

工程地质岩芯 编 录

适合铁路工程地质

2007-6-18

目 录

一、工程地质岩性描述的内容	3
二、铁路工程岩土分类及其性质的划分	4
三、工程地质岩芯描述细则及范例	9
岩石的描述	9
土类的描述	9
粘性土野外鉴定的步骤	10
粘性土的野外鉴定	10
软弱面岩芯的鉴定描述	11
四、附录	11
(一)、粘性土塑性状态、标贯击数的指压经验	11
(二)、泥灰岩的特征	11
(三)、花岗岩风化程度划分的野外特征及对应的标贯击数	11
(四)、石英与长石的区别	11
(五)、断层	12
(六)、变质岩	13
(1)、变质作用的因素	13
(2)、主要变质岩	13
(3)、变质岩的常见结构	13
(4)、变质岩的常见构造	13
(5)、混合岩化作用及混合岩	13
(6)、变粒岩	14
(7)、构造角砾岩	14
(8)、糜棱岩	14
(七)、岩溶	14
(八)、土洞	15
五、特殊类土	15
(一)、有机质土的分类	15
(二)、红粘土	15
(三)、混合土	15
(四)、黄土按年代分类及其特征	16
六、沉积岩的颜色	16
七、沉积岩之碎屑岩的胶结物	17
八、沉积岩之粘土岩分类及结构特征	17
九、三大类岩石主要鉴定标志	18
火山碎屑岩(凝灰岩)	18
十、我国侵入岩分期	18
十一、地质年代简表	20
十二、地质简史	21
十三、《铁路工程地质钻探规程》(TB10014-98)中有关规定	27
1、工程地质钻探回次进尺规定	27
2、铁路工程地质勘察钻探岩芯采取率的规定	27
3、扰动样取样标准	27
十四、水文地质试验(TB10049-2004)	28

一、工程地质岩性描述的内容

地层岩性描述是工程地质测绘的基本内容，是查明各种地质现象的基础，也是评价工程地质条件的基本因素，因此必须重视对地层岩性的描述。为了建立在描述上的共同语言，正确反映各种岩层的特性，特提出本内容，以供参考：

(一)、对各类岩质岩层的描述，一般应包括岩石名称、颜色（新鲜、风干、湿润的颜色）、成份（矿物成份、化学成份）、结构、构造、岩相变化、成因类型、特征标志、厚度、风化程度与裂隙情况、产状要素、地层时代和接触关系等。除此以外，对各类不同的岩层，还应有下列不同的描述重点：

1、沉积岩类：

对碎屑岩类应描述：颗粒大小、形状、成份、分选情况，胶结类型和胶结物质的化学成份，层理（平行层理、斜层理、波状层理和交错层理），层面构造（如波痕、泥裂等）和结核等。

对泥质岩类应描述物质成份，结构层面软化、泥化和崩解特性等。

对化学和生物岩类应描述化学成份，结晶情况，特殊的结构和构造（如鲕状结构、晶粒结构、生物结构、碎屑结构，竹叶状构造、斑点状构造，虎斑状构造等），层面特征及可溶性与岩溶现象等。

☆沉积岩的构造 按层理的稳定性分为平行的、斜层的及波状的；按层厚则分为：●巨厚层（ $h > 1m$ ），●厚层（ $0.5m < h \leq 1m$ ），●中厚层（ $0.1m < h \leq 0.5m$ ），●薄层（ $0.01m < h \leq 0.1m$ ），●微层（页片理）（ $0.001m < h \leq 0.01m$ ），●显微层（ $h < 0.001m$ ）。

☆沉积岩按胶结物分为：硅质、铁质、钙质及泥质等。

结合具体工程，对上述各种岩类，应着重描述软弱夹层，如页岩、泥岩、石膏、煤层、白垩、泥炭等，研究其分布、层位、层次层间接触性质、厚度和延续等情况。

2、岩浆岩类：

对侵入体应描述其与围岩间的穿插和接触关系，接触带特征，所处的构造部位和构造环境、流线、流面、析离体和捕虏体等情况，并根据岩性，岩相特征，划分出岩相带，描述岩床、岩墙、岩脉的风化破碎情况和软弱矿物的富集带等。

对喷出岩应描述喷发与溢流的形式，岩性岩相的分异变化规律，构造情况，注意喷发或溢出次数及各次间的间歇情况，玄武岩中熔渣、气孔等。

岩浆岩的结构：①、按结晶程度分为：全晶质、半晶质及玻璃质结构；②、按结晶颗粒的相对大小分为：等粒及斑状；③、按结晶颗粒的绝对大小分为：粗粒（ $\phi > 5mm$ ）；中粒（ $\phi = 1 \sim 5mm$ ）；细粒（ $\phi < 1mm$ ）；微粒（ $\phi < 0.2mm$ ）。

岩浆岩的主要构造分为：块状、带状、流纹状、气孔状及杏仁状等。

3、变质岩类：

对千枚岩、板岩类应注意片状、板状劈开的情况，泥质、炭质、钙质等软弱夹层，千枚岩的软化，板岩的泥化等情况。

对**片岩类**应注意片理、原岩层理、劈理的产状及各自的发育程度，各向异性及破裂劈开的情况；软硬矿物或片状矿物的富集和风化情况，沿片理的滑动蠕变情况，对泥质钙质片岩，还应注意其风化、泥化情况和失水崩裂现象。

对**片麻岩类**应描述片麻理构造，岩石的均一性和变化规律，软硬矿物的含量及其风化特性，软弱变质岩带或夹层，并结合变质作用，考虑其与侵入体、岩脉和区域构造的关系。

对**混合岩类**应考虑，混合岩化程度，混合岩的类型，及其演变情况，必要时进行混合岩带的划分。

对**大理岩与钙质岩石**应注意溶蚀情况。

变质岩的主要结构分为：碎裂结构，变余结构及变晶结构等。

变质岩的主要构造有：块状、千枚状、片状、片麻状、及条带状等。

(二)、对松散土层的描述：

对**碎石类土**应描述名称、颜色、成因类型、物质成份、颗粒级配、形状、风化程度、磨圆度，充填物的成份、性质及含量，潮湿程度与密实程度等。

对**砂类土**应描述名称、颜色、物质成份、颗粒级配、成因类型，粘性土含量，密实程度和潮湿程度等，以及干燥和潮湿时的状态。

对**粉土**应描述名称、颜色、成因类型、结构特征、密实程度、潮湿程度等。

对**粘性土**应描述名称、颜色、成因类型，含有机物的性质及含量，结构特征、稠度、以及亲水与失水时的状态，当区分新老粘性土时应判定其堆积时代。

二、铁路工程岩土分类及其性质的划分

仅列出《铁路工程岩土分类标准》(TB10077-2001)中常用的分类标准及部分《铁路工程地质原位测试规程》(TB10041-2003)

(一)、土的分类及名称

1、土的颗粒分组应符合表 1—1 的规定。（按铁道部新规定）

表 1—1 土的颗粒分组

颗粒名称		颗粒直径 d (mm)	土的分类
漂石（浑圆或圆棱）或块石（尖棱）	大	$d > 800$	碎石类土
	中	$800 \geq d > 400$	
	小	$400 \geq d > 200$	
卵石（浑圆或圆棱）或碎石（尖棱）	铁道部新规定	$200 \geq d > 60$	
粗圆砾（浑圆或圆棱）或粗角砾（尖棱）		$60 \geq d > 20$	
细圆砾（浑圆或圆棱）或细角砾（尖棱）		$20 \geq d > 2$	
砂粒	粗	$2 \geq d > 0.5$	砂类土
	中	$0.5 \geq d > 0.25$	
	细	$0.25 \geq d > 0.075$	
粉粒		$0.075 \geq d > 0.005$	粘性土
粘粒		$0.005 > d$	

2、砂类土根据土的颗粒级配的划分,应符合表 1—2 的规定。(TB10077-2001)

表 1—2 砂类土的划分

土的名称	土的颗粒级配	
砾 砂	粒径大于 2mm 颗粒的质量占总质量的 25~50%。	颗粒比高粱米粒大
粗 砂	粒径大于 0.5mm 颗粒的质量超过总质量的 50%。	颗粒比小米粒大
中 砂	粒径大于 0.25mm 颗粒的质量超过总质量的 50%。	颗粒与砂糖近似
细 砂	粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量的 85%。	颗粒与粗玉米粉近似
粉 砂	粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量的 50%。	颗粒与小米粉近似

注:定名时应根据粒径分组,由大到小,以最先符合者确定

3、粘性土应根据土的塑性指数,按表 1—3 划分。(TB10077-2001)

表 1—3 粘性土的划分

土的名称	塑性指数 I_p	注: $I_p = W_L - W_p$ WL—液限 W_p —塑限
粉质粘土	$10 < I_p \leq 17$	
粘 土	$17 < I_p$	

4、粘性土的塑性状态应根据液性指数,按表 1—4 确定。(TB10077-2001)及(TB10041-2003)

表 1—4 粘性土塑性状态的划分

塑 性 状 态	液性指数 I_L	标准贯入锤击数 $N_{63.5}$
坚 硬	$I_L \leq 0.0$	$N_{63.5} > 32$
硬 塑	$0.0 < I_L < 0.5$	$32 \geq N_{63.5} > 8$
软 塑	$0.5 < I_L \leq 1.0$	$8 \geq N_{63.5} > 2$
流 塑	$1.0 < I_L$	$2 \geq N_{63.5}$

(二)、土的密实程度(TB10077-2001)及(TB10041-2003)

1、碎石类土的密实程度应根据结构特征、地貌、自然坡形态、开挖及钻探情况,按表 2—1 确定。

表 2—1 碎石类土密实程度的划分

密实程度	结 构 特 征	天然坡和开挖情况	钻探情况
密 实 $N_{63.5} > 20$	骨架颗粒交错紧贴连续接触,孔隙填满、密实	天然陡坡稳定,坎下堆积物较少。镐挖掘困难,用撬棍方能松动,坑壁稳定。从坑壁取出大颗粒处,能保持凹面形状。	钻进困难。钻探时,钻具跳动剧烈,孔壁较稳定。
中 密 $10 < N_{63.5} \leq 20$	骨架颗粒排列疏密不均,部分颗粒不接触,孔隙填满,但不密实	天然坡不易陡立或陡坎下堆积物较多。天然坡大于粗颗粒的安息角。镐可挖掘,坑壁有掉块现象。充填物为砂类土时,坑壁取出大颗粒处,不易保持凹面形状。	钻进较难。钻探时钻具跳动不剧烈,孔壁有坍塌现象。
稍 密 $5 < N_{63.5} \leq 10$	多数骨架颗粒不接触,孔隙基本填满,但较松散	不易形成陡坎,天然坡略大于粗颗粒的安息角。镐较易挖掘。坑壁易掉块,从坑壁取出大颗粒后易塌落	钻进较难。钻探时,钻具有跳动,孔壁较易坍塌。
松 散 $N_{63.5} \leq 5$	骨架颗粒间有较大孔隙,充填物少,且松散	锹可以挖掘。天然坡多为主要颗粒的安息角。坑壁易坍塌	钻进较容易。钻进中孔壁易坍塌。

2、砂类土的密实程度应根据相对密度、标准贯入锤击数，按表 2—2 确定。

表 2—2 砂类土密实程度的划分

密实程度	相对密度 D_r	标准贯入锤击数 $N_{63.5}$
密 实	$D_r \geq 0.67$	$N_{63.5} > 30$
中 密	$0.67 > D_r \geq 0.4$	$30 \geq N_{63.5} > 15$
稍 密	$0.4 > D_r \geq 0.33$	$15 \geq N_{63.5} > 10$
松 散	$0.33 > D_r$	$10 \geq N_{63.5}$

(三)、岩石和岩体的分类(TB10077-2001)

1、 岩石坚硬程度的定性划分，应符合表 3—1 的规定。

表 3—1 岩石坚硬程度的定性划分

名 称	定 性 鉴 定	代 表 性 岩 石
硬 质 岩	极硬岩 锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎；浸水后大多无吸水反应	未风化或微风化的花岗岩、片麻岩、闪长岩、石英岩、硅质灰岩、硅质胶结的砂岩或砾岩等
	硬 岩 锤击声较清脆，有轻微的回弹，稍震手，较难击碎；浸水后有轻微的吸水反应	弱风化的极硬岩；未风化或微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、灰岩、钙质胶结的砂岩、结晶颗粒较粗的岩浆岩等。
软 质 岩	较软岩 锤击声不清脆，不回弹，较易击碎；吸水明显，浸水后指甲可划出印痕	强风化的极硬岩；弱风化的硬岩；未风化或微风化的千枚岩、云母片岩、砂质泥岩、钙泥质胶结的粉砂岩、砾岩、泥灰岩、页岩、凝灰岩等。
	软 岩 锤击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎；浸水后手可掰开	弱风化～强风化的硬质岩；弱风化的较软岩和未风化或微风化的泥质岩类：泥岩、煤、泥质胶结的砂岩和砾岩等。
	极软岩 锤击声哑，无回弹，有较深的凹痕，手可掰开；浸水后可捏成团或捻碎	全风化的各类岩石和成岩作用差的岩石。

2、岩石坚硬程度的定量划分，应采用岩石单轴饱和抗压强度 (R_c) 指标，并符合表 3—2 的规定。

表 3—2 R_c 与定性划分岩石坚硬程度的对应关系

R_c (MPa)	$R_c > 60$	$60 \geq R_c > 30$	$30 \geq R_c > 15$	$15 \geq R_c > 5$	$R_c \leq 5$
坚硬程度	极硬岩	硬 岩	较软岩	软岩	极软岩

3、岩体节理宽度的分级应符合表 3—3 的规定。(注：节理就是裂隙)

表 3—3 岩体节理宽度的分级

名 称	节理宽度 b (mm)
密闭节理	$b < 1$
微张节理	$1 \leq b < 3$
张开节理	$3 \leq b < 5$
宽张节理	$5 \leq b$

4、 岩体节理发育程度应根据节理的基本特征，按表 3—4 确定。

表 3—4 岩体节理发育程度分级

节理发育程度分级	基 本 特 征
节理不发育	节理 1~2 组，规则，为构造型，间距在 1m 以上，多为密闭节理，岩体被切割成巨块状。
节理较发育	节理 2~3 组，呈 X 型，较规则，以构造型为主，多数间距大于 0.4m，多为密闭节理，部分为微张节理，少有充填物，岩体被切割成大块状。
节理发育	节理 3 组以上，不规则，呈 X 型或米字型，以构造型风化型为主，多数间距小于 0.4m，大部分为张开节理，部分有充填物，岩体被切割成块状。
节理很发育	节理 3 组以上，杂乱，以风化型和构造型为主，多数间距小于 0.2m，以张开节理为主，有个别宽张节理，一般均有充填物，岩体被切割成碎裂状。

5、岩体受地质构造影响程度的划分,应符合表 3—5 规定。

表 3—5 岩体受地质构造影响程度的划分

名 称	基 本 特 征
轻 微	地质构造变动小, 节理不发育。
较 重	地质构造变动较大, 位于断层或褶曲轴的邻近地段, 可有小断层, 节理较发育。
严 重	地质构造变动剧烈, 位于褶曲轴部或断层影响带内, 软质岩多见扭曲及拖拉现象, 节理发育。
很 严 重	位于断层破碎带内, 岩体呈块石、碎石、角砾状, 有的甚至呈粉末、泥土状, 节理很发育。

6、岩体完整程度的划分, 应符合表 3—6 规定。

表 3—6 岩体完整程度的划分

名 称	结 构 面 特 征	结构类型	岩体完整性指数 K_v
完 整	结构面 1~2 组, 以构造型节理或层面为主, 密闭型。	巨块状 整体结构	$K_v > 0.75$
较完整	结构面 2~3 组, 以构造型节理、层面为主, 裂隙多呈密闭型, 部分为微张型, 少有充填物。	块状结构	$0.75 \geq K_v > 0.55$
较破碎	结构面一般为 3 组, 以节理及风化裂隙为主, 在断层附近受构造作用影响较大, 裂隙以微张型和张开型为主, 多有充填物。	层状、块石、 碎石状结构	$0.55 \geq K_v > 0.35$
破 碎	结构面大于 3 组, 并多以风化型裂隙为主, 在断层附近受构造作用影响大, 裂隙以张开型为主, 多有充填物。	碎石角砾 状结构	$0.35 \geq K_v > 0.15$
极破碎	结构面杂乱无序, 在断层附近受构造作用影响很大, 宽张裂隙全为泥质或泥夹岩屑充填, 充填物厚度大。	散体状结构	$K_v \leq 0.15$

注: 岩体完整性指数是岩体弹性纵波速度与岩石弹性纵波速度比值的平方。

7、岩体按风化程度分类表

表 3—7 岩体风化程度分类表

风化程度分带	野 外 鉴 定 特 征			
	岩石矿物颜色	结 构	破 碎 程 度	坚 硬 程 度
未风化	岩石、矿物及其胶结物颜色新鲜, 保持原有颜色。	保持岩体原有结构。	除构造裂隙外肉眼见不到其他裂隙, 整体性好。	除泥质岩可用大锤击碎外, 其余岩类不易击开, 放炮才能掘进。
微风化	岩石、矿物颜色较暗淡, 节理面附近有部分矿物变色。	岩体结构未破坏, 仅沿节理面有风化现象或有水锈。	有少量风化裂隙, 裂隙间距多数大于 0.4m, 整体性仍较好。	要用大锤和契子才能剖开, 泥质岩用大锤可以击碎, 放炮才能掘进。
弱风化	岩石、矿物失去光泽, 颜色暗淡, 部分易风化矿物已经变色。	岩体结构已部分破坏, 裂隙可能出现风化夹层, 一般呈块状或球状结构。	风化裂隙发育, 裂隙间距多数为 0.2 ~ 0.4m, 整体性差。	可用大锤击碎, 用手锤不易击碎, 大部分需放炮掘进, 岩芯钻方可钻进。
强风化	岩石及大部分矿物变色, 形成次生矿物。	岩体结构已大部分破坏, 形成碎块状或球状结构。	风化裂隙很发育, 岩体破碎, 风化物呈碎石状, 裂隙间距小于 0.2m, 完整性很差。	用手锤可击碎, 用镐可以掘进, 干钻可钻进。
全风化	岩石、矿物已完全变色, 除石英外大部分风化成土状。	岩体结构已完全破坏, 仅外观保持原岩特征。	风化破碎呈碎屑状, 土状或砂状。	用手可捏碎, 用锹就可掘进, 干钻较易钻进。

(四)、岩土施工工程分级(TB10012-2001)

工程地质勘察中,应根据岩土性质和施工的难易程度进行岩土施工工程分级,分级标准按下表:

