀面,然后下降又被新的沉积物所覆盖,这种埋藏的侵蚀面称不整合面.上下两套岩层之间具有埋藏侵蚀面的这种接触关系,称不整合接触.

(1) 角度不整合: 埋藏侵蚀面将年轻的、新的、变形较轻的沉积岩同倾斜或褶皱的沉积岩分开, 不整合面上下岩层之间有一角度差异。

(2) 平行不整合(假整合): 上下两套岩层之间产状一致、互相平行, 但在岩性时代、古生物特征上是不连续的, 中间发生过沉积间断。

(3) 整合: 上下两套岩层之间产状一致、互相平行, 且在岩性时代、古生物特征上是连续的, 没有发生过沉积间断。

(二) 岩浆岩相对地质年代的确定

岩浆岩的相对地质年代, 是通过它与沉积岩的接触关系以及它本身的穿插构造来确定的。

- ➡ 侵入接触: 岩浆侵入体的形成年代, 晚于发生变质的沉积岩层的地质年代。
- ➡ 沉积接触: 岩浆岩形成后, 经长期风化剥蚀, 后来在侵蚀面上又有新的沉积, 岩浆岩的形成年代早于沉积岩的地质年代。
- ➡ 穿插关系: 一般是年轻的侵入岩脉穿过较老的侵入岩。(比最新的新, 比不整合覆盖在它上面的最老的老)

(三) 绝对地质年代的确定:

用放射性同位素法

三、地质年代表与地层单位

表 2-1 地质时代单位和地层单位划分对照表

地质年代单位	地层单位	使用范围
宙 代 纪 世	宇 界 系 统	国际性的
期 时	阶 带	全国或大 区域性的

表 2-2

我国地质时代划分表

宙	代	纪	世	距今年数 (百万年)	主要造山运动	地史主要特点	
显生代	(K ₂)	第四纪(Q)	全新世(Q ₁)	0.025	喜马拉雅期 陇西运动 四川运动 宁镇运动	冰川、黄土广泛分布, 地球发育为现代地形, 人类的出现和急剧发展	
			晚(Q ₂)				
			更新世中(Q ₃)				
			早(Q ₄)				
			第三纪(R)	上新世(N ₁)			1
	中新世(N ₂)	12					
	(M ₂)	白垩纪(K)	渐新世(E ₁)	28	喜马拉雅期 燕山运动 阿尔卑斯期	陆相沉积的砂岩、页岩及砾岩, 哺乳动物及鸟类急剧发展	
			始新世(E ₂)	40			
			古新世(E ₃)	52			
			晚白垩世(K ₁)	70			
早白垩世(K ₂)			140				
中生代	(I)	侏罗纪(J)	晚侏罗世(J ₁)	185	印支运动 淮阳运动	主要为火山喷出岩及砂岩、页岩、砾岩, 大爬虫死亡, 陆生哺乳动物出现 中国大陆几乎全为陆地, 主要岩石为砂、页岩, 恐龙极盛, 鸟类出现	
			中侏罗世(J ₂)				
			早侏罗世(J ₃)				
	(T)	三叠纪(T)	晚三叠世(T ₁)	210	苏皖运动 东吴运动 云南运动 淮南运动	华北为陆相砂、页岩, 华南为浅海灰岩, 恐龙开始发育, 哺乳类出现	
			中三叠世(T ₂)				
			早三叠世(T ₃)				
	(P)	二叠纪(P)	晚二叠世(P ₁)	260	华力西期 南山运动	华北从此一直为陆地, 华南为浅海, 两栖动物繁盛, 爬虫开始 华北时陆时海到处成煤, 华南为浅海, 植物繁盛, 纺锤虫、石燕、长身贝繁殖	
			早二叠世(P ₂)				
		石炭纪(C)	晚石炭世(C ₃)	330			江南运动
			早石炭世(C ₁)				
(P ₁)	泥盆纪(D)	晚泥盆世(D ₃)	380	加里东期 淮运运动	华北为陆地, 华南为浅海, 鱼类繁盛, 两栖类开始, 陆生植物发展 以浅海灰岩为主, 中奥陶纪后华北上升为陆地, 三叶虫、腕足类、笔石极盛		
		早泥盆世(D ₁)					
	志留纪(S)	晚志留世(S ₂)	440			泰康运动	
		早志留世(S ₁)					
奥陶纪(O)	晚奥陶世(O ₁)	520	淮运运动				
	中奥陶世(O ₂)						
	早奥陶世(O ₃)						
寒武纪(G)	晚寒武世(G ₃)	620	蓟县运动	以浅海灰岩沉积为主, 生物繁殖, 三叶虫极盛			
	中寒武世(G ₂)						
	早寒武世(G ₁)						
隐生宙	(P ₁)	震旦纪(Z)	晚震旦世(Z ₃)	1800	吕梁运动 五台运动	上部为浅海相石灰岩, 下部为砂砾岩, 中部有冰碛层, 变质轻微或不变质, 有低级生物藻类出现 造山变质强烈, 岩浆岩活动 地壳运动强烈, 变质作用显著	
			早震旦世(Z ₁)				

3.2 地质构造

一、岩层产状及其测定方法

1. 产状要素:

走向 岩层面与水平面的交线, 称走向线走向线两端所指的方向称走向

倾向 垂直于走向线沿层面向下所引的直线, 称倾斜线。其在水平面上的投影线所指方向, 称为倾向

倾角 倾斜线与其在水平面上的投影线间的夹角

2. 岩层产状的野外测定及表示法

- 在野外通常使用地质罗盘来测量岩层产状的三要素
- 测量走向时, 使罗盘的长边(即南北边)紧贴层面, 将罗盘放平, 水准泡居中, 读指北针所示的方位角, 就是岩层的走向。
- 测量倾向时, 将罗盘的短边紧贴层面, 水准泡居中, 读指北针所示的方位角, 就是岩层的倾向。
- 测倾角时, 需将罗盘横着竖起来, 使长边与岩层的走向垂直, 紧贴层面, 待倾斜器上的水准泡居中后, 读悬锤所示的角度, 即为倾角。

3. 岩层产状表示方法

↻ 倾向∠倾角

↻ 丨 倾角

↻ 倾向/倾角

↻ 特殊: 直立 水平 倒 转

4. 岩层的分类

①**水平岩层**: 岩层的原始产状大部分是水平的。时代越老, 出露位置越低, 越新则分布的位置越高。

②**倾斜岩层**: 倾斜构造是层状岩层中最常见的一种产状, 它可以是断层的一盘、褶曲的一翼或岩浆岩体的围岩, 也可能是因岩层受到不均匀的上升或下降所引起的。

③**直立岩层**: 岩层面与水平面相垂直时, 称直立岩层。其露头宽度与岩层厚度相等, 与形特征无关。

5. 岩石的变形和变位

常见产状类型：

水平产状—岩层倾角 $<5^{\circ}$

倾斜产状—岩层倾角 $>5^{\circ}-<85^{\circ}$

直立产状—岩层倾角 $>85^{\circ}$

正常产状（正常岩层）—顺倾向方向岩层由老到新

倒转产状（倒转岩层）—顺倾向方向岩层由新到老

二、**水平构造**：沉积岩层形成时的原始产出状态(即产状)大多数是水平或近于水平。如果经受地壳运动（垂直抬升）的影响，改变了原始形成时的位置，但仍保持水平产状的一套水平岩层组成的构造，称为水平构造。

倾斜构造：岩层受构造运动的影响，不仅改变了岩层形成时的位置，而且改变了原有的水平状态，使岩层面与水平面具有一定的交角，于是便形成了倾斜岩层。

倾斜岩层常常是组成其它构造(如褶皱构造和断裂构造等)的一部分。

三、**褶皱构造**：组成地壳的岩层，受构造应力的强烈作用后形成波状弯曲而未丧失其连续性的构造。是岩石塑性变形的表现。

✦ 褶皱构造，是岩层产生的永久性变形，是地壳表层广泛发育的基本构造之一。

1. 褶曲的形态要素

- **核部**：褶曲中心部位的岩层。
- **翼部**：位于核部两侧向不同方向倾斜的部分。
- **轴面**：从褶曲顶平分两翼的假想面。
- **轴线**：轴面与水平面的交线。轴的长度，表示褶曲伸的规模。
- **枢纽**：轴面与褶曲同一岩层层面的交线。

2. 褶曲的基本形态

- **向斜和背斜**（向斜成山，背斜成谷。）
- 背斜是岩层向上拱起的弯曲形态，其中心部位（即核部）岩层较老，翼部岩层较新，呈相背倾斜。
- 向斜是岩层向下凹的弯曲形态，其核部岩层较新，翼部岩层较老，呈相向倾斜。

3.褶曲的形态分类

按褶曲的轴面特征分类

- ✓ 直立褶曲：轴面与水平面垂直。
- ✓ 倾斜褶曲：轴面与水平面斜交，两翼倾向相反。
- ✓ 倒转褶曲：轴面与水平面斜交，两翼倾向相同。
- ✓ 平卧褶曲：轴面与水平面平行。

4. 褶皱构造的研究意义

褶皱构造对找矿、工程及水利建设有着相当重要的意义。根据褶皱两翼对称重复的规律，在褶皱的一侧发现沉积型矿层时，可预测在另一侧也可能有相应的矿层存在；石油常储存在背斜的核部。除此以外，背斜核部的岩层常常较为破碎，如果水库位于此就易于漏水，工程建设须避开这种构造部位。

5.野外识别褶曲构造的方法

- **穿越法** 垂直岩层走向进行观察。用穿越的方法便于了解岩层的产状、层序及其新老关系。
- **追索法** 平行岩层走向进行观察的方法。平行岩层走向进行追索观察便于查明褶曲延伸的方向及其构造变化的情况。
- 穿越法和追索法，不仅是野外观察识别褶曲的主要方法，同时也是野外观察和研究其它地质构造现象的一种基本方法。通常以穿越法为主,追索法为辅的原则。

6. 褶曲的工程评价

(1) **褶曲核部**：岩层由于受水平挤压作用，产生许多裂隙，直接影响到岩体完整性和强度高低，在石灰岩地区还往往使岩溶较为发育，所以在核部布置各种建筑工程，如路桥、坝址、隧道等，必须注意防治岩层的坍落、漏水及涌水问题。

(2) **褶曲翼部**：边坡倾向与岩层倾向相反或者两者倾向相同，但岩层倾角更大，则对开挖边坡的稳定较有利。否则容易造成顺层滑动现象。

(3)对于隧道等深埋地下工程，一般应布置在褶皱翼部的均一岩层有利稳定。

四、断裂构造

- ✓ 组成地壳的岩体，在地应力作用下发生变形，当应力超过岩石的强度，岩体的完整性受到破坏而产生的大小不一的断裂，称为断裂构造。

- ✓ 断裂构造是地壳中常见的地质构造, 断裂构造发育地区, 常成群分布, 形成断裂带。断裂带是矿液和地下水的运移通道, 也是矿体的储存场所。因此研究断裂带的特征, 对寻找矿产及地下水具有重要的实用意义。
- ✓ 根据岩体断裂后两侧岩块相对位移的情况, 断裂构造可分为节理(裂隙)和断层。

(一) 节理

- ✿ 又称裂隙, 是存在于岩体中的裂缝, 是破裂面两侧的岩石未发生明显相对位移的小型断裂构造。

1. 分类:

- ✿ 按成因分构造节理, 分为张节理和剪节理(共扼“X”节理)。和非构造节理, 分为原生节理、风化节理、重力节理、减压节理和人为节理等类型。
- ✿ 剪节理—由剪应力产生的破裂面

特征:

长、大、平直光滑, 延伸稳定, 常常呈“X”型

- ✿ 张节理—由张应力产生的破裂面

特征: 短、小、粗糙不平, 延伸不远, 豆荚状、树枝状

- ✿ 按节理与岩层产状的关系划分为走向节理(纵向节理)、倾向节理(横向节理)和斜向节理。

2. 节理调查、统计及表示方法

- 节理对工程岩体稳定和渗漏的影响程度取决于节理的成因、形态、数量、大小、连通以及充填等特征。
- 测节理的产状与测岩层产状的方法相同。野外对岩体中节理分布的多少, 常用节理密度来标定。所谓节理密度, 是指岩石中某节理组在单位面积或

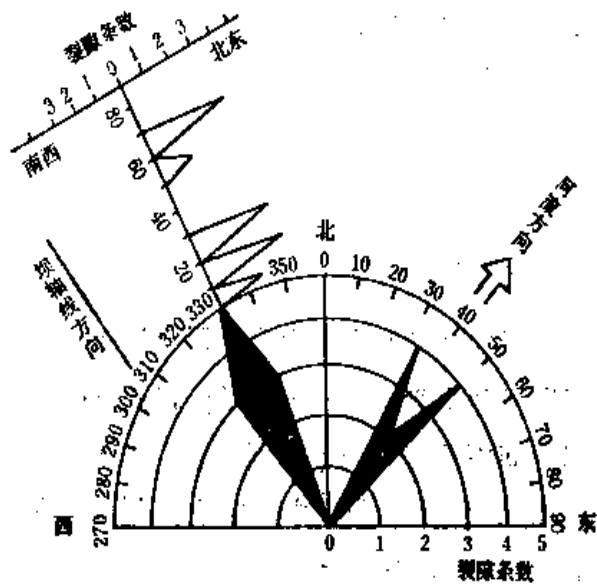


图 2-11 裂隙玫瑰图

单位体积中、单位长度的节理总数。

- 节理玫瑰花图统计裂隙, 可以用节理走向编制, 也可以用节理倾向或倾角来编制。
- 每一花瓣愈长, 表明该方位角内出现节理数目愈多; 花瓣愈宽, 说明节理方向的变化范围愈广。
- 以垂直河流方向的节理最发育, 且倾向河流下游者居多, 据此可了解勘察区岩体节理的发育规律。

3. 节理的工程评价

岩体中的节理, 在工程上除有利于材料的采集之外, 对岩体的强度和稳定性均有不利的影响。当节理主要发育方向与路线走向平行, 倾向与边坡一致时, 不论岩体的产状如何, 路堑边坡均易发生崩塌等不稳定现象; 在路基施工中, 如果岩体存在节理, 还会影响爆破作业的效果。

(二) 断层

- 指岩体在构造应力的作用下发生断裂, 且断裂面两侧岩体有明显相对位移的构造现象, 它是节理的扩大和发展。
- 断层不仅对岩体的稳定性和渗透性、地震活动和区域稳定有重大的影响, 而且是地下水运动的良好通道和汇聚的场所。在规模较大的断层附近或断层发育地区, 常赋存有丰富的地下水资源。

1. 断层要素:

断层面: 两侧岩块发生相对位移的断裂面。其间岩石破碎, 因而称破碎带。其中在大断层的断层面上常有擦痕, 断层带中常形成糜棱岩、断层角砾和断层泥等。

断层线: 断层面与地面的交线。

断盘: 断层面两侧的岩块。若断层面是倾斜的, 位于断层面上侧的岩块, 称上盘; 位于断层面下侧的岩块, 称下盘。若断层面是直立的, 可用方位来表示 (东盘、西盘、南盘、北盘)。

断距: 断层两盘沿断层面移动开的距离。

2. 断层分类:

(1) **正断层:** 正断层一般是由于岩体受到水平张力及重力作用, 使上盘沿断层面上面向下错动而成。其断层线较平直, 断层面倾角较陡, 一般大于 45° 。

(2) 逆断层：逆断层一般是由于岩体受到水平方向强烈挤压力的作用，使上盘沿断层面上错动而成。断层线的方向常与岩层走向或褶皱轴的方向近于一致，和压应力作用的方向垂直。逆断层的倾角变化很大，断层面倾角大于 45° 的称冲断层，介于 $25^\circ - 45^\circ$ 之间的称逆掩断层，小于 25° 的称辗掩断层。

(3) 平推断层：其断层面倾角很陡，常近于直立，断层线平直延伸远，断层面上常有近于水平的擦痕。

3. 断层的组合形态

断层很少孤立出现，往往由一些正断层和逆断层有规律地组合成一定形式，形成不同形式的断层带。如阶梯状断层、地堑、地垒（图 3-14）和叠瓦式构造。

4. 断层的野外识别

(1) 地貌上的反映：上升盘的前缘可能形成陡峭的断层崖，如果经剥蚀，就会形成断层三角面地形。另外，山脊错断、断开，河谷跌水瀑布，河谷叠瓦式构造方向发生突然转折等，很可能均是断裂错动在地貌上的反映。

(2) 地层特征

若岩层发生不对称的重复，岩脉被错断了，或者岩层沿一走向突然中断，与不同性质的岩层突然接触等。

(3) 断层的伴生构造

断层的伴生构造是断层在发生、发展过程中遗留下来的痕迹。常见的有牵引弯曲、断层角砾、糜棱岩、断层泥和断层擦痕。

(4) 水系

河流遇断层面而急剧改向，甚至发生河谷错断现象。湖泊、洼地呈串珠状排列，往往意味着大断裂的存在；温泉和冷泉呈带状分布往往也断层存在的标志；线状分布小型侵入体。

5. 断层的工程评价

(1) 降低了地基的强度和稳定性，断层破碎带力学强度低、压缩性大，建于其上的建筑物由于地基的较大的沉陷，易造成开裂或倾斜。断裂面对岩质边坡、桥基稳定常有重要影响。

(2) 跨越断裂构造带的建筑物，由于断裂带及其两侧上、下盘的岩性均可能不同，易产生不均匀沉降。

(3) 隧洞工程通过断裂破碎带时易发生坍塌。

(4) 断裂带在新的地壳运动的影响下，可能发生新的移动，从而影响建筑物的稳定。

3.3 活断层

- 现今仍在活动或者近期有过活动，不久的将来还可能活动的断层。
- “近期”有不同的标准，有的行业规范定为晚更新世（约 12 万年）以来。
国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021-94）中规定全新世以来有过地震活动或正在活动、或将来可能继续活动的断裂叫做全新活动断裂。

一、活断层的分类

- 按两盘错动方向分为走向滑动性断层和倾向滑动性断层。
 - ✓ 走向滑动性断层最常见，其特点是断层面陡倾或直立，部分规模很大，断层中常蓄积有较高的能量，引发高震级的强烈地震。
 - ✓ 倾向滑动断层以逆断层更为常见，多数是受水平挤压形成，断层倾角较缓，错动时由于上盘为主动盘，故上盘地表变形开裂较严重，对建筑物危害较大。
- 活断层按其活动性质分为蠕变型活断层和突发型活断层；
 - ✓ 蠕变型活断层只有长期缓慢的相对位移变形，不发生地震或只有少数微弱地震；
 - ✓ 突发型活断层错动位移是突然发生的，并同时伴发较强烈的地震。
- 活断层绝大多数常沿袭着老断层发生新的错动位移，而具继承性，尤其是区域性的深大断裂更为多见。

二、活断层的识别标志

1.地质特征

最新沉积物的地层错开。

2.地貌标志

活断层往往构成两种截然不同的地貌单元的分界线，叠次出现的断层崖、三角面、断层陡坎等呈线性分布；河流同步转移线状分布的泉水出露，且植被发育若为温泉，则水温和矿化度较高。滑坡、崩塌和泥石流等动力地质现象常呈线性密

集分布。

3.地震方面的标志

在断层带附近地区有现代地震、地面位移和地形形变以及微震发生。

三、活断层对工程建筑的影响

- ★ 活断层对工程的危害主要是活断层的地面错动和活断层快速滑动引起地震两方面。
- ★ 蠕变型的活断层,当变形速率较大时,可能导致建筑地基不均匀沉陷,使建筑物拉裂破坏。
- ★ 突发型的活断层伴随地震产生的错动距离通常较长,多在几十厘米至几百厘米之间,这种危害是无法抗拒的。因此在工程建筑地区有突发型的活断层存在时,任何建筑原则上都应避免跨越活断层以及与其有构造活动联系的分支断层,应将建筑物选择在无断层穿过的位置。

3.4 地质构造与路桥工程的关系

一、地质构造与路基工程的关系

1\岩层构造(水平构造\单斜构造\直立构造)

(1)当岩层水平、直立,或单斜层面及节理面背向路基时,对边坡稳定有利。如有软弱岩层时,应抹面护壁以防止风化。

(2)岩层层面及节理面倾向路基,且结构面的倾角大于 10° ,其走向又与路基平行或较小,易形成边坡的坍塌。如若有软弱岩层时,则更易形成边坡的滑动。

(3)堆积层下伏基岩坡体较陡且倾向路基,在其接触面处常有地下水活动,当路堑开过接触面的深度时,堆积层极易失去平衡发生滑塌,尤以基岩属软弱层为最严重。

2\断层构造

断层破碎带的岩体松散,节理也很发育,常是地下水活动的通道,加之断层面倾基,所以当挖方边坡与断层带平行时,极易产生滑塌。

3\节理

节理特别发育的陡坡地段,当有一组或几组节理倾向路基时,开挖后常造成边塌、落石等病害。

二、地质构造与桥基工程的关系

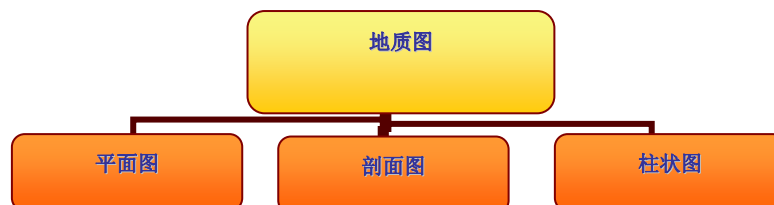
- 1、**水平构造、直立构造**：无影响；
- 2、**单斜构造**：①当岩层层面向下游，其中又有软弱夹层时，会因水的冲蚀作用而影响基础的稳定性。如果软弱夹层较厚，会使基础产生差异沉降导致墩身歪斜或倾覆 ②当两种不同岩层接触，其接触面较陡时，会造成桥基不稳，因为接触面一般都是软弱结构面，故最好是将桥基设计在单一岩层之上。
- 3、**断层构造**： 应尽可能的避开断层破碎带，因桥基岩体破碎，易风化渗水，受桥基和桥体荷载后出现沉陷，或沿断层破裂面错动的方向，使桥墩发生滑移或倾斜。

三、地质构造与隧道工程的关系

- 1、**水平构造、直立构造**：一般较稳定；
- 2、**单斜构造**：视岩层倾角的大小和岩性而定。若倾角平缓，且岩质坚硬，则较稳定；若倾角大，夹有软弱层，且有地下水活动，则不利；如在塑性强的粘性土中，可能引起隧道边墙的坍塌和顺层滑动；
- 3、**褶曲构造**：隧道宜选择在其翼部通过，穿过向斜核部或背斜轴部均不利；
- 4、**断层构造**：极为不利；宜选择绕避；若不能绕避则应与断层构造线呈直交或近乎直交穿越；

3.5 阅读地质图

一、地质图基本知识



二、地质情况在地质图上的表现

1.水平构造：在地质平而图上水平构造的地层分界线与地形等高线一致或平行，并随地形等高线的弯曲而弯曲。

2.单斜构造：

当岩层的倾向与地形倾斜的方向相反时，岩层界线的弯曲方向与等高线的弯曲方向相同，只是曲率要小；当岩层的倾向与地形倾斜的方向一致，而倾角大于地形坡度时，岩层界线的弯曲方向与等高线的弯曲方向相反；当岩层的倾向与地形倾斜的方向一致而倾角小于地形坡度时，岩层界线的弯曲方向与等高线的弯曲方向相同，但其曲率要比等高线的大。

3.直立岩层：除岩层走向有变化外，直立岩层的界线在地质图上为一条与地形等高线相交的直线。

4.褶曲：水平褶曲地层分界线在地质平面图上呈带状对称分布，中间新两边老则为向斜，反之为背斜。

5.断层：断层线在地质平面图上通常是一段直线或近于直线的曲线。在断层线的两侧存在着岩层中断、缺失、重复、宽窄变化及前后错动等现象。

6.地层接触关系：地层界线大致平行，没有缺层现象，则属整合关系；若上下两套岩层的产状一致，岩层分界线彼此平行，但地质年代不连续，此关系属于平行不整合；若上下两套岩层之间的地质年代不连续，而且产状也不相同，属于角度不整合。

三、阅读地质图的步骤

1. 附件

图名、比例尺、地理位置、城镇网点，了解图的位置及其精度等情况。

2. 该区的地形地貌特征

通过地形等高线或河流水系的分布特点，了解地区的山川形势和地形高低起伏情况。

3. 具体分析地质构造

四、地质剖面图的绘制

■ 确定剖面方位：

- 确定比例尺；
- 勾绘地形轮廓线；
- 将各项地质内容按要求划分单元及产状上图；
- 用通用的花纹和代号表示各项地质内容；
- 标图名、图例、比例尺、剖面方位及剖面上的地物名称等。

五、举例识图

掌握内容：

- 1、角度不整合、平行不整合（假整合）、整合
- 2、走向、倾向、倾角
- 3、向斜和背斜、倾斜褶曲；
- 4、节理、张节理和剪节理、节理的工程评价
- 5、断层、正断层、逆断层、平推断层、断层的野外识别、断层的工程评价、活断层
- 6、地质构造与路桥工程的关系
- 7、识图

4 水的地质作用

本章主要内容：

- 一、地表流水的地质作用
 - 1、概念与分类
 - 2、面流的洗刷作用及坡积群
 - 3、冲沟形成发展的四个阶段
 - 4、洪流的地质作用及泥石流
 - 5、河流的特征
- 二、地下水
 - 1、地下水概述
 - 2、分类

- 3、达西定律
- 4、路基翻浆
- 5、物力性质与化学性质

本章重点和难点:

地表水与地下水的分类及其对公路工程的影响; 潜水等水位线解决的问题;
达西定律

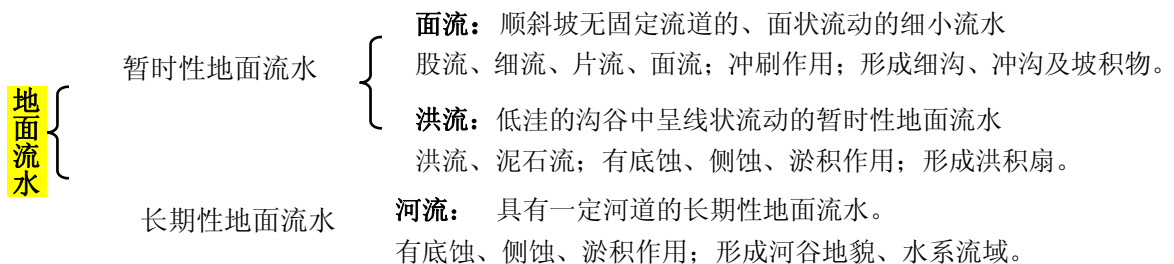
4.1 地表水流的地质作用

大循环: 海洋---陆地----海洋;

小循环: 海洋---海洋; 陆地----陆地;

1、地表流水概念与分类

地面流水是指陆地表面流动着的液态水。它们在重力作用下, 沿地表从高处向低处流动。地面流水主要来自大气降水, 其次来自冰雪融水和地下水。



2、面流的洗刷作用及坡积群

洗刷作用: 面流在斜坡上流动过程中, 可冲走细粒物质, 并将这些物质带到斜坡下部。

面流的水动力微弱, 仅能冲走颗粒较小的粉沙及泥土。可溶性岩石(石灰岩)组成的山坡还能产生溶蚀作用, 形成溶沟、石芽地貌。

在山坡下部, 无数细小股流水还具有一定的线状侵蚀能力。坡面在小股流水冲刷作用下, 出现无数小沟。山坡上裸露的土壤常受到面流的洗刷, 产生大量的土壤流失。

坡积群: 分选不好, 中下部较厚, 厚度过大, 不易扰动, 例: 兴文坪银杏乡。

3、冲沟形成发展的四个阶段

- 冲槽阶段(细沟阶段)

冲沟的开始,会淤塞边沟,毁损路面,破坏路基,填平沟槽,种植草皮保护坡面。

● 下切阶段(切沟阶段)

公路避免从沟顶附近的沟壁通过,中下部通过应修截水沟,沟头设多级跌水石坎,沟底铺石加固。

● 平衡阶段(冲沟阶段)

设跨沟桥,路基、桥涵高度应在洪水位以上,桥涵孔径应大于排洪量,加固沟壁,设置跌水、防止侧蚀水毁路基及切坡后内边坡失稳,防止崩塌滑坡的发生。

● 休止阶段(拗谷阶段)治理同上

洪积扇

洪流携带大量泥沙、石块到沟口,由于坡度减小,洪流无侧壁约束,水流分散,动能迅速减弱,所搬运的碎屑物在沟口大量沉积,形成扇形堆积地貌。具有分带性 61 页。

4 河流地质作用及其堆积物

(一)河流的空间形态

(1)河流在纵向的特征:

包括:河源\上游\中游\下游\河口

河流长度\河流比降

河流长度:从河源到河口的距离.亦称河长.