等 级	分 类	岩土名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石单 轴饱和 抗压强 度 (MPa)	开 挖 方 法
			液压凿岩 台车、潜 孔钻机	手持风枪 湿式凿岩 合金钻头	双人 打眼 (工天)		
I	松 土	砂类土、种植土、未经压实的填土					用铁锹挖,脚蹬一下到底的松散土层,机械能全部直接铲挖,普通装载机可满载
II	普 通 土	坚硬的、可塑的粉质黏土,膨胀土,粉土, Q ₃ 、Q ₄ 黄土,稍密、中密的圆砾土、角砾土,松散的碎石土、卵石土,压密的填土,风积沙					部分用镐刨松,再用锹挖,脚连蹬数次才能挖动。挖掘机、带齿口装载机可满载,普通装载机可直接铲挖,但不能满载
III	硬 土	坚硬的粘性土、膨胀土, Q ₁ 、Q ₂ 黄土,稍密、中密的碎石土、卵石土,密实的圆砾土、角砾土,各种风化土状的岩石					必须用镐先刨过才能用锹挖。挖掘机、带齿口装载机不能满载;大部分采用松土器松动方能铲挖、装载
IV	软 石	块石土、漂石土,含块石、漂石 30~50%且密实的碎石土、卵石土,岩盐;各类较软岩、软岩及成岩作用差的岩石:泥质岩类、煤、凝灰岩、云母片岩、千枚岩		<7 min	<0.2	<30	部分用撬棍及大锤开挖或挖掘机单钩裂土器松动,部分需借助液压冲击镐解碎或部分采用爆破法开挖
V	次 坚 石	各种硬质岩:硅质页岩、钙质岩、白云岩、石灰岩、泥灰岩、玄武岩、片岩、片麻岩、正长岩、花岗岩	≤30min	7~20min	0.2~1.0	30~60	能用液压冲击镐解碎,大部分采用爆破法开挖
VI	坚 石	各种极硬质岩:硅质砂岩、硅质砾岩、石灰岩、石英岩、大理岩、玄武岩、闪长岩、花岗岩、角岩	>10min	>20min	>1.0	>60	可用液压冲击镐解碎,需用爆破法开挖

注: 1、软土(软粘性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭)的施工工程分级,一般可定为Ⅱ级;多年冻土一般可定为Ⅳ级。

2、表中所列岩石均按完整结构岩体考虑,若岩体及破碎、节理很发育或强风化时,其等级应按表对应岩石的等级降一个等级。

三、工程地质岩芯描述细则及范例

编录描述是以钻探岩芯为依据、以《规范》为准绳，必须以实事求是的态度、科学的方法，客观详细地反映岩芯的真实特性(见到什么，描述什么)，切勿主观臆断。描述语言须简明扼要、主次分明。

(一)、岩石的描述

1、岩石的描述首先应分清三大类岩石。描述内容应包括：岩石定名、颜色、风化程度、主要矿物、结构、构造、节理、岩芯完整性指标(RQD)。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成份和胶结程度，对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小、结晶程度。

2、除上述内容外，岩芯编录还应描述：

- ①、岩芯完整程度：分为完整→较完整→较破碎→破碎→极破碎五个等级。
- ②、裂隙发育程度：分为不发育→较发育→发育→很发育四个等级。裂隙的张开或闭合，是否有充填物。
- ③、岩芯完整程度和裂隙发育程度应与岩石的风化等级相对应，通常情况下：●未风化 W_0 ---完整，不发育；●微风化 W_1 ---完整、较完整，不发育、较发育；●弱风化 W_2 ---较完整、较破碎，较发育、发育；●强风化 W_3 ---破碎、极破碎，发育、很发育；●全风化 W_4 ---极破碎，很发育。
- ④、岩石的新鲜程度，硬度及岩芯节长。节长划分标准：单节长 $\geq 20\text{cm}$ ，称为“长柱状”； $20\text{cm}>\text{单节长}\geq 10\text{cm}$ ，称为“短柱状”； $10\text{cm}>\text{单节长}\geq 5\text{cm}$ ，称为“饼状”； $5\text{cm}>\text{单节长}$ ，称为“块状”。还应写明节长的范围值注明以那一级为主。

◆注意：岩石的风化程度主要是从矿物颜色的改变、强度的降低、次生矿物的发生及节理情况(注：节理就是裂隙)、采取率和孔深等多方面来综合判定。

★描述范例：

- 泥质粉砂岩：紫红色，全风化，原岩结构尚(可)辩。岩芯呈(坚硬)密实土状，夹少量强风化岩块。吸水后易软化、崩解。
- 粉砂岩：褐红色，强风化，粉粒结构。裂隙很发育，岩芯极破碎，以块状为主，局部岩夹土状(土夹岩状)，岩块质软，手可捏碎(手易捏碎，手可掰断，锤击声哑、易碎等)。
- 细砂岩：褐红色，弱风化，细粒结构，中厚层状构造，层面轴夹角 25° 。泥质胶结，胶结一般。裂隙发育、微张且泥质充填，偶见炭质呈条带状(团块状)分布(局部裂面见炭质薄膜)、污手。岩芯破碎，以块状、饼状为主，短柱状为次，节长 $10\sim 16\text{cm}$ 。RQD=32%。
- 灰岩：灰色，弱风化，隐晶质结构，中厚层状构造；裂隙较发育、密闭~微张，充填方解石脉。局部溶蚀较强烈，溶孔呈蜂窝状、孔径 $\phi 5\sim 25\text{mm}$ 。岩质新鲜、较硬，锤击声脆。岩芯较完整，以长柱状为主，短柱状为次，少量块状、饼状，节长 $11\sim 26\text{cm}$ ，最长 45cm 。RQD=83%。
- 溶洞：无充填。(或：半充填，充填粗圆砾及粘性土；或：满充填，充填黄褐色粘性土，软塑状。)
- 含砾砂岩：紫红色，弱风化，砂状结构，中厚层状构造，含砾石。砾石母岩以砂岩为主、花岗岩为次，砾石质硬，呈圆棱状，粒径 $2\sim 60\text{mm}$ ，最大 120mm ，含量约 $30\sim 40\%$ ，局部达 70% 。铁~泥质胶结、胶结较好。裂隙较发育且密闭，裂面偶见铁质浸染。岩芯较完整，以短柱状为主，饼状、块状为次，少量长柱状，节长 $10\sim 22\text{cm}$ ，RQD=65%。
- 花岗岩：灰绿色，弱风化，花岗结构(或细粒、中粒、粗粒结构)，块状构造。裂隙较发育，岩芯较完整，以柱状为主，少量块状，岩质新鲜，致密坚硬、锤击声脆，节长 $10\sim 16\text{cm}$ 、最长 36cm 。RQD=71%。
- 构造角砾岩：浅灰色，弱风化，碎裂结构、块状构造。角砾母岩为石英砂岩，呈棱角状，粒径 $2\sim 10\text{mm}$ ，最大 150mm ，含量约 $90\sim 95\%$ 。硅质胶结，胶结较好，岩质硬，锤击声脆。裂隙较发育，岩芯较破碎，以块状、饼状为主，短柱状为次，节长： $10\sim 17\text{cm}$ ，RQD=36%。

(二)、土类的描述

1、碎石类土的描述：颜色、颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、颗粒的母岩成份及其大小(一般和最大粒径)、含量、硬度(风化程度)、湿度、密实度，充填物的性质、物质成份、充填程度等。

★描述范例：

- 卵石土：灰褐色，密实，饱和。卵石母岩以砂岩为主、少量花岗岩，呈圆棱状，质硬，粒径 $60\sim 80\text{mm}$ ，最大 120mm ，含量约 60% ，间隙充填石英砂及粘性土。

- 粗角砾土：灰褐色，中密，稍湿。角砾母岩为灰岩、砂岩，呈尖棱状，质硬，粒径 20~60mm，最大 100mm，含量约 55%，间隙充填石英砂及粘性土。

2、砂类土的描述：颜色、砂的矿物成份、颗粒级配、颗粒形状、粘粒含量、湿度、密实度、夹杂物等。

★描述范例：

- 中砂：灰白色，稍密，潮湿。成份以石英、长石为主，浑圆状，级配良好。含少量粘性土。

3、粉土的描述：颜色、夹杂物、湿度、密实度、摇震反应、光泽反应、干强度、韧性等。

★描述范例：

粉土密实度无松散之说，只有密实、中密和稍密三种

- 粉土：桔黄色，中密，稍湿。组份以粉粒为主，部分细砂。摇震表面反水，粘性小。

4、粘性土的描述：颜色、状态、夹杂物、光泽反应、干强度、韧性、粘性、土层结构等。

★描述范例：

- 粉质粘土：褐黄色，硬塑，成份以粘粒为主，粉粒为次。粘性较好，刀切面稍光滑（或较光滑），土质均匀。为泥岩风化残积土。

- 粘土：灰褐色，软塑，成份以粘粒为主，粘性良好，刀切面光滑，局部含约 5%粗砂、土质不均匀，偶见少量有机质。

5、有机质土的描述：颜色、状态、气味、有机质含量及其分解情况、夹杂物质量等特征。根据有机质物含量可进一步划分出淤泥、淤泥质土、淤泥质砂、泥炭等。

★描述范例：

- 淤泥：灰黑色，流塑，饱和。含贝壳及有机质，手捻具滑腻感，略具腥臭味。

6、人工填土的描述：颜色、物质组份、硬质物含量、密实程度、各类杂物的含量、大概堆填成因、时代。根据物质组分和成因特点可进一步分为素填土、杂填土、填筑土、冲填土。

素填土：由碎石土、砂土、粉土和粘性土等一种或几种材料组成，不含杂物或含杂物很少；

杂填土：含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾等杂物；

冲填土：由水力冲填泥砂形成；

填筑土：按一定标准控制材料成份、密度、含水量，分层压实或夯实而成。

★描述范例：

- 素填土：灰色，松散，潮湿。由粘性土、石英砂及少量碎石组成，为建房平地基之弃土。硬质物约含 3%。

- 杂填土：褐黄色，稍压实，稍湿。主要由粘性土和砖块、碎石、瓦片组成，含少量生活垃圾。硬质物约含 55%。

注意！

1、工程地质的有关术语：

☆ 岩石-指单一的不包含明显结构面的岩石块体。 ☆ 岩体-工程影响范围内，有相当体积的岩石天然地质体。 ☆ 结构面-岩体内具有一定方向，延伸较长，厚度较小的地质界面或裂面。如层面、片理面、节理面、断层面、层间错动面等。

2、人工填土必须是由人为活动堆填的土，否则不能定为人造填土。

3、粘性土野外鉴定的步骤：首先用刀将新鲜湿润的土芯破开，观察颜色和较大夹杂物、光泽反应及土层结构等；再用手按、捏、搓条，仔细查看状态和较小夹杂物及粘性等。

4、粘性土的野外鉴别：

a、粘土：湿润时用刀切、切面很光滑，手捻摸时、有滑腻感、且感觉不到有颗粒的存在，湿土能搓成小于 0.5mm 的土条(长度不短于手掌)；干土时坚硬、类似陶器碎片，锤击方可打碎且不易击成粉末。

b、粉质粘土：湿润时用刀切、切面规则、稍有光滑面，手捻摸时、感觉有少量细颗粒、稍有滑腻感，湿土能搓成 0.5mm 的土条(长度不短于手掌)；干土时用锤易击碎、用手难捏碎。

c、粉土：湿润时用刀切、无光滑面且切面粗糙，手捻摸时、感觉有细颗粒存在或感觉粗糙，湿土能搓成 2~3mm 的土条(长度不短于手掌)；干土时用手易捏碎。

5、土的颜色不能用“土黄色”，常见的几种黄色有：桔黄色、棕黄色、浅黄色、灰黄色、褐黄色、黄褐色等。

6、软弱面的岩芯鉴定和描述

(1)、断裂面（带）岩芯的鉴定和描述

a. 名称：如构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩、断层泥等； b. 颜色：如单色，复色，形容色； c. 物质组成：包括夹杂物、填充物、胶结物的成分，形状，大小等； d. 断裂带结构：指断裂带物质的破碎、胶结程度； e. 断裂面的力学特征：擦痕，镜面，阶步，挤压，揉皱及其方向等； f. 岩层的倾角：上盘，下盘，断裂面(带)等； h. 含水情况。

(2)、滑动面（带）岩芯的鉴定和描述

①. 土质滑坡滑动面（带）的岩芯鉴定和描述

a. 注意研究软弱面(带)的位置，这些软弱面(带)是土层的薄弱环节，往往是滑动面(带)的位置，应详细描述其物质组成； b. 观测地下水与软弱面(带)的关系，地下水软化土体，若两者联系密切，滑动面(带)往往发生在这些地方，应详细描述其可塑状态； c. 仔细观察软弱带物质组成及夹杂物等，并将该段岩芯晾干，用锤轻轻敲开，若见有擦痕和滑面时，应用刀剖开滑面测量起倾角； d. 注意发生缩孔现象和套管变形的部位，并进行丈量 and 记录，这些地方往往是滑动面的位置。

②. 岩质滑坡滑动面(带)的岩芯鉴定和描述

a. 与司钻者密切配合，记录好软弱带和空洞的位置； b. 仔细观察软弱带的物质组成并与上、下地层的岩芯相比较； c. 观察软弱带颗粒的形状特征，如棱角的损坏、挤压痕迹等； d. 观察和测量软弱带(面)上下岩层倾角的变化情况及其关系； e. 地下水的情况：如初见水位，稳定水位等； f. 及时注意孔壁掉块、套管变形位置的深度丈量和记录，这些地方往往是滑动面的位置。

地形图上方位代号：E～东；S～南；W～西；N～北。

四、附录：

(一)、粘性土塑性状态、标贯击数的指压经验（该塑性状态划分标准为国标）

状 态	标贯击数	指压经验
坚硬	$N_{63.5} \geq 35$	拇指压不动
硬塑	$35 > N_{63.5} \geq 18$	拇指压有凹坑
可塑	$18 > N_{63.5} \geq 4$	食指压有凹坑
软塑	$4 > N_{63.5} \geq 2$	食指可插入岩芯
流塑	$2 > N_{63.5}$	岩芯可缓慢塑流，形成扁圆形

(二)、泥灰岩的特征：泥灰岩是碳酸盐岩和粘土岩的过渡性岩石，颜色多为灰浅黄、暗紫红等色。主要由方解石及粘土矿物（25～50%）组成。遇稀盐酸强烈起泡，盐酸作用后常有泥质残留。若粘土矿物含量小于 25% 则叫泥质灰岩。若粘土矿物含量大于 50% 则过渡到钙质泥岩、泥岩。

(三)、花岗岩风化程度划分的野外特征及对应的标贯击数

残积土：原岩结构难以辨认，长石已风化成土状，石英颗粒还能保持原岩中形态，岩芯呈土状、具塑性。
($N_{63.5} < 30$)

全风化：原岩结构尚可辨认，斜长石已风化成高岭土，钾长石斑晶风化后内部常有硬核，石英颗粒基本保持原岩中的形态，含白云母碎片，岩芯以土状为主、手易捏碎。(50 $> N_{63.5} \geq 30$)

强风化：原岩结构清晰，斜长石风化剧烈、钾长石晶体一般完整，用手可捏成砂砾状。颗粒间粘结力减弱，岩芯呈半岩半土状，岩块手可折断。($N_{63.5} \geq 50$)

(四)、石英与长石的区别： ☆石英-常呈六方柱状晶体，柱面上有横纹无解理，贝壳状断口，油脂光泽。 ☆长石-晶体呈柱状、板状，二组板面解理完全，具玻璃光泽。

(五)、断 层

断裂构造分为：节理、劈理和断层三种基本类型。

节理：当岩石发生破裂，沿破裂面两侧的岩石，尚没有产生明显的相对位移或仅有很微小的位移。

劈理：岩石受力后，具有沿一定方向劈开成平行或大致平行的密集的薄层或薄板的一种构造。沿着劈开的这种裂面称劈理面。☆**劈理的识别：**1、切穿不同成分、颜色、粒度岩层的面，可能是劈理面；2、劈理在不同岩性的岩层中分布的频度及层面交角可能不同，甚至出现转折或弯曲；3、切穿特殊岩层的夹层或透镜体，排列方向密集的破裂面，可能是劈理面；4、单个的劈理面一般延伸不远。

岩石受力发生断裂，断裂的两盘沿断裂面有明显的剪切滑动和位移时，称为**断层**。

断层的规模大小不等，相差悬殊，长度从短于一米到几千公里。断层影响地壳的深度也各不相同，一般来说，长度越大的断层，影响深度也越大。断层面可以是平面的，也可以是波状的或锯齿状的面。

正断层的主要特征：（倾角一般较陡，多在 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 以上）

1、断层面多呈锯齿状，一般倾角较大；2、断层面延深和延长较小；3、断层面上有擦痕，擦痕方向表示上盘下降、下盘上升的相对运动；4、断层面往往呈开口状，其中有大小不等的角砾充填（断层角砾）。

★正断层一般在张应力作用下先产生张裂面，在重力作用下，上盘相对下降而成。

逆断层的主要特征：

1、断层面呈舒缓波状；2、断层面延深和延长较大；3、断层面上有擦痕，擦痕方向表示上盘上升、下盘下降的相对运动；4、断层面有断层泥、构造角砾岩或构造透镜体出现。角砾或透镜体的长轴方向与断层走向一致；5、逆断层经常出现在背斜的核部附近及翼部，断层面多向核部倾斜，走向与背斜轴向一致或近于一致；

★逆断层多是由水平挤压作用产生的。在岩层发生褶皱的后期阶段，在背斜顶部附近出现的纵张裂面或后期剪裂面，当扩展并向深处延伸达到一定的深度时，在水平挤压应力作用下，上盘发生向上运动，出现逆断层的形式。

★（冲断层：断层面倾角大于 45° 的逆断层；逆掩断层：断层面倾角在 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间，往往是倒转褶皱发展而成；辗掩断层：倾角较平缓，小于 25° ，常是巨型的逆断层）。

平移断层的主要特征：

1、断层面平直、整齐、光滑；2、断层面延深和延长较大；3、断层面上有水平或近于水平的擦痕；4、断层面有糜棱岩或构造透镜体出现。透镜体的长轴方向与断层走向斜交；

★平移断层主要是在水平挤压下，沿着岩体中早先出现的剪切裂面逐步扩展并相对平错运动而成。

野外识别断层的标志：

1、**构造角砾岩**一般常见于张性断裂带；2、**构造透镜体**：断裂带出现的透镜体岩块是由断裂作用产生。一般常见于压性断裂带；3、**断层泥**：是断层两侧被挤压破碎的岩石粉，经压紧作用形成。

★在地貌和水文上断层的标志有山脊的错开、断层崖和断层三角面、断层泉等。

断层面的标志：

1、**镜面**：断层因摩擦而被碾平磨光，常具铁锰氧化物、硅质或钙质薄膜，光滑如镜，称镜面；2、**擦痕**：断层两盘位移时在断层面上留下的许多平滑的线状滑槽或钉头状小沟、擦坑，称擦痕。断层面上看到擦痕粗深一端向细浅一端，就指示了对面断盘的移动方向；3、**阶步**：断层面上出现许多垂直滑动方向的小陡坎叫阶步。阶步延伸方向与断层相对错动方向垂直。手顺下坎面方向抚摸，手感光滑，代表了断层错动方向。

★**镜面、擦痕、阶步的出现，不但表示断层的存在，而且它们出现之处就是断层面的所在。**

断裂带：是指地层中具有一定宽度的破裂地带。断裂带可由一些近于平行的或互相交织的断层组合而成，其中常见有构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩、千糜岩（片理化岩）或断层泥等。有时断裂带并无明显的断裂面，而是由呈带状发育的细小裂隙（节理、劈理）或片理化，角砾岩及强烈（牵引）揉皱带反映出来。断裂带宽度自几米至数百米，大型断裂带甚至达数十千米。

断层活动性的鉴定（以下情况的断层可能是活动的）：

1、断层错动了第三纪以后的地层；2、断层破碎带无胶结或胶结不好，或断层破碎带中有被错碎的石英脉、方解石脉（不是原岩）；3、断层擦痕锋利完整，清晰新鲜；4、断层三角面完整，未遭破坏；5、潜水位有大幅度升降的断层；6、地震活动频繁地区的断层；7、其它新构造运动现象很发育地区的断层。

★判断一条断层是否存在，主要是依据地层的重复、缺失和构造不连续这两个标志。

(六)、变质岩 (由岩浆岩变质而成的岩石称正变质岩, 由沉积岩变质而成的岩石称副变质岩)

变质岩是在不同压力下, 由低温到高温, 物质成份进行重结晶、重新组合或部分重熔而成的岩石。

(1)、变质作用的因素: 温度、压力及具有化学活动性的流体(气体、液体)等。

(2)、主要变质岩:

- 1、动力变质岩: 有构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩、千糜岩等。
- 2、接触变质岩: 有角岩、大理岩、石英岩、矽卡岩等。
- 3、气成热液变质岩: 有蛇纹岩、云英岩、青盘岩(变安山岩)等。
- 4、区域变质岩: 有板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、变粒岩、麻粒岩、混合岩等。

(3)、变质岩的常见结构:

- 1、**碎裂结构**: 这是动力变质作用造成的结构。是在定向压力下使矿物发生弯曲、破裂、断开, 甚至研磨成细小碎屑或岩粉, 称为碎裂结构。常见有碎裂结构和糜棱结构。
- 2、**变余结构**: 由于重结晶作用不彻底, 原岩的矿物成份和结构特征被保留下来, 称为变余结构。
- 3、**变晶结构**: 岩石在变质作用过程中重结晶所形成的结构称为变晶结构。按**结晶矿物的大小**可分为: 等粒变晶结构(各矿物的颗粒呈等粒状), 如大理岩、石英岩; 不等粒变晶结构(各矿物的颗粒大小不等), 如片麻岩; 斑状变晶结构(在颗粒较小的基质中有较大且结晶较完整的晶体)。按**矿物的外形**可分为: 花岗变晶结构、角岩结构、磷片变晶结构(如千枚岩)和纤维变晶结构。
- 4、**交代结构**: 岩石原有的矿物, 在变质作用过程中被新的矿物所代替, 称为交代结构。如混合岩中斜长石被钾长石所代替。

(4)、变质岩的常见构造:

- 1、**块状构造**: 变质岩中的矿物成分和结构均匀, 并不具方向性排列, 如大理岩、石英岩等。
- 2、**板状构造**: 粘土岩或中酸性凝灰岩在温度不高而以压力为主的变质作用下, 常出现一组彼此平行的破裂面(称劈理), 形似平行排列之板状, 故称板状构造。破裂面光滑整齐, 其上有微弱的丝绢光泽, 原岩的组分基本上未重结晶, 此种构造为板岩所特有。**板岩**是页岩、粉砂质泥岩或部分中酸性凝灰质岩石经区域变质作用形成的浅变质岩石。坚硬致密, 沿板理面可剥成薄板, 又称**瓦板岩**。★板岩为变余结构、板状构造。
- 3、**千枚状构造**: 粘土岩、粉砂岩及中酸性凝灰岩经低级变质作用而产生薄片状构造, 重结晶程度不高, 仅开始出现定向排列的绢云母或绿泥石等细小磷片状晶体, 面上有丝绢光泽, 伴有许多小褶皱, 这是千枚岩的典型构造。**千枚岩**与板岩一样同为泥岩、粉砂质泥岩或中酸性凝灰质岩石经轻微变质而成, 但变质程度比板岩稍高, 出现大量绢云母、绿泥石及石英等, 具强的丝绢光泽。空间上常与板岩共生, 并互相过渡。★千枚岩为磷片变晶结构。
- 4、**片状构造**: 粘土岩、粉砂岩、凝灰岩或熔岩经区域变质作用, 形成新生的云母、绿泥石、角闪石等, 它们定向平行排列形成连续的薄层, 构成明显的片理构造。片状构造是变质岩中最典型最常见的构造, 其特点是岩石中含有大量的片状、柱状矿物如云母、绿泥石、滑石、角闪石等, 它们大致呈定向排列而且彼此基本相连而使岩石形成片状。这种构造主要发育在**片岩**中。
- 5、**片麻状构造**: 由各种岩石经较深度区域变质作用, 原岩全部重结晶形成以粗粒的长石、石英为主和不同数量的云母、角闪石、辉石等不同矿物, 分别集结成定向排列的带状集合体, 构成不连续的为黑白相间的片麻状构造。如果浅色矿物发育, 形似眼球, 则称为**眼球状构造**。片麻状构造与片状构造相似, 所不同的是岩石的中片状、柱状矿物数量较少, 故彼此不能相连, 而中间被一些粒状矿物如石英、长石等所隔开。

花岗片麻岩: 是指成份与花岗岩相似, 即主要由石英、钾长石、黑云母、少量角闪石等组成的片麻岩, 呈肉红色, 与花岗岩的区别在于暗色矿物呈定向排列, 暗色矿物与浅色矿物常交替成薄层状, 一般颗粒大小均匀。★花岗片麻岩为花岗变晶结构。

- 6、**条带状构造**: 是由颜色深浅不同矿物成份的条带相间排列而成, 称条带状构造。主要见于**混合岩**中。

(5)、混合岩化作用及混合岩:

在前寒武纪古老的变质岩系和古生代以后的变质岩地区, 常发现各种变质岩中或多或少都加入了

花岗质的成份(如花岗质岩脉、细晶岩脉、伟晶岩脉等),有时还有单个的长石、石英晶体,这些岩石往往逐渐过渡为花岗质片麻岩及花岗岩。它们即不同于一般的变质岩,也不同于岩浆岩,我们称其为**混合岩**。原来的岩石称为“基体”,后来加入的花岗质岩的物质称为“脉体”。

通常认为混合岩化作用是一种强烈的区域变质作用,是介于变质作用与岩浆作用之间的一种地质作用,其特点是在区域变质作用的后期,由于地壳热流的继续升高,促使在变质岩层中出现广泛的流体相,这种流体相的成份大约相当于花岗岩质,这类流体相通常以脉状注入形式或渗透、扩散等方式与固态的变质岩起作用(通常为交代-重结晶作用),而使原来的变质岩逐渐变为混合岩。这个作用的整个过程就称为**混合岩化作用**。★混合岩为交代结构、条带状构造(或眼球状构造)。

随着混合岩化作用的加强,最后使整个岩石成为一种均质的花岗质岩石,其岩性特点与侵入作用形成的花岗岩类岩石几乎没有区别。这种固态岩石不经岩浆阶段而就地转变成花岗岩类岩石的过程称为**花岗岩化作用**,它代表混合岩化作用的高级阶段。混合岩根据混合程度的强弱,可分为:注入混合岩、混合片麻岩、混合花岗岩。

(6)、**变粒岩**:具中、细粒变晶结构,不明显的片麻状构造。主要由长石、石英等浅色矿物组成,暗色矿物较少,一般小于25%。变质矿物有石榴子石、矽线石等,粒状矿物含量50~85%。最常见者有黑云母变粒岩、角闪变粒岩、辉石变粒岩等。如果暗色矿物小于10%,则称**白粒岩**。变粒岩多为凝灰岩、粉砂岩、和含粘土成份较多的砂岩变质而成。随着变粒岩中片状矿物含量增加而渐显片麻理,逐渐向片麻岩过渡。★变粒岩为变晶结构、片麻状构造。

(7)、**构造角砾岩**:由于动力变质作用岩石受挤压破碎,形成棱角状的岩石碎屑,并为细碎屑等物质所胶结而成的岩石。角砾的形状和大小不一,由几毫米至一米或更大,受力性质不同可以形成不规则棱角状或豆荚状,碎屑与胶结物成份相同。★构造角砾岩为碎裂结构、块状构造。(一般出现在逆断层中)

(8)、**糜棱岩**:往往发育于断裂带两侧,岩石彼此强烈研磨时形成。形成细微均匀的破碎岩屑,粒径0.2~0.5毫米,称糜棱岩。有时岩石未被磨碎的残留部分,能辨认原岩时,可在原岩名后加上“糜棱”二字,如花岗糜棱岩。★糜棱岩为糜棱结构、块状构造。(一般出现在平移断层中)

(七)、岩溶

岩溶又称**喀斯特**,是指可溶性岩层(碳酸盐类岩层石灰岩、白云岩,硫酸盐类岩层石膏等和卤素类岩岩盐等)受水的化学和物理作用产生**沟槽、裂隙和空洞**,以及由于**空洞顶板塌落使地表产生陷穴、洼地等现象和作用的总称**。沿岩石表面或裂隙溶蚀成的许多细小沟槽,称为**溶沟**;溶沟沿裂隙进一步扩大便形成**溶洞**。

岩溶在我国是一种相当普遍存在的不良地质作用,在一定条件下可能发生地质灾害,严重威胁工程安全。特别是在大量抽取地下水使水位急剧下降时,易引发土洞的发展和地面塌陷的发生。

岩溶发育的基本规律:

①、**岩溶与岩性的关系**:岩石成分、成层条件和组织结构等直接影响岩溶的发育程度和速度。

②、**岩溶与地质构造的关系**:岩层倾斜较陡时,层理外露地表的范围大,地表水沿层理下渗,岩溶发展方向主要受层面的控制;岩层水平时,地下水主要为水平运动,岩溶主要为水平溶洞;岩层垂直时则造成沿层面伸展的岩溶形态。

构造裂隙对岩溶的发育影响较大,主要裂隙的方向往往控制岩溶发育的方向。背斜顶部有张裂隙,宽度较大,分布也深,其轴部裂隙垂直分布,岩溶以漏斗及竖井等垂直形态为主;向斜轴部低洼,易积水,多暗河,由于洞穴坍塌,又产生漏斗和落水洞等,所以向斜轴部垂直和水平通道都有发育。

③、**岩溶与侵蚀旋回的关系**:侵蚀旋回的改变,必然引起水文地质条件及垂直分带的改变,而水文地质条件的改变直接影响着岩溶作用,岩溶形态和分布。地壳强烈上升地区,侵蚀基准面相对下降,岩溶以垂直方向发育为主;地壳下降地区,原水平发育的岩溶处于侵蚀基准面以下,原来垂直发育的岩溶又增加了水平发育;地壳相对稳定的地区,岩溶以水平发育为主。

④、**岩溶发育随深度的变化**:岩溶的发育随深度增加而减弱。

⑤、**岩溶发育的垂直分带性**:岩溶发育的垂直分带性,取决于岩溶化地段水文地质的垂直分带。岩溶垂直分带明显表现在发育强度及形态分布上。

⑥、岩溶与气候的关系：在大气降水丰富、气候潮湿地区，岩溶易发育。

⑦、岩溶发育的带状性和成层性：岩溶发育受岩性、裂隙、断层和接触面等的控制，这就决定了岩溶发育的带状性。岩溶的成层性决定于岩性、新构造运动和水文地质条件。岩溶发育成层性及带状性构成了岩溶发育的不均匀性。

（一）、土洞

岩溶地区的土洞：是指埋藏在岩溶地区可溶性岩层的上覆土层内的空洞。土洞继续发展，即形成地面塌陷。

土洞和塌陷的形成与发展，有其一定规律，一般分布在如下岩溶发育区，这些地段是土洞勘察的重点区域：①、土层较薄、土中裂隙及其下岩体洞隙发育部位；②、岩面张开裂隙发育，石芽或外露的岩体与土体交接部位；③、两组构造裂隙交汇处和宽大裂隙带；④、隐伏溶沟、溶槽、漏斗等，其上有软弱土分布的负岩面地段；⑤、地下水强烈活动于岩土交界面的地段和大幅度人工降水地段；⑥、低洼地段和地表水体近旁。

（注意：土洞发育区必然是岩溶发育区；土洞或塌陷下的基岩中必有岩溶水通道，这一通道不一定是巨大的裂隙或岩溶空间；水是形成土洞的外因和动力。）★ 在土洞或塌陷的形成与发展过程中，土、岩溶和水的活动是缺一不可的必备条件。

五、特殊类土

（一）、软土：可进一步细分为软黏性土、淤泥、泥炭质土、泥炭等

淤泥：深灰色或灰黑色，有光泽，味臭，除腐殖质外尚含少量未完全分解的动植物体。浸水后水面出现气泡，干燥后体积收缩。

淤泥：含碳量 $< 20\%$

泥炭质土：深灰色或黑色，有腥臭味，能看到未完全分解的植物结构。浸水体胀，易崩解，有植物残渣浮于水中，干缩现象明显。

泥炭质土： $50\% > \text{含碳量} \geq 20\%$

泥炭：除有泥炭质土特征外，结构松散，土质很轻，暗无光泽，干缩现象极为明显。

泥炭：含碳量 $\geq 50\%$ 泥炭经过炭化、脱水依次变成褐烟煤、烟煤、无烟煤。

（二）、红粘土

颜色呈棕红色、褐黄色，覆盖于碳酸盐系岩层之上，且液限 $\geq 50\%$ 的高塑性粘土，应判定为红粘土。红粘土经搬运、沉积后仍保留残积粘土的基本特征，且液限 $> 45\%$ ，应判定为次生红粘土。

分布范围：主要分布在中国西南、中南和华东地区，云贵高原的 $2/3$ 以上地区分布有红粘土。主要在山坡、山麓、盆地或洼地中。

红粘土是热带、亚热带湿热特定气候条件下，岩石经历不同程度的红土化作用而形成的一种含较多粘粒，富含铁铝氧化物胶结的区域性特殊土。

红粘土地区常发育有土洞。

原生红粘土在垂直剖面上可分为两带，上带以红色为主，间红黄白相间的网纹状红土；下带以黄褐色为主，常夹风化残留物质。

红粘土有别于其他土类的主要特征：

- 1、上硬下软；
 - 2、表面收缩；
 - 3、裂隙发育。
- 地裂是红粘土地区的一种特有现象。遇水软化、失水收缩强烈。

（三）、混合土

混合土的定义：混合土是由细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间粒径的土。

成因：主要有坡积、洪积、冰水沉积、湖积、滑塌堆积、残积等。

混合土的分类：当碎石类土中粒径小于 0.075mm 的细粒土（粉粒或粘粒）质量超过总质量的 25% 时，应定名

为**粗粒混合土**；当粉土或粘性土中粒径大于 2mm 的粗粒土超过总质量的 25%时，应定名为**细粒混合土**。

混合土的原位测试：细粒混合土采用标准贯入试验；粗粒混合土宜采用动力触探试验。

混合土的特征：在潮湿状态下往往呈可塑状，干燥后能保持原来的形状。如不除去其中的粗颗粒，又不能象粘性土那样可以搓成细条。

花岗岩残积土是一种较典型的混合土

(四)、黄土按年代分类及其特征

地质时代		地层	颜 色	土层特征及包含物	边 坡 稳定性
全新世	Q ₄ ²	新近堆积黄土	浅褐至深褐色或黄至黄褐色	多虫孔，最大直径 0.5~2.0cm，孔壁分布较多虫屎，有植物根孔，有时有白色粉末状碳酸盐结晶，含少量小砾石及矿粒姜石等，有 人类活动遗迹 ，结构松散，似蜂窝状。	结构松散不能维持陡边坡
		新黄土	褐黄至黄褐色	具有大孔，有虫孔及植物根孔，含少量小姜石及砾石，有 人类活动遗迹 ，土质较均匀，稍密至中密。	
	上更新世 Q ₃ (马兰黄土)	土	浅黄至灰黄及黄褐色	土质均匀，大孔发育，具垂直节理，有虫孔及植物根孔，易产生天生桥及陷穴，有少量小姜石呈零星分布，稍密至中密。	
中更新世 Q ₂ (离石黄土)	土	老黄土	深黄、棕黄及微红	有少量大孔或无大孔，土质紧密，具柱状节理，抗侵蚀力强，土质较均匀，不见层理，上部姜石少而小，古土壤层下姜石粒径 5~20cm，且成层分布，或成钙质胶结层，下部有砂砾及小石子分布。	结构紧密能维持陡边坡
下更新世 Q ₁ (午城黄土)		土	微红及棕红等	不具大孔，土质紧密至坚硬，颗粒均匀，柱状节理发育，不见层理，姜石含量比 Q ₂ 少，成层或零星分布于土层内，粒径 1~3cm，有时含砂及砾石等粗颗粒土层。	

六、沉积岩(土)的颜色

沉积岩(土)的颜色取决于成份，并与其形成条件(沉积环境)密切相关：

- 1、**白色：**一般不含色素，如纯质的碳酸盐岩、岩盐、高岭土、白垩、纯石英砂岩等。
- 2、**灰色、黑色：**由于含有机质（或碳质、沥青质）、分散状硫化铁（黄铁矿、白铁矿），这些物质含量愈高，颜色愈深。在研究黑色或灰色岩石时，一定要分辨出它的色素究竟为碳质、沥青质还是细分散状硫化铁物质，因为它们代表不同形成环境，如碳质代表与沼泽环境有关。
- 3、**红色、紫红色、褐红色、褐黄色：**常为大陆或海陆过渡带陆源碎屑岩的颜色，即所谓的“红层”的特征颜色。色素主要是氧化铁，颜色呈褐黄色过渡为砖红色-红色-紫红色；（发生氧化反应）**红层中常可看到灰绿色岩石或岩层，它们大都是沉积物埋藏后在相对封闭的环境中发生还原反应（Fe³⁺ 还原 Fe²⁺）的结果。**
- 4、**绿色：**由于含 Fe²⁺ 和 Fe³⁺ 的硅酸盐矿物（海绿石、绿泥石）而表现出绿色
- 5、**蓝色、青色：**是硬石膏、天青石、石膏、岩盐等特有的颜色，有时蓝色是由蓝铁矿和蓝铜矿引起的。
- 6、**紫色：**与氧化铁和氧化锰有关，有时则由于含土状萤石之故。