河流比降:任意首尾两端的高程与长度之比.

$$I = (Z_1 - Z_2) / L$$

(2)河流在横向的特征(河谷要素):

1) 河流断面

河谷 河流侵蚀出的槽形凹地。

谷底 河谷底部较平坦的部分。

河床 河水占据的沟槽。

谷坡 谷底至分水岭的斜坡。

阶地 谷坡上的阶梯状平台。

2) 河流侵蚀作用与地壳运动的关系——河谷阶地的形成过程

阶地 谷坡上的阶梯状平台。

河谷阶地的形成过程: 地壳相对稳定, 下蚀作用逐渐减弱, 侧蚀作用增强, 发育较宽的河漫滩, 形成宽阔的谷底。地壳上升, 河流纵比降增加, 下蚀作用增强, 河床下降, 原来宽阔的谷底相对升高, 最终高于一般洪水期水面, 从而在河谷两侧形成平坦的台地。

- **成因:** 地壳震荡式间歇性上升运动;
- **年代:** 位置越高, 级次越大, 年龄越老;
- **类型:** 侵蚀阶地, 基座阶地, 堆积阶地;

与公路的关系: 一方面, 可以缓和山谷坡脚地形的平面曲折和纵向起伏, 有利于路线平纵面设计和减少工程量; 另一方面, 又不易遭受山坡变形和洪水淹没的威胁, 容易保证路基稳定。在公路的高程能够满足的条件下, 一般选择一级和二级阶地通过。

(3)流域: 汇集水流的区域.

- 分水岭 \ 流域面积
- 几何特征: 流域面积和流域形状;
- 自然地理特征: 地理位置 \ 气候条件 \ 地形情况 \ 植被情况 \ 地质情况 \ 湖泊沼泽率 \ 河网密度.

(二)河流的侵蚀作用

(1)概念: 河流在从高处向低处流动过程中, 以自身的化学动力(溶解力)和机械动力(水力), 并以携带的泥沙和砾石作工具, 不断地破坏河床的过程。

(2)按侵蚀作用的方向分为两种类型:

河流的下蚀作用: 河水对河床底部岩石破坏, 使河谷加深的过程。

河流的侧蚀作用: 河水对河床岩石破坏, 使河谷拓宽的过程。

由于河水惯性离心力的作用使河水冲向弯曲河床的凹岸, 造成凹岸被侵蚀。而凸岸水流减缓, 在凸岸河水携带的泥沙就会沉积, 河床不断加宽, 河曲的曲度变大, 形成蛇曲河。蛇曲河最后会截弯取直。废弃的弯曲河道称为牛轭湖。

(三)河流沉积物(冲积物)的特征

以机械碎屑为主; 砾石的磨圆好; 发育二元结构; 常发育层理; 沉积物分选性好; 从上游到下游沉积物逐渐变细

1. 山口沉积作用来自山区的河流, 携带着大量机械搬运物到山口开阔的平地上,

由于河床坡降明显减小，水流又无地形约束而散开，河水动力突然大大减小，机械搬运能力迅速降低，搬运物就会山口沉积下来。山口沉积物常形成扇状地貌：**冲积扇**。

2. 谷底沉积作用谷底包括两部分。一部分是被河水所覆盖的河床，在河床上产生的沉积作用称**河床沉积**；另一部分是平水位时谷底未被河水所淹没的平坦地形——**河漫滩**。

3. 河口沉积作用河口是河流最主要的沉积场所。当河流入湖泊、海洋时受湖水或海水的顶托，流速迅速减小，使河水搬运能力减弱甚至消失，大量机械搬运物质在河口沉积下来。另一方面由于湖水、海水中富含电解质，当河流中以胶体搬运的溶运物与湖水、海水相混合后，海水中的电解质破坏了胶体的稳定性，致使胶体凝聚，而沉积在河口。

在河流流入湖泊或海洋的地方，河流沉积物常形成锥形的**沉积地貌**（其外形象三角形）称为**三角洲**。

四公路水毁原因分析

- 影响因素-----水

水的来源：

①雨雪直接落至路面的大气降水

②贯穿路基的沟、溪、河流水。地下水主要来源于上层滞水、潜水、承压水

破坏公路的方式：

暴雨径流直接冲毁路肩、边坡和路基；积水的渗透和毛细水的上升可导致路基湿软，强度降低，重者会引起路基冻胀、翻浆或边坡塌方，甚至整个路基沿倾斜基底滑动；进入结构层内的水分可以浸湿无机结合料处治的粒料层，导致基层强度下降，使沥青面层出现剥落和松散；水泥混凝土路面由于接缝多，从接缝中渗入的水分聚集在路面结构中，在重载的反复作用下，产生很大的动水压力，导致接缝附近的细颗粒集料软化，形成唧泥，产生错台、断裂等病害。**总之**，水的作用加剧了路基路面结构的损坏路面使用性能变坏，缩短了路面的使用寿命。

(1)沿河路基水毁

- 路线与河道并行，一面傍山，一面临河，许多路基是半挖半填或全部为填方筑成。路基边坡多数未做防冲加固措施，路基因洪水顶冲与淘刷发生

坍塌破坏, 出现许多缺口和坍塌半个以上路基。

- 路基防护构造物因基础处理不当或埋置深度不足而破坏, 引起路基水毁。
- 半填半挖路基地面排水不良, 路面、边沟严重渗水, 路基下边坡坡面渗流、普遍出露、局部管涌引起路基坍塌。
- 洪水位骤降, 在路基半坡内形成自路基向河道的反向渗流, 产生渗透压力和孔隙压力, 造成边坡失稳。
- 不良地质、地形路段, 山体滑坡或路基滑移。
- 道路防洪标准低, 路面设计洪水位标高不够或涵洞孔径偏小, 道路排水系统不完善, 造成洪水漫溢路面、水洗路面甚至冲毁路基。
- 原有道路施工质量不佳, 挡墙砌筑砂浆强度达不到设计要求, 砂浆砌筑不饱满, 石料偏小, 砌体整体强度不够。
- 原有路基边坡坡度太陡, 没有达到设计要求。
- 较陡的山坡填筑路基, 原地面未清除杂草或挖人工台阶, 坡脚未进行必要支撑, 填方在自重或荷载作用下, 路基整体或局部下滑。
- 填方填料不佳, 压实不够, 在水渗入后, 堆密度增大, 抗剪强度降低, 造成路基失稳。
- 植被破坏, 水土流失, 在强降雨形成的地面径流冲击下, 造成边坡坍塌。
- 道路养护工作跟不上, 涵洞淤塞导致排水不畅, 造成水洗路面甚至冲毁路基。

防治沿河路基水毁的措施

- 种草防护适用于土质路堤、路堑有利于草类生长的边坡, 它可以防止雨水冲刷坡面。但经常浸水或长期浸水的路堤边坡, 种草不易生长, 故不宜采用此法防护。
- 草皮的作用与种草相同, 当河床比较宽阔, 铺设处只容许季节性浸水, 流速小于 1.8m/s, 水流方向与路线近于平行的条件下可以使用
- 植树一般是在路基斜坡上和沿河路堤之外漫水河滩上种植, 直接加固路基和河岸, 并使水流速度降低, 防止和减少水流对路基或河岸的冲刷。
- 砌石防护分为干砌和浆砌两种。干砌片石用以防护边坡免受大气降水和地面径流的侵害, 以及保护浸水路堤边坡免受水流冲刷作用, 一般有单层铺

砌、双层铺砌。在片石下面应设置垫层,它主要起整平的作用,并可防止水流将干砌片石下面边坡上的细颗粒土壤携带出来冲走,还能使防护的坡面具有一定弹性,从而增加对波浪、流冰及漂浮物冲击的抵抗力,使之不易破坏。干砌片石所用的石料,应是坚硬的、耐冻的和未风化的石块,为防水浸水及提高整体强度,可用水泥砂浆勾缝。

当水流流速较大(如 4—5m/s),波浪作用较强,以及可能有流冰、流木等冲击作用时,宜采用浆砌片石护坡,必要时,可与浸水挡土墙或护面墙同时设置。

- 抛石防护主要用于防护水下部分的边坡和坡脚,免受水流冲刷及淘刷,也可用于防止河床冲刷,最适用于砾石河床。它不受水位高低变动的影晌,亦不受施工季节的限制,新筑堤岸尚未沉实之前亦可施工。在附近盛产石料、沿线废石方较多的地区,应优先考虑此种防护措施。
- 石笼防护的使用范围比较广泛,可用于防护河岸或路基边坡、加固河床、防止淘刷。
- 浸水挡土墙是用来支撑天然边坡或人工边坡,以保证土体稳定的建筑物。
- 丁坝是指坝根与岸滩相接,坝头伸向河槽,坝身与水流方向成某一角度,能将水流挑离河岸的结构物。丁坝是用来束水归槽、改善水流状态、保护河岸的。

(2)桥梁水毁成因

桥梁受洪水冲击,墩台基础冲空危及安全或产生桥头引道缺、断,乃至桥梁倒塌,称为桥梁水毁。其主要原因有下列两种:桥梁压缩河床,水流不顺,桥孔偏置时,缺少必要的水流调治构造物;基础埋置深度浅又无防护措施。

1) 增建水流调治构造物防治桥梁水毁

稳定、次稳定河段上桥梁水毁防治:

可根据调整桥下滩流、河床冲淤分布的实际需要以及水流流向等情况加以选择,

- ①正交桥位,两侧有滩地对称分布时,两侧桥头布置对称的曲线形导流堤。
- ②两侧有滩地但不对称分布时,两侧导流堤一般布置成口朝上游的喇叭形。大滩侧为曲线形导流堤,小滩为两端带曲线的直线形导流堤。
- ③桥位在河流弯道上,凹岸布置直线形导流堤,凸岸布置曲线形导流堤。

- ④桥位与河槽正交，一侧引道向上游与滩地斜交，另一侧引道与滩地正交时，斜交侧桥头布置梨形堤，引道上游侧设置短丁坝群。
- ⑤桥位与河槽正交，一侧引道伸向下游与滩地斜交形成“水袋”，另一侧引道与滩地正交时，斜交侧桥头设置曲线形导流堤，引道上游进行边坡加固，并在适当位置设置小型排水构造物，以排除“水袋”积水，正交侧桥头设置直线形导流堤。若斜交侧滩地不宽，可设封闭导流堤消除“水袋”。
- ⑥斜交桥位，两侧有滩地对称分布时，根据河槽流向，锐角侧设梨形堤，另一侧设两端带曲线的直线形导流堤。

不稳定河段上桥梁水毁防治:

可根据河岸条件、河床地貌以及桥孔位置等情况采取下列措施。

- ①桥梁位于出山口附近的喇叭形河段上，封闭地形良好，宜对称布置封闭式导流堤。
- ②引道阻断支岔，上游可能形成“水袋”。为控制洪水摆动，防止支岔水流冲毁桥头引道，视单侧或双侧有岔及地形情况，可对称或不对称设置封闭式导流堤。
- ③一河多桥时，为防止水流直冲两桥间引道路基，可结合水流和地形条件，在各桥间设置分水堤。
- ④桥梁位于冲积漫流河段的扩散淤积区，一河多桥而流水沟槽又不明显时，宜设置漫水隔坝，并加强桥间路堤防护。

2) 增设冲刷防护构造物防治桥梁墩台水毁

桥梁墩台明挖(浅埋)基础，应根据跨径大小、桥位河段稳定类型，分别增建基础防护构造物。当河床较稳定，冲刷范围小时，宜采用立面防护措施；当河床稳定，冲刷范围较大时，用平面防护措施。

4.2 地下水的地质作用

埋藏在地表下土中孔隙、岩石孔隙和裂隙、岩石空洞中的水，称为地下水。

一、地下水概述:

1、地下水的定义

2、来源

3、地下水运动的条件

透水性 岩石被水透过的性能。空隙较大，且相互连通的岩石，地下水可以在岩石中流动。有些岩石虽有很高空隙度，但空隙不连通的岩石和空隙过小，且连通性不好的粘土和泥岩，地下水也很难在其中流动。能透水的岩层称**透水层**。洞隙大，且相互连通的石灰岩和白云岩以及孔隙大的砾石层和沙层是良好的透水层。岩石阻挡水通过的性质称**隔水性**。具隔水性的岩层称**隔水层**。粘土岩、粉砂质泥岩及节理不发育的岩浆岩和块状变质岩可视为隔水层。

4、地下水的形成条件

- 地质条件
- 气候条件
- 地貌条件---平原、山前区易于储存地下水，形成良好的含水层；而山区一般很难储存大量的地下水。
- 人为因素（抽水、蓄水）

二、分类

按运动状态分类

毛细水（结合水） 在毛细作用下运动的水。岩石颗粒表面和空隙壁面在静电吸引作用下，会吸附水分子。这类水束缚于颗粒表面及空隙壁面，不能在自身重力作用下运动。而且还可逆重力而运动（毛细运动）。

重力水 在自身重力作用下产生运动的水。在岩石和松散物质的空隙中，重力水在重力作用下产生运动称**渗流**(渗透)。

按埋藏条件分类

（一）包气带水贴近地表的气态水、土壤颗粒水吸附毛细水分子。这些水虽可连结起来成为液体，但因是充填在细微的空隙中而不能自由运动

1. 上层滞水

当包气带存在局部隔水层时，在局部隔水层上积聚具有自由水面的重力水，称为上层滞水。在雨季由于上层滞水水位的上升，能使土、石强度降低，造成道路翻浆和导致路基稳定性的破坏。

2. 毛细水

由于地下潜水位上升,毛细水上升高度增大,常导致冻胀、翻浆现象发生,在路基设计中应充分重视。

(二) 潜水

饱和带中第一个稳定隔水层之上、具有自由水面的含水层中的重力水。

(三) 承压水

充满于两个稳定隔水层之间,含水层中具有水头压力的地下水,它的运动受到上下隔水层的约束和水压的作用。打井穿过上面的隔水层时,承压水就可向上涌出来。

三、地下水的运动规律

1、达西实验

- $Q=FK\Delta h/L$

- $Q=FKI$

- $v=KI$

式中: I —水头梯度, $I=\Delta h/L$, 渗透流程中单位长度的损失

v —渗透速度, $v=Q/F$, 代表单位时间单位过水断面上的流量。

表明渗透速度: 和水头梯度 I 的一次方成正比, 说明水的运动是层流运动, 此即达西渗透层流运动的定律。

2、达西定律的适用范围

3、达西定律中各项参数的含义

1) 渗透速度

- $v=nu$

- 式中: n —岩石的孔隙度。

2) 渗透系数 K

- 从达西定律 $v=KI$ 可知, 渗透系数与渗透速度单位相同, 令 $I=1$, 则: $v=K$ 。

渗透系数的大小取决于岩石本身的物理性质, 渗透系数越大, 岩石的透水能力愈强。渗透系数可以通过试验确定, 在室内可以通过前述达西仪测定, 在野外常用渗水试验方法测定或抽水试验的方法测定。

四、路基翻浆

1、路基翻浆产生的原因及条件

1) 土基冻胀与翻浆的条件

(1) 土质

- 粉性土具有最强的冻胀性，最容易形成翻浆，构成了冻胀与翻浆的内因。

(2) 水

(3) 气候

(4) 行车荷载

(5) 养护：

2、防治路基翻浆的工程措施

1) 做好路基排水：排水沟渠与桥涵系统、盲沟

2) 提高路基填土高度

3) 设置透水性隔离层：粗集料（碎石或粗砂）、泥炭、草皮或土工布等其它透水性材料

4) 设置不透水隔离层： 沥青、沥青砂、柏油、油毡纸、不透水土工布、不易老化的特制塑料薄膜

不透水隔离层适用于不透水路面的路基中；在透 水路面下只能设透水隔离层；

5) 隔温层

隔温材料可用泥炭、炉渣、碎砖等

6) 换土

采用水稳性好、冰冻稳定性好、强度高的粗颗粒土换填路基上部，可以提高土基的强度和稳定性。

7) 加强路面结构

- 铺设砂（砾）垫层，增进融冰期蓄水、排水作用，减小冻结或融化时水的体积变化。

- 铺设水泥稳定类、石灰稳定类、石灰工业废渣类等路面基层结构层以增强路面的板体性、水稳定性和冻稳定性，提高路面的力学强度。

五、地下水的物理性质和化学成分（自学）

重点讲述对建材的影响

1、地下水的物理性质：

- 包括温度、颜色、透明度、气味、味道和导电性等。

2、地下水的化学成分

- 地下水的矿化度
- 地下水的 pH 值
- 水的硬度

掌握内容:

1. 面流的洗刷作用及坡积群
2. 冲沟形成发展的四个阶段
3. 洪流的地质作用及泥石流
4. 河流的特征
5. 地下水分类及概念
6. 路基翻浆

5 不良地质现象

举例认识不良地质现象、了解其危害

5.1 崩塌

一、崩塌发生的条件

1. 坡面条件
2. 岩土类型
3. 地质构造-

坡面条件、岩性条件、地质构造三个条件, 又统称地质条件, 它是形成崩塌的基本条件。

4. 诱发崩塌的外界因素

- (1) 地震
- (2) 融雪、降雨
- (3) 地表水的冲刷、浸泡
- (4) 地下水
- (5) 风化作用

(6) 人为因素的影响

二、崩塌的稳定性分析

三、确定崩塌体的边界

四、我国防治崩塌的工程措施

以防为主的原则

1、预防措施

对有可能发生大、中型崩塌的地段, 应尽量避免。

对可能发生小型崩塌或落石的地段, 应视地形条件, 进行技术经济比较, 确定绕避还是设置防护工程。

2. 防治措施

1) 排水

2) 防护和加固工程

3) 支顶工程

4) 拦截工程

5) 遮挡工程

① 挂网喷浆

② 钢索拉牵

6) 综合治山

5.2 滑坡

一、滑坡发生的条件

1. 岩土类型

2. 地质构造

3. 水

4. 其他

二、野外滑坡识别标志

三、滑坡先兆现象的识别

四、判定滑坡体的稳定性

稳定的滑坡具有下列迹象:

不稳定的滑坡具有下列迹象：

六、防治滑坡的主要工程措施

滑坡的防治，贯彻“以防为主，整治为辅”的原则。

绕、减、排、挡、固。

- 1) 减重和反压
- 2) 消除或减轻水的危害—排水
 - ①排除地表水排除地表水
 - ②排除地下水
 - ③防止河水、库水对滑坡体坡脚的冲刷
- 3) 修筑支挡工程
- 4) 改善滑动带土石性质

一般采用焙烧法（ $>800^{\circ}\text{C}$ ）、压浆及化学加固等物理化学方法对滑坡进行整治。

5.3 泥石流

一、“冲”和“淤”是泥石流的主要活动特征和主要危害方式

二、泥石流形成的基本条件

陡峻的便于集水、集物的地形地貌；丰富的松散物质；短时间内有大量的水源

1. 地形地貌条件
2. 地质条件
3. 水文气象条件
4. 人为因素

三、泥石流的防治

预防为主、以避为宜、以治为辅，防、避、治相结合的方针。

1. 跨越工程
2. 防护工程
3. 排导工程
4. 拦挡工程

5. 穿过工程

5.4 其它地质灾害

一、雪 害

雪害是一种常见的自然灾害，地球上分布广泛，不仅可诱发并加重雪崩、泥石流等自然灾害直接给交通、农牧业和人民群众的生产生活造成严重损失。

公路雪害主要有积雪和雪崩。

(一)积 雪

积雪系指自然降雪及风吹雪在一定条件下堆积的总称。

❖ 2.风吹雪与地形、地物及路基断面形式的关系

(二)雪 崩

❖ 巨厚的雪层从陡的山坡滑下或沿沟槽中溜滑，由此引起大量的雪体崩塌，称之为雪崩。

❖ 1. 按雪崩运动的地貌特点分为：

❖ 1)坡面雪崩

❖ 2)沟槽雪崩

❖ 3)跳跃雪崩---破坏力最大。

2. 雪崩的形成的地形、地貌、气象和雪原条件

3. 雪崩区选线原则

4. 雪害的防治

二、风沙：

❖ 风对地表岩石和风化碎屑物的侵蚀、搬运和堆积过程中所形成的各种地貌形态。

❖ 运动方式：悬移、跃移、蠕移三种方式随气流运动

❖ 风沙作用：侵蚀、搬运、堆积。

侵蚀作用：吹蚀、磨蚀。

堆积： 沉降堆积、遇阻堆积。

(一)风蚀地貌类型：

(二)风沙运动:

(三)风沙与公路

路线必须穿过流沙地区时, 则应注意几点问题

路基设计应注意的问题

三、湿陷性黄土

四、岩溶及岩溶水

典型喀斯特地貌在我国分布的基本状况

【一、喀斯特地貌形成的条件】

【二、我国喀斯特地貌类型及其分布】

三、岩溶地区的工程地质问题

四、岩溶地区的工程地质措施

掌握内容:

1. 崩塌、滑坡、泥石流概念
2. 崩塌、滑坡、泥石流形成条件
3. 崩塌、滑坡、泥石流治理措施
4. 坡体稳定性的判别
5. 滑坡野外识别
6. 风沙、雪害、岩溶等对公路的危害及其整治措施

6 边坡工程地质问题

主要内容:

- 6.1 岩质边坡工程地质问题
 - 6.1.1 岩体结构及稳定性分析方法
 - 6.1.3 岩质边坡的稳定性分析

6.2 土质边坡工程地质问题

6.2.1 土质边坡破坏类型及影响因素

6.2.2 土坡稳定性分析方法

6.3 工程实例

6.3.1 地质概况

6.3.2 变形破坏模式的模拟结果及分析

6.3.3 自然岸坡陡壁稳定坡角的确定

6.3.4 边坡岩体强度分析

重点与难点:

岩质边坡的工程地质问题及岩体稳定分析的赤平极射投影图法

边坡是自然或人工形成的斜坡,是人类工程活动中最基本的地质环境之一,也是工程建设中最常见的工程形式。斜坡的形成,使岩土体内部原有应力状态发生变化,出现坡体应力重新分布,主应力方向改变,应力又产生集中;而且,其应力状态在各种自然营力及工程影响下,随着斜坡演变而又不断变化,使斜坡岩土体发生不同形式的变形与破坏。不稳定的天然胁迫和人工边坡,在岩土体重力、水及震动力以及其它因素作用下,常常发生危害性的变形与破坏,导致交通中断、江河堵塞,塘库淤填,甚至酿成巨大灾害。

根据组成边坡的主体材料不同,边坡可分为土质边坡和岩质边坡两种,而这两者主体材料的结构、性质差别很大,其存在的工程地质问题也不相同,需要分开进行研究。

边坡的稳定是一个比较复杂的问题,影响边坡稳定性的因素较多,简单归纳起来有边坡体自身材料的物理力学性质、边坡的形状和尺寸、边坡的工作条件及边坡的加固措施等几个方面,具体见以下两节。

6.1 岩质边坡工程地质问题

主要内容岩质边坡工程地质问题,包括岩体结构的相关概念、岩体稳定性分析方法、岩质边坡破坏类型及影响因素、岩质边坡的稳定性分析。

6.1.1 岩体结构及稳定性分析方法

(一) 岩体结构(掌握结构面、结构体的概念及分类)

存在于岩体中的各种地质界面,如岩层层面,裂隙面、断层面、不整合面等,统称为结构面。岩体受结构面切割而产生的单个块体(岩块)称为结构体。所谓岩体结构,就是指岩体中结构面和结构体两个要素的组合特征,它既表达岩体中结构面的发育程度组合,又反映了结构体的大小、几何形式及排列。

1、结构面及类型

按其成因可分为沉积结构面、火成结构面、变质结构面、构造结构面和次生结构面五类。其主要特征见表6-1。

2、结构体及类型

不同形式的结构体的组合方式决定着岩体结构类型。常见的岩体结构类型可划分为块体结构、镶嵌结构、碎裂结构、层状结构、层状碎裂结构和等六类。其主要特征见表7-2

(二) 岩体稳定性分析方法

所谓岩体稳定,它是一个相对的概念,是指在一定的时间内、一定的自然条件和人为因素的影响下,岩体不产生破坏性的剪切滑动、塑性变形或张裂破坏。

岩体稳定分析,目前一般多通过岩体结构分析、力学分析及对比分析进行,三者互相结合,互相补充,互相验证,作出综合评价。

1、对比分析—工程地质类比法

该法是将已有的天然边坡或人工边坡的研究经验(包括稳定的或破坏的),用于新研究边坡的稳定性分析,如坡角或计算参数的取值、边坡的处理措施等。类比法具有经验性和地区性的特点,应用时必须全面分析已有边坡与新研究边坡两者之间的地貌、地层岩性、结构、水文地质、自然环境、变形主导因素及发育阶段等方面的相似性和差异性,同时还应考虑工程的规模、类型及其对边坡的特殊要求等。

根据经验,存在下列条件时对边坡的稳定性不利:

(1) 边坡及其邻近地段已有滑坡、崩塌、陷穴等不良地质现象存在。

(2) 岩质边坡中有页岩、泥岩、片岩等易风化、软化岩层或软硬交互的不利岩层组合。

(3) 软弱结构面与坡面倾向一致或交角小于 45° ，且结构面倾角小于坡角，或基岩面倾向坡外且倾角较大。

(4) 地层渗透性差异大，地下水在弱透水层或基岩面上积聚流动；断层及裂隙中有承压水出露。

(5) 坡上有水体漏水，水流冲刷坡脚或因河水位急剧升降引起岸坡内动力水的强烈作用。

(6) 边坡处于强震区或邻近地段，采用大爆破施工。

采用工程地质类比法选取的经验值（如坡角、计算参数等）仅能用于地质条件简单的中、小型边坡。

2、岩体稳定的结构分析—赤平极射投影图法

岩体的破坏，往往是一部分不稳定的结构体沿着某些结构面拉开，并沿着另一些结构面向着一定的临空面滑移的结果。这就揭示了岩体稳定性破坏所必需具备的边界条件（切割面、滑动面和临空面）。所以，通过对岩体结构要素结构面和结构体分析，明确岩体滑移的边界条件是否具备，就可以对岩体的稳定性作出判断。这就是岩体稳定的结构分析的基本内容和实质。

作图方法：（重点讲解）

以最基本的面结构面的产中为例作如下简单介绍。

如已测得两结构面产状如表6-3

结构面产状表

表6-3

结构面	走向	倾向	倾角
J1	N 30° E	SE	40°
J2	N 20° W	NE	60°

作此两结构面的赤平极射投影图，并求其交线的倾向和倾角。其方法大致如下：

(1) 为了简化作图手续，先准备一个等角度赤平极射投影图（吴尔福网）（如图6-1）。其制作方法可参考有关文献。

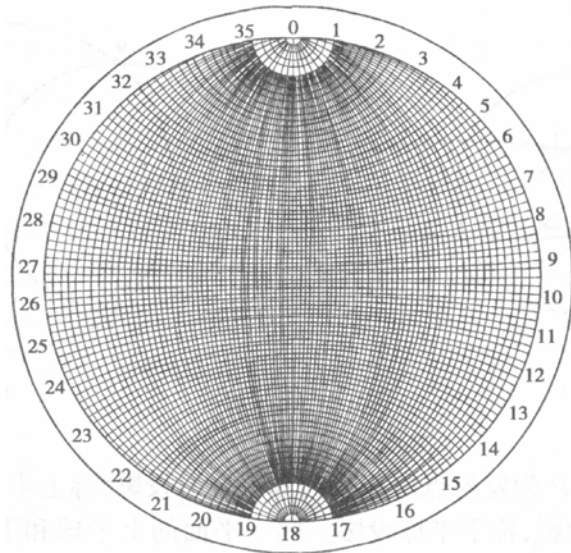


图6-1吴尔福网

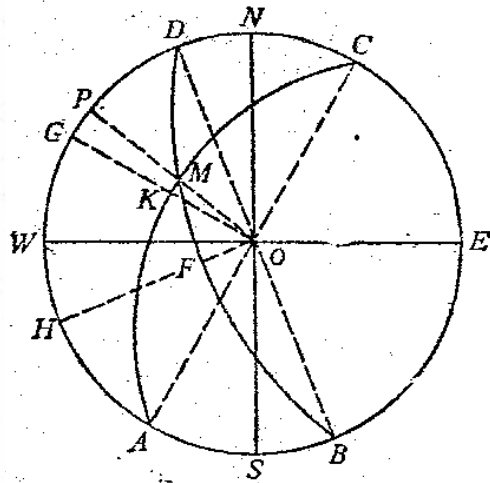


图6-2

- (2) 将透明纸放在投影网上, 按相同半径画一圆, 并注上南北、东西方向。
- (3) 利用投影网在圆角方位度数上, 经过圆心绘 $N30^\circ E$ 及 $N20^\circ W$ 的方向线, 分别注为AC及BD。
- (4) 转动透明纸, 分别使AC、BD与投影网的上下垂之线(南北线)相合, 在投影网的水平线(东西线)上找出倾角为 40° 及 60° 的点(倾向为NE、SE时在网的左边找, 倾向为NW、SW时在网的右边找), 分别注上K及F。通过K、F点分别描绘 40° 、 60° 的经度线, 即得结构面J1、J2的赤平极射投影弧AKC和BFD。再分别延长OK、OF至圆周交于G、H点, 就完成所求结构面J1、J2的投影图。图中AC、BD分别为J1、J2的走向; GK、HF表示J1、J2的倾角; KO、FO线的方向为J1、J2的倾向。
- (5) 找AKC和BFD的交点, 注上M, 连OM并延长至圆周交于P。MO线的方向即为J1、J2交线的倾向, PM表示J1、J2交线的倾角(如图6-2)。

其分析步骤大致如下:(重点讲解)

- (1) 对岩体结构面的类型、产状及其特征进行调查、统计、研究。
 - (2) 对各种结构面及其空间组合关系以及结构体的立体形式进行图解分析。
- 调查统计结构面时, 应和工程建筑物的具体方位联系起来, 按一般野外地质方法进行。对多组结构面切割的岩体, 要注意分清主次和结构面相互间的组合关系, 再逐一测量, 这样才能较充分的表达出结构体的特征。

岩体结构的图解分析, 在实践中多采用赤平极射投影并结合实体比例投影来

进行, 通过岩体稳定分析示例来说明岩体稳定性的评价要点。

利用赤平极射投影图可以初步判断边坡的稳定性: (重点讲解)

- (1) 当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向相反时, 边坡为稳定结构;
- (2) 当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向基本一致但其倾角大于坡角时, 边坡为基本稳定结构;
- (3) 当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向之间夹角小于 45° 且倾角小于坡角时, 边坡为不稳定结构。

6.1.2 岩质边坡破坏类型及影响因素

1. 岩质边坡破坏类型 (见表6-4)
2. 影响边坡稳定的因素

详细讲解岩石性质、岩体结构、水的作用、风化作用、地震力、地形地貌及人为因素等对岩质边坡的不利影响

6.1.3 岩质边坡的稳定性分析

(主要讲述工程地质类比法, 其它自学)

岩质边坡的稳定性分析方法有定性分析和定量分析两大类. 其中定性分析法包括工程地质类比法、赤平极射投影法, 实体比例投影法和摩擦圆法等, 定量分析法有极限平衡法、有限元法和概率法三种, 它是根据某一区段边坡横断面的岩土性质, 确定其可能破坏的模式, 并考虑所受的各种荷载(重力、水作用力、地震、爆破等)对边坡的作用, 选择适当的参数进行稳定性计算, 确定边坡的稳定性。以下主要介绍石质边坡稳定性分析的常用方法: 工程地质类比法, 其它方法参考其它书籍相关内容。

工程地质类比法是在大量收集边坡及其所在地区地质资料的基础上, 综合考虑影响边坡稳定性的各种因素, 对边坡的稳定状况和发展趋势作出评估和预测的边坡稳定性分析方法。是定性分析岩质边坡稳定性的方法之一。

这种方法是将已有的天然边坡或人工边坡的应用经验(包括稳定的或破坏的), 用于新开挖边坡的稳定性分析, 如坡角或计算参数的取值、边坡的处理措施等, 具有经验性和地区性的特点。因此, 应用这种方法对边坡稳定性作评估和预测时, 必须全面分析已有边坡与新开挖边坡两者之间的地貌、地层岩性、结构、

水文地质、自然环境、变形主导因素及发育阶段等方面的相似性和差异性,同时还应考虑工程的规模、类型及其对边坡的特殊要求等,经综合对比分析,才能确定新开挖边坡的边坡结构及处治措施或对边坡的稳定性做出评估等。根据经验,存在下列条件时对边坡稳定性不利:

- (1) 边坡及其邻近地段已有滑坡、崩塌、陷穴等不良地质现象存在。
- (2) 岩质边坡中有页岩、泥岩,片石等易风化、软化岩层或软硬交互的不利岩层组合。
- (3) 软弱结构面与坡面倾向一致或交角小于 45° ,且结构面倾角小于坡角,或基岩面倾向坡外且倾角较大。
- (4) 地层渗透性差异大,地下水在弱透水层或基岩面上积聚流动;断层及裂隙中有承压水出露。
- (5) 坡上有渗水,水流冲刷坡脚或因河水位急剧升降引起岸坡内动水力的强烈作用。
- (6) 边坡处于强震区或邻近地段采用大爆破施工。

应用工程地质类比法确定岩质边坡设计参数时,除考虑边坡上述不利的地质水文条件外,应对边坡岩体的完整程度、结构面组合情况和结构面产状等工程地质条件进行综合分析评估,然后再确定安全可靠经济合理的边坡比和边坡结构形式。用工程地质类比法选取的边坡设计参数经验值(如坡角、计算参数等)仅能用于地质条件简单的中、小型边坡。

表6-5~6-7可供岩质边坡设计参数选取论证参考。

6.2 土质边坡工程地质问题

主要内容有土质边坡破坏类型及影响因素、土坡稳定性分析方法,对比岩质边坡进行讲解。

6.2.1 土质边坡破坏类型及影响因素

1. 土质边坡破坏类型

滑移面一般是圆弧形。

深层失稳破坏:

一般是在坡面2m以下深处,滑移面为平面、楔形面或曲面;因滑下的土方量大(有

时可达数十万方), 造成的危害极大, 因此必须避免出现这种破坏

浅层破坏:

一般发生在坡面的表层或坡面下不足2m的范围内。虽然滑下的土石方量很小, 但它严重破坏了坡面的植被, 对于这种破坏也应有足够的认识。

2. 影响边坡稳定的因素

影响土质边坡稳定的因素很多, 有地形、地质、水文、气候等各方面的因素。在各种外界因素中, 水是影响土坡稳定的主要因素。土坡稳定的内因在于土的物理力学性质, 其中土的力学强度是土坡抵抗破坏的基本因素, 对土坡稳定性起决定作用。

土坡滑动失稳, 是由于土体内部发生剪切作用并形成了贯通的滑裂面, 使土体沿此面而滑动的剪切破坏。原因是作用于土坡的外荷和土坡自重应力在滑裂面上产生的剪应力超过了土的抗剪强度, 因此研究剪切面上的应力条件是土坡稳定分析的核心问题。大量的观察调查证实: 黏性土坡破坏时的滑裂面近似圆柱面, 在横断面上呈圆弧形; 砂性土的滑裂面近似一个平面, 在横断面上为一条直线。

6.2.2 土坡稳定性分析方法

(了解)

分析土坡稳定性时, 一般假设土坡是沿着圆弧滑裂面或直线滑裂面而滑动, 以简化土坡稳定验算的方法。

瑞典工程师费兰纽斯(Fellenius)根据黏性土坡的滑裂面呈圆弧形, 首先提出了用圆弧法验算边坡的稳定性, 这种方法在验算土坡稳定性时把滑动体分为若干土条, 用滑裂面上的抗滑力矩与下滑力矩之比值来确定边坡的稳定程度, 因此, 也称为条分法或瑞典法。其后, 各国学者以圆弧滑面为前提, 又提出了摩擦圆法(ϕ 圆法)、应力总和法、有效应力法、台罗尔图解法以及半图解法等, 这些方法考虑的因素和适用条件虽有所不同, 但都是基于圆弧滑裂面假定并从极限平衡状态出发来分析边坡的稳定。因此, 圆弧条分法仍为使用最广泛的一种基本方法。此外, 用极限平衡理论分析砂性土边坡稳定时, 假定滑裂面为平面, 验算方法如库尔曼(Culmann)法, 也有的验算方法假设滑裂面为对数螺旋线及不规则滑面等。

除上述极限平衡法外, 近年还提出了一些新的土坡稳定性验算方法, 如极限

分析法,它与建立在极限平衡理论基础上的方法不同,这种方法考虑了土的应力-应变关系,是土坡分析的新方法。

土坡的稳定程度,通常用安全系数(稳定系数)来评价,它表明土坡在可能的最不利条件下具有的安全保证。土坡的安全系数可定义为滑面上的抗滑力矩与滑动力矩之比,即 $F_s = M_r / M_s$ 。公路路基边坡的值一般取1.25~1.5。

为了对土坡稳定性作出准确的评价,必须做好勘探、调查工作。收集地形、地质、水文等资料,并对这些资料进行认真地分析研究,选择适当的验算方法,然后按照土坡稳定性设计要求做出设计,确保土坡在各种自然因素作用下具有足够的稳定性和经济性。

6.3 工程实例

本节以三峡对外交通公路下涝溪大桥岸坡稳定性分析为例,说明边坡工程地质问题及各种分析方法的综合运用。

6.3.1 地质概况

三峡对外交通公路下涝溪特大桥,总长280.6 m,位于宜昌北郊,以连续刚构拱桥凌空横跨下涝溪,主跨175m,桥面距谷底水面137m。该桥主跨桥墩墩高30余m,左岸主桥墩设置在谷坡坡度达78°、陡坡高达72m,距坡顶仅4m的灰质白云岩岸坡上,基础埋深约10m。建设单位要求论证该桥墩所在岸坡的稳定坡角及岸坡的稳定性,以便为该桥施工处理提供依据。该岸坡属复杂岩石边坡,采用综合分析方法进行稳定性评价。

下涝溪大桥处基岩为寒武系上统三游洞组灰质白云岩,中厚层状,层厚0.2~0.6 m,产状 $N30^\circ \sim 34^\circ E / 6^\circ \sim 11^\circ S$,向左岸坡内及下游倾斜。基岩中主要发育有两组节理,产状分别为 $N 30^\circ \sim 35^\circ E / 80^\circ N$ 和 $N 24^\circ \sim 34^\circ W, 76^\circ \sim 82^\circ S$,节理间距0.4~0.8m。由于风化溶蚀作用,地表裂隙呈开口状,隙宽1~4mm,延长2~12m。

大桥设计为钢管混凝土拱桥,设两墩、两台,转体法施工。右墩设在右岸缓坡台地上,左岸主桥墩设在左岸沟底公路高陡边坡坡顶处。左墩所处岸坡大致呈三段折线形。从水面起,第一段至沟底老公路(宜莲公路)路面,高约20 m,坡度25°,表面为修筑公路的填土;第二段从沟底公路路面至陡壁坡顶,坡

高70余m, 坡角近 80° , 新建下涝溪大桥左墩即设在此陡坡坡顶下; 第三段为陡壁以上山顶部分, 坡度约 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。修建桥墩时, 已在陡部开挖出一块深约20m左右的平台以设置桥墩基础, 墩基边缘距陡壁边缘仅4m。

墩基处陡壁呈凹形, 表面光滑无植被。壁顶墩左侧有深达25 m左右的平行岸坡张开裂缝将岩体完全切割, 切割体厚度约为4~6m。该裂缝是由节理发育而成的。在陡壁上部, 可发现数处该类裂缝发育后坡面崩落时留下的较光滑的面壁, 局部可呈负坡。陡壁下部原公路开挖的边坡面为两组陡节理形成的锯齿状, 并有层面下岩块塌落而形成的悬空反台阶状。

野外观察表明, 建桥处河谷两侧岸坡均可发现光滑陡壁不连续出现, 其陡壁的形成多与节理产状一致, 表明陡壁是沿节理发育的, 但光滑陡壁的形成是溶蚀的结果; 在野外没有发现明显的新近陡坡崩落的痕迹; 在岸坡顶部, 岩体大都因卸荷和风化呈松动状, 块度在2~4m左右。

岸坡岩体风化轻微, 结构面回弹值为32, 新鲜岩石回弹值为40。

对左墩所处部位的工程地质条件及岩体结构特征的仔细观测认为, 在天然状态下, 墩位处的陡壁上缘存在的陡节理切割的岩体有继续崩落的趋势; 但考虑到节理倾角在 76° 以上, 层面反倾, 在岩体完整处, 陡壁的天然坡角可维持在略大于 70° 的水平。

桥墩修建后, 陡壁的天然状态已不存在, 在陡壁上, 特别是在陡壁顶部边缘处, 由于的作用有额外的应力增量产生, 有溶蚀迹象的陡壁岩体强度的弱化也应考虑。因此, 桥壁及桥墩的稳定性由增加的应力(主要是剪应力)与陡壁岩体的强度来决定。

6.3.2 变形破坏模式的模拟结果及分析

为了分析岸坡陡壁在加桥载作用下的破坏特征和破坏过程, 考虑按加载模型模拟计算岸坡陡壁岩体的破坏发展过程。

在岸坡陡壁顶修筑桥墩后, 岸坡陡壁变形主要位于陡壁顶部。在桥墩荷载作用下, 陡壁的变形是一个单一的过程。即陡壁顶部的岩体在基础影响的范

围内沿着垂直层面的节理向下剪出。由于层面反倾,岩块没有沿层面的滑动。

从模拟结果可知,岸坡陡壁的破坏是壁顶部墩基影响范围内的岩体沿着已有的节理向坡外剪出。如果岩体的强度大于加载条件下岩体中的应力,则陡壁是稳定的;反之,陡壁不稳定。

分析陡壁不同部位岩块的变形强度的结果表明,位移变化最大点为陡壁顶,从坡顶向下,其位移逐渐减小,在坡面的下部,坡脚附近达到最小。位移分析再次证实了墩基对岸坡的影响是单一的局部变形,岸坡是否稳定取决于陡壁岩体的强度;同时,位移增量曲线也为岩体加固范围的确定提了依据。

如果对岸坡进行加固,则加固的效果可以通过岸坡的变形程度反映出来。在不直接计算锚杆作用的情况下,岩体的加固效果采用提高岩块体完整性(即块度增大)的方法近似模拟。分析表明,岸坡加固后基本已处于稳定状态,提高岩块的整体性为主要方案的加固工程是有明显效果的。

6.3.3 自然岸坡陡壁稳定坡角的确定

根据野外实测及勘测资料,得岩体块度 $D=48.8$, 岩体回弹值 $R=40$, 地下水折减系数

$\gamma_w=0.85$, 岩石坚硬,不考虑高度折减,采用经验公式计算得岸坡陡壁在没有桥墩作用下的

自然稳定坡角 $\alpha =72.5^\circ$, 表明自然岸坡陡壁坡度保持在 70° 左右是稳定的。

采用类比法,同我国主要山区道路已调查过的岩石边坡进行对比,将类似边坡的特征列

于表 6-8。

表 6-8 各边坡主要资料对比

坡号	线路	坡高(m)	坡度($^\circ$)	岩石类型	回弹值	节理组数	工程处理
CK18	成昆	86	62	石英岩	60	2	拦碴墙
GK01	贵昆	55	68	石灰岩	21	2	浆切片石
JL27	枝柳	58	71	石灰岩	41	3	预警装置
FS 01	丰沙	66	75	安山岩	55	4	
FS 03	丰沙	58	75	石灰岩	48	2	喷浆、棚洞

分析上表峡可以认为左墩陡壁边坡的坡度可确定在 $66^\circ \sim 70^\circ$, 这一分析与计算得到的坡度一致。

综合以上分析,左岸主桥墩岸坡陡壁自然状态下的稳定坡度在 $66^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 之间是可行的。但此坡角是岸坡陡壁在天然状态下的稳定坡角,没有考虑桥墩修建后工程荷载对岸坡稳定性的不利影响,墩基作用下岸坡的稳定坡度一般要低于没有桥墩作用时的坡度值,修桥后的稳定坡度将在对墩基岩体的强度及岸坡陡壁在荷载作用下的稳定性进行分析后,才能最终确定。

6.3.4 边坡岩体强度分析

按上述分析,岸坡的稳定坡角和稳定性主要由桥墩作用下岩体的强度决定。用有限元法

对坡角分别为 79° 、 75° 、 66° 、 60° 的四个坡角进行分析。计算表明,当坡角低于 66° 后,应力、变形和强度特征都有明显改善,但墩基下的岩体破坏区无法完全消除。因此,必须对坡脚和墩基岩体进行加固处理。

综合以上分析,确定左墩岸坡的安全坡角按 65° 设计;为防止桥墩基础剪切破坏,对墩基础底面以下岩体进行锚固处理,按 65° 坡面线作破坏面设计锚固深度。

总结:同学们在学习过程中要学会独立思考问题,并把学到的理论知识用于实践,真正的学以致用,本次课结束后要会分析不同的边坡工程地质问题,会对岩质边坡的稳定性采用定性的方法进行分析。

7 地下工程地质问题

【主要内容】

- 7.1 地应力与洞室围岩的变形及破坏基本类型
- 7.2 围岩的工程地质分类及其应用
- 7.3 围岩稳定性计算
- 7.4 地下洞室围岩稳定性的分析方法
- 7.5 地下工程地质问题
- 7.6 保障地下洞室围岩稳定性的处理措施

【重点】

主要的地下工程地质问题的分析及保障地下洞室围岩稳定性的处理措施。

【难点】

地下工程地质问题的分析。

在岩（土）体内，为各种目的经人工开凿形成的地下工程构筑物称为地下洞室。

研究地下洞室围岩稳定性的实质，是研究岩体在开凿洞室后，力学变化机理和岩体中应力分布状况。一般情况下，在查明岩体结构特征和地应力条件的基础上，根据岩体的强度和变形特点就可以判别围岩的稳定性。目前用于研究围岩稳定性的方法有：数学力学计算方法，围岩的变形和破坏机制分析方法，围岩地质结构分析和围岩稳定性分类方法，模拟试验方法等。本章的主要内容有：以岩体结构及地应力理论为基础；系统的分析岩体变形与破坏机制和基本类型；介绍围岩的工程分类及其应用。此外还要讨论围岩稳定性的评价方法，常见地下工程地质问题。

7.1 地应力与洞室围岩的变形及破坏

地应力也称天然应力、原岩应力、初始应力、一次应力，是指存在于地壳岩体中的应力。由于工程开挖，使一定范围内岩体中的应力受到扰动而重新分布，则称为二次应力或扰动应力，在地下工程中称围岩应力。

地应力包括岩体自重应力、地质构造应力、地温应力、地下水压力以及结晶作用、变质作用、沉积作用、固结脱水作用等引起的应力。

洞室开挖后，地下形成了自由空间，原来处于挤压状态的围岩，由于解除束缚而向洞室空间松胀变形；这种变形大小超过了围岩所能承受的能力，便发生破坏，从母岩中分离、脱落，导致坍塌、滑动、隆破和岩爆等。

洞室围岩的变形与破坏程度，一方面取决于地下天然应力、重分布应力及附加应力；另一方面与岩土体的结构及其工程地质性质密切相关。

一、围岩的变形

二、围岩的破坏

- (一) 脆性破坏
- (二) 块体滑动与塌落
- (三) 层状岩体的弯曲折断
- (四) 碎裂岩体的松动解脱
- (五) 塑性变形和膨胀
- (六) 松散围岩的变形与破坏
- (七) 特殊地质问题

- 1、涌水
- 2、有害气体
- 3、地温
- 4、岩爆

- 5、腐蚀

7.2 围岩的工程地质分类及其应用

分类科学也称为分类学,是研究分类理论的内涵,包括基础、原理、过程及规则,岩体分类的目的是为了系统的认识岩体的工程特性及其产生变形和破坏的一般规律,以便有效地利用和改造岩体,为工程设计和施工提供依据。

岩体的分类目

根据现有分类所采用的原则,大体上可归并成三个分类系统:

- 1. 按围岩的强度或岩体主要力学性质属性分类。
- 2. 以围岩稳定性为基础的综合分类。
- 3. 按岩体质量等级的分类。

7.3 围岩稳定性计算

- (1) 松动压力
- (2) 变形压力
- (3) 冲击压力
- (4) 膨胀压力

7.4 地下洞室围岩稳定性的分析方法

一、影响围岩稳定的因素

二、地下洞室围岩稳定性的分析方法

7.5 地下工程地质问题

地下工程修建在各种不同地质条件的岩体内,所遇到的工程地质问题比较复杂。从现有的工程实践来看,地下建筑工程的工程地质问题主要是围绕着岩体稳定而出现的,一般说来,地下工程所要解决的主要工程地质问题有如下几方面:

(1) 在选择地下建筑工程位置时,判定拟建工程的区域稳定性和山体岩体的稳定性(包括洞口边坡稳定和洞身岩体的稳定)。这时一般多从拟建洞室山体的地形、地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件及其它影响建设洞室的不良地质现象等方面来判定岩体的稳定性。

(2) 在已选定的工程位置上判定地下建筑工程所在岩体的稳定性。这个阶段除进行一般的岩体稳定评价以外,还要解决一些与土建设计有关的岩体稳定方面的问题,这些问题有:

着重就地下工程的基本工程地质条件、地下工程总体位置和洞口、洞轴线的选择要求,分别加以分析和讨论。

一、地下工程总体位置的选择

二、洞口选择的工程地质条件

洞口的工程地质条件,主要是考虑洞口处的地形及岩性、洞口底部的标高、洞口的方向等问题。至于洞口数量和位置(平面位置和高程位置)的确定必须根据工程的具体要求,结合所处山体的地形、工程地质及水文地质条件等慎重考虑,因为出入口位置的确定,一般来说,基本上就决定了地下洞室轴线位置和洞室的平面形状。