七、沉积岩之碎屑岩的胶结物

- 1、**硅质胶结**：由石英及其它二氧化硅（蛋白石）组成，颜色浅，白色或灰白色，硬度高。
- 2、**铁质胶结**：由铁的氧化物或氢氧化物组成（赤铁矿、褐铁矿等），颜色由浅红色到紫红色；坚硬程度次于硅质胶结物。
- 3、**钙质胶结**：由碳酸钙一类的物质组成，颜色浅，遇稀盐酸剧烈起泡；坚硬程度次于铁质胶结物。
- 4、**泥质胶结**：由粘土类矿物组成，颜色不稳定，胶结松散。

碎屑岩类岩石按颗粒大小分为：①、**砾岩(角砾岩)**—直径大于 2mm、含量大于 50%；②、**砂岩**—直径 2~0.1mm、含量大于 50%；③、**粉砂岩**—直径 0.1~0.01mm、含量大于 50%。

★砂岩按砂屑成份可分为：石英砂岩、长石砂岩、岩屑砂岩；按砂屑颗粒大小分为：粗粒、中粒、细粒、粗中粒、中细粒等。

八、沉积岩之粘土岩分类及结构特征

粘土岩是沉积岩中分布最广的一类，粘土岩常按固结程度分为：粘土（未固结）、泥岩、页岩。根据混入成份的不同，可将泥岩和页岩进一步细分为：含粉砂质泥岩（页岩）、粉砂质泥岩（页岩）、钙质泥岩（页岩）、碳质泥岩（页岩）、硅质泥岩（页岩）等。

粘土岩结构：（按颗粒大小及相对含量分）

- 1、**砂泥质结构**：含有 5%~25%砂粒时，称含砂泥质结构(如：含砂质泥岩)；砂粒达 25%~50%时，则称砂泥质结构(如：砂质泥岩)。（以手触摸有明显颗粒感觉，肉眼可见砂粒，断口呈参差状）
- 2、**粉砂泥质结构**：含有 5%~25%粉砂时，称含粉砂泥质结构(如：含粉砂质泥岩)；粉砂含量达 25%~50%时，称粉砂泥质结构(如：粉砂质泥岩)。（以手触摸有粗糙感，断口粗糙）
- 3、**泥质结构**：几乎全由（或大于 90%）0.01mm 以下的细微质点组成，岩石均一致密(如：泥岩或页岩)。（以手触摸有滑腻感，断口呈贝壳状）

岩相与岩性的关系

岩 相			岩 性
陆 相	山 麓 相		砾岩、砂岩为主，分选不好，磨圆度差
	河 床 相		由各种粒度的砂岩组成，含少量砾岩，分选不好
	河 漫 滩 相		细砂岩、粉砂岩为主，夹页岩
	湖 泊 相		细碎屑岩为主
	沼 泽 相		泥质岩、粉砂岩、细砂岩
	泥 炭 沼 泽 相		煤、炭质泥岩
过 渡 相	泻 湖 海 湾 相		粉砂岩、泥质岩互层
	泻湖海湾相及波浪带相		各种粒度的砂岩、粉砂岩互层
	三 角 洲 相		细至中粒砂岩，分选性、磨圆度均较好
	砂咀、砂坝、砂洲相		中至粗粒砂岩，常呈透镜体
海 相	滨 海 相		各种粒度的砂岩为主，分选好，磨圆度高，成份以石英为主
	浅 海 相		细碎屑岩、化学岩和生物学岩均有
	次深海相及深海相		蓝色软泥、红色软泥、绿色软泥、深海软泥，大体可分为灰质的和硅质的两种；上述软泥形成的岩石

◆ **火山碎屑岩**：(属沉积岩之碎屑岩类)是沉积岩与熔岩之间的过渡性岩石，是火山喷发时喷出的大量碎屑物质降落堆积硬结而成的岩石。根据火山碎屑的大小分为集块岩、火山角砾岩、凝灰岩三种。

★☆☆**集块岩**(砾径大于 100mm 的碎屑含量在 50%以上)， ★☆☆**火山角砾岩**(砾径 2~100mm 的碎屑含量在 50%以上)它们多分布于火山口附近。 ★集块岩为集块结构，火山角砾岩为火山角砾结构。 ★集块岩和火山角砾岩的胶结物主要为火山灰。

■ **凝灰岩**：是火山碎屑岩中最常见的一种，颜色多种多样，有灰白、粉红、淡绿、紫、黑色等。由 90%以上的火山碎屑物组成，其中小于 2mm 的碎屑含量在 50%以上，具凝灰结构，碎屑呈尖棱状或弧面棱角状，颗粒大小不均匀。胶结物为火山灰。这种岩石分布较广，常夹于火山岩系和正常沉积岩系中。

岩石是地壳发展过程中各种地质作用的自然产物，是组成地壳的主要物质成分。岩石是由一种或多种矿物组成的集合体。按岩石成因类型可分为三大类：岩浆岩、沉积岩和变质岩。

九、三大类岩石主要鉴定标志

鉴定的依据及其涵义		岩浆岩	沉积岩	变质岩
结构构造	结构是指一切涉及组成成份的形态和大小的相互关系；构造是指组成成份之空间位置 and 不同程度的空间充填，也即指岩石的建成方式	矿物颗粒没有经过水的磨蚀，常形成不完整的晶粒；深成岩多呈块状构造，而喷出岩则具特有的气孔状、杏仁状、流纹状构造，并可在侵入岩体内发现捕虏体	矿物颗粒经过磨蚀而有不同的磨圆度，其排列也有一定规律可寻，最大特点是具有层理构造，并在层面上具有波浪、雨痕、泥裂、结核等层面构造，以及缝合线构造等等	矿物颗粒常具有定向排列，颗粒周围亦有压碎等现象，其外表形态常成片状，片麻状构造，极少数成为等粒他形变晶结构和块状构造
矿物成份	矿物成份对于鉴定三大类岩石有很大意义。因岩石生成时的物理化学条件不同，与之相应生成的矿物亦有所不同	暗色不稳定的矿物，如橄榄石、普通辉石、普通角闪石、黑云母等，加上浅色矿物，如正长石、斜长石、霞石、石英等构成呈岩浆岩重要成份。此外还含有金属、非金属的次要矿物	沉积岩内多为色浅而稳定的矿物。如石英、白云母、锡石、电气石等。此外尚含有石膏、明矾石、海绿石、铝土矿、方解石、高岭土、白云石、菱铁矿等沉积岩内主要矿物。含深色矿物较少	具有变质岩内特有的矿物，如红柱石、硅线石、蓝晶石、十字石、堇青石、石榴石、绿帘石、滑石、及石墨等
产状	是指岩石在地壳内存在的形态。岩石的成因不同，其产出形态也有所不同。这对于研究岩石成因有很大意义	酸性岩常成大的侵入体如岩基等，而超基性、基性侵入岩常成小的侵入体如岩床、岩盘等，惟喷出岩成熔岩盖、熔岩台等层状产出	均为成层产出，但层有时变化较大，如成扁豆状、串珠状、或分叉、尖灭等	其由何种岩石变化而来，即保存原来岩石的产状
外表特征	是指岩石外表的一些物理性质及其在野外的表现。这对于鉴定岩石成因亦有所帮助	颜色较杂，风化后岩石表面常有杂色斑点，硬度和比重都比较大，常造成陡峭的地形	颜色一般都比较单一，硬度较小，风化后更为松软，除特殊情况外，一般均造成低矮平缓地形	颜色亦较杂，特别是结晶片岩风化后很松散，造成地形视其风化程度不同而不同

十、我国侵入岩分期

时 代			年 龄 (百万年)	主要分布地区	侵入岩类别
中 新 生 代	喜马拉雅期		<80	喜马拉雅、台湾、帕米尔、秦岭、东南沿海	伟晶岩、花岗岩、浅成岩类、超基性岩
	燕山	晚期	80~130	东部地区、滇西、西藏、喀喇昆仑山	黑云母花岗岩、花岗闪长岩、碱性岩类及浅成岩类
		早期	150~190	东部地区（滇西、西藏）	黑云母花岗岩、花岗闪长岩、基性岩、超基性岩
	印支期		190~30	青藏高原东部、南岭、海南岛、秦岭	黑云母花岗岩、石英闪长岩、辉长岩、部分地区有超基性碱性岩
古 生 代	华力西	晚	230~260	东北北部、内蒙、祁连山、滇西、台湾	花岗岩、白岗质花岗岩、基性岩、超基性岩
		中	300±	天山、阿尔泰山、北山、大小兴安岭、川滇地区	黑云母花岗岩、花岗闪长岩、基性岩、超基性岩
		早	350±	天山、滇西、川滇地区	基性岩、超基性岩、花岗岩、花岗闪长岩
	加里东	晚	380~410	东南地区、祁连山、天山、内蒙北部、秦岭	黑云母花岗岩、花岗闪长岩、混合花岗岩
		中 早	430~460 490~520	祁连山、北山、贺兰山、大兴安岭、秦岭	花岗岩、基性岩、超基性岩、伟晶岩
晚 元 古 代	第三期(澄江期)		700±	鄂西、雪峰山、九岭山、怀玉山、大巴山、龙门山	花岗岩、花岗闪长岩
	第二期(晋宁期)		800~1000	川滇地区、滇西、东北北部	花岗岩、闪长岩、伟晶岩、辉绿岩、超基性岩
	第一期(四堡期)		1400±50	北京密云、五台山、吕梁山、辽吉地区、桂北	奥长环斑花岗岩、斑状花岗岩、伟晶岩、闪长岩、基性岩、超基性岩
早 元 古 代	第三期(吕梁)		1700~1900	五台山、太行山、大青山、燕山、辽吉地区、祁连山	伟晶岩、花岗岩、混合花岗岩
	第二期(五台)		2000~2100	阴山、五台山、吕梁山、辽东、鲁中	花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、伟晶岩、基性岩
	第一期(阜平)		2500±	鲁中、燕山、辽东、嵩山、太行山	花岗岩、伟晶岩、混合花岗岩、基性岩、超基性岩

岩浆岩 是岩浆在不同地质条件下冷凝固结而成的岩石。又称**火成岩**。分为：**喷出岩**和**侵入岩**。

★岩浆喷溢出地表后凝固的岩石称**喷出岩（火山岩）**；★若岩浆上升未达地表而在地壳内一定深处缓慢凝固结的岩石，称**侵入岩**。侵入岩又分为**深成岩**和**浅成岩**。岩浆岩常不具层理构造，侵入岩中没有化石。

★岩浆岩最常见的矿物有：橄榄石、辉石、角闪石、云母、长石、石英等，这些矿物又称**造岩矿物**。由这六种矿物组合构成了绝大多数的岩浆岩。

★侵入岩的产状一般可分为：岩基、岩株、岩床、岩盆、岩盖、岩墙及岩脉；

★岩浆岩构造：块状构造（大部分岩浆岩具此构造）；带状构造（主要见于基性、超基性岩中）；气孔及杏仁构造（常见于喷出岩中）；枕状构造（常见于海底喷出岩中）；流面、流线构造（侵入岩体边缘，岩石中片状、板状矿物及扁平状捕虏体等成定向平行排列，称流面。针状、柱状矿物或捕虏体等成定向平行排列，则称流线）；流纹状构造（喷出岩中由不同颜色的条纹或拉长的气孔等沿一定方向排列）。

地层单位与地质时代单位

地层单位	宇	界	系	统	阶	群	组	段
地质时代单位	宙	代	纪	世	期	时（时代、时期）		

宇、界、系、统——具国际性；（统）、阶——具全国性、区域性；群、组、段——具地方性。

十一、地质年代简表

时代划分			绝对年龄 (百万年)		生物界发展概况			地壳运动	
宙	代	纪	距今 年龄	时间 间距	无脊椎动物	脊椎动物	植 物		
显生宙	新生代 Kz	第四纪 <i>Q</i>		2 25 67~70	2	原生动物、 软体动物和 昆虫等繁盛	人类的出 现和发展	被子植 物时代	喜马拉雅运动
		第三 纪 R	晚第三纪 <i>N</i>		23		哺 乳 动 物 和 鸟 类 繁 盛时代		
			早第三纪 <i>E</i>		42				
	中生代 Mz	白恶纪 <i>K</i>		137 195 230 285 350 400~405	70	软体动物特 别是菊石动 物繁盛	爬 行 动 物 的 时 代 (各 种 恐 龙 繁 盛)	裸子植 物时代	燕山运动 印支运动 海西运动 (天山运动)
		侏罗纪 <i>J</i>			58				
		三叠纪 <i>T</i>			35				
	古生代 Pz	二叠纪 <i>P</i>		400~405	55	蜓类、四射 珊瑚、腕足 类、棱角石 类繁盛	(古)两栖 类繁 殖 的 时代	陆生孢 子植物 繁盛时 代	加里东运动 (广西运动)
		石炭纪 <i>C</i>			65				
		泥盆纪 <i>D</i>			50~55		鱼类的时代		
		志留纪 <i>S</i>			35~40	笔石动物、三 叶虫、床板珊 瑚、鹦鹉螺类、 腕足类繁盛	无 颚 类 的 出 现 和 发 展	海生藻 类植物 繁盛时 代	
		奥陶纪 <i>O</i>			60				
		寒武纪 <i>Є</i>			100				
隐生宙	元古代 Pt	晚元古代 <i>Pt₂</i>		600	1200	只有有孔虫海 绵等少数化石	?	蓟县运动 吕梁运动 五台运动 阜平运动	
		早元古代 <i>Pt₁</i>		1800 2000 2500	700	有可疑的动物 化石	?		
	太古代 Ar	晚太古代 <i>Ar₂</i>		?		出 现 细 菌			
		早太古代 <i>Ar₁</i>							

★通过对化石的研究，可以划分**相对地质年代**，进行地层对比，可以推测过去地层形成的沉积环境。在不同地区的地层剖面中含有相同的标准化石和化石群，则他们应属同一地质年代。

★**绝对地质年龄**是通过放射性同位素来测定的。此法主要用于没有化石的岩浆岩和部分变质岩中。

◆地壳升降运动——(上升)造陆；

◆地壳水平运动——(挤压)造山

十二、地质简史

一、太古代(Ar)和早元古代(Pt₁)地史

据认为地球形成已有 60 亿年了,而地壳约在距今 45 亿年(有认为 46 亿年)时才形成。有了地壳之后才有了海洋和陆地,出现了各种地质作用。距今 32 亿年有了原始生命,到离现在 6 亿年左右,地表才有了大量生物。

太古代距今约 45~25 亿年,早元古代距今约 25~18 亿年,这两个时期年代长久。其主要地史特征表现为:

(一)、构造运动频繁。在漫长的地质年代里有过许多次构造运动,每次运动都有强烈的褶皱运动、岩浆活动和变质作用。在我国太古代及早元古代主要有三次构造运动,即:阜(fù)平运动、五台运动和吕梁运动,都有强烈的褶皱,使上下地层之间造成角度不整合。

(二)、海洋广阔,占绝对优势。早期在海洋中分布了一些岛屿,经过太古代和早元古代多次构造运动,挤压褶皱,岩浆喷发和侵入,到了早元古代的末期,造成了一些比较稳定的地台,如北半球有中国地台、西伯利亚地台、俄罗斯地台、北美地台,在南半球有南美地台、非洲地台、印度地台和澳洲地台。这些地台部分露出水面,出现大片陆地。

(三)、当时就有了原始生命。最早的是南非发现距今约 32 亿年(太古代)的球状和杆状的细菌。早元古代时由单细胞发展为多细胞生物。但总的来说太古代及早元古代地层中化石极为缺少,难以发现。

(四)、太古界及早元古界为变质很深的岩石。在我国北方分布于太行山、吕梁山、泰山、嵩山、内蒙、东北南部等地。太古界为各种片麻岩,厚度>7000m;下元古界下部五台群主要为各种片岩,各地厚度不同,太行山区厚约 1000m;下元古界上部溥(fú)沱群(溥沱在山西)变质程度较浅,由下而上为变质砾岩、石英岩、板岩、白云岩等,厚度约 8000m。南方少有出露。

(五)、太古代及早元古代时间长久,形成的矿产很多。比较著名是变质铁矿,为大型沉积变质铁矿,世界上大铁矿多属于此类。

二、晚元古代(Pt₂)地史

据同位素地质年龄,晚元古代下限距今约 18 亿年,上限距今约 6~5.7 亿年,其经历时间约 12 亿年。包括长城纪、蓟县纪、青白口纪和震旦纪。

(一)、晚元古代的特点

1、早元古代末期构造运动结束,一些地方比较稳定下来,形成老地台,在老地台之间或周围常常比较活动的地方,叫地槽。如南半球与北半球各地台之间的古地中海地槽。地槽在海水面以下,不断接受沉积。古地台露出地面的部分受到侵蚀,为海水淹没的部分提供了沉积物质。

2、藻类化石丰富,其化石对地层的划分和对比,具有重要意义,而且反映了当时海洋广布,气候温暖,为以后古代生物的大发展准备了条件。

3、震旦纪晚期世界普遍出现了冰川,我国滇、桂、黔、鄂、赣、皖、豫、甘、宁、新疆等省区都有冰川遗迹发现。

(二)、我国的上元古界

我国的上元古界,在华北和华南情况有所不同。华北地台南面有秦岭海槽,北面有燕辽沉积带,沉积都很厚;地台上部分地区为海水淹没,常是薄而稳定的浅海沉积;地台上部分地区为隆起剥蚀区。燕辽沉积带地层完整,长城系、蓟县系齐全,以河北蓟县为标准剖面。

华北上元古界代表了一个巨大的沉积旋回,在这个大旋回中又可分为三个小旋回(华北一般缺少震旦系),各旋回间都存在明显的沉积间断。

华南上元古界分布于淮阳古陆以南。上元古界的中、下部普遍为浅变质的碎屑岩、硅镁质碳酸盐岩。在滇东叫昆明群,鄂西叫神农架群,桂北叫四堡群及板溪群。上部震旦系以三峡为标准剖面,岩石未经变质。

(三)、我国晚元古代地史简况

华北地区在吕梁运动后,地形差别较大,经长期风化剥蚀后地形渐为平缓,于晚元古代初期海侵开始,

堆积了海侵型碎屑岩, 并有火山喷发; 中期海侵扩大, 形成碳酸盐沉积, 海生藻类繁盛; 后期青白口纪地壳逐渐上升, 海水渐退, 又以碎屑沉积为主。华北在震旦纪时基本上已上升为陆地, 仅于辽东一带分布海水造成沉积。晚元古代在蓟县一带下降特别深, 沉积厚度达 10000 多米。在此期间有多次振荡运动, 造成多个平行不整合。但总的看, 地壳运动较之前少而弱, 结构比较简单, 岩浆活动少, 岩石一般未经变质。华南在晚元古代时, 地壳的活动性较大, 沉积砂岩、泥岩厚度很大, 10000m 以上, 伴随有中、基性海底喷发, 由于地壳运动较为强烈, 岩层普遍褶皱, 中下部岩石受到轻变质作用。