(1) 洞口的地形和地质条件

(2) 洞口底标高的选择

(3) 洞口方向

(4) 洞门边坡的物理地质现象

三、洞室轴线选择的工程地质条件

洞室轴线的选择主要是由地层岩性、岩层产状、地质构造及水文地质条件等方面综合分析来考虑确定。

1. 布置洞室的岩性要求

2. 地质构造与洞室轴线的关系

进一步分析有关洞室轴线与岩层产状要素以及地质构造的关系。

(1) 当洞室轴线平行于岩层走向时, 根据岩层产状要素和厚度不同大体有如下三种情况:

①在水平岩层中(岩层倾角 $<50^{\circ}\sim 100^{\circ}$), 若岩层薄, 彼此之间联结性差, 又属于不同性质的岩层, 在开挖洞室(特别是大跨度的洞室)时, 常常发生塌顶, 因为此时洞顶岩层的作用如同过梁, 它很容易由于层间的拉应力达到极限强度而导致破坏。如果水平岩层具有各个方向的裂隙, 则常常造成洞室大面积的坍塌。因此, 在选择洞室位置时, 最好选在层间联结紧密、厚度大(即大于洞室高度二倍以上者)不透水、裂隙不发育, 又无断裂破碎带的水平岩体部位, 这样对于修建洞室是有利的。

②在倾斜岩层中, 一般说来是不利的, 因为此时岩层完全被洞室切割, 若岩层间缺乏紧密联结, 又有几组裂隙切割, 则在洞室两侧边墙所受的侧压力不一致, 容易造成洞室边墙的变形(图 6-2)。

③在近似直立的岩层中, 与上述倾斜岩层出现类似的动力地质现象, 在这种情况下, 最好限制洞室开挖的长度, 而应采取分段开挖。若整个洞室位置处在厚层、坚硬、致密、裂隙又不发育的完整岩体内, 其岩层厚度大于洞室跨度一倍或更大者, 情况则例外。但一定要注意不能把洞室选在软硬岩层的分界线上。特别要注意不能将洞室置于直立岩层厚度与洞室跨度相等与小于跨度的地层内。因为地层岩性不一样, 在地下水作用下更易促使洞顶岩层向下滑动, 破坏洞室, 并给施工造成困难。

(2) 当洞室轴线与岩层走向垂直正交时, 为较好的洞室布置方案。在这种情况下, 当开挖导洞时, 出于导洞顶部岩石应力再分布的结果, 断面形成一抛物线形的自然拱, 因而由于岩层被开挖对岩体稳定性的削弱要小得多, 其影响程度取决于岩层倾角大小和岩性的均一性。

①当岩层倾角较陡, 各岩层可不需依靠相互间的内聚力联结而能完全稳定。因此, 若岩性均一, 结构致密, 各岩层间联结紧密, 节理裂隙不发育, 在这些岩层中开挖地下工程最好。

②当岩层倾角较平缓,洞室轴线与岩层倾斜的夹角较小,若岩性又属于非均质的、垂直或斜交层面、节理裂隙又发育时,在洞顶就容易发生局部石块坍落现象,洞室顶部常出现阶梯形特征。

(3)洞室轴线穿过褶曲地层时,由于地层受到强烈褶曲后,其外缘被拉裂,内缘被挤压破碎,加上风化力作用,岩层往往破碎厉害。因而在开挖时遇到的岩层岩性变化较大,有时在某些地段常遇到大量的地下水,而在另一些地段可能发生洞室顶板的岩块大量坍落。一般洞室轴线穿越褶曲地层时将遇到以下几种情况:

①洞室横穿向斜层。在向斜的轴部有时遇到大量地下水的威胁和影响洞室顶板岩块崩落的危险。因轴部的岩层遭到挤压破碎常呈上窄下宽的楔形石块,组成倒拱形,因而使其轴部岩层压力增加,洞顶岩块最容易突然地坍落到洞室。另外,由于轴部岩层破碎又弯曲呈盆形,在这些地带往往是自流水储存的场所。

②洞轴线横穿背斜层。由于背斜呈上拱形,虽岩层被破碎犹如石砌的拱形结构,能很好的将上覆岩层的荷重传递到两侧岩体中。因而地层压力既小又较少发生洞室顶部坍塌的事故。但是应注意若岩层受到剧烈的动力作用被压碎,则顶板破碎岩层容易产生小规模掉块。因此,当洞室穿过背斜层也必须进行支撑和衬砌。

④在断裂破碎带地区洞室位置的布置,应特别慎重。洞室轴线与断裂破碎带轴线所成的交角大小,对洞室稳定及施工的难易程度关系很大。如洞室轴线与断裂带垂直或接近垂直,则所需穿越的不稳定地段较短,仅是断裂带及其影响范围岩体的宽度;若断裂带与洞室轴线平行或交角甚小,则洞室不稳定地段增长,并将发生不对称的侧向岩层压力。

7.6 保障地下洞室围岩稳定性的处理措施

研究地下洞室围岩稳定性,不仅在于正确地据以进行工程设计与施工,也为了有效地改造围岩,提高其稳定性。常采用光面爆破、掘进机开挖等先进的施工方法以及对围岩采取灌浆、锚固、支撑和衬砌等加固措施。从工程地质观点出发,保障地下洞室围岩稳定性的途径有二:第一,保护地下洞室围岩原有的强度和承载能力,如及时封闭围岩以防风化,及时衬砌阻止围岩产生过大变形和松动;第二,赋予围岩一定的强度使其稳定性有所提高,如给围岩注浆、封闭裂隙、用锚

杆加固危岩等。前者主要是采用合理的施工和支护衬砌方案,后者主要是加固围岩。

一、合理施工,尽量减少围岩的扰动

二、支撑、衬砌与锚喷加固

1. 支撑

2. 衬砌

3. 锚喷加固

(1) 喷层的力学作用

(2) 锚杆的力学作用

4. 灌浆加固

8 地基工程地质问题

【主要内容】

8.1 路基工程地质问题

一、路基基底稳定性问题

二、道路冻害问题

8.2 桥基工程地质问题

8.3 软土地基

一、 软土的成因类型和结构

二、 软土的工程特性及评价:

三、软土地基工程应注意事项

(一) 合理布设桥涵

(二) 软土地基桥梁基础设计应注意事项

(三) 桥台及桥头路堤软土地基的稳定

8.4 膨胀土地基

一、膨胀土的特征

二、影响膨胀土胀缩变形的主要因素

(一) 内在因素

(二) 外在因素

(三) 膨胀土的服缩性指标及评价

三、膨胀土地基计算及工程措施

(一) 膨胀土地基计算

(二) 膨胀土地基的工程措施

8.5 多年冻土地基

一、冻土的物理力学性质

二、多年冻土地区建筑物的冻害

三、多年冻土地基评价

四、多年冻土地基设计原则

五、多年冻土地基容许承载力的确定

六、多年冻土融沉计算

七、多年冻土地基桩基础单桩容许承载力的确定

八、冻胀、融沉防止措施

(一) 冻胀防治措施

(二) 融沉防治措施

【重点与难点】

地基工程地质问题的基本概念与相关知识,对工程地质问题的分析和防治既是本章重点,也是难点。

8.1 路基工程地质问题

一、路基基底稳定性问题

1、常见病害

滑移,挤出和塌陷

2、常用处理措施

(1)放缓路堤边坡,扩大基底面积,使基底压力小于岩土体的容许承载力;

(2)在通过淤泥软土地区时路堤两侧修筑反压护道;

(3)把基底软弱土层部份换填或在其上加垫层;

(4)采用砂井(桩)排除软土中的水份,提高其强度;

(5) 架桥通过或改线绕避等。

二、道路冻害问题

1、常见病害

冬季路基土体因冻结作用而引起路面冻胀；

春季因融化作用而使路基翻浆

2、防治措施

(1) 铺设毛细割断层，以断绝补给永源；

(2) 把粉粘粒含量较高的冻胀性土换为粗分散的砂砾石抗冻胀性土；

(3) 采用纵横盲沟和竖井，排除地表水，降低地下水位，减少路基土的含水情况

(4) 提高路基标高；

(5) 修筑隔热层，防止冻结向路基深处发展等。

8.2 桥基工程地质问题

1、常见病害

过大沉降

不均匀沉降

2、防治措施

避开断层破碎带

桥基设立在单一岩层上

避开软弱岩层

8.3 软土地基

一、软土的成因及划分

1、滨海沉积

2、湖泊沉积

3、河滩沉积

4、沼泽沉积

所谓软弱土地基指主要由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂质土或其他高压缩性

土层构成的地基,也称软弱地基。

二、软土的工程特性及评价

1. 抗剪强度低
2. 压缩性高
3. 透水性低
4. 触变性
5. 流变性
6. 不均匀性

三、软土地区的桥涵基础设计应注意的事项

1. 全面掌握相关资料合理布设桥涵
2. 软土地基桥梁基础设计应注意事项
3. 软土地基桥台及桥头路堤的稳定设计应注意的事项

四、软土地基地基处理简述

(一) 软弱地基地基处理方法分类

机械压实法

强夯法

换土垫层法

预压固结法

挤密法

振冲法

化学加固法

托换技术

(二) 换填材料法

1. 开挖换填(换土垫层法)

定义:在冲刷较小的软土地基上,地基的承载力和变形达不到基础设计要求,且当软土层不太厚(如不超过 3m)时,可采用较经济、简便的换土垫层法进行浅层处理。即将软土部分或全部挖除,然后换填工程特性良好的材料,并予以分层压实,这种地基处理方法称为换填垫层法。垫层处治应达到增加地基持力层承载力,防止地基浅层剪切变形的目的。

适用范围：适用于软弱土层位于地表，换挖深度不超过 3m 的场合
垫层法的作用表现在以下三个方面，

第一：提高浅基础下地基的承载力；

第二：减少地基的沉降量；

第三：加速软弱土层的排水固结。

垫层的设计要在满足强度、变形两个方面的要求下，确定合理的厚度 h 和垫层宽度 b 如图 8-1。

(1)、垫层厚度

一般根据垫层底面处土的自重应力与附加应力之和不超过同一标高处软弱土层（经深度修正后）的承载力特征值确定。

$$\text{即} \quad \sigma_z + \sigma_{cz} \leq f_{az} \quad (8.1)$$

式中 f_{az} ——垫层底面软弱土层经深度修正后的地基承载力的特征值，KPa；

——垫层底面处的自重应力，KPa；

——垫层底面处的附加应力，KPa；可按应力扩散角法计算，即：

(2)、垫层宽度

垫层宽度的确定，应满足两条原则：

(1) 满足应力扩散的要求

(2) 防止垫层向两边挤出

按应力扩散的要求，垫层底面宽度 b' 应满足：

$$b' \geq b + 2h \tan \alpha$$

当垫层厚度与宽度确定以后，根据基坑开挖边坡延伸至地面，即可得到所需设计断面。但垫层顶面每边宜比基础底边 b 大 0.3 m。

2. 抛石挤淤

适用于排水困难的洼地，而软弱土层易于滑动，厚度又较薄，表层无硬壳，石料来源充分。

3. 爆破挤淤

适用于换填深度超过 3m, 需要快速施工且允许爆破的场合。对于稠度较大的软土采用先爆后填, 对于稠度小的软土, 可以先填后爆破。

(三) 排水固结法

1. 砂垫层法
2. 砂井/袋装砂井/塑料排水板排水法

(四) 挤密法

1. 粒料桩

适用于处理松砂、杂填土和粘粒含量不大的普通粘土, 亦能有效防止砂土基地的液化

2. 石灰桩

适用于含砂量低, 没有滞水砂层的软土

(五) 夯实法

1. 重夯法; 2. 强夯法

(六) 胶结硬化法

1. 浅层搅拌法
2. 深层搅拌桩法

旋喷桩

粉喷桩

3. 灌浆法

(七) 调整结构法

1. 反压护道法

适用于: a. 非耕作区和取土不困难的地区;

b. 路堤高度不大于 5/3~2 倍极限高度;

c. 主要用于处理软土, 对泥沼有时也可以采用。

2. 路堤加筋法

土工织物加筋

反铺塔头

材排或梢捆

(八) 侧向约束法

(九) 分阶段施工法

8.4 膨胀土地基

一、膨胀土概念及分布

膨胀土是由亲水性强的粘土矿物成分组成的,具有吸水膨胀,失水收缩的性能,主要分布在我国中南、西南地区。

二、膨胀土的特征

膨胀土的矿物成分主要为蒙脱土、伊利石、高岭石等。液限 $>40\%$,塑限均为 $17\% \sim 33\%$ 。 >17 , <0 。

呈硬塑或坚硬状态,颜色多呈黄、红、灰、白色及斑状。

裂隙较为发育,有光滑面及擦痕。

三、影响膨胀土胀缩变形的的主要因素

1、影响膨胀土胀缩变形的内在因素

- (1) 矿物及化学成分
- (2) 微观结构
- (3) 黏粒的含量
- (4) 土的密度
- (5) 含水量
- (6) 土的结构强度

2、影响膨胀土胀缩变形的的外在因素

- (1) 气候条件
- (2) 地形地貌
- (3) 日照环境

四、膨胀土的胀缩性指标及评价

1、膨胀土的胀缩性指标

- (1) 自由膨胀率 δ_{ef}

$\delta_{ef}(\%) = \frac{V - V_0}{V_0} \times 100\%$ 与膨胀力 P_e

$$\delta_{ep} = \frac{h_w - h_o}{h_o} \times 100\%$$

(3) 膨胀力 P_e

(4) 线缩率 δ_{sr} 与收缩系数 λ_s

2、膨胀土地基的评价

(1) 膨胀土的判别：凡 $\delta_{ef} \geq 40\%$ ，且具有上述膨胀土野外特征和建筑物开裂破坏特征，胀缩性能较大的黏性土应判定为膨胀土。

(2) 膨胀土的膨胀潜势

表 8.1 膨胀土的膨胀潜势分类

自由膨胀率 δ_{ef} (%)	膨胀潜势
$40 \leq \delta_{ef} < 65$	弱
$65 \leq \delta_{ef} < 90$	中
$\delta_{ef} \geq 90$	强

(3) 膨胀土地基的胀缩等级

表 8.2 膨胀土地基的胀缩等级

地基分级变形量 S_e (mm)	级 别
$15 \leq S_e < 35$	I
$35 \leq S_e < 70$	II
$S_e \geq 70$	III

五、膨胀土地基计算及工程措施

1. 膨胀土地基计算

2. 膨胀土地基的工程措施

(1) 设计措施

场地选择应避开地质条件不良地段

利用和保护天然排水系统，并设置必要的排拱，借流和导流等排水措施，加强隔水、排水，防止局部浸水和渗漏现象

桥梁墩台及其他结构应加强整体刚度，尽量采用对地基变形不敏感的结构形式，选用适宜的基础形式，加大基础埋深，加大基础底面压力

采用地基处理方式减小或消除地基胀缩对建筑物的危害

(2) 施工措施

8.5 多年冻土地基

一、冻土的定义及分布特征

温度摄氏零度以下且含有冰的土叫冻土。

冻土可分为多年冻土和季节性冻土（冬季冻结，夏季融化）。

我国冻土分布极为广泛，若包括冻结深度大于 0.5m 的季节冻土在内，其面积约占国土面积的 68.6%

状态保持三年或三年以上的为多年冻土。

土层冬季冻结，夏季全部融化，冻结延续时间一般不超过一个季节的是季节性冻土。

多年冻土主要分布在东北大、小兴安岭，青藏高原以及西部高山区（天山、阿乐泰山、祁连山等），占国土面积的 22.3%，冻深在 2m 以上，有的可达几十米。

季节性冻土主要分布于东北、华北和西北地区，其冻结深度随气候条件而不同，一般为 0.5~2.0m。

二、冻土的物理力学性质

三、多年冻土地区建筑物的冻害

1、冻害原因

温度、土质、含水量和压力

2、病害

建筑物基础被抬起 土剧烈沉陷

3、对策

除要做好排水系统外，常利用粗粒土作为填料或换填材料，来消除冻融

四、多年冻土地基评价

多年冻土的融沉性是评价其工程性质的重要指标，可用容沉系数 δ_0 作分级指标。

$$\delta_0 = \frac{h_m - h_T}{h_m} \times 100\%$$

其中: hm 一季节融化层冻土试样冻结时的高度;

hT 一季节融化层冻土试样融化后的高度

I 不融沉 $\delta_0 < 1\%$ 仅次于岩石的地基, 修筑建筑物时可不考虑冻融问题

II 弱融沉 $1\% \leq \delta_0 < 5\%$ 多年冻土中较好的地基土, 可直接作为建筑物的地基, 当控制基底最大融化深度在 3m 以上时, 结构物不会遭到明显融沉破坏

III 融沉 $5\% \leq \delta_0 < 10\%$ 具有较达的融化下沉量而且冬季回冻时有较大的冻胀量。作为地基的一般基底融深不得大于 1m, 并采取专门措施, 如深基保温防止基底融化等

IV 强融沉 $10\% \leq \delta_0 < 25\%$ 融化下沉量很大, 因施工运营时均不允许地基发生融化, 设计时应保持冻土不融或采用桩基础

V 融陷 $25\% \leq \delta_0$ 是含水冰层, 融化后呈流动、饱和状态, 不能直接作地基应进行专门处理

五、多年冻土地区地设计原则

(1)、保持冻结原则

保持基础底部多年冻土在营运过程中处于冻结状态。宜用于多年冻土相对稳定地带, 因其厚度较大、地温较低, 易于保持其冻结状态。此时地基容许承载力可按多年冻土考虑。

(2)、容许融化原则

容许基底的多年冻土在施工营运过程中融化。

①自然融化。宜用于冻土厚度不大、地温较高、多年冻土不够稳定地区不融沉或弱融沉大河融区的边缘地带, 但地基总沉量不得超过容许值。

②人工融化。砌筑基础前采用人工融化冻土或挖出换填, 宜用于厚度较薄或多年冻土不稳定地区的融沉、强融沉地区。

(3)、多年冻土上桥涵基础类型的选择

(4)、多年冻土上的桥涵基础埋置深度

桥涵基础埋置深度除应符合强度, 稳定性要求外, 还应根据地基设计原则及人为上限深度确定。《规范》规定, 基础和桩基承台板底应埋入人为上限以下的最小深度: 对明挖的刚性扩大基础弱融沉土为 0.5m; 融沉和强融沉土为 1.0m; 涵洞出入口明挖基础为 0.25m; 桩基础承台板底面不小于 0.25m。桩身位于稳定

人为上限以下的最小深度不应小于 4m。

六、多年冻土地基容许承载力的确定

七、多年冻土的融沉计算

$$S = \sum_{i=1}^n \delta_i h_i + \sum_{i=1}^n \alpha_i \sigma_{ci} h_i + \sum_{i=1}^n \alpha_i \sigma_{pi} h_i$$

八、冻胀、融沉防止措施

1、冻胀防治措施

(1) 减小墩台和基础的侧面积。

(2) 根据试验, 提高建筑物表面的光滑度, 可大大降低切向冻胀力, 因此应尽量减少墩台和基础受冻拔作用范围的粗糙率。

(3) 圬工接缝处易于冻断, 因此应尽量减少施工接缝。基底截面处是薄弱环节, 需埋置短钢筋。

(4) 基础四周换填较纯净的砂或砂夹卵石等粗颗粒土, 夯实。

(5) 由于切向冻胀力是在地面处较大, 往下迅速减小, 故基础顶截面小于基底截面, 以减小切向冻胀力。

2. 融沉防治措施

(1) 对采用融化原则的基底土可换填碎、卵、砾石或粗砂换填, 换填深度可达季节融化深度。

(2) 采用冻结原则施工的基础宜于冬季施工, 采用融化原则的基础宜夏季施工。

(3) 对融沉、强融沉土基, 宜采用轻型桥台, 适当增大基底面积, 减少压应力, 或结合具体情况, 加大基础埋置深度。

(4) 采用冻结原则施工中应保护地面上的覆盖植被, 或以保温性能好的材料铺盖地表, 减少热渗入量。

9 公路工程地质调查与测绘

【主要内容】

- 第一节 概述
- 第二节 工程地质调查方法
- 第三节 工程地质测绘方法
- 第四节 工程案例

【重点】公路工程地质调查测绘的内容与方法。

【难点】现场调查

9.1 概述

调查与测绘是工程地质勘察的主要方法。通过观察和访问，对路线通过地区的工程地质条件进行综合性的地面研究，将查明的地质现象和获得的资料，填绘到有关的图表与记录本中，这种工作统称为调查测绘（调绘）。公路工程地质调查测绘，一般可在沿线两侧带状范围内进行，通常采用沿线调查的方法而不进行测绘；对不良地区地段及地质条件复杂的路段，应扩大调绘范围。以提出完整可靠的地质资料；对可能控制路线方案、路线位置或重点工程的地质点，以及重要的地质界线，则应根据需要进行详细测绘。各工程项目的工程地质调查与测绘工作，应按《公路工程地质勘察规范》有关章节办理。

一、工程地质调查与测绘的基本规定

1、各级公路均须作工程地质调查。高速公路、一级公路、二级公路和独立工点，应进行工程地质测绘工作。对三、四级公路的不良地质地段，也可测绘工程地质平面图和纵断面图。工程地质条件简单的一般公路，可不进行地质测绘。

2、工程地质调查与测绘的目的在于查明公路走廊范围内的地貌、地质条件，并结合区域地质资料，对路基、桥梁、隧道及其他结构物的稳定性、适宜性作出评价，且为工程地质勘探、测试工作及工点布置提供依据。

3、工程地质调查与测绘的内容应收集当地航空照片、气象、水文、地质、植被、冻深、最高洪水位及其发生季节、淹没范围等资料，了解人类活动对不良地质的影响，调查了解当地公路建设及其相关工程的经验总结。

二、工程地质调查与测绘的要求

1、可行性研究阶段, 主要是对沿线及重大工程进行工程地质调查, 发现并研究关键性的工程地质问题。工程地质调查与测绘工作, 一般是在初勘阶段进行。详勘阶段仅在初勘阶段的基础上, 对某些专门性的地质问题作必要的补充调查与测绘。

2、测绘时的填图底图可采用已有的地形图为底图进行测绘, 比例尺的大小视需要而定。测绘工作中, 所采用的公路工程地质图例及符一号, 应符合附录 C 的规定。

3、地质观测点的布置、密度和定位应符合以下要求:

1) 在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位和每个地质单元体应有地质观测点。

2) 地质观测点的密度应根据场地地貌、地质条件、成图比例尺及工程特点确定。地质观测点应具有代表性和控制性。

3) 地质观测点应充分利用天然或人工露头。当露头少时, 可按实际情况布置勘探点。

4) 地质观测点的定位, 应根据精度要求和地质条件的复杂程度选用目测法、半仪器法和仪器法。对一般地质观测点和地质界限, 以明显的地形、地物和其他测点作控制点。对有特殊意义和对工程有重要影响的地质观测点, 应用仪器法定点。

三、工程地质调查与测绘的范围

1、调查的工程项目一般应包括路线、桥梁、隧道、路基及其附属工程中有影响的工程地质现象。

2、测绘范围: 应包括路线正线及各比较方案的走廊地带。

大桥、特大桥轴线附近的河床和两岸谷坡及阶地, 以及河流上、下游, 其测绘范围与桥位图相同。

长、大隧道所穿越的全部地段(包括洞口路堑)。

对于不良地质和特殊性岩土的调查范围, 应视具体情况和类别以及处理范围加以确定。

四、工程地质调查与测绘的内容

工程地质调查测绘的内容应视要求而定。调查测绘的重点也因勘察设计阶段

及工程类型的不同而各有所侧重。但其基本内容不外以下几个方面。

1. 地形、地貌

地形、地貌的类型、成因、特征与发展过程；地形、地貌与岩性、构造等地质因素的关系；地形、地貌与工程地质条件的关系，对路线布设及路基工程的影响等。

2. 地层、岩性

地层的层序、厚度、时代、成因及其分布情况；岩性、风化破碎程度及风化层厚度；土石类别，工程性质及对工程的影响等。

3. 地质构造

断裂、褶曲的位置、构造线走向、产状等形态特征和地质力学特征，岩层的产状和接触关系，软弱结构面的发育情况及其与路线的关系、对路基的稳定影响等。

4. 第四纪地质

第四纪沉积物的成因类型、土的工程分类及其在水平与垂直方向上的变化规律；土的物理、水理、化学、力学性质；特殊土及地区性土的研究和评价。

5. 地表水及地下水

河、溪的水位、流量、流速、冲刷、淤积、洪水位与淹没情况；地下水的类型、化学成分与分布情况，地下水的补给与排泄条件，地下水的埋藏深度、水位变化规律与变化幅度；地面水及地下水对公路工程的影响。

6. 特殊地质、不良地质

各种不良地质现象及特殊地质问题的分布范围、形成条件、发育程度、分布规律及其对公路工程的影响。

7. 地震

根据沿线地震基本烈度的区划资料，结合岩性、构造、水文地质等条件，通过调查访问，确定 ≥ 7 度的地震烈度界线。

8. 工程经验

对既有建筑物的稳定情况和工程措施进行调查访问，以兹借鉴。

9.2 工程地质调查方法

工程地质调查主要是用直接观察和访问群众的方法,需要时可配合适量的勘探和试验工作。

1. 直接观察

直接观察是工程地质调查最重要最基本的方法。它主要利用自然迹象和露头,进行由此及彼、由表及里的观察分析工作,以达到认识路线通过地带工程地质条件的目的。

观察工作的质量,一方面取决于观察点的数量和选择是否恰当,另一方面也取决于调查人员的知识和经验。只有理解了的东西才能更深刻的感觉它,如果不具备丰富的理论知识,不熟悉各种地质现象的本质及其相互关系,是很难进行深刻的观察分析工作的。有经验的地质人员,能充分利用各种自然迹象和露头,运用多种方法互相配合进行观察分析,不仅可保证工程的质量,还可减少不必要的勘探工作。

在公路工程地质调查工作中,常采用地貌学和地植学的方法观察分析有关自然迹象。前者根据地貌的形态特征,推断其形成原因和条件,并评价其工程地质条件;后者根据植物群落的种属、分布及其生态特征,推断当地的气候、土质及水文地质等条件。有些对土质、水分、盐分等条件要求特别严格的植物,可以作为指示植物加以利用。地植物学的方法,在潮湿茂密的林区是十分必要的,而在植物缺少的沙漠地区则是足够准确的。

(2) 访问群众

访问群众是工程地质调查常用的方法。对沿线居民调查访问,可以了解有关问题的历史情况、多年情况及当地与自然灾害作斗争的经验,这对于直接观察往往是必不可少的补充。在某些情况下,这种方法尤其显得重要,例如,对历史地震情况的调查,对沿线洪水位的调查,对风沙、雪害、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质的发生情况、活动过程和分布规律的调查都离不开调查访问。

为使调查访问获得较好的结果,一般应注意以下几点:

(1) 选择合适的对象。通常应是年纪老的、对所调查的问题有切身经历的人,要多找几个,以避免错误。

(2) 进行仔细的询问,认真听取各种意见。需要时应到现场边看边问。

(3) 对提供的情况, 应进行核对、分析和判断。

9.3 工程地质测绘方法

工程地质测绘与工程地质调查的不同之处是, 工程地质测绘的范围往往较大, 并且要求把调查研究结果填绘在一定比例尺的地形图上, 以编制工程地质图。测绘范围以能满足工程技术要求为前提, 并应包括与工程地质环境有关的范围。测绘的比例尺可在以下范围内选用: 可行性研究阶段 1: 5000~1: 50000, 初勘阶段 1: 2000~1: 10000, 详勘阶段 1: 200~1: 2000。为达到测绘精度要求, 实地测绘所用地形图的比例尺必须大于或等于提交成图比例尺。下面分两种情况说明其工作方法步骤。

1、无航摄资料时

工程地质测绘主要依靠野外工作, 为此需要讲究测绘方法与量测精度, 以求用较少的工作获得符合要求的结果。

(1) 标测方法: 根据不同比例尺的精度要求, 对观察点、地质构造及各种地质界线等的标测方法有以下三种。

①目测法。根据地形、地物目估或步测距离。目测法适用于小比例尺的工程地质测绘。

②半仪器法。用简单的仪器(如罗盘仪、气压计等)测定方位和高程, 用徒步或测绳量距离。此方法适用于中比例尺的工程地质测绘。

③仪器法。仪器法是用测量仪器定位, 此方法适用于大比例尺的工程地质测绘, 以及重要地质点。

测绘精度的要求: 相当于测绘底图上宽度不小于 2mm 的地质现象应尽量标绘在图上; 具有重要工程意义的地质体, 即使小于图上 2mm 的宽度也应按扩大比例尺的方法标绘在图上; 相反, 对于工程意义不大的且相近的几种地质体可合并标绘。

(2) 工程地质测绘的基本方法:

①路线法。沿着一些选择的路线穿越测绘场地, 并把观测路线和沿线查明的地质现象、地质界线填绘在地形图上。路线形式有直线型或“S”型等。一般用于各类的比例尺测绘。

②布点法。根据地质条件复杂程度和不同的比例尺,预先在地形图上布置一定数量的观测点及观测路线。布点法适用于大、中比例尺测绘。

③追索法。沿地层、构造和其它地质单元界线布点追索,以便查明某些局部的复杂构造。追索法多用于中、小比例尺测绘。

(3) 公路工程地质测绘的路线法:采用路线法测绘的两个关键的环节,是观测路线的布置和观察点的选择。

①观测路线的布置除应沿路线进行调查测绘外,尚应在路线两侧布置观测路线,以求在需要测绘的范围内获得足够的资料绘制工程地质图。观测路线与岩层走向或地质构造方向垂直时,可以用较少的工作获得较多的成果。但为了查清断层破碎带的分布情况,观测路线也可沿构造线布置。观测路线应布置在露头较好的地方,如河谷、路堑等地带。

②观察点的选择应根据观察的目的和要求进行选择。例如,为了研究地貌、地质界线、不良地质现象等不同的目的,可考虑分别设置观察点;如为了综合研究的目的,就应按多目标的要求选择观察点。观察点一般应选在露头良好、观测方便,有地质界线、地质现象发育以及其它对工程地质有重要意义的地方。观察点的密度则应根据地质条件的复杂程度和地质图比例尺的大小而定。

2、有航摄资料时

遥感技术是根据电磁波辐射(发射、吸收、反射)的理论,应用各种光学、电子学探测器,对远距离目标进行探测和识别的综合技术,可用于工程地质调查测绘。

地质体不但在光照条件下能反射出辐射能,而且由于自身具有一定的温度,也能不断发射出辐射能。地质体在不同波长处,反射或发射电磁辐射的本领是不同的。这种辐射能量随波长改变而改变的特性称为地质体的波谱特性。对这种辐射能以波长为参数记录下来就得到该地质体的波谱分布,不同地质体有其特定的波谱分布,这是遥感技术赖以识别目标的根据。遥感技术对地质体进行探测和识别就是以各种地质体对电磁波辐射的反射或发射的不同波谱分布作为理论基础的。

遥感工程地质调查可采用多种遥感手段和方法进行,利用现有遥感影像资料进行判释。应充分利用近期的黑白或彩色红外的航空像片及热红外航空扫描图

像,必要时结合使用陆地卫星图像和其它遥感图像。重点研究地区可收集不同时期的遥感资料。下面概要介绍航摄资料用于绘制工程地质图的方法。

(1) 立体镜判释: 立体镜是航空像片立体观察仪器。利用判释标志, 结合所掌握的区域地质资料, 将判明的地层、构造、岩性、地貌、水文地质条件、不良地质现象等, 调绘在单张像片上, 并据以确定需要调查的地点和路线。

凡是能直接反映地质体和地质现象的影像特征称为直接判释标志; 对与判释对象密切相关的一些现象进行分析、研究、推理、判断, 从而达到识别地物的目的, 这些现象称为判释的间接标志。使用立体镜进行室内判释, 首先必须在分析现有资料的基础上, 建立室内初步判释标志, 并经实地调绘建立详细判释标志。

(2) 实地调查测绘: 对判释的内容, 通过实地调查测绘进行核对、修改与补充。重要的地质点应刺点记录。

(3) 绘制工程地质图: 根据地形、地貌、地物的相对位置, 将测绘在像片上的地质资料, 利用转绘仪器转绘于等高线图上, 并进行野外核对。

9.4 工程案例

一、工程地质调查在高边坡预防滑坡中的应用

1、开展工程地质调查。

从地层、岩性、构造上分析有无易滑地层? 注意周围有无斜坡变形现象? 有无古滑坡和正在活动的滑坡? 它们产生的条件、性质和规模, 以便与将要开挖的地段比较, 判断开挖后会产生滑坡。

2、自然山坡和人工边坡稳定状况的调查。

调查自然山坡的走向、朝向、坡形、坡度和坡高、植被状况, 同类地层在河岸或沟岸所能保持的稳定斜坡坡度和高度, 从中寻找极限稳定坡; 自然坡上的变形现象、类型、规模和稳定状况; 已有的人工边坡的岩土种类、性状、稳定状况、设计的坡形、坡度、坡高和防护措施, 从中寻找出稳定坡形和设计参数。

3、软弱结构面的调查

着重调查软弱结构面的产状、分布、与开挖面的关系, 开挖后是否被切断或接近于暴露, 是否含水、是否有充填物等。这些因素控制着滑坡会发生? 以及发生滑坡的位置、规模。一般说, 当这些软弱结构面倾向山或接近水平时, 发生

滑坡的可能性较小, 而当其倾向临空面的倾角大于 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 时, 发生滑坡的可能性较大, 采用赤平极射投影图更能清楚地说明这些问题。

4、地下水调查

滑坡的形成和发展往往与水(地表水和地下水)的活动有关, 有的还是引发滑坡的主要因素。工程界素有“十滑九水”之说, 虽然这种说法不全面, 但也从一个侧面说明水在引发滑坡诸多因素中的重要性。应注意地下水露头的出露标高及相应的隔水层性状, 并应考虑开挖后坡体松弛变形裂隙张开, 引起地下水向下渗透和变化, 导致边坡滑移。

5、在上述调查的基础上, 可以定性确定边坡开挖后会否发生滑坡及滑坡的类型、位置、规模, 但要做到定量评价, 还需要借助力学计算方法, 否则得不出边坡的稳定系数值, 也不知道加固工程所应平衡的力量大小。

二、某建设工程项目工程地质条件调查

(一) 建设条件

1、区域自然条件概述

(1) 地理位置

某公路改建线起于白玉县城北, 由东南向西北沿金沙江峡谷逆流而上, 止于德格县岗托大桥东桥头, 行政区划隶属于甘孜州白玉县建设乡、河坡乡及德格县白垭乡。地理坐标为东经 $98^{\circ} 35' \sim 98^{\circ} 56'$, 北纬 $31^{\circ} 17' \sim 31^{\circ} 38'$ 。区内为强烈侵蚀切割的高山峡谷地貌, 原白玉—德格公路始建于 1984 年, 路线平纵线型指标较差, 且路面为碎石路面, 路况极差, 加之沿线不良地质发育, 交通甚为不便。

(2) 地形与地貌

项目区位于四川省甘孜州境内金沙江河谷地带, 地貌区划属青藏高原东南部之川西高原深切割高山区, 山峦叠嶂, 气势雄伟。总体地势呈东西两侧高、中部相对较低态势。其东部的横断山系沙鲁里山脉为金沙江流域与雅砻江流域之分水岭, 最高峰雀儿山绒麦峨扎峰高达 6168m; 而西部则为宁静山脉, 最高峰栽迷提约 5436m; 中间的金沙江峡谷地势陡峭, 河谷深切, 水面高程约为 2800~3000m, 河谷斜坡之上具多级夷平面。

(3) 水文

该项目位于金沙江流域，金沙江由北西向南东贯穿全区，主要支流有色曲、白曲、丁曲、赠曲、偶曲等，各支流呈树枝状分布于金沙江干流两侧。河床比降较大，河道狭窄，水流湍急，飞瀑跃水节节相连，急流险滩比比皆是，虽无通航之便，但富蕴水力资源。地表径流主要受大气降雨、高山融雪、冰湖水补给，雨季时流量成倍增加。

(4) 气象

区内属大陆季风高原型气候，具低温干燥，日照充足，昼夜温差大，垂直分带明显的特点。区域内年平均气温 6.5° C，一月平均气温-2.7° C，极限最低气温-20.7° C，七月平均气温 14.5° C，极限最高气温 32.2° C，最大冻土深度 0.8m。年平均降水量为 613.3mm，年最大降雨量为 758.9mm，最小降雨量为 423.8mm；年平均蒸发量为 1637.1mm，最大为 1911.1mm，最小为 145.9mm，表现为蒸发量大、年温差小、日温差大的特点。年均日照时数为 2051.7 小时，无霜期为 156 天；每年 10 月至次年 5 月为风季，多东南风，6~9 月为雨季，雨季降雨量为全年降雨量的 87.8%，一月降雨量最小，为 1.6mm，七月降雨量最大，为 135.5mm，夏季常有短时大雨或暴雨及雨雪、冰雹交加，造成山洪及泥石流爆发，冲毁道路和桥梁。

(5) 植被与矿产

由于工作区内特殊的地形及气候条件，使得区内气温随海拔高程增加而降低，河谷地带冬暖夏凉，高山地带寒冷干燥，因而区内植被土壤也具有明显的分带性：海拔 4700m 以上为高山地衣岩屑带，气候寒冷，植被稀少，以苔藓为主，局部高山寒冻草甸发育；4200~4700m 为高山草甸带，气温较低，发育高山草甸，适宜发展畜牧业；4200m 以下为针阔叶混交林带，发育较多的松、杉等乔木及大量灌木，产虫草、松茸、当归、黄芪、贝母等药材，并出产土豆、玉米、青稞等农作物及苹果、梨、核桃等经济林木，适宜发展农林业。

白玉县境内矿产资源极其丰富，享有多金属王国之美誉。已查出黑色金属、有色金属、贵金属、非金属矿床 159 处，其中超大型 2 处，大型 20 处。掘出的 6300 克自然狗头型整金块名噪中外，蕴藏的价值逾 400 亿人民币的特大型呷村银多金属矿为亚洲之最。

德格县境内矿藏种类较多，黑色金属矿有铁、锰、铬计 12 处；有色金属矿

有铜、铅、镍、钼、汞、钴、钨、锡计 66 处; 贵重金属矿有金矿 7 处; 非金属矿有石棉、滑石、菱镁岩、石灰岩计 8 处; 能源矿有泥炭计 2 处, 此外还有地下热水 19 处。县境内共有矿产地 114 处, 其中有大型矿产地 2 种 2 处, 中型矿产地 2 处; 已查明矿产 20 余种, 已形成有价值的固定矿产地 36 处。

2、区域地质条件

(1) 地层岩性

工程区位于埃拉山断裂以东义敦中甸地层分区之德格小区, 出露地层为以三叠系上统曲嘎寺组上段 (T3q2)、图姆沟组 (下段、上段) (T3t1、T3t2)、拉纳山组 (T3l) 为主, 由下而上各地层岩性分述如下:

① 曲嘎寺组上段 (T3q2): 主要分布于路线北段岗托大桥一带, 公路里程桩号为 K68+080—K72+897.86, 岩性为灰色至深灰色粉砂质条带结晶灰岩、大理岩夹中基性火山岩、绿泥质片岩。本时期区内构造运动强烈, 以差异升降运动为主, 同时伴有较强烈的海底火山喷发, 形成一套以浅海相碳酸盐岩沉积为主夹中基性火山岩和碎屑岩的地层。

② 图姆沟组下段 (T3t1): 分布于路线两端岗托大桥及白玉县城一带, 公路里程桩号为 K62+990—K68+080, 上部岩性为深灰至灰黑色绢云石英片岩, 下部为浅灰色薄层状结晶灰岩夹灰黑色绢云石英千枚岩、深灰色钙质片岩及条带状硅质流纹岩。本时期区内相对稳定, 火山活动随之减弱, 且由于海水较浅, 导致大量陆源物质沉积, 形成一套浅海——滨海相泥沙质沉积和碳酸盐岩沉积。

③ 图姆沟组上段 (T3t2): 广泛分布于路线经过区, 公路里程桩号为 K22+421—K24+780 与 K53+680—K62+990, 岩性以灰至深灰色中厚层状结晶灰岩为主, 夹深灰至灰黑色绢云石英千枚岩、变细粒长石石英砂岩, 局部地段间夹中酸性火山岩或火山角砾岩。由于海底继续抬升, 同时伴随有微弱的火山活动, 区内本阶段形成一套滨海相碳酸盐岩沉积和碎屑岩沉积。

④ 拉纳山组 (T3l): 广泛分布于路线经过区, 公路里程桩号为 K0+000—K22+421 与 K24+780—K53+680, 岩性以浅灰至深灰绢云石英千枚岩、绢云绿泥石英片岩为主, 底部夹浅灰色结晶灰岩透镜体。本时期区内稳定沉降, 且由于沉降速率与沉积速率基本一致, 故形成一套巨厚的浅海相泥沙质沉积。

工程区内第四系覆盖层主要为中晚更新统冲洪积阶地及全新统崩坡积、残坡

积、冲洪积等新近堆积物:

A 中晚更新统冲洪积层 (Q2+3ap1): 分布于金沙江两岸III~IV级沉积阶地上, 分布高程高于江面 70~220m, 估计厚度 30~100m, 具典型二元结构。上部为灰黄色~黄褐色粉质粘土或含砾粉质粘土, 厚约 8~20 米, 间夹粉细砂透镜体。下部为灰黄色至浅灰色含泥砂砾石土, 砾石成份多为花岗岩、闪长岩、绢云石英千枚岩、绿泥片岩、结晶灰岩、辉长岩等, 颗粒直径约为 2cm~6cm, 含量约占 60~65%; 另外, 砾石土中含少量卵石, 粒径大致为 6~15cm, 含量约占 15~25%, 充填物以泥质和粉细砂为主, 其含量约占 20~25%。堆积物厚度变化较大, 从几米至数十米不等, 分选性较好, 具水平层理; 磨圆度高, 颗粒多呈圆形或次圆形, 结构密实, 呈半胶结状。

B 全新统崩坡积层 (Q4col+d1): 广泛分布于金沙江两岸及其支流的峭壁之下, 为杂色块碎石土。块石、碎石成分均为绢云石英千枚岩、绿泥片岩及火山角砾岩, 其粒径多为 8~30cm, 少量块石直径甚至大于 1~2m, 多呈尖锐棱角状。堆积厚度 5~20m 不等, 结构松散, 无分选。

C 全新统坡洪积层 (Q4d1+p1): 广泛分布于金沙江两岸及其支流河谷斜坡之上, 以深灰色~浅褐色碎石土为主。碎石成分多为绢云石英千枚岩、绿泥片岩及火山角砾岩等, 颗粒直径大致 3~15cm, 充填物以砾石为主, 含少量泥砂, 无分选性, 磨圆度差, 颗粒呈棱角状或次棱角状。堆积厚度约 1~8m, 结构疏松~稍密。

D 全新统冲洪积层 (Q4ap1): 广泛分布于金沙江两岸及其支流河谷 I~II 级沉积阶地之上, 为浅灰至灰黄色含漂砾卵石土。漂石、卵石成分多为石英砂岩、花岗岩、石英脉岩、火山角砾岩、结晶灰岩等, 其中卵石含量约占 50~60%, 漂石含量约为 20~30%, 卵石粒径大致为 8~20cm, 漂石粒径则多在 30cm 以上, 偶见 200cm 以上漂石; 充填物以粉细砂为主, 夹少量圆砾, 其含量约占 15~20%。堆积厚度约为 0~15m, 分选性较好, 具流纹交错层理, 磨圆度高, 颗粒多呈圆形或次圆形, 结构状态差异较大, 疏松~密实均有。

(2) 地质构造

工作区在大区域构造上位于青藏川滇“歹”字型构造体系头部向中部转折地段的埃拉山断裂东侧之义敦优地槽褶皱带, 所属次级构造单元为德格优地向斜

之龚垭褶皱束。构造复杂, 主要构造形迹由西至东有:

① 格达断层

位于金沙江右岸, 南起江达县格达乡, 北至来马乡扎西寺, 走向约 $NW330^\circ$, 断面倾向约 $SW247^\circ$, 断层破碎带宽约 $10\sim 15m$, 其下盘出露地层为上三叠统曲嘎寺组和图姆沟组千枚岩、片岩。

② 东扎向斜

位于金沙江右岸, 西毗格达断层、东邻白垭乡断层。由埃色经东扎至白玉, 轴线总体走向为 330° , 轴面倾角 $55^\circ\sim 65^\circ$ 左右, 表现为南宽北窄, 卷入地层主要为上三叠统拉纳山组绢云石英千枚岩、绿泥石英片岩。

③ 岗托背斜

位于金沙江右岸岗托区, 西毗格达断层、东邻野那向斜。背斜轴线北起于有须多, 经热湿至岗托西分为两支, 主轴面两翼产状对称, 东翼产状为 $65^\circ\angle 75^\circ$, 西翼产状为 $195^\circ\angle 75^\circ$, 轴面近于直立。而东支则东翼陡、西翼缓, 东翼产状为 $50^\circ\angle 71^\circ$, 西翼产状为 $200^\circ\angle 52^\circ$, 轴面倾向南西。背斜总体走向 325° , 卷入地层主要为上三叠统曲嘎寺组和图姆沟组结晶灰岩夹绢云石英千枚岩、绿泥石英片岩。

④ 白垭乡断层

位于金沙江河谷地带, 北起林切, 经白垭南至抹尕, 延伸长约 $70Km$ 。断层走向 $NW320^\circ$, 断面产状 $215^\circ\angle 75^\circ$, 破碎带宽约 $50\sim 100m$, 最宽处白垭乡一带达 $200\sim 300m$ 宽, 两翼出露地层均为上三叠统图姆沟组、拉纳山组结晶灰岩、绢云石英千枚岩、绿泥石英片岩, 破碎带岩石普遍绿泥石化。

⑤ 下日西背斜

位于金沙江由南东转向南西处之河坡大桥下游, 为一向北倾没的小型背斜构造。轴线走向 $NW335^\circ$, 两翼岩层倾角极陡, 一般大于 55° , 卷入地层主要为上三叠统图姆沟组结晶灰岩夹绢云石英千枚岩、绿泥石英片岩。

⑥ 岩比向斜

位于金沙江河谷地带, 北起旧西, 经岩比南至麦日, 全长约 $56Km$ 。该向斜东邻龚垭背斜, 西与白垭乡断层相伴, 轴线走向约 322° , 轴面倾向北东, 倾角约 $45^\circ\sim 55^\circ$, 两翼产状变化较大, 东翼倾角为 $55^\circ\sim 75^\circ$, 西翼倾角为 $50^\circ\sim$

65°。向斜核部地层为上三叠统图姆沟组和曲嘎寺组结晶灰岩、绢云石英千枚岩、绿泥石英片岩，其北段东翼岩层倒转。

⑦ 革学断层

位于金沙江左岸革学一带，长约 13Km。断层走向约 160°，断面产状 250°∠60°~65°。断层破碎带宽数十米，见断层泥和糜棱岩。上盘出露地层为图姆沟组结晶灰岩，逆冲于下盘拉纳山组绢云石英千枚岩、绿泥石英片岩之上。

⑧ 革学背斜

位于金沙江左岸革学北侧，北起离色东，南至夏喔，全长约 11Km。背斜东邻习学向斜，西毗岩比乡向斜，轴部走向约 NW325°，轴面倾向北东，倾角多为 60°左右，为一向南东倾没的狭陡背斜，其核部地层为图姆沟组结晶灰岩夹绿泥石英片岩，两翼地层为拉纳山组绢云石英千枚岩、绿泥石英片岩，背斜东翼产状为 40°∠83°，西翼产状为 260°∠41°。

(3) 新构造运动及地震

自喜山运动以来，青藏高原表现为大范围隆起抬升，本区在此抬升过程中发育了与抬升相对应的、强烈侵蚀切割而形成的金沙江大峡谷，与此同时还形成了各级夷平面。

据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)，项目区地震动反应谱特征周期为 0.45s，地震动峰值加速度为 0.10g，即地震基本烈度为 VII 度，属于中硬较稳定场地。

(4) 水文地质条件

地下水补给源

测区地下水赋存条件受自然地理、岩性岩相、地质构造、地貌形态等因素综合影响，按含水介质的贮水性能和地下水的水力性质，可划分为第四系松散堆积层孔隙潜水、基岩孔隙溶隙水和基岩裂隙水三大类，其中第四系孔隙潜水的补给源主要为地表径流和大气降水，部分为地下水，而基岩孔隙溶隙水和基岩裂隙水的补给源较单一，多为大气降水，少量为高山融雪水补给。

地下水排泄途径

受地形及地质构造条件控制，区内地下水的排泄场所多为金沙江河谷及其支流：第四系孔隙潜水一般以溢流形式就近排泄于沟谷较低处；基岩孔隙溶隙水、

基岩裂隙水则以溢流或泉眼形式排泄于沟谷边缘。由于地形起伏较大,切割强烈,在山体表层,含水层彼此联系较差,故山坡浅层地下水径流途径短;在河谷底,第四系松散堆积孔隙含水层厚度较大,分布连续,故其中的第四系孔隙水径流途径较长。

地下水动态

由于山坡浅表层地下水补给源单一(为季节性强的大气降水)、迳流途径短,一般为就近补给,就近排泄,造成山体浅部几乎不含水或仅有风化带裂隙水,其动态受季节控制强,故而不稳定。

在河谷底部,松散岩类含水层孔隙发育,并与河水联系紧密,地下水动态较稳定,在夏季其水位接近地表,在冬季地下水位一般埋深 2~5 米,水位年变幅一般 1~2 米。

3、路线工程地质评价

(1) 岩土体工程地质类型

工程区土体主要为第四系松散堆积层,包括全新统冲洪积层,坡洪积层,崩坡积层及中晚更新统冲洪积层。其中坡洪积层,崩坡积层堆积厚度小,分选性差,充填杂乱,承载力容许值均小于 250KPa,属中软土,而全新统冲洪积层,中晚更新统冲洪积层堆积厚度较大,具有较好的分选性,充填密实,承载力容许值大于 250KPa,属中硬土。

工程区内出露岩层为结晶灰岩、绢云石英千枚岩、炭质千枚岩、绿泥片岩、大理岩及火山角砾岩等。其中绢云石英千枚岩、炭质千枚岩、绿泥片岩单层厚度均小于 20 cm,岩层破碎,节理裂隙发育,单轴饱和抗压强度小于 30MPa,属软石,而结晶灰岩、大理岩与火山角砾岩呈中厚层,岩体较完整,呈块碎镶嵌结构,其平轴饱和抗压强度大于 30MPa,属次坚岩。

(2) 工程地质分区

根据路线穿越区,将路线进行工程地质分区且逐段评价如下:

①K0+000~K6+320 工程地质稳定段

该段于白玉县城起点至偶曲河汇入金沙江交汇口,全长约 6.32Km,为高原强烈侵蚀切割高山峡谷地貌,路线沿偶曲河右岸 I 级河谷阶地展布,出露地层以第四系全新统冲洪积砂砾石土为主,下伏上三叠统拉纳山组绢云石英千枚岩,绿泥

石片岩，该段工程地质条件简单，无大型不良地质发育，仅在 K2+240—K2+450、K4+310—K4+340 段存在小范围坡积物塌方、水毁等，危害较小，属工程地质稳定段。

②K6+320~K26+000 工程地质欠稳定段

该段为偶曲河口至赠曲河口。全长约 19.68Km，为高原强烈侵蚀切割高山峡谷地貌，地势陡峭，路线沿金沙江左岸斜坡展布，大面积出露上三叠统拉纳山组、图姆沟组上段地层，岩性为绢云石英千枚岩、炭质千枚岩夹结晶灰岩、大理岩、绿泥片岩等，基岩之上广泛覆盖坡洪积，崩坡积碎石土，仅在河漫滩零星分布少量冲洪积砂砾石土。

该段工程地质较为复杂，因地势陡峭，公路均以大挖方形式切过坡脚，形成高陡岩质边坡，且出露基岩岩体破碎，节理裂隙发育，多处形成悬空直立危岩，并有部分危岩体开始崩塌、滑落，坡积物出现多处塌方、滑坡（见下表），危害较为严重，属工程地质欠稳定区。

K6+320~K26+000 工程地质段岩体、坡积物塌方、滑坡一览表

序号	公路里程桩号	灾害类型	长度 (米)	高度 (米)	塌方、滑坡体积 (立方米)	发生灾害的可能性	治理措施
1	K7+130	坡积物塌方	10	12	20	可再次发生	清理，建挡墙
2	K7+310— K7+330	坡积物塌方	20	10	50	可再次发生	清理，建挡墙
3	K7+930— K8+040	绢云石英千枚岩 悬空陡崖		6—8		可能产生崩塌	清理悬空和破碎岩石
4	K8+460— K8+620	绢云石英千枚岩 悬空陡崖		8—15		可能产生崩塌	清理悬空和破碎岩石
5	K8+650—	绢云石英千枚岩	10	12	40	可能产生崩塌	清理