在华北和华南的山区, 于震旦纪晚期普遍有冰川分布。

晚元古代矿产丰富, 特别是铁、锰、磷等沉积矿产。

三、早古生代(P_{z1})地史

古生代因地史上出现大批生物而得名。分为早古生代和晚古生代两个阶段。早古生代距今 6~4 亿年, 共经历了两亿年时间, 划分为寒武纪(Є)、奥陶纪(O)和志留纪(S)。寒武是指英国的寒武山脉, 奥陶和志留是英国古代民族名, 后来, 被地质学家用来作为地质年代名称。

(一)、早古生代特点

一方面海洋仍然占优势。晚元古代时地壳上出现了许多古陆, 同时在各古陆之间或边缘为海槽分隔。进入早古生代后, 地壳逐渐下降, 许多古陆重新为海水浸漫, 面积广阔, 为生物发展准备了良好的自然环境。

另一方面早古生代初期出现了大量的、门类众多的和较高级的海生无脊椎动物。如三叶虫、腕足类、笔石、珊瑚和头足类等, 在地层中保存了大量化石, 其中三叶虫是划分寒武系的标准化石, 笔石是划分奥陶系和志留系的根据。植物界仍以海生藻类为主。特别应该提出的是奥陶纪出现了原始鱼类, 由无脊椎动物分化出来成为脊椎动物, 这是生物演化史上一次大跃进。

(二)、我国的下古生界

我国早古生代沉积分布普遍, 但华北与华南差别较大。华北下古生界岩性较为简单, 主要为浅海相灰岩夹页岩, 生物丰富, 地层划分和对比较为容易, 缺少上奥陶统和志留系。华南在川、滇、黔地台上沉积以灰岩、页岩为主, 也有碎屑岩。西北的地槽带如阿尔泰山、天山、昆仑山、祁连山等地当时是海槽, 沉积了巨厚的碎屑物和碳酸盐, 并有许多火山喷发的物质。皖、赣、粤、桂等地也有类似的沉积。

(三)、我国早古生界地史简况及矿产

早古生代初期, 除了华北的内蒙古陆及胶辽古陆, 华南的康滇古陆、江南古陆, 和华夏古陆等少数地区仍为陆地外, 大部分地区为海水分布。

华北地台于寒武纪初期发生海侵, 到中奥陶世达到顶峰, 成为广阔的浅海。气候温暖, 海生无脊椎动物繁盛, 以灰岩沉积为主。但从晚奥陶世起, 受广西运动(加里东运动)影响, 振荡上升为陆, 整个华北和东北南部, 长期受到剥蚀, 直到中石炭世又开始下沉。华南除了康滇古陆、江南古陆和华夏古陆三个地区外, 均有沉积, 岩性较为复杂, 不似华北那样简单。在华夏古陆与江南古陆之间的东南拗陷带, 地壳的活动较大, 沉积以碎屑岩为主, 并有火山喷发, 岩性和厚度变化都很大, 厚度达 5000~20000m, 可见地壳下降很深。华南各地地形较为复杂, 加上各地地壳运动不均匀, 自奥陶纪起, 形成一些滞流的海湾, 到志留纪时更加发展, 所以除了正常浅海相型的贝壳相之外, 也常见到滞流的海湾-浅海型笔石相。志留纪末我国华南各地普遍受到广西运动的影响, 褶皱上升, 我国西北各海槽区, 也受到一定影响, 表现在有岩浆侵入, 局部地区褶皱隆起, 巨厚的下古生界大部变质。经过广西运动后, 地壳上升, 陆地面积逐渐扩大, 这个情况与世界其他地方相似。

这段时期的重要矿产有磷、铁、石膏、石灰岩等。此外华南地区寒武系中的石煤, 炭质页岩中的稀有元素和放射性元素, 地槽区火山活动有关的金、铜、铅、锌等金属, 分布于灰岩裂隙、溶洞中的石油等。

四、晚古生代(P_{z2})地史

晚古生代距今 4.0~2.3 亿年, 约经历了 1.7 亿年, 划分为泥盆纪(D)、石炭纪(C)和二叠纪(P)。泥盆纪是因英国泥盆州而得名; 石炭纪是因其地层普遍含煤而得名; 二叠纪是因该时代地层在德国分为上下两套岩相而得名。

晚古生代最突出的特征, 是广西运动(加里东运动)后陆地范围扩大, 生物界大规模向陆地发展, 石炭

纪及二叠纪成为世界上最重要的成煤期。

(一)、晚古生代的生物界

由于广西运动的强烈和广泛,使海洋的范围缩小,陆地面积扩大,陆相地层较之过去发育,陆上生物也随着得到空前发展。

1、陆生植物繁盛。晚元古代已有海生藻类,但在早元古代发展缓慢,泥盆纪时随着陆地的扩大,海生植物向陆地发展,以裸蕨为代表。到石炭、二叠纪,高大的蕨类植物成为茂密的森林,使石炭、二叠纪成为地史上重要的成煤期之一。至晚二叠世,裸子植物出现。

2、海生无脊椎动物演化发展迅速。早古生代海生无脊椎动物空前繁盛,到了晚古生代有些种类不适应于外部环境的变化而衰退或灭绝(如笔石);有些种类则继续发展,腕足类和珊瑚繁盛,菊石相当多。海生无脊椎动物对划分地层很有意义。特别是蜓类出现,演化迅速,分布极广,是石炭、二叠纪很好的标准化石。晚古生代末,蜓和四射珊瑚灭绝,腕足类也只留下极少数种属。

3、脊椎动物有了飞跃发展。奥陶纪出现的原始鱼类,在泥盆纪时非常繁盛。晚泥盆世鱼类中的总鳍鱼随着陆地的发展,演化为适于水陆两种生活的两栖类,在石炭、二叠纪的湖泊沼泽中极为繁盛,所以石炭、二叠纪又称为两栖类时代。随着陆地增大,干燥气候带逐渐扩大,两栖类为是适应于离水源较远的生活环境,于二叠纪末演化成为原始的爬行类动物,为中生代脊椎动物的迅速发展准备了条件。

(二)、我国的上古生代

我国晚古生代地层分布很广,其特点是陆相和海陆交互相地层相对增多;植物化石大量出现;含煤地层分布广。由于华北与华南地壳运动强烈程度不同,所以反映在地层岩性和厚度等方面差异很大。华南的泥盆系以广西象州型为代表,石炭、二叠系以贵州为代表,华北上古生界以山西太原为代表(见附表)。

华北地区上古生界的特征是:整个华北和东北南部,均缺失泥盆系和下石炭统,只有上石炭统和二叠系;厚度较薄,但较为稳定;岩相变化不大,一般来说,中、上石炭统(即本溪组和太原组)属海陆交互相煤系地层,二叠系全为陆相,下二叠统(山西组和下石盒子组),属河、湖及沼泽相煤系地层。上二叠统为陆相盆地沉积,气候渐变为炎热干燥,华北石炭、二叠系中含有丰富的煤矿。

华南上古生界的特征表现在:上古生界三个系发育较全;地层厚度较大,厚度不稳定,横向变化显著;整个上古生界以海相地层为主,间有陆相地层分布;含煤层位较多,但规模小,煤层薄;地层之间接触关系复杂,有角度不整合、平行不整合,在西南地区上部有较厚的峨眉玄武岩喷发。

(三)、我国的晚古生代地史简况

晚古生代我国各地地质历史差别较大,情况不同。

华北和东北南部地区,自中奥陶世以后,上升成为陆地,长期受到剥蚀,到中石炭世开始,华北重又开始下沉,在中、晚石炭世,时而为海,时而为陆,沉积了海陆交互相地层。石炭纪末,全部隆起,二叠纪沉积了陆相地层。华北在石炭、二叠纪长期处于温暖湿润的气候条件下,到了晚期,转变为干燥气候环境。

华南在早古生代末期受到广西运动褶皱上升为陆后,于泥盆初期地壳又开始下降,普遍沉积了一套海侵型的碎屑岩和碳酸盐岩,中间虽有几次短时间的上升,但总的来说晚古生代是一次大海侵,早二叠世末东吴运动在华南比较普遍,表现为上、下二叠统之间的不整合接触。

我国西北和北部的阿尔泰山、天山、昆仑山、祁连山、秦岭及蒙古-兴安岭等地区晚古生代时都是大海槽,沉积了巨厚的碎屑岩和火山岩,厚度达一~二万米。晚古生代末,由于地壳运动和岩浆活动,全部褶皱隆起成为褶皱带。

晚古生代的地壳运动,根据德国海西山脉而命名,也有根据法国华力西山脉命名的。我国称为天山运动。海西运动在我国比较显著,但各地表现有所不同,华北于石炭纪末振荡运动上升,华南稍晚,东南多在早二叠世后上升,西南有些地区受影响而喷发。西北和北方各海槽受运动影响最为强烈,于末期褶皱成山。

晚古生代主要矿产有铁、锰、铝、煤及与岩浆活动有关的金属矿产。

华北地台石炭、二叠系含煤地层中常有数层铝土矿和耐火黏土,其中以本溪组底部铁铝层中的铝土矿,质量好,分布广,成为大型矿床。■煤矿在晚古生代成煤时代较多,各地不同。总的来说,华北地层煤层稳定、分布广、储量大、质量好;华南地层煤层分布零星、厚度薄、规模小。

五、中生代(Mz)地史

中生代距今 2.3~0.67 亿年,约经历了 1.6 亿年,划分为三叠纪(T)、侏罗纪(J)和白垩纪(K)。三叠纪按德国南部地层三分明显而命名,侏罗纪按法国与瑞士交界的侏罗山而得名,白垩纪按英法海峡分布的白垩层而得名。海西运动后,陆地面积增大,自然地理环境多样,所以生物界才有了新的发展,沉积岩性也比较复杂。

(一)、中生代的新发展

中生代是裸子植物、爬行动物的时代,软体动物也很繁盛。

植物 裸子植物于晚二叠世初开始,中生代迅速发展起来,使中生代,特别是侏罗纪成为又一个成煤时代。侏罗纪晚期被子植物出现,到晚白垩纪被子植物比较繁盛。

海生无脊椎动物 头足类中的菊石类在中生代空前繁盛,瓣鳃类、介形类也很重要,六射珊瑚较多。

脊椎动物 爬行动物高度发展,其中的恐龙类,最大长达 26 米,体重达 50 吨,而有的很小。在陆地上有甲龙、鸭嘴龙,在空中有喙口龙,在海中有鱼龙。但到了中生代末,恐龙类灭绝。

(二)、我国的中生代

除了华南的三叠系及西藏一带的中生界为海相地层外,其余广大地区的中生界主要为陆相盆地沉积,其特点是岩相和厚度变化都很大。以华南的川鄂盆地及华北的陕甘宁盆地为代表。吕梁山以西的大型内陆盆地为红色碎屑岩系,没有火山岩系;而东部地区有大量的火山活动的物质。在中生界上部往往夹有煤层或油层,而在红色地层中常夹有石膏或岩盐。

(三)、我国中生代地史简况

1、中生代的地壳运动比较强烈。可分为两期,一是发生于三叠纪的印支运动,表现为以褶皱为主,断裂和岩浆侵入为次;另一是发生于侏罗纪和白垩纪的燕山运动,表现为断裂和岩浆侵入为主。

2、由于印支运动影响,华南大片海洋均于晚三叠世上升为陆,从此,我国基本上结束了二叠纪以来南海北陆局面,南北连成了一片,只有西藏及东南沿海仍为海洋。

3、由于地壳运动使地形起伏不平,在东部地区造成一系列北东向隆起和拗陷,先后形成许多山地和盆地。较大的如松辽、华北、江汉、陕甘宁及川鄂等盆地。盆地之间为隆起的山地。

4、中生代的地壳运动引起大规模的岩浆侵入和喷出活动。主要是燕山运动期,在东部地区如东北、燕山、山东、浙江、福建、广东等地,都有大规模的安山岩、流纹岩喷发,同时还有大规模的中酸性岩浆侵入,形成所谓的燕山期花岗岩,分布在南岭的燕山期花岗岩中有多种金属矿床。

5、西部地区古生代褶皱带强烈上升。如阿尔泰山、天山、昆仑山、祁连山等于晚古生代末形成的褶皱带于中生代期间不断上升,成为高山大岭,中间夹着准葛尔、塔里木和柴达木等大型盆地,在盆地内或山前拗陷处中生代陆相沉积很厚,可达几千米。在藏北、滇西,于中生代先后褶皱隆起成为喀喇昆仑山脉、念青唐古拉山脉及横断山脉。自中生代起,除了西藏一带仍为海洋外,逐渐形成我国地形上西高东低的基本形态。

中生代的主要矿产有:煤、石油、天然气、岩盐、石膏及与燕山期花岗岩有关的金属,如钨、锡、钼、铜、铅、锌、铋、汞等。

六、新生代(Kz)地史

由于生物演化发展到了最新阶段,所以取名新生代。距今 0.67~0 亿年。包括了两个纪,即第三纪(R)和第四纪(Q)。

新生代是哺乳动物和被子植物空前发展的时代,是冰川发育和出现人类的时代。

(一)、新生代的生物界

新生代地表的自然地理环境和生物界的面貌已经与现代基本相似。

植物中的被子植物于晚白垩世就已繁盛,到新生代,在植物中占统治地位,大量蔬果出现,按气候分带清楚,繁殖比较有保障。

无脊椎动物如瓣鳃类(蛤、蚌等)和腹足类(田螺、蜗牛等),在中生代时就开始适应淡水环境,新生代时获得空前发展。

脊椎动物中的恐龙类于中生代末灭绝,新生代的爬行动物不多,如龟、鳖、蜥蜴、鳄和蛇等。哺乳动

物是热血的胎生动物，发展迅速，第三纪时有始祖马、熊、獾、剑齿虎等，第四纪时有猪、牛、马、羊、象、大熊猫等。今天的许多哺乳动物就是从新生代初期原始哺乳动物演化来的。

(二)、我国的新生界

稳定的海相地层少，岩性复杂且岩相变化大的陆相地层多。下第三系多已固结，上第三系及第四系多为半固结和松散物质。

1、第三系

a、西北的山间盆地、山前拗陷沉积紫红色、灰绿色砾岩、砂岩、页岩，厚达几千米，有含油层。如柴达木、塔里木、准葛尔等盆地。

b、东部拗陷带一般为河湖沉积，如苏北、松辽、华北、江汉及呼伦贝尔、鄂尔多斯、四川等盆地。以华北盆地东部渤海湾为例，长期下降，淡水湖泊碎屑岩厚 4000 米，有含油层，成为我国的大油田。其他盆地也多有油田，已被证实。

c、东部隆起带上的中、小型盆地，其中近海盆地形成含煤或油页岩地层，如辽宁抚顺、广东茂名；远离海岸的内陆盆地，多为红色地层，含有石膏和岩盐。

d、台湾海相地层完整，新疆西部、西藏只有下第三系。喜马拉雅山地以灰岩为主，夹页岩，厚 345m，含有孔虫，腹足类等化石。

2、第四系

我国第四纪时期陆地面积辽阔，地形复杂，气候分带明显，陆相成因类型多样。下面简述主要类型：

a、华北平原和黄土高原的第四系(由下而上)：

泥河湾组(下更新统) 为杂色的砂、砾泥层，属河湖相。

周口店组(中更新统) 为北方灰岩溶洞中的泥砂、砾石堆积，含丰富的哺乳类化石。

马兰组(上更新统) 为广泛分布的黄土。

最上面为近代(Q₄) 河流冲积层。

b、华南的第四系，类型较为复杂，主要有：

河流相 河流冲积砂、砾和亚黏土(粉质黏土)，组成了几级阶地。

湖泊相 湖泊中沉积的泥砂层，富含有机质。

洞穴相 岩溶地区溶洞中堆积泥、砂、砾、灰华等，有较多的哺乳动物及人类化石。

残坡积相 南方湿热气候化学风化成的红土、黄色土，由亚砂土(粉土)、黏土等组成。

海相 在台湾、海南岛及南海诸岛有钙质沉积，含有孔虫、海胆等。沿海岸有砂、砾、黏土沉积。

此外，在华北和华南山区分布有冰川堆积，为橙红、赭、绿色等的泥砾。还有沿海个别地区分布玄武岩。

(三)、我国的新生界地史简况

1、新生代的地壳运动强烈。表现在地槽和大陆区有所差别。

早第三纪晚期地壳运动使喜马拉雅地槽褶皱上升为山系，结束地槽生命。因此，新生代的地壳运动称为喜马拉雅运动。第四纪地壳运动继续上升，使珠穆朗玛峰达到目前海拔 8848.13m，成为世界最高峰。台湾也于早第三纪末及晚第三纪期间完全褶皱上升成为中央山脉。

大陆上的西北、华北及华南广大地区，新生代期间山岳上升，华北、江汉及西北盆地下降，地面高低悬殊，气候变化较大，形成沉积类型多样。现代河流两侧多级阶地和多级溶洞的分布，充分地说明第四纪短暂的地质时期中曾有多次上升运动。

2、新生代的岩浆活动也比较频繁。伴随地壳运动，第三纪时在喜马拉雅山、台湾和华山等地有酸性侵入和酸性火山喷发。第四纪时在东北、山西大同等地有多期基性火山岩。1951 年 5 月 27 日在昆仑山北麓、塔里木盆地南缘尚有喷发。

3、第四纪冰川的分布，在地史上比较突出。在我国为山岳冰川。

4、哺乳类动物的迅速演化，于第四纪出现人类，生物的发展达到地史上最高级阶段。

附表

华南和华北上古生界对比简表

层 序		华 南 (石炭、二叠以贵州为代表、泥盆以广西象山为代表)		华 北 (以山西为代表)
二 叠 系 P	上 统 P ₂	长兴组：砂页岩 数米-百余米		石千峰组：紫红色砂岩 500-800m
		龙潭组：砂页岩夹煤层 200-300m		上石盒子组：杂色页岩、黄色砂岩 290m
		峨眉山玄武岩 300-1500m		
	下 统 P ₁	矛口组：厚层灰岩，白云质灰岩 200-1100m		下石盒子组：砂页岩夹煤层 170m
		栖霞组：深灰色厚层灰岩、含遂石结核 200-630m		山西组：砂页岩夹煤层 60m
		梁山组：砂页岩夹煤层、鲕状、豆状赤铁矿及铝土矿 400-800m		
石 炭 系 C	上 统 C ₃	马平群：石灰岩 100-200m		太原组：砂页岩、灰岩夹煤层
	中 统 C ₂	黄龙群：纯灰岩、白云质灰岩 300-500m		本溪组：砂页岩、灰岩夹煤层，底部有 铝土、铁矿等 20-50m
	下 统 C ₁	大 塘 阶	上司段：灰岩、白云质灰岩 300-400m	缺 失
			旧司段：砂页岩夹煤层 200m 以下	
		岩 关 阶	汤巴沟段：砂页岩，偶夹煤层 200-600m	
			革老河段：灰岩夹少量页岩 67-150m	
泥 盆 系 D	上 统 D ₃	融县组：厚层灰岩、白云岩 300m		
	中 统 D ₂	东岗岭组：灰色白云岩、灰岩、泥灰岩 200-850m		
		应堂组：黄色泥岩 90-494m		
	下 统 D ₁	四排组：灰色生物灰岩夹白云岩 400m		
		郁江组：青灰色泥岩、粉砂岩 17-326m		
		那高岭组：灰绿色泥岩夹砂岩 21-374m		
		莲花组：紫红色石英砂岩底部砾岩 29-1042m		
前 泥 盆 系	AnD	极轻微的变质砂岩、页岩		中奥陶统

十三、《铁路工程地质钻探规程》(TB10014-98)中有关规定

1、工程地质钻探回次进尺规定

岩(土)层	规定回次进尺(m)
黏性土、粉土	1.0~1.5
砂类土	泥浆钻进 1.0~1.5
	跟管回转钻进 0.3~0.5
碎石类土	0.5~1.0
冻土	<0.3 回次钻进时间不宜超 5 分钟,含水量大的泥浆或黏性土可达 0.5
软土	0.3~1.0
黄土	1.0~1.5 (取原状土样应一米三钻,第一钻 0.4-0.5 第二钻 0.3-0.2 第三钻 0.3 后取样)
膨胀性岩土	0.5~1.0
滑动面及重要结构面上下 5m	预计滑动面及其以上 5m 范围 ≤ 0.3
	重要结构面上下 5m 为 0.3~0.5
软硬互层、软硬不均风化带硬、脆、碎基岩	0.5~1.0
较完整、轻微风化基岩	1.0~2.5
完整基岩	<3.5

2、铁路工程地质勘察钻探岩芯采取率应符合下表的规定

岩芯(样)采取率规定

钻探类别	岩层		回次进尺采取率（%）
工程地质钻探	第四系覆盖层	黏性土、粉土	≥90
		砂类土	≥70
		碎石类土	≥50
	基岩	滑动面及重要结构面上下 5m 范围内	≥70
		风化轻微带（w ₁ ），风化颇重带（w ₂ ）	≥70
		风化严重带（w ₃ ）风化极严重带（w ₄ ），构造破碎带	≥50
		完整基岩	≥80

3、扰动样及原状样取样标准

①、砂类土及碎石类土取样标准:

砂样 ≥ 1Kg;

圆砾土、角砾土 ≥ 3Kg;

卵石土、碎石土 ≥ 5Kg

②、黏性土及特殊类土取样标准:

黏性土取样直径 ≥ 100mm, 样长 ≥ 200mm; 软土取样直径 ≥ 100mm, 样长 ≥ 500mm;

黄土取样直径 ≥ 120mm, 样长 ≥ 150mm;

☆ 各类土样每组均为双样(2节)。 ☆ 软土与黄土取样必须使用薄壁取样器。

③钻孔中原状土样的采取方法应符合下列规定:

A、连续压入法。此法对土样扰动最小; B、断续压入法。此法适用于浅层软土; C、回转压入法。此法适用于半坚硬和硬塑的粘性土取样; D、击入法。在粘性土层中采用压入法取样有困难时,可采用击入法,并应重锤少击取样。

十四、水文地质试验

根据《铁路工程水文地质勘察规程》TB10049—2004

(一)、一般规程

- 1、水文地质试验,应根据水文地质条件和工程目的及场地条件,选用抽水、压水、注水和提水试验等方法。
- 2、工程水文地质试验应根据水量、水位,选择合适的试验方法,有条件时应以抽水试验为主。
- 3、在进行水文地质试验时,应采取代表性水样进行水质分析。采取的水样,除应满足质量和数量要求外,尚应符合下列规定:
 - ①、提水试验和抽水试验,应在试验临近结束前采取水样。
 - ②、压水试验和注水试验,应在洗清钻孔后试验开始前采取水样。
- 4、抽水试验的观测孔布置,应根据试验目的和计算公式的要求确定,并符合下列规定:
 - ①、以抽水孔为原点,布置1~2条观测线。
 - ②、当布置1条观测线时,宜垂直地下水流向;布置2条观测线时,另一条宜平行地下水流向。
 - ③、每条观测线上的观测孔,一般为3个。
 - ④、距抽水孔最近的第一个观测孔,应避开三维流的影响,其距离不宜小于含水层的厚度;最远的观测孔距第一个观测孔的距离不宜太远,并应保证在试验过程中有一定的水位降深值。
 - ⑤、各观测线的过滤器长度宜相等,并安置在同一含水层和同一深度上。
- 5、抽水试验前和抽水试验过程中,应同步测量抽水孔和观测孔、点的静止水位和动水位。当采用小口径测水管测量动水位时,测水管底端应安装侧压头。
- 6、抽水试验过程中,每次水位下降结束后,应测量钻孔内的沉淀深度。
- 7、抽水试验时,必须采取措施防止抽出的水排泄在抽水影响范围内,回渗到含水层中。
- 8、抽水试验过程中,动水位的观测应符合下列规定:
 - ①、采用同一方法和同一类工具;
 - ②、抽水孔的动水位读到厘米,观测孔的动水位读到毫米。
- 9、抽水试验过程中,出水量的测量,应符合下列规定:
 - ①、当采用堰箱或孔板流量计时,水位测量应读到毫米。
 - ②、当采用容积法时,量桶充满水的时间不宜少于15s,读数准确到0.1s。
 - ③、当采用水表时,读数准确到0.001m³。
- 10、抽水试验每次停泵后的水位恢复,宜按第1、2、3、4、6、8、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120min进行观测,以后可每隔30min观测一次。

(二)、稳定流抽水试验

- 1、稳定流抽水试验的水位降深次数,应根据工程目的确定,一般进行3次,并符合下列规定:
 - ①、水位降深的最大值,当潜水时宜接近含水层厚度(完整孔)或过滤器长度(非完整孔)的1/2深度处;承压含水层最大降深值不宜低于含水层顶板。
 - ②、其余二次降深值,宜分别为最大降深值的1/3和2/3(各次水位降深差值应不小于1m)。
 - ③、各次试验的水泵进水口位置应相同。
 - ④、当勘探孔的出水量较小或试验时出水量已达到极限时,水位降深次数可适当减少,但不得少于2次。
- 2、抽水试验的稳定,应符合下列规定:

- ①、在抽水稳定延续时间内, 出水量和动水位与时间关系曲线只在一定的范围内波动, 且没有持续上升或下降的趋势。
 - ②、当水位降深小于 10m, 用压风机抽水时, 抽水动水位波动值不得超过 10~20cm; 用离心泵、深井泵等抽水时, 动水位波动值不得超过 5cm。
 - ③、一般情况下不应超过平均水位降深值的 1%, 出水量波动值不得超过平均出水量的 3%。
- 3、抽水试验的稳定延续时间, 宜符合下列规定:
- ①、卵石、圆砾、砾砂和粗砂含水层为 8h;
 - ②、中砂、细砂和粉砂含水层为 16h;
 - ③、基岩含水层为 24h;
 - ④、根据含水层类型、已有抽水试验资料、补给条件、水质情况和试验目的等, 稳定延续时间可适当调整。
- 4、抽水试验时, 动水位和出水量的同步观测时间, 宜在抽水开始后的第 5、10、15、20、25、30min 各观测一次, 以后每隔 30min 或 60min 观测一次。水温 and 气温宜每隔 2~4h 同步观测一次。

(三)、非稳定流抽水试验

- 1、抽水孔的出水量应保持常量, 其变化幅度不大于 3%。
- 2、抽水试验的延续时间, 应按水位降深 (s) 与时间 (t) 的关系曲线确定, 并符合下列规定:
 - ①、当 s (或 Δh^2) — $\lg t$ 关系曲线有拐点时, 则延续时间宜至拐点后的线段趋于水平为止。
 - ②、当 s (或 Δh^2) — $\lg t$ 关系曲线无拐点时, 则延续时间宜根据试验目的确定。
 - ③、在承压含水层中抽水时, 采用 s — $\lg t$ 关系曲线; 在潜水含水层中抽水时, 采用 Δh^2 — $\lg t$ 关系曲线。
 - ④、当有观测孔时, 应采用最远观测孔的 s (或 Δh^2) — $\lg t$ 关系曲线。
- 3、抽水试验时, 动水位和出水量的同步观测时间, 宜在抽水开始后的第 1、2、3、4、6、8、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120min 进行观测, 以后每隔 30min 观测一次。

(四)、提水试验

铁路工程钻孔提水试验可采用定水位降深法 (定动水位法) 或定流量法。

1、提水试验对钻孔的要求:

- ①、钻孔孔径不得小于 75mm。如水量较大时, 孔径还要适当加大。
- ②、在含水层松散易塌地段应下滤管。
- ③、尽量不在含水层中使用泥浆钻进或投放泥球等堵水物质。

2、定水位降深法提水试验的技术要求:

- ①、提水试验前, 必须按要求洗孔, 并排出孔底的沉淀物。测量静止水位、水温、孔深。
- ②、根据孔内水柱高度, 通过试提水确定最大降深。要求较高的提水试验应进行 2~3 次降深, 一般可作 1~2 次降深。作 3 次降深中的其余 2 次可按最大降深的 2/3 和 1/3; 作 2 次降深可按最大降深的 1/2。每次水位降深一般应大于 0.5m。
- ③、单位时间内, 提水次数应均匀, 提出的水量大致相等, 并达到水位、水量相对稳定。
- ④、水位和水量应在提水开始后的第 5、15、30min 各观测一次, 以后每隔 30min 测定一次, 并计算出水量。若出水量波动范围在 $\pm 10\%$, 水位波动范围在 ± 10 cm 时, 即可视为相对稳定。

- ⑤、提水试验的延续时间，应在水位、水量相对稳定后再提水 4~6h 即可结束。
- ⑥、提水试验结束后应进行水位恢复观测，宜按第 1、2、3、4、6、8、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120min 进行观测，以后可每隔 30min 观测一次，直至接近静止水位。

(五)、注水试验

1、注水试验的原理及适用范围：钻孔注水试验是野外测定岩层渗透性的一种比较简单的方法。其原理同抽水试验，只是以注水代替抽水。

注水试验通常适用于：

- 1、地下水埋藏很深，抽水试验有困难，但需了解岩层的渗透性时。
- 2、无地下水存在但需测定岩层的渗透性时。

2、注水试验方法：

- ①、**固定水头注水**是将钻孔中的水位抬高到一定的高度，保持水头不变连续注水。此法比较准确。
- ②、**变动水头注水**是以一定的水量一次注入钻孔内，立即停止供水，并迅速测量孔内水位上升高度后观测其下降水位变化情况，一直观测到下降水位达到孔内原来地下水的静止水位为止。此法精度差，一般不采用。

3、固定水头注水试验步骤和要求：

- ①、注水前先洗孔，清除孔内岩粉，测量孔深及地下静止水位。
- ②、注水开始时，注水量应由小到大，连续注入。当动水位升高至设计高度以后，应控制注水量，使水头稳定，水量不变。
- ③、注水开始后，应每隔 3、5、10、15min 观测一次水位、水量，以后每隔 30min 观测一次，至稳定后再延续 2~4h，注水即可结束。
- ④、注水一般应进行 3 次水位抬高，每次抬高水位最好采用 2、4、6m 或更大，但每次水位差最小不应小于 1m。
- ⑤、注水过程中稳定耗水量的允许偏差为 $(Q_{\max} - Q_{\min}) / Q_{cp} < 10\%$ ，稳定水位的允许误差 $\pm 5\text{cm}$ 。注水停止后应立即观测钻孔中水位下降的水位，观测时间与注水时间相同，直至下降到静止水位为止。

附：

水的颜色与水中存在物质的关系

水中存在物质	硬水	低价铁	高价铁	硫化氢	硫细菌	锰的化合物	腐植酸盐
水的颜色	浅兰	灰兰	黄褐	翠绿	红色	暗红	暗黄或灰黑

水中存在物质与口味的关系

存在物质	NaCl	Na ₂ SO ₄	MgCl ₂ MgSO ₄	大量有机质	铁盐	腐植质	H ₂ S 与碳酸气同时存在	CO ₂ 及适量 Ca(HCO ₃) ₂ Mg(HCO ₃) ₂
口味	咸味	涩味	苦味	甜味	涩味	沼泽味	酸味	可口

常见岩浆岩现场鉴别（一）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜 色	所含矿物	结 构	构 造	产 状	其他特征
超基性岩类	橄榄岩	黑绿、深绿	橄榄石、辉石、角闪石、黑云母	全晶质、自形-半自形，中粗粒	块状	深成	易蚀变为蛇纹石
	金伯利岩 (角砾云母橄榄岩)	黑-暗绿	橄榄石、蛇纹石、金云母镁铝榴石	斑状	角砾	喷出脉状	偏碱性、含金刚石，岩石名称因矿物成分而异
基性岩类	辉长岩	黑-黑灰	辉石、基性斜长石、橄榄石、角闪石	他形、辉长	块状、条带眼球状	深成	常呈小侵入体或岩盘、岩床、岩墙
	碱性辉长岩	暗	碱性长石、碱性辉石、普通辉石	半自形粒状、辉长结构	块状	深成侵入	与霞石正长岩、基性岩共生
	辉绿岩	暗绿和黑色	辉石、基性斜长石，少量橄榄石和角闪石	辉绿		岩床、岩墙	基性斜长石结晶程度比辉石好、易变为绿泥石
	玄武岩	黑、黑灰、暗褐色	基性斜长石、橄榄石、辉石	斑状或隐晶、交织、玻璃	块状、气孔、杏仁	喷出岩流、岩被、岩床	柱状节理发育
	碱性玄武岩	暗	斜长石、钾长石、辉石	斑状、粗面玻晶、交织		喷出	
中性岩类	闪长岩	浅灰-灰绿	中性斜长石、普通角闪石、黑云母	中粒、等粒、半自形	块状	岩株岩床或岩墙	和花岗岩、辉长岩呈过渡关系
	闪长玢岩	灰-灰绿	中性斜长石、普通角闪石	斑状	块状	岩床、岩墙	
	安山岩	红褐、浅紫、灰、灰绿	斜长石、角闪石、黑云母辉石	斑状、交织	块状、气孔、杏仁	喷出岩流	斑晶为中-基性斜长石，多定向排列
酸性岩类	花岗岩	灰白-肉红	钾长石、酸性斜长石和石英，少量黑云母、角闪石	等粒、半自形、花岗、似片麻状	块状	岩基、岩株	在我国约占所有侵入岩面积的80%
	流纹岩	灰白-粉红、浅紫、浅绿	石英、正长石斑晶、偶夹黑云母或角闪石	斑状、霏细	流纹、气孔	熔岩流、岩钟	

常见岩浆岩现场鉴别（二）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜 色	所含矿物	结 构	构 造	产 状	其他特征
半碱性岩和碱性岩	正长岩	灰、玫瑰红	正长石、普通角闪石、少量斜长石、角闪石、黑云母	中粒、等粒或似斑状、似片麻状	块状、条带状	岩基、岩株	酸性、基性岩边缘小岩株
	粗面岩	浅灰、浅黄、粉红	透长石、正长石、中长石、角闪石、黑云母少量	粗面、斑状球粒	块状、多孔状	熔岩流、岩钟	基质细粒、致密、多孔，断口粗糙不平
	霞石正长岩	浅灰	碱性斜长石、霞石、碱性辉石、碱性角闪石	半自形、粒状、似粗面状、斑状		深成侵入呈小型岩株、岩盖	与正长岩的区别是绝不含石英
	霓霞岩	浅-暗	霞石、碱性辉石	半自形、粒状、嵌晶结构		深成侵入	不含长石
	响 岩	浅绿、灰褐、灰白	霞石、碱性长石少量辉石	斑状、隐晶		喷出岩钟、岩流	略具脂肪光泽、岩石节理击碎时，发出声响
岩脉类	伟晶岩	浅-暗	富含挥发组分的硅酸岩残余岩浆	伟 晶		深成岩脉	酸性和碱性的岩脉
	细晶岩(长英岩)	灰白、浅黄、肉红	石英、酸性长石、钾长石、白云母	他形、粒状		深成岩脉	根据矿物不同，有基性、碱性多种
	煌斑岩	暗	角闪石、黑云母、辉石	全晶质、斑状		深成岩脉	暗色岩脉的总称，种类较多
火山玻璃岩类	黑曜岩	黑、褐	钾长石、酸性斜长石和石英，少量角闪石、黑云母	全玻璃质		喷出	玻璃光泽、贝壳断口
	浮 岩	白、灰白		全玻璃质	多孔	喷出	质软，无光泽，比重轻(0.3~0.4)，能浮于水

常见沉积岩现场鉴别（一）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜色	物质成分	结 构	其他特征
火山碎屑岩	凝灰岩	紫红、灰绿等色	熔岩或围岩的碎块，常含有矿物晶体，如石英、长石、云母等	碎屑结构	火山碎屑物，砾径小于 2mm，外貌很像细砂岩、粉砂岩，但颜色不同
	火山角砾岩	灰、黄、绿红等	熔岩角砾	碎屑结构	砾径一般 2~100mm，为棱角状，无任何分选性，为凝灰质胶结，常与火山岩共生
	火山集块岩	灰、黄、绿红等色，但多为浅色	火山碎屑	碎屑结构	碎屑砾径一般大于 100mm，砾石多为仿锤形，一般没有经过流水搬运。胶结物多为火山灰及一些小碎屑
正常碎屑岩类	砾岩（角砾岩）	取决于胶结物的成分	岩屑、矿物碎屑	碎屑结构（砾状结构）	呈浑圆状和棱角状。一半以上的碎屑大于 2mm。多为泥质、铁质胶结
	石英砂岩	白色	石英、少量的长石及燧石	砂状结构	碎屑磨圆度较好，大部分为硅质胶结
	长石砂岩	灰白、浅黄、肉红等色	主要是长石（30%）和石英（30~60%），还有细晶岩、花岗岩、页岩与粉砂岩屑等	砂状结构	碎屑呈棱角状和圆棱状，中等分选度，胶结物常为钙质或氧化铁，有时为黏土质胶结，硅质较少
	杂砂岩	暗色	基性喷出岩、凝灰质岩、千枚岩、砂页岩等岩屑，呈棱角状的石英颗粒含量小于 60%，长石 30~20%，含少量云母	砂状结构	胶结物主要是黏土物质，分选不好，碎屑的磨圆度差
	粗砂岩		石英、长石为主	砂状结构	颗粒直径 2~0.5mm，颗粒均匀
	中砂岩		石英、长石为主	砂状结构	颗粒直径 0.5~0.25mm，颗粒均匀
	细砂岩		石英、长石为主	砂状结构	颗粒直径 0.25~0.05mm，颗粒均匀
	粉砂岩		石英、长石为主	砂状结构	颗粒直径 0.05~0.005mm，碎屑多为棱角状，胶结物多为胶体物质，常具有薄的水平层理，很少具有斜层理