	K8+660	崩塌				塌	
6	K8+840- K8+900	绢云石英千枚岩 悬空陡崖	60	12-1 5		可能产生崩 塌	清理悬空 和破碎岩 石
7	K11+030 -K11+20 0	绢云石英千枚岩 悬空陡崖,局部产 生崩塌	170	8-15	40	可能产生崩 塌	清理悬空 和破碎岩 石、建挡 墙
8	K11+700 -K11+94 0	绢云石英千枚岩 悬空陡崖	240	8-15		可能产生崩 塌	清理悬空 和破碎岩 石
9	K12+240	绢云石英千枚岩 崩塌	10	10	20	可再次发生	清理, 建 挡墙
10	K12+260	绢云石英千枚岩 崩塌	10	12	40	可再次发生	清理, 建 挡墙
11	K12+560	绢云石英千枚岩 崩塌	12	14	50	可再次发生	清理, 建 挡墙
12	K12+610 -K12+68 5	坡积物塌方	75	15	200	可再次发生	清理, 建 挡墙
13	K12+890 -K12+92 5	绢云石英千枚岩 崩塌	10	8	30	可再次发生	清理, 建 挡墙
14	K12+960	绢云石英千枚岩 崩塌	10	10	20	可再次发生	清理, 建 挡墙
15	K13+030	绢云石英千枚岩 崩塌	10	8	20	可再次发生	清理, 建 挡墙
16	K13+550	绢云石英千枚岩 崩塌	13	12	30	可再次发生	清理, 建 挡墙

17	K13+575 -K13+820	绢云石英千枚岩 悬空陡崖	245	8-12		可能产生崩塌	清理悬空和破碎岩石
18	K14+040 -K14+385	绢云石英千枚岩 悬空陡崖,局部产生崩塌	345	20-30	100	可能产生崩塌	清理悬空和破碎岩石、建挡墙
19	K14+388 -K14+420	坡积物塌方	32	6	35	可再次发生	清理, 建挡墙
20	K14+660 -K14+910	多处坡积物塌方	250	18	80	可再次发生	清理, 建挡墙
21	K15+650 -K15+685	坡积物滑坡	35	15-20	150	可再次发生	清理, 建挡墙
22	K15+870 -K15+940	坡积物滑坡	70	8	80	可再次发生	清理, 建挡墙
23	K16+090 -K16+350	绢云石英千枚岩 悬空陡崖	260	8-15		可能产生崩塌	清理悬空和破碎岩石
24	K17+430 -K17+720	绢云石英千枚岩 悬空陡崖	290	10-20		可能产生崩塌	清理悬空和破碎岩石
25	K17+720 -K17+800	坡积物滑坡	80	6-10	100	可再次发生	清理, 建挡墙
26	K17+820	坡积物滑坡	200	6-12	200	可再次发生	清理, 建

	-K18+020						挡墙
27	K18+048 -K18+300	坡积物大型滑坡	252	20-25	800	可再次发生	清理, 建挡墙
28	K+955-K19+100	坡积物滑坡	145	8-10	200	可再次发生	清理, 建挡墙
29	K19+940 -K20+600	绢云石英千枚岩崩塌	660	8-5	50	可能产生崩塌	清理悬空和破碎岩石、建挡墙
30	K21+900 -K22+560	绢云石英千枚岩崩塌、滑坡	660	6-20	500	可能产生崩塌、滑坡	清理悬空和破碎岩石、建挡墙
31	K23+020 -K23+150	灰岩崩塌、塌方	130	6-8	500	可能产生崩塌、塌方	清理悬空和破碎岩石、建挡墙
32	K24+626 -K24+660	坡积物滑坡	24	8	400	可再次发生	清理, 建挡墙
33	K25+300 -K25+400	崩积物	100	10-12	100	可再次发生	清理, 建挡墙

③K26+000~K37+500 工程地质较稳定段

该段于赠曲河口至岩比乡白绒桥, 全长越 11.5Km, 高原强烈侵蚀切割高山峡谷地貌, 路线沿金沙江左岸 I~II 级河谷阶地展布, 出露地层多为第四系全新统坡洪积碎石土和上三叠统拉纳山组绢云石英千枚岩、炭质千枚岩。

该段工程地质条件简单，无对公路工程安全构成重大影响的大型不良地质发育，仅存在少量塌方、滑坡等（见下表），规模一般较小，危害轻微，处治简单，属工程地质较稳定段。

K26+000~K37+500 工程地质段岩体、坡积物塌方、滑坡一览表

序号	公路里程桩号	灾害类型	长度(米)	高度(米)	塌方、滑坡体积(立方米)	发生灾害的可能性	治理措施
1	K27+850 -K28-27 5	崩积物	425	6-8		可发生崩塌	清理，建挡墙
2	K29+190 -K29+30 0	崩积物	110	3-5		可发生崩塌	清理，建挡墙
3	K32+080 -K32+32 5	坡积物塌方	245	5-12	120	可再次发生	清理，建挡墙

④K37+500~K72+897.86 工程地质不稳定段

该段于岩比乡白绒桥至终点岗托大桥，全长 35.397.86Km，为高原强烈侵蚀切割高山峡谷地貌，路线沿金沙江左岸 I~II 级河谷阶地展布，出露地层多为第四系全新统冲洪积、坡洪积层为主，下伏地层为上三叠统曲嘎寺组、图姆沟组和拉纳山组地层，其岩性为灰至灰黑色结晶灰岩夹深灰色绢云石英千枚岩、灰质千枚岩等。

该段工程地质条件复杂，发育有 11 处中小型坡积物滑坡及多处绢云石英千枚岩崩塌、塌方，特别是 K48+880、K51+510 处滑坡剧烈变形，已对公路造成严重危害（见下表），治理费用较高，属工程地质不稳定段。

K37+500~K72+897.26 工程地质段岩体、坡积物塌方、滑坡一览表

序	公路里	灾害类型	长度	高度	塌方、滑	发生灾害	治理措施
---	-----	------	----	----	------	------	------

号	程桩号		(米)	(米)	坡体积 (立方米)	的可能性	
1	K37+650 -K37+690	绢云石英千枚岩 塌方	35	5-8	60	可再次发生	清理, 建 挡墙
2	K37+850 -K7+330	绢云石英千枚岩 塌方	10	8	10	可再次发生	清理
3	K38+070 -K38+170	坡积物滑坡	100	8-16	800, 阻 塞道路	可能再次产 生	清理, 建 挡墙
4	K38+790 -K39+140	绢云石英千枚岩 塌方	350	6-8	160	可再次发生	清理, 建 挡墙
5	K44+530 -K44+560	绢云石英千枚岩 塌方	30	6-10	150-200	可再次发生	清理, 建 挡墙
6	K44+980 -K45+170	坡积物滑坡	190	6-10	100	可再次发生	清理, 建 挡墙
7	K45+415 -K45+560	绢云石英千枚岩 塌方	145	6-15	80	可再次发生	清理, 建 挡墙
8	K46+055 -K46+400	坡积物滑坡	345	4-10	1200	可再次发生	清理, 建 挡墙
9	K46+820 -K46+860	坡积物滑坡	40	8	80	可再次发生	清理, 建 挡墙

10	K47+100	绢云石英千枚岩崩塌	10	12	30	可再次发生	清理，建挡墙
11	K47+880 -K48+080	坡积物滑坡	200	20-40	1500	可再次发生	清理，建挡墙
12	K50+240 -K50+290	坡积物滑坡	50	8	80	可再次发生	清理，建挡墙
13	K50+520 -K50+640	坡积物滑坡	120	5-10	290	可再次发生	清理，建挡墙
14	K51+020 -K51+158	多处坡积物塌方	138	8	80	可再次发生	清理，建挡墙
15	K51+510 -K51+740	坡积物滑坡	230	20-30	1200	可再次发生	清理，建挡墙
16	K63+520 -K63+810	坡积物滑坡	290	20-30	800	可再次发生	清理，建挡墙
17	K64+380 -K64+480	坡积物滑坡	100	18-20	1500	可再次发生	清理，建挡墙
18	K64+555 -K64+600	坡积物滑坡	45	8-10	600	可再次发生	清理，建挡墙

4、筑路材料及运输条件

项目区经济生产结构以农牧业为主，建材工业水平相对落后，无力满足本项目实施对成品建材的大量需求。项目路段除县乡等城镇有电力供应外，其余路段

无电力供应,需施工单位自发电。钢材、石油沥青均需从成都外运,水泥、石灰和木材则可在康定采购,再由汽车沿 G317 国道线运输至工地。沿线自采材料分布较少,平均运距较远。

① 片、块石料

沿线出露基岩多为绢云石英千枚岩、绿泥片岩、结晶灰岩及少量硅质岩。其中结晶灰岩和硅质岩质地坚硬,抗压强度多为 30~40Mpa,成料率 70~80%,可开采成块、片、碎石材料。可就近开采,就近利用,以汽车运输为主,平均运距约 10 公里。

② 卵砾石料

料源丰富,主要分布于沿线河滩和阶地上。卵石、砾石成分多为石英砂岩、花岗岩、石英脉岩、火山角砾岩、结晶灰岩等,粒径以 2~15cm 为主,略有分选性,磨圆度好。该料源具透水性强特点,是良好的路用填筑材料,料场一般顺河流及阶地分布,厚度不一,需择地而取,开采、运输方便,可汽车或拖拉机运输,全线平均运距约 5Km。

③ 砂料场

沿线砂料场分布于河谷阶地上,以粉细砂、中粗砂为主,含少量泥质,经分选后中、粗砂可作高标号混凝土用砂,细砂可作圬工砌体用砂。料场一般顺河流及阶地分布,厚度变化较大,开采、运输较为方便,可汽车或拖拉机运输,全线平均运距约 30Km。。

④ 工程及生活用水

路线沿金沙江左岸河谷阶地展布,沿线水源丰富,水质良好,用水便利,可满足工程及生活用水所需。

10 公路工程地质勘察

主要内容：

10.1 概述

10.1.1 工程地质勘察的目的、任务和阶段划分

10.1.2 公路工程地质勘察内容

10.1.3 工程地质勘察的主要方法

10.1.4 勘察资料的内业整理

10.2 公路路基工程地质勘察

10.3 桥梁工程地质勘察

10.4 隧道工程地质勘察桥梁工程地质勘察

10.5 勘察实例

重点与难点：

各种勘察方法的适用范围、操作方法、成果整理

新建公路、改建公路、桥梁工程与隧道工程地质勘察要点、成果整理

10.1 概述

10.1.1 工程地质勘察的目的、任务和阶段划分

一、工程地质勘察的目的：查明土木工程场地的工程地质条件、分析存在的工程地质问题、对工程场地做出工程地质评价。

二、工程地质勘察的任务

- 1.查明并分析工程场地的工程地质条件；
- 2.分析存在的工程地质问题，进行定性和定量分析；
- 3.选择能满足要求的较优越的工程场地和环境；
- 4.对选择的场地进一步勘察后，对照建筑物的适宜性对场地进行分区，提出各区段所适宜的建筑物类型、结构、规模、基础及地基处理的合理意见；

- 5.预测工程建成后对地质环境的影响;
- 6.提出工程地质条件的分析评价及改善不良地质条件的措施和建议。

三、工程地质勘察的阶段划分

- 1.规划勘察
- 2.可行性研究勘察阶段
- 3.初步设计勘察阶段
- 4.技术设计及施工勘察阶段

对于铁路工程地质勘察来讲,分为:

- 1.踏勘(草测)阶段--收集资料为主;
- 2.初测阶段--有重点的勘探和初测试验;
- 3.定测阶段--勘探和测试为主;

10.1.2 公路工程地质勘察内容

一、新建公路工程地质勘察

(一) 新建公路工程地质勘察的内容

- 1.路线工程地质勘察
- 2.路基、路面工程地质勘察
- 3.桥涵工程地质勘察
- 4.隧道工程地质勘察
- 5.天然筑路材料工程地质勘察

废料,按初勘和详勘阶段的不同深度进行勘察,为公路设计提供筑路材料的资料。

(二) 新建公路地质勘察资料整理

- 1.全线工程地质说明书
- 2.工程地质平面图
- 3.添绘路线纵断面图中的地质说明
- 4.各类测试原始资料的汇总分析

二、改建公路工程地质勘察

(一) 改建公路工程地质勘察内容

- 1.收集沿线的地形、地貌、工程地质、水文地质、气象、地震等资料。
- 2.收集有关桥梁、隧道和防护、排水等构造物的新建、改建或加固工程所需的地质资料。
- 3.收集原有公路路况资料。
- 4.调查原有公路的路基、路面、小桥涵等人工构造物的状况及病害,研究病因及防治的效果。对原有公路的工程地质、不良地质地段的道路病害应力求根治。
- 5.当路线因提高等级或绕避病害而另选新线的路段,应按新建公路的要求进行工程地质勘察工作。

(二) 改建公路工程地质勘察的资料要求

- 1.工程地质说明书;
- 2.不良地质、特殊岩土、路基病害等有关项目的调查表;
- 3.原有路面整体补强测试图表;
- 4.工程地质图,按新建公路地质图的有关规定编制;
- 5.勘探、试验、调查等资料。

10.1.3 工程地质勘察的主要方法

一、工程地质测绘

(一)主要内容:

- 1.研究沿线地形地貌特征,划分地貌单元;
- 2.查明沿线的地层、岩性、地层层序、成因、厚度、时代及岩相变化等;
- 3.查明地质构造、土体的成层组合关系、大地构造、构造线方向、断裂褶皱形态、岩层产状和分布、构造形迹和构造体系以及它们之间的关系;
- 4.研究水文地质条件,调查地下水的天然和人工露头--井、泉、矿坑和钻孔等;
- 5.调查研究沿线不良地质现象及特殊地质问题的范围和性质、发生发展及分布规律;
- 6.调查研究已有建筑物变形破坏情况及建筑经验;
- 7.了解铁路沿线天然建筑材料的质量、数量及分布情况。

(二)工程地质测绘的工作方法

1.测绘宽度的确定：一般采用沿程测绘的方法，其测绘宽度一般包括中线两侧各 200300m.

2.测绘线的布置：为了专门目的或地质条件的重点工程地段而进行的大面积工程地质测绘常采用路线穿越法和顺层追索法。

3.观测点的选择：观测点的布置必须选在具有代表性的地质现象的天然露头或人工露头处。

(三)航片和卫片在工程地质测绘中的应用

1.航片的应用

- (1)运用室内光学仪器编制地形图；
- (2)通过地质专业判译编绘工程地质图；

2.卫片的应用(优点)

- (1)卫片拍摄地面范围大；
- (2)反映宏观形态特征较清楚、解释效果比较好；
- (3)卫片中包含的信息量大，可根据色调和形态特征，能够解决工程地质测绘中的很多问题。

二、工程地质勘探

(二)山地勘探：剥土、探坑、探槽、探井（分竖井、斜井）、平洞

(二)钻探：采用钻探机具对深部的工程地质条件进行揭露的一种工作方法。它分为轻便钻探和钻探两种。

1. 轻便钻探利用洛阳铲、锥探和小螺纹钻等进行钻探的方法；
2. 钻探一般是利用大型钻机进行钻探的方法，常用的钻机是机械回转钻机。

①钻探过程包括三个基本程序：

A. 破碎岩土：采用人力和机械方法，使小部分岩土脱离整体而成为粉末、岩土块或岩土芯，破碎一般是借助冲击力、剪切力、研磨和压力来实现的。

B. 采取岩土：用冲洗液（或压缩空气）将孔底破碎的碎屑冲到孔外，或者用钻具（抽筒、勺形钻头、螺旋钻头、取土器、岩芯管等）靠人力或机械将孔底的碎屑或样心取出于地面。

C. 保全孔壁：一般采用套管或泥浆来护壁。

②钻进方法有以下三种：

A. 冲击钻进: 采用底部圆环状的钻头, 将钻具提升到一定高度, 利用钻具自重, 迅猛放落, 钻具在下落时产生冲击动能, 冲击孔底岩土层, 使岩土达到破碎。

B. 回转钻进: 采用底部嵌焊有硬质合金的圆环状钻头进行钻进, 钻进中施加钻压, 使钻头在回转中切入岩土层, 达到加深钻孔的目的。

C. 振动钻进: 采用机械动力所产生的振动力, 通过连接杆和钻具传到圆筒形钻头周围土中。

D. 综合式钻进: 综合冲击回转两种钻进方法; 在钻进过程中, 钻头克取岩石时, 施加一定的动力, 对岩石产生冲击作用, 使岩石的破碎速度加快, 同时由于冲击力的作用使硬质合金刻入岩石深度增加, 在回转中将岩石剪切掉。

(三)物探

(1)电法勘探: 可分为自然电场法和人工电场法两种。工程地质勘探中常采用人工电场法的电阻率法, 它主要利用仪器测定岩、土体导电性的差异来识别地质情况的一种方法

(2)弹性波法: 包括地震勘探、声波及超声波探测。它是人工式激发振动, 来研究地质体中的传播规律, 以判定地质情况、岩体状态及特性。

(3)地球物理测井: 利用地层之间的物性差异, 采用不同的物理方法, 了解钻井中的地质和水文地质情况的方法。

(4)地质雷达: 是一种高频电磁波, 利用电磁波在不同介质中的传播规律, 探明地质条件的一种方法。

(四)工程地质坑探

(1)试坑、浅井

(2)探槽

(3)斜井和平洞

三、工程地质试验及长期观测

(一) 室内外试验

1. 室内试验: 在现场取有代表性的试样, 送到试验室进行相关项目的试验。

2. 原位测试: 在野外现场进行测试, 主要包括:

(1)岩石力学性质指标; 静力载荷试验(CPT)、静力触探试验、圆锥动力触探、

标准贯入试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验、旁压试验、波速测试、现场大型直剪试验、块体基础振动试验

(2)水文地质实验

(3)岩体中地应力的测试

(4)地基工程地质实验

(二)工程地质长期观测

1. 与工程有关的地下水的动态观测;
2. 不良地质现象的观测;
3. 建筑物修建与周围环境相互作用的动态观测。

10.1.4 勘察资料的内业整理

一、工程地质勘察报告书

1. 工程地质勘察成果报告的内容

工程地质勘察成果报告的内容,应根据任务要求、勘察阶段、地质条件、工程特点等具体情况确定,主要包括以下内容:

- (1)勘察目的、要求和任务;
- (2)拟建工程概述;
- (3)勘察方法和勘察任务布置;
- (4)场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质、地下水、不良地质现象的描述与评价;
- (5)场地稳定性和适宜性的评价;
- (6)岩土参数的分析与选用;
- (7)岩土利用、整治、改造方案;
- (8)工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题的预测、监控和预防措施的建议;
- (9)必要的图件。

2. 单项报告内容

除综合性岩土工程勘察报告外,也可根据任务要求,提交单项报告,主要有:

- (1)岩土工程测试报告;

- (2)岩土工程检验或监测报告；
- (3)岩土工程事故调查与分析报告；
- (4)岩土利用、整治或改造方案报告；
- (5)专门岩土工程问题的技术咨询报告。

二、工程地质图表

几种常用的图表有：

- 1. 综合工程地质平面图
- 2. 勘探点平面布置图
- 3. 地层综合柱状图
- 4. 工程地质剖面图
- 5. 土工试验成果表
- 6. 现场原位测试图件
- 7.其它专门图件

10.2 公路路基工程地质勘察

一、公路选线的工程地质论证

- (1) 沿河线 (2) 山脊线 (3) 山坡线 (4) 越岭线

二、公路路基的主要工程地质问题

路基边坡稳定性问题；路基基底稳定性问题；公路冻害问题以及天然建筑材料问题等

三、公路路基工程地质勘察的基本内容

四、公路路基工程地质勘察的要点

- (一) 初步勘察阶段 (二) 详细勘察阶段

10.3 桥梁工程地质勘察

一般应包括两项内容：首先应对各比较方案进行调查，配合路线、桥梁专业人员，选择地质条件比较好的桥位；然后再对选定的桥位进行详细的工程地质勘察，为桥梁及其附属工程的设计和施工提供所需要的地质资料。

一、桥梁工程地质问题

桥墩台地基稳定性问题; 桥墩台地基的冲刷问题

二、桥梁工程地质勘察要点

(一) 初步勘察 (二) 详细勘察阶段

10.4 隧道工程地质勘察

包括两项内容: 一是隧道方案与位置的选择; 二是隧道洞口与洞身的勘察。

前者除隧道方案的比较外, 有时还包括隧道展线或明挖的比较; 对重点隧道或工程地质和水文地质条件复杂的隧道, 应进行区域性的工程地质调查、测绘。当地下水对隧道影响较大时, 应进行地下水动态观测, 并计算隧道涌水量。

一、隧道工程地质问题: 山岩压力及洞室围岩的变形与破坏问题; 地下水及洞室涌水问题; 洞室进出口的稳定问题。

二、隧道位置选择的一般原则: 洞身位置的选择; 洞口位置选择; 隧道围岩的稳定性

三、隧道工程地质勘察要点: (一) 初步勘察阶段 (二) 详细勘察阶段

10.5 勘察实例

12 特殊地基土整治

主要内容:

第一节软土处理案例

一、案例一

二、案例二

第二节冻土处理案例

一、案例一

二、案例二

第三节膨胀土处理案例

一、案例一

二、案例二

重点与难点:

本章主要讲述了几种常见的特殊土的整治案例,根据特殊土的工程性质采用相应的整治措施是本章重点。

12.1 软土处理案例

一、案例一

1. 工程概况及地质条件
2. 加固原理简介
3. 工法特点及适用范围
4. 塑料排水板超载预压设计

- (1) 排水板型号
- (2) 井径
- (3) 排水板的布置方式

采用等边三角形布置。

- (4) 排水板间距
- (5) 排水板插设深度

根据实际地质情况,塑料排水板的插设深度应到达软土层底部

- (6) 砂砾层和盲沟

设计采用天然级配的砂砾作为横向排水通道,砂砾层厚度为 80cm。为了让砂砾中的水能尽快排出路基之外,在砂砾层下设置片石盲沟,沟深 60 cm,沟底宽 60cm,沟顶宽 120cm。

- (7) 预压层厚度采用 50cm。

5. 施工工艺
6. 路基沉降与稳定观测
 - (1) 沉降观测
 - (2) 观测
7. 加固效果检验
8. 结束语

二、案例二

1. 工程概况

2. 工程地质情况

3. 处理方案

(1) 将原纵向渗沟加深至 1.3m (原设计为 0.8m), 其断面为上宽 0.8m, 下宽 0.6m 的梯形, 设置在路堑边沟内侧下沿; 并增设横向渗沟, 其断面尺寸为上宽 0.6m, 下宽 0.5m, 深 0.5m 的梯形, 其间隔为 15m 1 道, 渗沟内纵横向 PVC 塑料管相互联结, 纵向渗沟的坡率同路面纵坡, 横向渗沟的纵坡则同路面横坡(中间高, 两侧低)。

(2) 换填路床顶面以下 0.6m 的土层, 换填料为底下 0.4m 碎石统料, 顶上 0.2m 为水泥含量 4% 的底基层混合料

4. 施工程序及质量控制

(1) 基槽开挖

采用 2 台中型挖掘机并列开挖, 先左幅后右幅, 先南段后北段, 由于土层较湿, 一般的自卸汽车难以行走, 故采用双后轴大型自卸汽车运载弃土。在开挖过程中若发现淤泥质土或特别湿软的地带, 则在局部加深换填厚度。

(2) 渗沟施工

采用特小型挖掘机或人工进行, 先纵向渗沟, 后横向渗沟。采用的碎石级配为 20~40mm 或稍大粒径的碎石, 泥或石粉的含量应满足混凝土使用的规范要求, 注意横纵向的 PVC 塑料管相互联结牢固和保证排水顺畅。

(3) 基底碾压

在渗沟敷设完毕后, 采用推土机对基底进行整平, 并采用小型压路机对基底进行碾压, 以免地面松土与回填的统料混合。考虑到工期紧迫, 在完成部分横向渗沟的敷设后便进行基底的整平碾压。局部超挖地带, 先采用碎石土填平后碾压。

(4) 回填碾压第一层碎石统料

回填第一层碎石统料应在渗沟施工完毕且完成基底碾压后进行。该层碎石统料起隔离地下水和渗透地表水的作用, 要求填料的石粉含量尽量少, 回填的厚度控制在 0.2m 左右, 采用推土机摊铺、大致找平, 用 18t 振动压路机碾压 3~5 遍, 表面无明显下沉现象为止。

(5) 回填碾压第二层统料

回填第二层统料时，需严格控制其顶面标高，以保证其上层即水泥混合料层的厚度。因此在回填前应设好高程控制点，该层统料的石粉含量可适量增加，以利整平压实，整平后的松铺高度应比实际高 30~50mm，以免压实后其高度偏低而造成水泥混合料层过厚而增加换填的成本。碾压遍数一般控制在 4~6 遍，直到碾压时表面无明显松软或下陷现象为止。

由于上一层回填的水泥混合料，一经压实后返工起来较为困难，因而当统料层回填完毕并经压实后，为检验其压实效果，可采用重型运输车辆在其上来回行驶，若表面没有出现明显的车轮下陷、坑洼松散、填料起弹簧的现象，则认为换填的统料层是满足要求的。

(6) 回填水泥混合料

在统料回填完毕并经检验合格后，若标高偏差较大，则尚需进行修整，以保证水泥混合料层的回填厚度。回填水泥混合料层的施工方法同路面底基层的施工方法大致相同。

(7) 施工质量检测

在水泥混合料层施工完毕 24h 后，经自检该段 12 个点位的压实度，最大值为 99.3%，最小值为 96.2%，代表值为 97.4%，完全满足路基上路床的要求。弯沉共检测 80 个点，其中最大值为 56mm/100，最小值为 18mm/100，评定代表值为 36.4mm/100，符合设计规定值 279.4mm/100 要求。可见换填后该段路面的压实度及弯沉均满足设计及规范的要求。