注(摘自《普通地质学》): 火山碎屑岩与正常碎屑岩的区别: 1、火山碎屑一般具尖棱状, 没有磨圆现象。

2、火山碎屑大小不等(分选性差), 而正常沉积碎屑一般分选性较好。3、火山碎屑的成分主要为熔岩(除石英、长石外, 还常含有玻屑, 如黑云母、角闪石、辉石等), 而正常砂屑、粉砂屑则很少或没有这样的碎屑。4、火山碎屑之间的充填胶结物为火山灰尘, 风化后往往呈疏松的粉末, 与正常碎屑的硅质、钙质、铁质、黏土等胶结物有所不同。

常见沉积岩现场鉴别（二）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜色	物质成分	结 构	其他特征
黏土岩类	高岭石黏土	白色，浅灰色，淡黄色	主要为高岭石(90%以上)，其他还混入黄铁矿、菱铁矿、石英、长石等	泥质结构、鲕状结构	致密状，性脆，有滑感，加水成可塑性
	蒙脱石黏土(膨润土、膨土岩、斑脱岩、漂白土)	白色，浅黄色，浅绿色等	主要为蒙脱石	泥质结构	化学成分不稳定，含较多的MgO、CaO，加酸起泡，有滑感，水浸后强烈膨胀
	页 岩	有浅绿、淡灰、灰黑、浅黄、褐、浅红色等	高岭土、石英、云母、绿泥石及其他云母矿物	泥质结构、粉砂泥质结构、砂泥质结构	有土味，无光泽，呈致密状，具有沿层里面分裂成薄片或页片的性质。加盐酸强烈起泡的为钙质页岩；坚硬致密的为硅质页岩；呈黑色而不污手的为黑色页岩；黑色且污手的为炭质页岩；不污手用刀片刮之可成为连续的刨花状，用火烧之有煤油味的为油页岩
化学及生物化学岩类	泥灰岩	白色、浅黄、浅褐、浅红、浅绿、黑等色	黏土及石灰质的混合物，碳酸钙含量在50%以上	隐晶质结构、微粒结构	加稀盐酸起泡，反应后残留有泥点，有黏土味。易风化
	石灰岩	白色、浅黄、浅灰色等	以方解石为主	隐晶质结构、细粒结构等	产状呈层状，遇到稀盐酸起泡剧烈，按成因可分为：生物灰岩、碎屑灰岩、化学灰岩等
	白云岩	白色、黄色、灰色、黑色等	以白云石为主	隐晶质结构、生物结构、碎屑结构	遇冷盐酸不起泡或起泡微弱。风化表面常见一些纵横交错似刀砍状的细沟纹
	硅质石灰岩		方解石、石英玉髓在5~25%		硅质以分散状态存在岩石中，硬度大而脆，加盐酸不起泡，常夹燧石条带
	硅藻土	白色、淡黄色	由硅藻类及部分放射虫类的骨骼和海绵骨针组成	生物结构	岩石质轻，多孔，胶结不紧，有粗糙感，无粘性和可塑性
	硅 华	灰白或带棕色，有时带珠状光泽	蛋白石		从温泉及间歇泉沉积出来的一种蛋白石沉积物，质疏松。形态多呈多孔状，致密块状，钟乳状等

注(摘自《普通地质学》): 钙质泥岩和页岩---含碳酸钙(5~25%)。碳酸钙成分过多则过渡为泥灰岩。

常见变质岩现场鉴别（一）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜色	物质成分	结构与构造	其他特征
接触变质	角岩	灰白、白色，黑色	堇青石，红柱石，硅线石，还有黑云母、石英、钾长石、斜长石等	花岗变晶结构、斑状变晶结构，块状构造	不呈片状构造，具贝状断口，外表和细粒玄武岩相似。角岩命名主要根据矿物成分
	大理岩	白色、灰色或其他颜色	以方解石、白云石为主。不纯者含有橄榄石，蛇纹石，石榴石，辉石，角闪石，云母，绿帘石等	等粒变晶结构，块状构造	常具带状或美丽而弯曲的条纹，加稀盐酸起泡剧烈，小刀可刻划。由接触热液变质及区域变质而成
	石英岩	白色、浅红色	主要由石英、长石组成，其次还有云母、绿泥石、绿帘石、磁铁矿、石墨等	等粒变晶结构，块状构造	致密坚硬，不能劈成薄片，现玻璃或油脂光泽，与沉积石英在结构上有区别
	角闪岩	黑色至暗灰色	黏土矿物	块状构造	根据变质程度的深浅，含有堇青石，石榴石，红柱石等变质矿物，致密，常见与泥质岩石、酸性岩浆岩接触
动力变质岩	构造角砾岩		各种矿物	压碎结构	由任一成分的岩石经动力破碎而成，并为细粒粉末所胶结
	压碎岩		各种矿物	压碎结构	岩石被压碎后，原始岩石的性质可以根据矿物成分和岩石中未被破坏的结构特征加以判定，花岗岩被压碎，则称压碎花岗岩；辉长岩压碎，则称压碎辉长岩
	碎裂岩		各种矿物	碎裂结构	在压碎岩基础上进一步剪切变形，矿物遭到强烈破碎，沿裂隙发生摩擦滑动，碎屑形状不规则，边界参差不齐，岩石裂隙间有少量碎粒、糜棱物质或次生的泥、硅、铁、锰等物质充填
	糜棱岩		各种矿物	糜棱结构	是岩石强烈破碎作用的产物，一般在断裂两侧岩石彼此强烈研磨时形成，其中夹有原始岩石未被磨碎的部分
	千糜岩	颜色与原岩性质有关	绢云母、绿泥石	千枚状构造	重结晶显著，多组片理，矿物定向排列，石英重结晶，深变质带
	玻化岩		玻璃质	块状构造	由剧烈错动产生高温熔融后快速冷凝而成，呈脉状，多在剧烈错动带内分布

常见变质岩现场鉴别（二）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜 色	物质成分	结构与构造	其他特征
区 域 变 质	板 岩	多为深色 或近似黑 色	黏土，云母，绿泥 石，石英，长石	矿物颗粒甚细,结 构致密,板状构造	质致密而均匀，具光滑的板状形态， 是由页岩经低级变质的产物，敲击 时声音清脆
	千 枚 岩	绿色，深 红色，灰 色及黑色	绢云母，石英，长 石，方解石等	矿物结晶较细,构 造介于板岩和片 岩之间,为片状构 造,鳞片变晶结构	外形似板岩，但较板岩脆，表面显 丝绢光泽，易分解薄而平的石板， 由页岩或隐晶质的酸性岩浆岩经低 变质而成
	结 晶 片 岩	各种颜色	角闪石，云母，绿 泥石，滑石等	结晶较粗,片状构 造，变晶结构	是一种具有片状构造的结晶岩，颗 粒比千枚岩粗，极易碎裂成片状， 属中变质和低变质的产物，极少数 属于深变质的
	云 母 片 岩	灰色，黑 色	主要由云母组成， 还有石榴子石，十 字石，蓝晶石，石 墨等	片状构造,鳞片变 晶结构	极易沿片理方向剥开，是中变质作 用的产物。片岩中如果含石英较多， 则为石英片岩；含角闪石较多，则 为角闪石片岩；含滑石较多，则为 滑石片岩。其中颜色视含矿物而定
	片 麻 岩	颜 色 不 一，视矿 物而定	石英，长石，云母， 角闪石等，还有少 量的堇青石，硅线 石，石墨，石榴石， 十字石，蓝晶石	结晶粗大,片麻状 构造，带状构造， 鳞片变晶结构	矿物肉眼常可辨认，呈条带状或眼 球状分布，片麻岩的命名可根据岩 石中的矿物成分命名，如花刚片麻 岩。主要存在于深变质带与中变质 带中
	角 闪 岩	绿，黑绿 色	角闪石，长石，有 时还有石榴石，绿 帘石，辉石及黑云 母	片状构造,纤维变 晶结构	它是由各种辉长岩或闪长岩变质 而成，有时还可由含镁的泥灰岩变 质而成。 常呈不大的层状，夹于片麻岩及 云母片岩为主的变质岩之间

片岩： 石英片岩、角闪石片岩岩质较硬，强度相对较高；云母片岩、绿泥石片岩、滑石片岩、石墨片岩等性质较差，其强度较低。

常见变质岩现场鉴别（三）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜色	物质成分	结构与构造	其他特征
混合岩化	角砾状混合岩		基体富含铁镁矿物，如斜角闪石，角闪石岩，辉石岩。岩脉为斜长花岗质、花岗岩、伟晶质、长英质		统称贯入混合岩，变质岩基体和花岗岩岩脉相混杂，岩脉物质占次要地位，岩脉物质常呈“胶结物”状态出现，外形与一般角砾岩相似，呈角砾状
	眼球状混合岩		一般基体含黑云母、角闪石等，并具有良好片理的岩石		统称贯入混合岩，变质岩基体与花岗岩岩脉相混杂，岩脉物质占次要地位。眼球一般为单独的长石晶体，有时则为长石的集合体或长石、石英的集合体
	条带状混合岩	基体为暗色，岩脉以粉红色或灰白色为主	基体为片理良好的片岩（特别是云母片岩）、片麻岩。岩脉为花岗质	带状构造	统称贯入混合岩，变质岩基体与花岗岩岩脉相混杂，岩脉物质占次要地位。岩脉基本平行片理分布，与暗色的基体常呈条带状互层
	混合片麻岩		基体为各种长英质的变质岩与片麻岩	片麻状构造，变余结构	基体中的矿物成分都发生了不同程度的变化，仅部分暗色矿物仍显残留痕迹，有时还含有大小不等成透镜状团块的暗色矿物集合体，由黑云母或角闪石组成
	混合花岗岩		矿物成分相当于花岗岩或花岗闪长岩	片麻状构造，带状构造，斑点构造，变余结构	<p>有些部分具有暗色矿物较集中的矿物斑点、条带或团块，呈不均匀的分布。</p> <p>混合花岗岩与岩浆形成的花岗岩的区别：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、混合花岗岩与周围的岩石呈逐渐过度关系，无侵入接触的直接界线； 2、混合花岗岩无完整固定产状形态，只能在那一地段以它为主，界线很难圈定； 3、岩石中的基体片麻状构造与周围其他变质岩的片理产状相一致； 4、岩性较不均匀，有些地方全为花岗质而无暗色矿物，有些地方则暗色矿物和斜长石较多，有时还含有交代斑晶及伟晶质团块； 5、没有侵入体的一般特征（岩相分带，接触变质，派生岩脉）

常见变质岩现场鉴别（四）

本表引自铁道部第一勘测设计院主编的《铁路工程地质手册》1999

岩石名称		颜 色	物质成分	结构与构造	其他特征
交代变质	钠长岩	白色、灰白色	钠长石	等粒变晶结构	花岗岩类岩石遭受后期热液的作用，发生交代蚀变，花岗岩中钾长石为钠长石所交代
	蛇纹岩	白色、浅灰色、浅黄、浅红、绿色、黑色	蛇纹石为主，其次为水镁石，菱镁矿，滑石等	斑状变晶结构，呈致密块状	常被许多滑石、菱镁矿、石棉的矿物所穿切，有时会形成纤维状的蛇纹石、石棉。为超基性岩浆岩，经自变质作用而生成
	云英岩	外表灰黄、灰绿或粉红色	石英、白云母为主，含黄玉、电气石、萤石、绿柱石、金红石等	块状	分布在花岗岩侵入体边缘，接触带或矿脉两侧，有时疏松多孔
	砂卡岩	表面常为暗绿、暗棕色	石榴子石、辉石或绿帘石、符山石等	块状或斑杂状	晶形完整，粗大，常疏松多孔，有时为细粒或致密状，比重较大，中酸性侵入岩与碳酸岩类岩石或中基性火山岩接触变质而成

岩溶地貌

一、地表岩溶地貌

1、石牙与溶沟

地表水沿可溶蚀岩石的节理裂隙进行溶蚀与侵蚀，形成纵横交错的凹槽称为**溶沟**。凹槽之间残存的突起岩称**石牙**。溶沟与石牙的相对高差一般不超过 3m。石牙有裸露的，也有埋藏的。溶沟和石牙一般是地表溶化初期阶段的产物，也见于其他岩溶形态表面。地表大片石牙溶沟丛生称溶蚀原野。

2、石林与岩溶漏斗

石林：是由密集林立的锥柱状、锥状、塔状岩体组成的地貌景观。其间多为溶蚀裂隙，隙宽而直，坡壁上部有平行的溶沟。石林相对高度为 20m 左右，高者可达 40m。是由石牙进一步发展而成的。

岩溶漏斗：是呈碟状或倒锥状的封闭洼地。直径一般在几米到百米，深几米到十几米，常成群出现，是岩溶区的特征性形态之一。成因有两类：一类是地表水沿节理裂隙溶蚀而成的溶蚀漏斗，其长轴方向与区域裂隙优势方位相近，底部往往被溶蚀残余物质所充填，有的底部有落水洞；另一类是溶洞顶板塌陷而成的塌陷漏斗。

3、峰林、峰丛与溶蚀洼地

峰林：是成群分布的山体基部分离的石灰岩山峰群。峰体相对高差为 100-200m，坡度很陡，一般均在 45° 以上。峰林的分布常与地质构造有关。

峰丛：是一种山峰基部相联的峰林，峰与峰之间常形成“U”形的马鞍地形。相对高差一般为 200-300m。它与峰林的主要区别是峰丛山峰间基部相连的高度比例大于上部分开部分，而峰林则相反。

溶蚀洼地：是与峰林、峰丛同期形成的一种负地貌类型。平面形态为圆形或椭圆形，长轴多沿构造线而发育。溶蚀洼地与漏斗的主要区别在于，前者规模较大，底部较平坦，其内可发育溶蚀漏斗，并覆盖有溶蚀残余物，可以耕种；后者多为不规则的圆形，底部平坦面积小。溶蚀洼地和溶蚀漏斗常以底部长度 100 米为两者之间的分界，长度大于 100 米为溶蚀洼地。溶蚀洼地可以由漏斗扩大而成。溶蚀洼地的底部除有落水洞外，还可有小河、小溪。

4、孤峰（也称残丘）与岩溶平原

孤峰：是兀立在岩溶平原或盆地上的孤立的灰岩山峰。峰体低矮，相对高度由数十米至百余米不等。

岩溶平原：（亦称坡立谷）是指比溶蚀洼地更为宽广的地面平坦的岩溶地形。其宽度一般为数百米至数公里，长度自数公里至数十公里。底部平坦，覆盖着溶蚀残余的红土，有些地方还覆盖着冲积层，局部散布着岩溶孤峰和石丘。

孤峰和岩溶平原是岩溶作用晚期阶段的产物。

5、盲谷、断头河与干谷

盲谷：前方没有出口的河流。

断头河：由岩壁下流出或由地下河补给的地表河流。

干谷：地表河因水流入地下，所遗留的高于地下水位的干涸河道。

在岩溶作用的晚期，由于落水洞和地下溶洞的发育，地表河流逐渐转入地下，常出现一段有水，一段无水的现象。有水河段流入落水洞，过渡为无水河段，地面河由此潜入地下，在一定的条件下又流出地表。

6、落水洞与竖井

落水洞：是消泄地表水的近于垂直的或倾斜的洞穴，常作为连通地表河与地下河的通道，是流水沿垂直裂隙进行溶蚀、侵蚀作用并伴有塌陷而形成。其形态不一，深度可达 100 米以上。它们既可直接出露于地表，也可套置于岩溶漏斗的底部。落水洞常沿构造线呈线状和带状展布，是查明暗河方向的重要标志。

竖井：落水洞进一步发展，崩塌作用加剧，就可形成一种垂向深井，称之为竖井。

在地壳相对稳定的厚层石灰岩区，上述各种岩溶地貌的形成有一定的联系和演化规律，最初形成的是溶沟、石牙；逐渐发展成峰丛被分割而成峰林，溶蚀洼地扩大为溶蚀谷地；随着溶蚀作用的进一步发展和重力崩塌的发生，峰林不断被蚀低，最后成为兀立于岩溶平原之上的孤丘。

二、 地下岩溶地貌

1、**溶洞：**是岩溶作用所形成的地下岩洞的通称，为地下岩溶的作用形态，系由地下水流沿可溶性岩层的各种构造面进行溶蚀和侵蚀作用形成的洞穴。它形成初期以溶蚀作用为主，随着孔穴的扩大。水流的加强，机械溶蚀作用加强，沿洞壁可见石窝、水痕等侵蚀痕迹。在构造裂隙交叉点，溶蚀和侵蚀作用易于进行，时常产生崩塌作用。因此在这里往往形成高大的厅堂。

2、地下河、伏流与地下湖

地下河：又称暗河，是具有河流主要特性的位于岩溶区地下的有水通道。它是由地下溶洞、地下湖、溶隙和连接它们的廊道系统组成。

伏流：为地表河流经过地下的潜伏段。与地下河的主要区别在于伏流有明显的进出口，且进口水量为出口水量的主要来源，而地下河则无明显的进口。

地下湖：是指天然洞穴中具有开扩自由水面的地下水水体。它往往和地下河相连通，或在地下河的基础上，局部扩大而成，起着储存和调节地下水的作用。

岩溶形成条件及溶蚀基准面

岩溶的形成必需具备以下几个条件。

一、 岩石的可溶性。

岩石的可溶性主要取决于岩石成分和结构、构造。

1、 **岩石成分对溶蚀率的影响：**可溶性岩石有三类：碳酸盐类岩石（石灰岩、白云岩、硅质灰岩、泥质灰岩），硫酸盐类岩石（石膏、芒硝），卤盐类岩石（石盐、钾盐）。其相对溶解度为卤素盐类>硫酸盐类>碳酸盐类岩石。硅质灰岩是含有燧石结核或条带的石灰岩，泥灰岩则为粘土物质与 CaCO_3 的混合物。一般来说，碳酸盐类岩石溶解度，从大→小依次为：石灰岩→白云岩→硅质灰岩→泥灰岩。

2、 **岩石结构对溶蚀率的影响：**岩石结构对溶蚀率的影响主要体现在岩石结晶颗粒的大小，结类型及原生孔隙性。

结晶岩石的晶粒愈小，相对溶解度愈大，隐晶结构一般具有较高的溶蚀率。这是因为：小晶粒较之大晶粒的单位面积内有较多的边和角，非中和键的浓度则大。

岩石的结构类型对溶解速度有较明显的影响，鲕状结构与隐晶-细晶质结构的石灰岩有较大的溶解度；不等粒结构石灰岩比等粒结构石灰岩的相对溶解度要大。

岩石的原生孔隙度，对岩溶的影响甚大。孔隙度越高，愈有利于岩溶的发育。一般来说，原生的碳酸岩比变质的碳酸岩孔隙度大。

二、 岩石的透水性

只有当岩石具有透水性时，含 CO_2 的水才能在岩石中流动，与岩石发生充分作用，进行溶蚀而不易饱和。岩石的透水性主要取决于岩石的孔隙度和裂隙度，后者比前者更重要。