12.2 冻土处理案例

一、案例一

1. 工程概况及地质条件
2. 病害分析

影响公路翻浆的主要因素有土质、温度、水、路面与行车荷载等，其中土质、温度、水是形成翻浆的 3 个自然因素，三者同时作用，才能形成翻浆。

3. 翻浆的防治

- (1) 翻浆防治的设计原则
- (2) 翻浆防治的基本途径

①提高路基, 加强排水

②修隔温层

③铺设隔离层

④降低地下水位

⑤改善路面结构

4. 郎川公路冻胀与翻浆的处治措施

(1)、原则

本路段处于季节性冻土地区, 季节性冻土路基的防冻层采用砾石或碎石, 隔离层采用透水性土工布和砂砾石, 其厚度根据沿线不同的地质条件和路基高度作了调整。

(2)、处理方式

①路基高度(包括路面厚度) $h \geq 2.10\text{ m}$, 路基毛细水上升不到上路床, 可不作处理;

②路基高度(包括路面厚度) $1.6\text{ m} \leq h \leq 2.1\text{ m}$, 且路基两侧排水条件较好路段, 直接在路面底基层以下做 30 cm 的砂砾石或碎石防冻层; 当路基两侧排水条件不好的路段, 在底基层以下 60 cm 作 20 cm 厚的砂隔离层, 隔离层上下铺单向无纺土工布;

③路基高度 $0.6\text{ m} \leq h \leq 1.6\text{ m}$, 在路面底基层以下做 45 cm 的砂砾石或碎石防冻层;

④在零填及挖方地段, 在路面底基层以下做 60 cm 的砂砾石或碎石防冻层。

(3)、冻土处理的材料要求

①砂砾石隔离层选用粗砂和砾石材料, 砾石粒径为 $5\text{--}40\text{ mm}$, 且含泥量小于 5% ;

②隔离层上下铺设的土工布为单向有孔无纺土工布, 单位质量为 100 g/m^2 。纵向抗拉强度 $\geq 2000\text{ N}/5\text{ cm}$, 横向抗拉强度 $\geq 1500\text{ N}/5\text{ cm}$, 纵、横向伸长率 20% ;

③碎石隔离层(防冻层), 选用碎石材料, 其粒径要求为 $5\text{--}40\text{ mm}$, 且含泥量小于 5% 。

二、案例二

1. 工程概况及地质条件
2. 病害分析
3. 整治措施

- (1) 改线

原路线基本上穿越于两山之中的开阔谷地,不少路线设在地势最低处。每到春融季节,除路基本身冻土融化水无法排除外,两边雪山融水也涌上路基,加剧了翻浆程度。针对这一情况,在路基施工前,根据具体的地形地貌,采取绕行的方法,将部分路段移至地质条件较好的山脚平台上,并在路线靠山一侧开挖了边沟及截水沟,这样既避开了不良地质地段,又避免了融雪水对路基的侵蚀。

- (2) 保护冻土

对轻微翻浆地段,在冻融软弱层上摊铺 10—20 cm 泥炭、炉渣等做“隔温层”,并在其上填筑 50 cm 砂砾,将冻土“保护”起来。

- (3) 换填砂砾

对严重翻浆地段,将软弱层全部清除(约 60—80 cm),换填水稳性好的砂砾料,并分层填筑压实。

- (4) 加高路基

对靠近河道的低矮路段,根据该段冻土深度和水文地质资料,用水稳性较好的砂砾料适当加高路基,避免河水在洪水季节浸上路基和融雪水浸泡路基。

- (5) 排水

加强对新藏公路预防性的养护,作好排水工作,防止地下水上升和雨雪水聚集而引起的路基翻浆。

①做好路基顶面排水。保持路基顶面平整和路拱坡度,防止路基顶面积水和地表水渗入路基。

②增设排水设施。设置排水设施时,综合考虑近处的地质情况和较远处地形地貌,在不同地段设置一些桥梁、涵洞、截水沟、排水沟、过水路面和深挖边沟,并完善导水坝、拦水坝等附属设施,保持排水畅通,降低地下水位,避免地下水侵入路基。

- (6) 防止冬季积雪

在雪害严重的地段,施工时将路堤迎风面的边坡放缓至 1:4,(将路堑边坡

放缓至 1: 3), 将路肩变坡处筑成流线形或在边坡下设置储雪场, 及时清理积雪, 防止冻融时软化路基引起翻浆。

4. 结束语

12.3 膨胀土处理案例

一、案例一

1. 膨胀土处理技术

- (1) 换填法
- (2) 湿度控制法
- (3) 土质改良法
- (4) 土工合成材料加固法
- (5) 新型支挡结构法

2. 应用案例

- (1). 膨胀土基本物理力学性质
- (2). 常张路路基处治方案设计
 - ①土工膜处治膨胀土
 - ②石灰改良处治膨胀土
 - ③加筋处治膨胀土
- (3) 常张路现场试验路段沉降观测结果分析
- (4) 结论

二、案例二

1. 工程概况
2. 已建道路的膨胀土路基病害问题归类有以下类别
3. 潭邵高速公路膨胀土的判别与分类
4. 潭邵高速膨胀土路基的处治技术
 - (1) 换土
 - (2) 湿度控制
 - ①复合土工布用于封闭路基膨胀填土
 - ②封闭法(包盖法)

(3) 化学固剂

①石灰处理膨胀土

②N C S 处理膨胀土

(4) 土工织物

(5) 支挡结构

5. 潭邵高速公路膨胀土施工处理的控制要点

(1) 路基断面

考虑以下几点来减少或避免路基—土基系统干湿引起的季节性波浪变形。

①采用厚层石灰土底基层，一般达 40—60cm;石灰掺量按 4%—6%为宜。

②路基和路肩断面横坡尽可能大，必要时设防渗层。路肩宽度应 $\geq 2.0 - 2.5\text{m}$ 。

③边沟适当加宽、加深，沟底应在土基顶面以下至少 40—50 c m。

④路侧不应种树，避免种生长快、吸水和蒸发量大的树。

⑤设置排水网系，铺砌并加固排水沟渠。

(2) 路基高度

膨胀土高路堤后期沉降量大，不宜过高，一般控制在 $< 3\text{m}$ ，若 $> 3\text{m}$ 须考虑沉降稳定问题，如超过 6 m 须考虑预留沉降量和路基加宽。

(3) 路堤填筑

中等膨胀土作路床填料时，应掺灰改性处理，处理后胀缩总率应 ≤ 0.7 ，路堤填成后，路堤顶面和两边边坡要用非膨胀土封层，并立即用浆砌片石封闭边坡。

(4) 路堑开挖

膨胀土地区的路堑应超挖 30—50cm，并立即用粒料或非膨胀土分层回填或用改性土回填，按规定压实。对土质均匀、膨胀性较弱且高度 $< 1.0\text{m}$ 的路堑采用直线式边坡；当边坡下部为砂卵石层，上部为膨胀土层时采用折线形边坡；当膨胀土边坡高度 $> 1.0\text{m}$ ，设置平台式边坡，各级平台的位置按土体结构面设置。

13 边坡整治

主要内容:

- 13.1 概 述
- 13.2 边坡稳定性分析
- 13.3 边坡病害的防治
 - 13.3.1 边坡病害的防治原则
 - 13.3.2 边坡整治
- 13.4 边坡整治实例

重点与难点:

边坡病害的防治措施和方法。

13.1 概 述

边坡一般是指具有倾斜坡面的土体或岩体。边坡处治,首先要进行稳定性分析,然后根据稳定性分析的结果,决定是否要对其进行加固处理。边坡稳定分析的方法很多,目前在工程中广为应用的是传统的极限平衡理论。近几年,基于不同的力学模型而建立起来的各种数值分析计算方法也越来越受到工程界的重视。

一般来说,不同的边坡类型,不同的分析目的以及可获得的基本资料情况,应采用与之相适应的计算理论和稳定分析方法。

由于坡表面倾斜,在坡体本身重力及其他外力作用下,整个坡体有从高处向低处滑动的趋势,同时,由于坡体土(岩)自身具有一定的强度和人为的工程措施,它会产生阻止坡体下滑的抵抗力。一般来说,如果边坡土(岩)体内部某一个面上的滑动力超过了土(岩)体抵抗滑动的能力,边坡将产生滑动,即失去稳定;如果滑动力小于抵抗力,则认为边坡是稳定的。

在工程设计中,判断边坡稳定性的大小习惯上采用边坡稳定安全系数来衡量

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau} \quad (13.1)$$

式中: τ_f ——沿整个滑裂面上的平均抗剪强度;

τ ——沿整个滑裂面上的平均剪应力;

F_s ——边坡稳定安全系数。

按照上述边坡稳定性概念,显然, $F_s > 1$, 土坡稳定; $F_s < 1$, 土坡失稳; $F_s = 1$, 土坡处于临界状态。

其问题的关键是如何寻求滑裂面, 如何寻求滑裂面上的平均抗剪强度 τ_f 和平均剪应力 τ 。

在工程建设中, 常见的边坡滑动有两种类型。一种是天然边坡由于原来的地质条件改变而产生的滑坡, 通常用地质条件对比法来衡量其稳定的程度; 另一种是由于工程建设需要而人工开挖或填筑形成的人工边坡, 由于设计的坡度一般都比较陡, 或由于工作条件的变化改变了边坡体内部的应力状态, 使局部的剪切破坏发展成一条连贯的剪切破坏面, 边坡的稳定平衡状态遭到破坏而产生滑坡。

总结: 了解边坡整治的大致顺序, 记住边坡的概念、边坡稳定系数的概念及用边坡稳定安全系数如何评价边坡的稳定性。

13.2 边坡稳定性分析

一、影响边坡稳定性的因素

影响边坡稳定性的因素较多, 简单从边坡体自身材料的物理力学性质、边坡的形状和尺寸、边坡的工作条件及边坡的加固措施这四个方面进行讲解。

(1) 边坡体自身材料的物理力学性质

边坡体材料一般为土体、岩体、岩土及其他材料混合堆积或混合填筑体(如工业废渣、废料等), 其本身的物理力学性质对边坡的稳定性影响很大, 如抗剪强度(内摩擦角 φ , 凝聚力 c)、容重(包括天然容重和饱和容重等)。

(2) 边坡的形状和尺寸

这里指边坡的断面形状、边坡坡度、边坡总高度等。一般来说, 边坡越陡, 边坡越容易失稳, 坡度越缓, 边坡越稳定; 高度越大, 边坡越容易失稳, 高度越小, 边坡越稳定。

(3) 边坡的工作条件

边坡的工作条件主要是指边坡的外部荷载，包括边坡和边坡顶上的荷载、边坡后传递的荷载，如公路路堤边坡顶上的汽车荷载、人行荷载等，储灰场后方堆灰传递的荷载，水坝后方水压力等。

边坡体后方的水流及边坡体中水位变化情况是影响边坡稳定的一个重要因素，它除自身对边坡产生作用外，还影响边坡体材料的物理力学指标。

(4) 边坡的加固措施

边坡的加固是采取人工措施将边坡的滑动传递或转移到另一部分稳定体中，使整个边坡达到一种新的稳定平衡状态，加固措施的种类不同，对边坡稳定的影响和作用也不相同，但都应保证边坡的稳定。

二、 边坡稳定性分析基本理论和假定

边坡稳定分析的方法比较多，但总的说来可分为两大类，即定性分析法和定量分析法，定性分析方法中的代表是工程地质类比法，而定量分析方法中得代表是以极限平衡理论为基础的条分法和以弹塑性理论为基础的数值计算方法。

给学生简单介绍一下条分法，工程地质类比法和赤平极射投影法在边坡工程地质问题拿一章重点讲解，带领学生回忆、复习一下这两种方法。

条分法主要讲解基本思路，

条分法以极限平衡理论为基础，由瑞典人彼得森(K.E.Petterson)在1916年提出，20世纪30~40年代经过费伦纽斯(W.Fellenius)和泰勒(D.W.Taylor)等人的不断改进，直至1954年简布(N. Janbu)提出了普遍条分法的基本原理，1955年毕肖普明确了土坡稳定安全系数，使该方法在目前的工程界成为普遍采用的方法。

条分法实际上是一种刚体极限平衡分析法。其基本思路是：假定边坡的岩土体坡坏是由于边坡内产生了滑动面，部分坡体沿滑动面而滑动造成的。滑动面上的坡体服从破坏条件。假设滑动面已知，通过考虑滑动面形成的隔离体的静力平衡，确定沿滑面发生滑动时的破坏荷载，或者说判断滑动面上的滑体的稳定状态或稳定程度。该滑动面是人为确定的，其形状可以是平面、圆弧面、对数螺旋面或其他不规则曲面。隔离体的静力平衡可以是滑面上力的平衡或力矩的平衡。隔离体可以是一个整体，也可由若干人为分隔的竖向土条组成。由于滑动面是人为假定的，我们只有通过系统地求出一系列滑面发生滑动时的破坏荷载，其中

最小的破坏荷载要求的极限荷载与之相应的滑动面就是可能存在的最危险滑动面。

条分法的基本假定如下:

把滑动土体竖向分为 n 个土条, 在其中任取1条记为 i , 如图13-1所示, 在该土条上作用的已知力有: 土条本身重力 W_i , 水平作用力 Q_i (如地震产生的水平惯性力等), 作用于土条两侧的孔隙水压力 U_i 及 U_{i+1} , 作用于土条底部的孔隙水压力 U_{di} 。土条上的力矢多边形如图13-2所示。当滑面形状确定后, 土条的有关几何尺寸也可确定, 如底部坡角 α_i , 底弧长 l_i , 滑面上的土体强度 c' , $tg\phi'_i$ 也已确定。

要使整个土体达到力的平衡, 其未知力还有: 每一土条底部的有效法向反力 N'_i , 共 n 个; 两相邻土条分界面上的法向条间力 E_i , 共 $n-1$ 个, 切向条间力 X_i , 共 $n-1$ 个; 两相邻土条间力 X_i 及 E_i 合力作用点位置 Z_i , 共 $n-1$ 个; 每一土条底部切力 T_i 及法向力 N_i 的合力作用点位置 a_i , 共 n 个。另外, 滑体的安全系数 F_s , 1个。

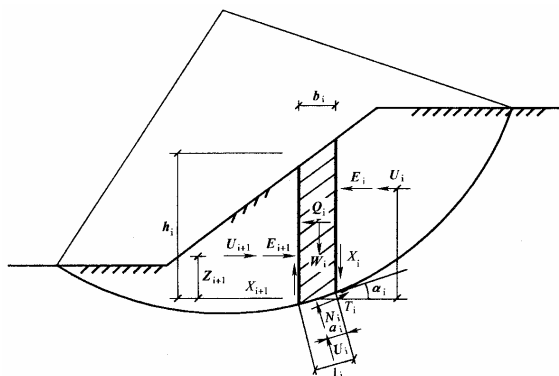


图 13-1 作用于土条上的各种力

综合上述分析, 我们得到共计有 $5n-2$ 个未知量, 我们能得到的只有各土条水平向及垂直向力的平衡以及土条的力矩平衡共计 $3n$ 个方程。因此, 边坡的稳定分析实际上是一个求解高次超静定问题。如果土条比较薄(b_i 较小), T_i 与 N_i 的合力作用点可近似认为在土条底部的中点, a 变为已知, 未知量变为 $4n-2$ 个。与已有的方程数相比, 还有 $n-2$ 个未知量无法求出, 要使问题有唯一解就必须建立新的条件方程。解决的途径有两个: 一个是利用变形协调条件, 引进土体的应力~应变关系, 另一个是作出各种简化假定以减少未知量或增加方程数。前者会使问题变得异常复杂, 工程界基本上不采用, 后者采用不同的假定和简化, 而导出不同的方法。

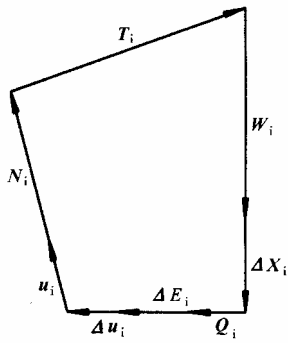


图 13-2 土条的力矢多边形

假定 $n-1$ 个 X_i 值，更简单地假定所有 $X_i=0$ ，这就是常用的毕肖普方法。

假定 X_i 与 E_i 的交角或条间力合力的方向，而有斯宾塞 (Spencer. E) 法，摩根斯坦—普赖斯法 (Morgenstem—N. R, Price. V. E)、沙尔玛法 (Sarma. S. K.) 以及不平衡推力传递法。

假定条间力合力的作用点位置，而有简布 (N. Janbu) 提出的普遍条分法。

考虑土条间力的作用，可以使稳定安全系数得到提高，但有两点必须注意：一是在土条分界面上不能违反土体破坏准则，即切向条间力得出的平均剪应力应小于分界面土体的平均抗剪强度；二是不允许土条间出现拉应力，如果这两点不能满足，就必须修改原来的假定，或采用别的计算办法。

研究表明，为减少未知量所作的各种假设，在满足合理性要求的条件下，求出的安全系数差别都不大。因此，从工程实用观点来看，在计算方法中无论采用何种假定，并不影响最后求得的稳定安全系数值。我们进行边坡稳定分析的目的，就是要找出所有既满足静力平衡条件，同时又满足合理性要求的安全系数解集。从工程实用角度看，就是找寻安全系数解集中最小的安全系数，这相当于这个解集的一个点，这个点就是边坡稳定安全系数。

需要说明的是，采用极限平衡法来分析边坡稳定，由于没有考虑土体土身的应力—应变关系和实际工作状态，所求出土条之间的内力或土条底部的反力均不能代表边坡在实际工作条件下真正的内力和反力，更不能求出变形。我们只是利用这种通过人为假定的虚拟状态来求出安全系数而已。由于在求解中做了许多假定，不同的假定求出的结果是不相同的，但由于极限平衡法长期在工程中应用，各行业应用不同的方法，都积累了大量的经验，工程界就用这种虚拟状态，来近似模拟实际工作状态，再加上工程经验从而作出工程设计判断。

为了克服极限平衡法的不足,人们提出了以有限元法为代表的各种数值计算方法。有限元法,是将边坡体离散成有限个单元体,或者说,用有限个单体所构成的离散化结构代替原来的连续体结构,通过分析单元体的应力和变形来分析整个边坡的稳定。参见其它相关参考书,本章不再赘述。

总结:影响边坡稳定性的因素(4个方面)、边坡稳定性分析计算(条分法)

13.3 边坡病害的防治

以防为主,辅以治理

13.3.1 边坡病害的防治原则(12个,适当的列举一些现实生活中的例子进行讲解)

(1)坚持以工程地质条件为依据。重视滑坡定性评价,辅以定量评价。定量评价一定要满足定性评价。

(2)安全性:根据防治对象的重要程度,设计使用年限。根据地震条件、地下水条件合理地拟定滑坡推力计算的安全系数。

(3)技术经济合理性:充分利用一切地形、地质条件,因地制宜地采取有效工程措施,加强滑坡的整体稳定性,做到工程措施、技术、经济合理性。

(4)实施的可能性:充分考虑施工过程和顺序,以保证滑体逐步趋于稳定,并确保施工人员安全。

(5)重视社会人文因素:制订工程措施和施工顺序时,应注意协调施工与当地居民生活的关系,尽量不影响当地居民正常生活。

(6)重视环保绿化。

(7)对于性质复杂的大型滑坡,可以绕避时应尽量绕避。当绕避有困难或在经济上显著不合理时,应视滑坡规模、公路与滑坡的相互影响程度、防治与治理费用等条件,设计几种方案比选。

(8)对于可能突然发生急剧变形的滑坡,应采取迅速有效的工程措施;对于滑坡缓慢的大型滑坡,应全面规划和整治,仔细观察每期工程的效果,以采取相应的治理措施;对于施工及运营中产生的大型滑坡,应慎重做出绕避、治理方案或局部改移与防治措施相结合的方案等,经全面综合比较后决定取舍,应采取预

防措施, 避免其复活或产生新的滑坡。

(9)对于性质简单的中小型滑坡, 一般情况下可进行整治, 路线不必绕避。但应注意调整路线平、纵面位置, 以求整治简单、工程量小、施工方便、经济合理。

(10)路线通过滑坡的位置, 一般滑坡上缘或下缘比滑坡中部好。滑坡下缘的路基易设成路堤形式, 以减轻滑体自重; 对于窄长而陡峭的滑坡, 可用旱桥通过。

(11)整治滑坡之前, 一般应先做好临时排水系统, 以减缓滑坡的发展, 然后针对引起滑坡滑动的主要因素, 采取相应的措施。

(12)滑坡整治工程宜在旱季进行, 并注意施工方法和程序, 避免引起滑坡的发展。

13.3.2 边坡整治

(重点讲述, 先介绍工程防护技术和植物防护技术, 然后针对复杂问题, 介绍综合防护技术, 主要从各种防护的使用范围、优缺点方面进行讲解, 并简单介绍一下做法及注意事项。)

(一) 边坡工程防护技术

1. 坡面防护

坡面防护措施主要有抹面、捶面、喷砂浆和喷混凝土、勾缝和灌浆、护面墙、干砌片石、浆砌片石等方式。

(1) 抹面防护

适用于易风化的软质岩层路堑边坡, 在坡面上加设一层耐风化表层, 以隔离大气的影晌, 防止风化。常用的抹面材料有各种石灰混合料灰浆、水泥砂浆等。抹面厚度一般为 3~7cm, 可使用 6~8 年。为防止表面产生微细裂缝影响抹面使用寿命, 可在表面涂一层沥青保护层。

(2) 捶面防护

适用于易受冲刷的土质边坡或易风化剥落的岩质边坡, 且坡度不陡于 1:0.5。其防护性质与抹面防护相近, 使用材料也大体相同。一般厚度为 10—15cm, 捶面厚度较抹面厚度要大, 相应强度较高, 可抵抗较强的雨水冲刷, 使用期限为 8~10 年。

(3)喷砂浆和喷混凝土防护

适用于坡面易风化、节理裂缝发育、坡面为碎裂结构的岩石坡面,其主要作用是岩石进一步风化,增加边坡的稳定性和保护边坡不发生落石崩坍。喷射混凝土护坡在具有重量轻、防止风化、施工简单等优点的同时,也具有费用高、厚度难控制、易偷工减料、对公路自然景观破坏大、封面阻水易引起边坡饱水坍塌滑坡的缺点。

(4)勾缝和灌浆

适用于较坚硬且不易风化的岩石路堑边坡,节理裂缝多而细者用勾缝,大而深者用灌浆。

(5)做护面墙

用于风化严重或易风化的软质岩,也用于较破碎岩石的挖方边坡和坡面易受侵蚀或易小型坍塌的土质边坡。护面墙必须建在符合稳定边坡要求的地段,且护面墙的基础应设置在稳定的地基上。其优点是既提高了挖方边坡的稳定性,又降低了边坡高度,还减少了边坡挖方数量、节省了工程造价。

(6)干砌片石防护

适用于土质、软岩及易风化、破坏较严重的填挖方路基边坡。在砌面防护中,宜首选干砌片石结构,这不仅为了节省投资,而且可以适应边坡有较大的变形。但干砌片石受水流冲击时,细小颗粒易被流水冲刷带走而引起大的沉陷,为防止坡面土层被水流冲出和减轻漂浮物的撞击力,应在干砌片石防护下设置碎石或砂砾构成的垫层(反滤层),垫层也可用土工织物代替。

(7)浆砌片石护坡

一般适用于易受水侵蚀的土质边坡、严重剥落的软质岩石边坡、强风化或较破碎岩石边坡、残坡积较厚而松散的边坡。

2.锚杆加固防护

坡面为碎裂结构的硬岩、层状结构的不连续地层、坡面岩石与基岩分离有可能下滑的挖方边坡适用于锚杆防护。这种防护还特别适用于岩层倾角接近边坡坡角和有裂隙的厚层岩石。

另外,还有在一些土质边坡中常用的土钉墙,原理上与锚杆及抗滑桩相同,通过打入土钉,增加边坡土体的整体抗滑力,达到提高边坡稳定系数的目的。

3.支挡工程

(1)抗滑挡土墙

抗滑挡土墙是整治滑坡常用的有效措施之一。抗滑挡土墙一般设置在滑坡前缘,挡土墙基础必须深埋于滑动面(带)以下的稳定地层中,以免随滑体被推走。抗滑挡土墙采用重力式,利用墙身重量来抗衡滑体,优点是取材容易、机械化要求不高、施工方便、见效快。

(2)抗滑桩

抗滑桩又称锚固桩,是近年来应用广泛的一种新型抗滑支挡结构物,抗滑桩埋于稳定滑体中,依靠桩与桩周岩(土)体的相互嵌制作用把滑坡推力传递到稳定地层,利用稳定地层的锚固作用和被动抗力,使滑坡得到稳定。

(二)边坡植物防护技术

植物防护是指在稳定的边坡上,进行种草、铺草皮、植树等对公路进行绿化防护的形式。主要作用是维持与恢复因修建公路而破坏的公路沿线生态系统平衡及美化环境、保护生态。

1.边坡防护植物选择的原则

综合考虑,植物选择的原则主要有以下几点:

1)从护坡功能考虑,植物防护首先要求能加固稳定边坡,而且有绿化和改善公路环境的作用,所以防护植物要求有以下特点:

- (1)植物根系发达,有良好的固土和护坡效果;
- (2)覆盖度大,密度大;
- (3)绿期长,多年生,耐践踏,适宜于粗放管理,容易移植、繁殖,最好能自然繁殖衍生,易于管理;
- (4)最好有较强的抗污染和净化空气的能力。

2)从气候土质环境考虑,理想的防护植物应具有以下条件:

- (1)适合当地气候(主要是湿度和降水)条件;
- (2)抗逆性强,易繁殖,有抗寒、耐热、抗旱等性能;
- (3)具有抗病毒、抗倒伏性能,生长快,扩张性强,在短时间内就能郁闭边坡;
- (4)耐贫瘠、耐粗放;

(5)能适应如盐碱等特殊环境条件。

2.植物防护技术的种类及特点

根据不同的边坡地质条件,采用不同的施工方法和施工工艺可将边坡生态防护技术分为:种草防护、铺草皮防护、植树防护、液压喷播植草防护、土工网植草防护、行栽香根草防护、蜂巢式网格植草防护、客土植生植物防护、喷混植生植物防护、三维网植草防护、土工格室结合三维网植草防护等。

(1)种草防护

种草坡面防护适用于边坡稳定、坡面冲刷较微且边坡高度不高、坡度不陡于1:1.25、适宜种草的土质边坡或经改良的边坡;一般要求边坡高度不高(<6m)、不浸水或短期浸水,边坡上已扎根的种草坡面防护可容许缓慢流水的短期冲刷。种草坡面防护一般不适于岩石边坡防护,若要在岩石边坡中适用,需使用针对岩石边坡研发的生物防护技术。