1、 成分纯、刚性强的岩石透水性好如纯灰岩刚性强，裂隙开扩，长而深，因而透水性好，可形成大型溶洞；而泥质灰岩刚性弱，节理比较紧闭，经溶蚀后又会残留很多粘土，常阻塞裂隙，因而透水性差。

2、 厚层的可溶性岩石较薄层可溶性岩石的透水性好，这是由于前者的隔水层较少，岩性均一，往往形成深而宽的裂隙。

3、 构造发育的地段岩溶作用强，褶皱和断裂作用使岩石的破裂程度加大，从而使岩石透水性大大增强，所以构造线的方向，往往控制了溶洞的延伸方向。

三、 水的溶解性

水的溶解力，主要取决于水中 CO_2 的含量，纯水的溶解力是极其微弱的，只有含有 CO_2 才具有溶解性。

水中 CO_2 的含量受空气压力和温度的影响。大气中 CO_2 的局部气压与水中 CO_2 的含量成正比。

四、 水的流动性

滞流的水，由于不能及时补给 CO_2 ，其溶解力是有限的，很容易被 CaCO_3 所饱和。流动

的水，由于水温、水量及气压条件的不断改变，可保持水的溶解性能，特别是不同 CO_2 浓度的地下水混合，会大大提高水的溶解能力。

地下水的流动性，一方面取决于岩石的透水性，另一方面取决于降水量，而后者与气候相关。在湿热地区，雨量丰富，地表水不断渗入地下，地下水经常得到补充，使溶液不易饱和，常保持较高的溶蚀力。在干旱地区，降水很少，地下水常年得不到补充，流动缓慢，溶液易饱和，溶蚀力较低。在寒冷区，由于以固体降水为主并发育冻土，阻碍了地下水的流动。

五、溶蚀基准面

岩溶作用的下限面称溶蚀基准面。在厚层均一的石灰岩区，大规模溶蚀作用的基准面与当地大型水体面（主要为河流水面、大湖水面等）位置大体相当；地壳上升，溶蚀基准面相应下降，岩溶化层加厚。在石灰岩与不透水岩层（页岩、粘土岩）互层地区，厚层无裂隙贯通的不透水层顶面成为当地溶蚀基准面。若地下水沿贯通不同性质岩层的断裂带下渗，岩溶可以在地下深处灰岩中沿张开的断裂带发育，直到断裂封闭处而止，称深部岩溶。

岩溶堆积物

一、地表岩溶堆积物

- 1、**蚀余红土**：是地表碳酸盐被溶蚀后原岩中残留的粘土杂质，由于含次生氧化铝（ Al_2O_3 ）和氧化铁（ Fe_2O_3 ）而成红色，有时尚含未被溶蚀的灰岩角砾。
- 2、**石灰华**：是指地表岩溶水中沉积的大孔隙次生管状、层状碳酸钙物质。其成因是岩溶地区的地表水或地下水，在适宜的环境下，且往往是在植物作用影响下，产生碳酸盐过饱和沉积而成。

二、洞穴堆积物

1、洞穴化学沉积物

- 1) **滴石**：由洞中滴水形成的方解石及其他矿物沉积，其形态多样，最具有代表性的是石钟乳、石笋、石柱等。

石钟乳：是地下水沿着细小的孔隙和裂隙从洞顶渗出而进入溶洞空间，随着温度的升高，压力的降低，水中 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 变得过饱和， CaCO_3 就围绕着水滴的出口沉积下来，逐渐形成一种自洞顶向下生长的碳酸钙沉积物。

石笋：是由于水滴从石钟乳滴到洞底时散溅开来，促使水中的 CO_2 进一步扩散，剩余的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 再分解，形成由下向上增长的笋状碳酸钙沉积物。

石钟乳不断地向下长，与之对应的石笋也同时向上生长，两者相连接后所形成的柱状体称为石柱。

- 2) **流石**：是洞内流水所形成的方解石及其他矿物沉积。其代表性的有：边石、石幔、石旗、

钙板等。

边石：是地下水流过洞底积水塘时，在其边缘形成的碳酸钙沉积。

石幔：又称石帷幕、石帘，为饱含碳酸钙的薄层水，从洞顶或洞壁裂隙流出，沉积的波状或褶皱状的流石，形如帷幔。

钙板：为洞底片状薄层水流动时析出的状似薄板的碳酸钙沉积物。

- 2、**洞穴崩塌堆积：**是洞内伴随岩溶作用过程从洞顶、洞壁、洞口崩塌的块石、碎石等角砾堆积物的通称。
- 3、**地下河湖堆积：**溶洞中的河湖沉积有地表河湖沉积类似的特点，主要是具有层理的沙土和砾石，成分比较单纯。
- 4、**动物化石堆积：**古人类化石及其文化遗存。

岩溶旋回

- 1、**幼年期：**在原始的可溶性岩体面上，岩溶开始发育，地面上以石牙、溶沟和漏斗发育为特征；该时期以垂直岩溶作用为主，地表水系变化不大。
- 2、**早壮年期：**垂直岩溶作用进一步加强，水平岩溶作用也迅速发展。漏斗、落水洞、溶蚀洼地、干谷、盲谷广泛发育。地下溶洞廊道彼此贯通。这时，大部分的地表水都通过落水洞而被吸入地下。
- 3、**晚壮年期：**地下岩溶洞穴进一步发展、扩大，洞穴顶板不断坍塌，许多地下河又转为地上河，大量的溶蚀洼地和溶蚀谷地出现。
- 4、**老年期：**地表水系又广泛发育，岩溶平原与孤峰、残丘组成地貌景观。

岩溶旋回受间歇性新构造运动影响，在岩溶地块的隆起时期，以各种垂直岩溶形态发育为主。地壳稳定的时间愈长，地下溶洞与通道的规模愈大，随之溶洞顶板的崩落也愈多，于是出现了大型的溶蚀洼地、溶蚀谷地，最后发展成岩溶增原。如果该区可溶性岩层很厚，地壳再一次抬升，则可开始第二次岩溶旋回。

岩溶分期

第一岩溶期：白垩纪-第三纪初；
第三岩溶期：第四纪以来。

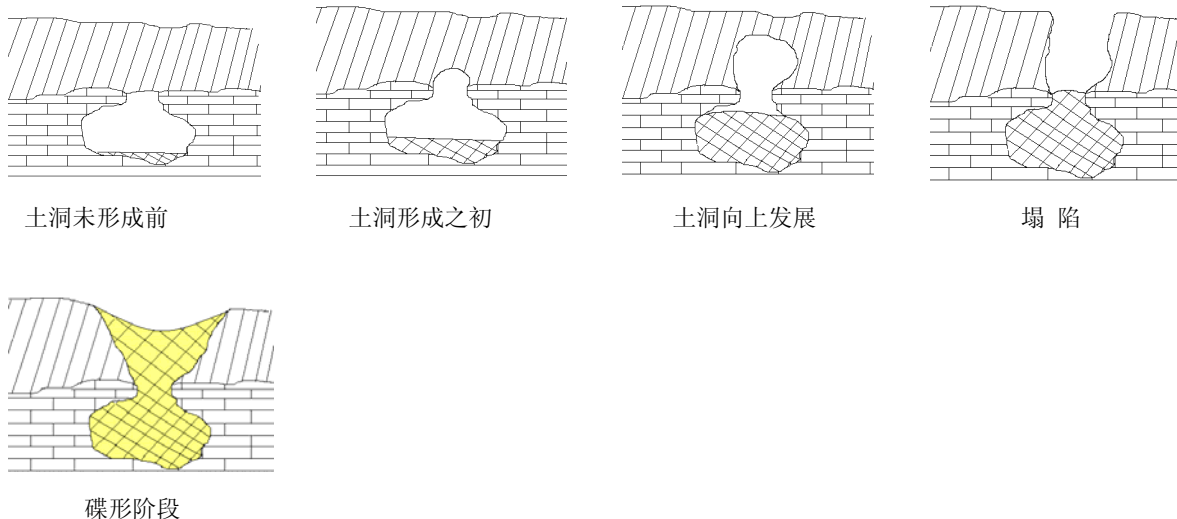
第二岩溶期：第三纪末-第四纪初；

覆盖型岩溶地区的塌陷

塌陷形成的机制

覆盖型岩溶地区的主要工程地质问题是地面塌陷，塌陷形成的机制主要有以下几个方面：

- 1、**渗透浅蚀**：岩溶地下水下降后，使地下水的坡降和流速增大，对溶洞充填物和裂隙通道中的松散物质发生潜蚀作用。当覆盖层中的潜水与下部岩溶水之间发生水力联系时，潜蚀作用更为强烈。潜蚀主要使洞、隙中的充填物被带走，首先在覆盖层底部岩溶洞、隙开口处形成土洞。随着地下水位的下降，覆盖层中的地下水、地表水下渗的水流不断对土体进行潜蚀作用，土洞不断向上扩展，当岩溶水的水位在基岩面附近波动时，这种作用最强烈。土洞扩展的结果，造成土体失稳，地表开裂、下沉或塌陷。(参见下图)



- 2、**失托加荷**：地下水位下降后，覆盖层土体或土洞顶板所受地下水的浮托力随即减小，这相当给覆盖层土体增加了一个附加荷载，土层的稳定性降低，从而产生塌陷。
- 3、**地表水浸泡增荷**：降雨和灌溉使土体浸润、软化，造成土洞顶板的失稳、塌陷。
- 4、**气爆作用**：在连续暴雨或停止抽排岩溶水的情况下，岩溶水的水位迅速回升，使原有封闭较好的岩溶空腔中的气体被压缩，当顶盖强度不足时，则产生气爆破裂而塌陷，并常伴有冒气、爆炸声等。
- 5、**负压吸蚀作用**：当地下水下降至覆盖层底板以下时，岩溶空腔中的水、气形成负压，对覆盖层土体产生吸力，使土体向下迁移，同时负压还加剧了原来就存在的潜蚀作用，加速了土体的破坏、土洞的形成与扩展。负压吸蚀作用的大小取决于岩溶空间的封闭程度和地下水的下降速度，在条件适当时，如矿井、隧道大量突水、突泥，负压吸蚀的能量会相当大，同样能因此产生大规模的地面塌陷。
- 6、**水击**：水击作用主要发生于联通较好的岩溶管道中。当管道中的水突然被堵塞或者堵塞突然被冲决时，水流速度突然变化，从而产生水击作用。
- 7、**震动液化**：覆盖土层中有埋藏较浅的饱和粉细砂、粘砂土层时，在地震、人工大爆破、井下突水震动等作用下会产生液化，向下伏岩溶洞穴、孔隙中流失，而导致塌陷。
- 8、**震动冲击加荷作用**：覆土层受机械震动冲击(如火车、汽车及其它机械震动)使处于极限平衡状态的土洞顶部坍塌。

9、**地下水位波动**：人工抽排地下水时，因为时抽时停，地下水位频繁波动，土层反复浸水饱和、干燥，造成土体崩解，并向下迁移，形成土洞并向上扩展。

应该指出，土洞的形成、扩展，直至塌陷，往往不是某一单独因素造成的而是多种因素共同作用的结果。

土洞的成因及规律

一、按成因的分类及形成过程

土洞按其成因可分为地下水冲蚀(潜蚀)和地表水冲蚀两大类。在地下水深埋于基岩面之下，岩溶以垂直形态为主的山区，土洞以地面水冲蚀形成为主，如云南个旧等地；当地下水浅埋，略具承压性，岩溶以水平形态为主的准平原地区，土洞以地下水潜蚀形成为主，如广西桂林等地。

1、地面上形成的土洞：地下水深埋于基岩面以下的岩溶发育区，地面水通过土中裂隙，生物孔洞、石芽边缘等通道渗入地下，当水流入渗处的下部就有岩溶通道时，借冲蚀作用，土洞将自上而下的逐渐形成，洞体断面呈漏斗型居多。当水流入渗处的下部岩体中无适宜消纳的通道，开始时入渗的水流逐渐布满土中裂隙空间，继而可沿邻近基岩面上某一有利通道流入岩体，最后到达地下水面。这一运动过程，使最初的土中网状细流汇集为集中的脉状流，流量增大，在基岩入口处流速加快，加剧对土体的冲蚀掏空。在邻近岩面通道口的上方形成土洞，其断面形态多为坛罐状。如向上发展可形成断面塌陷。

2、地下水形成的土洞：上覆有适宜冲蚀的土体，其下有排泄储存冲蚀物的空间，地下水位频繁升降于岩土交界面附近。由于地下水潜蚀和吸蚀作用的加剧，为土洞的形成和发展创造了必要条件。当地下水位上升至高于基岩面时，长期处于干燥状态的土体与水接触，逐渐湿化崩解，在岩土交界处形成软弱土带；当地下水位下降至低于基岩面时，使岩面上的软弱土失去了浮托力。与此同时，岩体裂隙中的地下水体，随着水位的下降而流向深处，使裂隙空间产生真空负压。此外，水位波动时，水力坡度(I)亦随之变化，水位下降，水力坡度增大。据某土洞发育区观察，高水位时 I 值为 $0.0008\sim 0.0029$ ；当水位降至基岩面以下时， I 值为 $0.004\sim 0.01$ 。比高水位时提高了数倍，这些因素都加剧了水流对土体的冲刷搬运，最后在岩土交界面处形成土洞。随着水位的升降，上述过程循环往复，土体空间逐渐扩大，洞顶位置逐次上移，拱土层相应变薄，当拱顶受拉区范围波及地表，或在外荷作用下，土体空间失稳下降而形成地表塌陷。塌陷形成之初期，其断面形态为开口的竖井状，在侧壁剪应力作用下，逐渐发展为漏斗状、碟状洼地。

土洞的发展过程中，若洞内塌落的土体不是立即被地下水流带走，而是暂存于洞内，洞顶塌落物由于松胀现象，松胀后的体积有可能填满原洞体空间，对洞壁起到天然的支护作用，

阻止洞壁向两侧扩展,可使洞径保持相对稳定,这时土洞发展处于暂时稳定状态。因此,土洞形成过程中,始终存在着地下水的搬运与塌落物对洞体和岩溶通道堵塞的矛盾,当搬运大于堵塞土洞就继续发展,反之,土洞发展就暂时停止。

由此可知,不是所见到的土洞都能发展到地表,尤其是当土层厚度较大或地下水较深时,它有可能在尚未波及地表以前,就因通道被堵或因地下水的区域下降而暂停发育。在丘陵区及高夷平面的土体剖面中,可以见到一些早期形成的土洞就是佐证,在地下水形成的土洞中,又有自然与人为两种,尤以后者危害更大,最应重视。

二、发育条件与规律

土洞或地表塌陷的形成和发展,受到地区构造、水文地质、岩溶发育、地表排水以及人为改变地下水动力条件等诸因素的影响。其中,土、岩溶与水的活动是必备缺一不可的条件。由于各地区外因条件的差异,决定了土洞发展的不均性。

1、与土质和土厚的关系:土洞多位于粘性土中,在砂土及碎石土中比较罕见。粘性土的黏粒成分,黏聚力、水稳性不同,是同一地区其他条件相似情况下,大洞发布不均的原因之一。非亲水性、黏性大,胶结好,水理性稳定的土类不易形成土洞;反之,亲水、具湿化性的土层容易形成土洞。例如广西某地有三种土层,即红色黏土黑褐色黏土、黄色黏土,前二者水理性质稳定,土洞少见,后者裂隙纵横交错,湿化性强,试样遇水数分钟至几小时即全部崩解呈粉状,场地中 90%的土洞均出现在该土层分布的地段内。此外,岩溶的溶沟(槽)底部经常分布有软黏土,其抗冲蚀能力弱,且又处于地下水首先作用的场所,因此,沟(槽)底部是土洞发育的有利部位。在砂土、碎石土分布地区,由于水理性稳定,透水性好,不易被淘蚀,粒径相对较大,有可能堵塞岩溶通道,故很少土洞,工程中还可以采用灌砂砾石处理土洞。当形成土洞的其他条件相似,而土的性质不同时,仅反映在土洞的发展速度不同而已,并不能得出某种土不可能形成土洞的结论。

土层厚薄对土洞的形成、由土洞发展到地表塌陷所需的时间以及塌陷形成后其断面形状都有一定影响。一般土层越厚,土洞发展至地面塌陷所需的时间越长,且易形成自然拱而不易扩展到地表。对于由地面水作用形成的土洞,只要具备土洞发育条件,水的补给又是源源不断,不论土层厚薄均可形成塌陷,土层厚薄仅表现在出现塌陷的时间先后而已。

如云南个旧尾矿池建设中,当土层较薄时,池中灌水后很快出现塌陷,当土厚在 8~10m 时,则 1~2 年后才出现塌陷。土层厚薄不同,土洞塌陷后平面的最终稳定尺寸及断面形态也不相同。一般说,土薄者洞体小呈筒状;厚着洞体大,塌陷初期呈竖井状,之后发展呈漏斗状或碟状。

2、于基岩中岩溶发育的关系:土洞是岩溶作用的产物,因此它的分布同样受到决定岩溶发育的岩性、岩溶水、地质构造等因素的控制。土洞发育区必然是岩溶发育区,例如粤北某矿地表塌陷的分布与岩溶发育区极为吻合。

土洞或塌陷下的基岩中必有岩溶水通道，但这一通道不一定是巨大的裂隙或岩溶空间，尤其是地表水形成的土洞更是如此。据云南个旧地区对塌陷开挖揭露，连接洞底的往往是一些上大下小的裂隙；桂林地区某工程由于地下水形成的土洞多分布于溶沟的两侧、落水洞、石芽壁的上口部位。

3、与水的关系：水是形成土洞的外因和动力。因此，土洞的分布规律必然服从于土与水相互作用的规律。许多土洞开挖揭露，发现空洞洞顶标高与地下水位间存在着一定关系，如桂林某工程揭露的 12 个土洞，其洞顶标高均坐落于地下水位变化幅度以内，而大多高水位与平均水位之间，在高水位以上和低水位以下均未发现。另一工程在 $35\text{m} \times 55\text{m}$ 范围内，共挖出 76 个土洞，分布于高水位与平均水位之间的 70 个，在平均水位与低水位之间的 6 个，在竖向分布上洞径上大下小的规律。

由地下水作用形成的土洞，其规律和发育速度，与水动力条件，水位升降幅度及频率有关。人工降低地下水时，流速、水位升降幅度及频率数都较自然条件下大得多，因此土洞与塌陷的发育强度也要大得多。如某矿放水试验，当地下水流速 $V < 0.15\text{m/s}$ 时为安全值，当流速 $V > 0.41\text{m/s}$ ，地面就出现塌陷。地下水欲达这样大的流速，只有在人为作用下才能办到。由地表水形成的土洞或塌陷，其规模及发育速度取决与水的补给条件，其作用和发展过程大多是随着水流由上而下的发生。当地面上渗入土中，流经一段水平距离后再注入基岩时，也可出现由上而下发育的土洞。