种草常用的几种播种方法:①撒播;是最简单易行的方法,适用于比较松软的土质边坡。②沟播;适用于土质比较坚硬的边坡上,须对沟内土体进行换土处理,使草籽易于发芽生长。③喷播;适用于人员作业不便,或因边坡土质过于贫瘠、或是岩石边坡上。④植生带;在暴雨强度较大的地区,可在坡面上铺设草坪植生带进行种草。

种草进行坡面防护的特点:施工简单方便、成本低、劳动强度小、施工进度快、美化路容与保护环境,具有较好的经济效益与社会效益,因此,在有条件的地方应尽量使用。

(2)铺草皮防护

铺草皮防护是通过人工在边坡面铺设天然草皮的一种传统边坡植物防护措施。适用于边坡坡度较陡,冲刷稍严重、需要迅速得到防护或绿化的土质边坡。铺草皮坡面防护方法,其作用与种草坡面防护一样,可以迅速对施工完后的边坡实施坡面防护。

铺草皮的方法,可根据坡面冲刷的情况、边坡坡度、坡面水流速度的具体条件,分别采用平铺(平行于坡面铺装)、水平叠铺(平行于水平地面)、垂直叠铺(垂直于坡面)、斜交叠铺(与水平坡面垂直成一小于90°的角)等形式。

平铺草皮防护,具有施工简单、工程造价较低等特点,适用于边坡高度不高且坡度较缓的各种土质及严重风化的岩层和成岩作用差的软岩层边坡防护工程,

是设计应用最多的传统坡面植物防护措施之一,但由于施工后期养护管理困难,平铺草皮易被冲走,且成活率低,工程质量往往难以保证,达不到满意的边坡防护效果,而且易造成坡面冲沟、表土流失、坍塌等边坡病害,导致大量的边坡病害整治、修复工程。

(3)种树防护

植树应在 1: 1.5 或更缓的边坡上,或在边坡以外河岸及漫滩处。主要作用是加固边坡、防止和减缓水流的冲刷。植树品种以根系发达、枝叶茂盛、生长迅速的低矮灌木为主。

(4)土工网植草防护

土工网植草护坡,是国外近十多年新开发的一项集坡面加固和植物防护于一体的复合型边坡防护措施。目前,国内土工网植草护坡在公路、堤坝边坡防护工程中使用较多,铁路部门相对较少。

(5)行栽香根草防护

香根草是近十多年才被人们“重新发现”的一种禾本科植物,长势挺立,根系发达、粗壮,耐旱、耐涝、耐火、耐贫瘠、抗病虫、适应能力极强。行栽香根草护坡充分利用了香根草的优良特征,具有显著增强边坡稳定性和理想的固土护坡功能,大有取代传统片石护坡之趋势。目前国内应用较少,还有待于在公路、铁路、堤坝、城市建设等边坡防护工程中进一步试验推广。

(6)蜂巢式网格植草防护

蜂巢式网格植草防护,是一项类似于干砌片石护坡的边坡防护技术,是在修整好的边坡坡面上拼铺正六边形混凝土框砖形成蜂巢式网格后,在网格内铺填种植土,再在砖框内栽草或种草的一项边坡防护措施。这种护坡施工简单,外观齐整,造型美观大方,具有边坡防护、绿化双重效果,工程造价适中,略高于浆砌片石骨架护坡,多用于填方边坡的防护。

(7)客土植生(客土喷播)植物防护

客土植生植物护坡,是在边坡坡面上挂网机械喷填(或人工铺设)一定厚度、适宜植物生长的土壤或基质(客土),并喷播种子的边坡植物防护措施。将植物生长基质(客土)和种子用挂网喷附的方式覆盖在坡面,实现对岩石边坡的防护和绿化。多用于普通条件下无法绿化或绿化效果差的边坡。施工工序为:清理坡面、

钻孔打锚杆、挂网、喷射客土。

由于客土可以由机械拌和,挂网实施容易,因此,施工的机械化程度高,速度快,无论从效率和成本上都比浆砌片石护面墙和挂网喷混凝土防护要优越。该技术在公路边坡防护中已被大量应用,在日本等国家已经被作为边坡绿化的常规方法加以应用,植被防护的效果良好,基本不需要养护即可维持植物的正常生长。

(8)喷混植生植物防护

喷混植生植物防护是类似于客土喷播的一项生态防护技术,是在稳定岩质边坡上施工短锚杆、铺挂镀锌铁丝网后,采用专用喷射机,将拌和均匀的种植基材喷射到坡面上,植物依靠“基材”生长发育,形成植物护坡的施工技术,具有防护边坡、恢复植被双重作用,可以取代传统的喷锚防护、片石护坡等圬工措施。该技术已广泛应用于铁路、公路、水利等各类岩石边坡绿化防护工程中。

对于边坡稳定性不足者,首先在坡面上打设锚杆并挂镀锌编织铁丝网起到稳定坡面的作用,然后将由豁土、谷壳、锯末、水泥、复合肥以及草木种子等通过一定配方拌和的混合物喷射在边坡上,喷射厚度一般为 0.06—0.1m,视坡度和坡面的破碎程度而定。对于边坡比较稳定者则可以直接在原始坡面上喷射混合物。一周之后,岩石坡面上就会逐渐形成草木结合的植被绿化。与客土喷播相比,此项技术的缺点是保水、保肥效果较差,植物演替及隔热性能较低。

(9)植生基质喷射防护

岩石边坡生态防护工程技术——植生基质喷射技术(简称 PMS 技术),可应用于坡度小于 1: 0.5 的软岩、硬岩边坡及酸性、强酸性土质边坡。

PMS 技术是利用活性植物材料即植生基质(PGM),结合土工合成网等工程材料,在岩石坡面构建一个具有自我生长能力的功能系统,利用植生基质按设计厚度喷射到岩石坡面上,通过植物的生长活动和其他辅助工程措施进行边坡加固的一门高新技术。PMS 技术主要有三道工序,即打锚杆(锚钉)、挂土工合成网和喷植生基质。PMS 技术成本低,不足国内外同类技术成本的一半,且施工后养护较粗放,维护简便,只需作适当的浇水管理。选择适合生长的混合植物种子,以形成草本植物群落(先锋植被)一草、灌混生植物群落(进化植被)一草、灌、乔多样性混生群落(稳定的护坡植被)的合理生态演变过程,从而达到良好的护坡效果。

（三）路基边坡防排水

“疏、堵、绿、补”四字方针。

重点讲述前两种，后两种补充讲解

“疏”就是有效地疏导路面积水，使其及时排出路基。要做好水流疏导工作，必须保持跌水槽、急流槽、截水沟、排水沟、路边沟等排水设施的有效性和完好性，保证路面不积水，排水系统水位不受自然因素影响，以确保路堤的稳定。

如何疏导路面积水是边坡排水中的重点，是保证边坡稳定的根本。合理的排水设施设计是至关重要的。

i) 边坡排水设施及适用条件，见表 5—2

ii) 截水沟类型及设置要求如表 5—3，布置图式如表 5—4。

简单介绍截水沟设计的一般要求及截水沟断面形式

iii) 排水沟

排水沟布置图式及要求如表 5-5。

iv) 急流槽

急流槽类型及适用条件如表 5—6。

“堵”就是要堵住已损毁的圬工、砌体的孔隙和裂缝等处的渗漏水，同时还需要降低路基边沟水位，防止地下水位升高渗入路基，对路基造成侵蚀而降低路基强度。堵是对疏的补充，所谓大水要疏，小水要堵。要堵塞住漏水和渗水，就要使硬路肩与土路肩压顶之间、土路肩压顶与边坡防护砌体之间紧密联结，密不透气。没有土路肩压顶的路基，要做好土路肩横坡整理。根据路面宽度，等距离增设排水沟，保持路面排水顺畅。对因材料、结构、沉降、气候、雨水等原因引起的各种收缩缝、沉降缝、裂缝以及沉陷损坏等，要根据不同情况，分别采用沥青麻絮、砂浆、细粒式混凝土等进行填补修复，保证不漏水、不渗水。

“绿”就是在路基边坡种植低矮灌木类植物，通过绿化植物的根系来固土护坡，并且利用植物的枝叶减弱雨水对路基边坡的直接冲刷，保证边坡的稳定性，按公路养护技术规范和 CBM 工程的要求，搞好边坡绿化种植，可以避免雨水冲刷造成的边坡坍塌。

“补”就是要及时填补边坡缺土。当天气恶劣，土质含水量大，或边坡较陡时，可外掺适量水泥或生石灰粉，用来降低土的含水量，提高边坡填土初期稳定性。

补土时，应先将松散、潮湿的土方挖掘出来，整出台阶，然后分层填筑、夯实。每层填土厚度控制在10cm左右，夯击应采用均匀、密集的“鱼鳞夯”法，保证填土密实，回填完毕后整理好坡面，恢复好原坡形并适时补种植物。补土是对绿化工作的一种补充和辅助，两者相辅相成。造成缺土病害的原因大都是由于原路基填土不密实或人为破坏、绿化不到位等造成的，及时补土、适时绿化就显得非常重要。

“疏、堵、绿、补”这4种防治边坡水害的方法，是通过实践总结出来的行之有效的办法。绿和补可以通过植物防护技术实现，前两种结合工程防护技术中的其它技术共同实现路基边坡的防护。在实际中要结合具体情况，因地制宜，灵活应用，才能发挥其花钱少、见效快、防治效果好的优点。

（四）边坡综合防护技术

综合防护技术是指将植物防护与工程防护技术有机结合起来，实现共同防护的一种方法。主要考虑边坡加固、边坡水土保持及生态恢复三个方面。通常采用三维网、混凝土、浆砌片(块)石、浆砌卵(砾)石等做骨架形成框格，框格内采用种草或铺草皮，并同时进行边坡防排水处理。其特点是可充分发挥植物防护与工程防护的优点，取长补短，施工简单，施工速度快、效果好。

1.综合防护技术的种类及特点

1)三维植被网结合植被护坡技术

三维植被网结合植被护坡技术是最近几年发展起来的一种边坡防护技术，在我国山区已被广泛应用，正在向内陆地区推进。

优点：施工方便、工期较短、造价低廉、护坡效果好，可在短期内绿化、美化边坡，使公路与周围环境景观融为一体，并有利于生态平衡的恢复与维持。

(1)三维网垫的性能与功能（简单介绍）

(2)三维土工网垫作框格的优点

- ①工程造价低。
- ②社会效益好。
- ③工程效果好。

2)框格结构结合植草护坡

框格护坡可采用混凝土、浆砌片块石、卵(砾)石等材料做骨架，框格内宜采

用植物防护或其他辅助防护措施。

适用于土质或风化岩石边坡防护。

框格的骨架宽度宜采用 20~30cm，嵌入坡面深度应视边坡土质和当地气候条件来确定，一般为 15~20cm。框格的大小应视边坡坡度、边坡土质来确定，并应考虑与景观的协调；骨架一般采用方格形，与边坡水平线成 45°夹角，方形框格尺寸宜为 1.0m×1.0m~3.0m×3.0m。如做成拱形骨架的形式，拱圈的直径宜为 2~3m。采用框格的边坡坡顶(0.5m)及坡脚(1.0m)应采用与骨架部分相同的材料镶边加固，加固条带的宽度宜为 40~50cm。

(五) 边坡处治技术的发展(简单介绍, 加深学生对边坡处治技术的理解和记忆)

边坡治理是一项技术复杂、施工困难的灾害防治工程。近年来, 随着高速公路建设事业的迅速发展, 以及大型重点工程项目的日益增多, 边坡治理总是越来越突出。

在20世纪50年代, 我国治理边坡主要采用地表排水、清方减载、填土反压、抗滑挡墙及浆砌片(块)石防护处治等措施。但工程实践证明, 采用地表排水、清方减载、填土反压仅能使边坡暂时处于稳定状态, 如果外界条件的发生改变, 边坡仍然可能失稳。在1981年洪水期间, 宝成铁路有10处滑坡是属于曾经整治过但仅采取排水、减载或抗滑挡土墙措施。

20世纪60年代末期, 我国在铁路建设中首次采用抗滑桩技术并获得成功。随后在成昆线、湘黔线、宝成线、川黔线等铁路建设中推广应用。抗滑桩技术的诞生, 使一些难度较大的边坡工程问题的处理成为现实, 由于它具有布置灵活、施工简单、对边坡扰动小、开挖断面小、圬工体积小、承载能力大、施工速度快等优点, 受到工程师们和施工单位的欢迎, 在全国范围内迅速得到推广应用, 并从20世纪70年代开始逐步形成以抗滑桩支挡为主、结合清方减载、地表排水的边坡综合治理技术。1975铁道部颁布的《铁路工程技术规范》有关路基章节中对滑坡治理强调一次根治, 强调综合整治, 重视支挡作用, 将地表排水、地下排水、抗滑挡土墙作为主要技术推荐, 将抗滑桩作为新技术推荐, 强调减载要注意是否会引起后部次生滑坡的产生。1985年修订的《路基设计规范》(TBJ 1—85), 与1978年规范对照, 其变化之处在强调支挡为主、综合整治, 抗滑桩作为一种主要措施被

推荐。

在20世纪80年代末期，由于锚固技术理论研究和凿岩机械突破性发展，我国开始采用锚喷防护技术。锚喷技术的采用对高边坡提供了一种施工快速、简便、安全的处治防护手段，因此很快得到广泛采用。对于排水，人们也有了新的认识，主张以排水为主、结合抗滑桩、预应力锚索支挡综合整治。南昆铁路八渡车站巨型滑坡，采用地面、地下、立体排水、锚索和锚索桩支挡、建立滑坡地质环境保护区的综合治理措施获得成功，并被誉为20世纪90年代治理巨型滑坡的成功典范。

在20世纪90年代，压力注浆加固手段及框架锚固结构越来越多地用于边坡处治，尤其是用于高边坡的处治防护工程中。它是一种边坡的深层加固处治技术，能解决边坡的深层加固及稳定性问题，达到根治边坡的目的，因而是一种极具广泛应用前景的高边坡处治技术。

目前可供采用的边坡加固措施很多，有削坡减载技术、排水与截水措施、锚固措施、混凝土抗剪结构措施、支挡措施、压坡措施以及植物框格护坡、护面等，在边坡治理工程中强调多措施综合治理的原则，以加强边坡的稳定性。然而随着工程建设规模的不断增大，边坡高度增高，复杂性增大，对边坡的处治技术要求也越来越高。如采矿边坡可达300~500m，在新西兰已达1000m；举世瞩目的长江三峡工程，其双线连续五级船闸是世界上规模最大的船闸，位于山顶劈岭下切的岩槽中，土石方开挖量达3700万立方米，形成的花岗岩体高边坡高度达170多米，且下部为50~60m的直立岩墙，在边坡加固中仅锚杆用量就达18万多根。可以预见，随着科学技术的发展，边坡处治技术将得到进一步的发展，并逐步走向完善。

总结：边坡的整治原则（了解）边坡的整治措施（掌握）边坡处置技术的发展（了解）

13.4 边坡整治实例

工学结合，让学生在真实的边坡病害案例中去体会方案的确定和选择，除了介绍一下下面的案例以外，自己补充案例进行讲解，让学生自己分析，给出自己的看法和解决方案。

下面我们以某路段（K82+750~K83+030 段）高陡边坡病害的综合处治为例，给大家简单介绍一下边坡整治问题。

（1）工程地质及自然环境条件

该段左侧陡立坡体为块碎砾石土，成分比例为块石 60~80%、角砾 15%、其余为细粒土，呈密实状态，有轻微钙化现象，无地下水渗出。边坡整体欠稳定，时常碎落、坍塌及掉块，其中 K82+880~K82+945 段曾在 1998 年发生整体错落，造成较严重的交通及河道堵塞。坡口线以上为缓坡，灌木丛生，并混杂有部分小乔木。

（2）方案简介

根据病害特征和环境条件，拟定竖梁锚杆防护、框架锚索锚杆防护、重力式挡土墙加削坡及棚洞等 4 个处治方案进行比较。

竖梁锚杆防护方案：于坡脚设置 3 米高度的矮挡，之上按 1: 0.3 坡度、10 米高度及 2.0 米平台宽度分级清理边坡；分级采用全长粘结锚杆加竖梁防护，第一级边坡竖梁间距 2 米，第二三级边坡竖梁间距 3 米；边坡平台设置排水沟和绿化池，坡顶设置截水沟。竖梁锚杆防护段落为 K82+750~K82+880 及 K82+940~K83+040 两段。该方案占用坡顶灌木林地最大宽度仅 10 米。

框架锚索锚杆防护方案：于坡脚设置 3 米高度的矮挡，之上按 1: 0.25 坡度、12 米高度及 2.0 米平台宽度分级清理边坡；第一级采用预应力锚索框架梁防护，其余 2 级采用长锚杆框架梁防护，框架间距 4.5 米，并采用挂网喷射砼封闭边坡；边坡平台设置排水沟和绿化池，坡顶设置截水沟。框架锚索锚杆防护段落为 K82+750~K82+880 及 K82+940~K83+040 两段。该方案占用坡顶灌木林地最大宽度 9 米。

重力式挡土墙加削坡方案：于坡脚设置 8 米高度的挡土墙，其上按 1: 0.75 坡度分 3 级削坡，挂铁丝网植草绿化防护。该方案墙顶边坡最大高度 31 米，占用坡顶灌木林地最大宽度 27 米。

棚洞方案：采用棚洞防止边坡碎落、坍塌及错落等对行车安全的危害，棚洞内设直立俯斜式挡土墙，墙后回填，支挡边坡土体；外设钢筋砼排架采光；顶部采用钢筋砼盖板遮挡坠落土体。

（3）方案比选

各方案工程数量、费用的估算及比较见表 13-7。

竖梁锚杆防护方案与其它方案相比，工程造价较低，较小范围的削坡，减少废方处理难度，有效地保护坡顶森林植被，因此作为推荐方案。

框架锚索锚杆防护方案削坡范围最小，较好地保护生态环境和坡顶森林植被，但对块碎石土采用预应力锚索锚固属于新工艺，其可靠性有待进一步研究，且工程造价最高。

重力式挡土墙加削坡方案工程造价最省，但在九寨沟口街区产生如此大量的挖方，废弃极其困难，对生态环境和坡顶植被造成极大破坏；高大的挡土墙结构景观不协调；高陡边坡全坡面绿化，不易成功。

棚洞方案完全避免对边坡及坡顶植被的破坏，确保道路行车安全，但严重阻挡行车视线，景观协调性极差。

K82+750~K83+030 段边坡病害处治方案比较表 表 13-7

工 程 项 目	单 位	竖梁锚杆 防护方案	框架锚索锚杆 防护方案	重力式挡土墙 加削坡方案	棚洞方案
比较里程长度	公里	0.280	0.280	0.280	0.280
占用林地	平方米	1250	1190	5158	/
路基挖土方	立方米	21096	19486	54040	
回填方	立方米	/	/	/	17808
防护砌块圬工砼	立方米	2256	2246	5516	/
防护现浇圬工砼	立方米	/	/	/	4620
防护钢筋砼	立方米	517	363	/	2344
水下桩基砼	立方米	/	/	/	540
喷射砼护坡	平方米	/	5000		
长锚杆	米	17102	3883	/	/
短锚杆	米	/	1931	/	/
四绞线锚索	米	/	10152	/	/
挂网植草绿化	平方米	/	/	14840	/
建安费 / 征地费	万元	477 / 8	532 / 7	460 / 31	512 / 0
推 荐 方 案		推 荐			

总结: 同学们在学习过程中要学会独立思考问题, 并把学到的理论知识用于实践, 真正的学以致用, 本次课结束后要会针对不同的边坡病害提出可行的整治方案, 并对别人的方案能提出自己的看法和建议。

14 路基病害工程监测与检测

14.1 概述

- 一、路基病害整治施工监测的目的
- 二、路基病害整治施工监测原则
- 三、路基病害整治施工监测应注意的问题
- 四、路基病害整治施工监测的内容

根据《公路路基设计规范》JTG D30-2004 和《公路路基施工技术规范》JTG F10-2006 的要求: 路基病害整治工程监测主要包括路堑边坡或滑坡监测、高路堤稳定和沉降观测、预应力锚固工程原位监测等三部分, 涉及路基沉降、稳定和地基承载力。故在本章中主要以软土地基为例介绍路基病害整治中路基的稳定和沉降监测方法, 同时对复合地基载荷试验作简要介绍。

14.2 路基病害整治监测技术要求

路基病害整治施工监测技术要求是根据《公路路基设计规范》JTG D30-2004 和《公路路基施工技术规范》JTG F10-2006 中对滑坡地段路基、高填方路堤和软土地区路基等特殊路基稳定性提出的内容为依据, 具体如下:

一、高填方路堤

1. 高路堤稳定性分析的强度参数
2. 路堤稳定性分析
3. 路堤的稳定安全系数
4. 路堤基底处理

路堤基底处理应符合《公路路基设计规范》JTG D30-2004 第 3.3.5 条有关地基表层处理的规定, 当地基中分布有软弱土层时, 应按软土地段路基的有关规定,

做好地基加固设计。当路堤稳定安全系数小于表 12-3 中相应的稳定安全系数时,应采取改善基底条件或设置支挡结构物等措施。

5. 路堤稳定性监测

二、软土地区路基

1. 软土地基上公路路基的设计包括沉降计算、稳定验算及其相应的处治方法的设计;施工中的沉降与侧向位移(稳定)观测的技术要求应作为设计内容。

2. 软土的鉴别指标及依据
3. 稳定验算
4. 地基稳定性与工后沉降控制标准
5. 沉降与稳定观测
6. 路面铺筑时间的确定

三、滑坡地段路基

1. 滑坡稳定性分析

(1) 滑坡稳定性评价

滑坡稳定性应采用工程地质类比法和力学计算进行综合评价。验算时,高速公路、一级公路安全系数应采用 1.20-1.30;二级及二级以下公路安全系数应采用 1.15-1.20;考虑地震力、多年暴雨的附加作用影响时,安全系数可适当折减 0.05-0.1。

(2) 滑坡稳定性计算方法

2. 施工监测与动态设计

(1) 高速公路、一级公路的滑坡防治应进行滑坡监测与动态设计。滑坡防治监测包括施工安全监测、防治效果监测和营运期监测,应以施工安全监测和防治效果监测为主。在施工期间,监测结果应作为判断滑坡稳定状态、指导施工、反馈设计和防治效果检验的重要依据。

(2) 滑坡监测项目可按表 12-8、附表 12-9 选定。

路堑边坡或滑坡监测

表 12-8

监测内容	监测仪器或方法	监测目的
地表监 水平位移监	全站仪、光电测距	观测地表位移、变形发展情况

测	测	仪	
	垂直变形监测	水准仪	
	裂缝监测	标桩、直尺或裂缝计	观测裂缝发展情况
地下位移监测		测斜仪	探测相对于稳定地层的地下岩体位移，证实和确定正在发生位移的构造特征，确定潜在滑动面深度，判断主滑方向，定量分析评价边（滑）坡的稳定状况，评判边（滑）坡加固工程效果。
地下水位监测		人工测量	观测地下水位变化与降雨关系，评判边坡排水措施的有效性。
支挡结构变形、应力		测斜仪、分层沉降仪、压力盒、钢筋应力计	支挡构造物岩土体的变形观测，支挡构造物与岩土体间接触压力观测。

预应力锚固工程原位监测内容和项目

表 12-9

预应力锚杆工作阶段	监测内容		监测项目
施工阶段	锚杆体材料	锚杆的工作状态 锚杆的施工质量	锚杆张拉力；锚杆伸长值； 预应力损失
	锚固对象	加固效果	被锚固体的位移和变形
工程运营阶段	锚杆体	锚杆的工作状态	预应力值变化
	锚固对象	锚固工程安	被锚固体的位移与地下水状

		全状况	态
--	--	-----	---

(3) 监测点应布置在滑坡体稳定性差或工程扰动大的部位, 力求形成完整的剖面, 采用多种手段互相验证和补充。

(4) 防治效果监测应结合施工安全和营运期监测进行, 防治效果监测时间应在整治工程完工且公路营运后不少于一年, 施工期监测数据采集时间宜为每天一次, 营运期监测数据采集时间间隔宜为 7-15 天, 在外界扰动较大时, 如暴雨期间, 应加密观测次数。

(5) 应及时分析滑坡监测资料, 预测滑坡位移、变形的发展趋势和整治工程的效果, 适时调整滑坡整治工程设计和施工方案, 保证工程施工安全和路基稳定。

14.3 软土地基整治施工监测技术

一、软土地基整治施工监测内容

1. 软土地基整治监测内容
2. 软土地基整治监测工作

二、软土地基整治施工监测量测器具

量测器具的功能和质量极为重要, 往往是测试结果优劣的决定性因素。测量器具按测试原理分电测式和非电测式两大类。

三、变形监测技术

1. 控制点的布设与观测
2. 地表沉降观测
3. 沉降观测的实施
4. 土体内部沉降观测

四、土体水平位移观测

1. 测斜仪工作原理
2. 测斜仪的结构及技术指标
3. 测斜管埋设步骤
4. 观测

5. 观测成果

五、应力监测技术

1. 土中总应力测试

(1) 测试设备

(2) 工作原理

(3) 埋设要点

2. 孔隙水压力监测

六、试验段工程

高速公路工程是大型线形工程,投资规模大,技术要求高,地基处理是决定投资规模和工程质量的重要方面,因此在大面积施工前,需要进行试验工程或前期工程,其目的是验证和优化地基处理设计,确定地基处理施工工艺和质量控制标准。

1. 试验工程方案制订

14.4 复合地基载荷试验

一、适用条件

二、主要仪器

三、试验步骤

四、复合地基承载力特征值的确定

14.5 土层锚杆试验与监测

一、一般规定

1. 锚固体强度大于 15.0MPa 时,可进行锚杆试验。
2. 锚杆试验用加荷装置的额定压力必须大于试验压力。
3. 锚杆试验用反力装置在最大试验荷载作用下应保持足够的强度和刚度。
4. 锚杆试验用检测装置(测力计 位移计 计时表)应满足品设计要求的精度。

二、基本试验

三、验收试验

四、蠕变试验

五、锚杆预应力的长期监测与控制