

铁路工程勘察 钻探技术

杨怀玉 许再良 主编

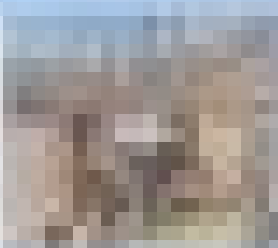
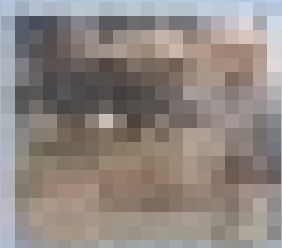


中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路工程勘察

岩土技术

主编：王 强 副主编：李 强



中国铁道出版社

铁路工程勘察钻探技术

铁道第三勘察设计院集团有限公司

杨怀玉 许再良 主编

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书对铁路工程勘察钻探技术和方法进行了系统介绍,共分6篇28章,内容包括铁路工程地质勘察与工程勘探、钻探机械与钻具、钻探方法与工艺、岩土芯样采取与孔内试验、复杂地层与特殊条件钻探、水文地质钻探与试验等,并附有典型工程实例。

本书可供铁路和其他行业工程勘察技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路工程勘察钻探技术/杨怀玉,许再良主编. —北京:中国铁道出版社,2012.12
ISBN 978-7-113-15455-4

I. ①铁… II. ①杨… ②许… III. ①铁路工程—工程地质勘察—研究
IV. ①U212.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 262707 号

书 名:铁路工程勘察钻探技术

作 者:杨怀玉 许再良 主编

责任编辑:张苍松 编辑部电话:010-51873140 电子信箱:WL@tdpress.com

编辑助理:孙钟一 张少涵

封面设计:崔丽芳

责任校对:焦桂荣

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:中煤涿州制图印刷厂北京分厂

版 次:2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15.75 字数:388 千

印 数:1~4 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-15455-4

定 价:60.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

铁路工程勘察是铁路建设及其前期的一项重要工作,勘察质量直接影响线路方案、建设投资和建设工期。钻探是铁路工程勘察的一种手段,其目的在于查明地下工程地质和水文地质情况。钻探技术水平对钻探成果质量、钻进效率和勘察周期影响很大。近年来钻探技术发展很快,为了系统地介绍这些技术和方法,我们编写了这本书,旨在为从事铁路工程勘察钻探的技术人员提供参考,同时也可作为铁路工程地质勘察技术人员、勘察监理的参考书。

本书共分6篇28章,内容包括铁路工程地质勘察与工程勘探、钻探机械与钻具、钻探方法与工艺、岩土芯样采取与孔内试验、复杂地层与特殊条件钻探、水文地质钻探与试验等,并有典型工程实例。

铁道第三勘察设计院集团有限公司勘察分院根据多年来的钻探工作经验完成了本书的编写。其中2、3.4由许再良编写,3.5.4、5.1.3、5.1.4、5.4.1由董永刚编写,4.2.4由高敬编写,4.4由王银、杨怀玉编写,3.5.2、3.6.1、5.2.7由杨怀玉、董永刚编写,1.5.2由杨怀玉、陈新军编写,5.2.4、5.4.3由杨怀玉、马连强编写,5.2.3、5.3.1由杨怀玉、董永刚、王金秋编写,5.2.6由杨怀玉、张明田、徐鹏编写,5.2.9由杨怀玉、崔继广、马连强编写,5.4.2由杨怀玉、李乃辉编写,其余部分由杨怀玉编写。参加本书编写的还有刘振田、赵凤林、王传焕、刘占友、庞兰文、张明启、李跃原、任春山、赵艳良、杨延凯、王跃胜、王福、浦晓利、胡朝阳、薛方刚、刘惠清、如杉杉、马立、刘克礼、边建林、李永江、刘冬、张志民、郑伟、李世刚、王军、王朝军、阮德发、徐建溥、邹康意、韩立敏、王立新、张跃勇、丁红卫、安桂泉、王长清、韩日红、张千里、张建、王振齐、李士军、刘顺福、高建波、杨凤武、刘福全、贾占清、杨培亮、董兰亭、马洪伟、卢春东、晏国强等。全书由杨怀玉统稿。

在本书编写过程中得到了铁三院勘察分院全体员工的大力支持,参阅了大量的文献,在此谨向有关专家和作者表示深深地感谢!由于作者水平有限,书中肯定会有错误和不当之处,敬请读者批评指正。来信请寄:yang-huaiyu@tsdig.com。

编著者
2012年7月

目 录

1 铁路工程地质与工程勘察	1
1.1 地貌与第四系地层	1
1.1.1 地貌的成因及分类	1
1.1.2 常见地貌形态分述	3
1.1.3 第四系地层	7
1.2 岩土的基本性质与特征	8
1.2.1 地壳的物质组成	8
1.2.2 造岩矿物	9
1.2.3 岩 石	10
1.2.4 土的工程性质	18
1.2.5 岩土施工工程分级和可钻性等级	24
1.3 地质构造	25
1.3.1 层状岩石的产状与接触关系	25
1.3.2 褶 皱	26
1.3.3 断 层	28
1.3.4 节 理	29
1.3.5 岩体工程分类	31
1.4 铁路工程概述	32
1.4.1 铁路主要技术标准	33
1.4.2 铁路主要土建设备	35
1.4.3 铁路工程勘察设计阶段	40
1.5 铁路工程地质勘察与勘探	41
1.5.1 铁路工程地质勘察	41
1.5.2 铁路工程勘探	45
2 钻探机械与钻具	51
2.1 钻 机	51
2.1.1 概 述	51
2.1.2 立轴钻机	51
2.1.3 移动回转器式钻机	55
2.2 其他钻探机械	58
2.2.1 泥 浆 泵	58
2.2.2 钻 塔	61
2.2.3 水 泵	63

2.2.4	空压机	64
2.2.5	发电机	65
2.2.6	液压拧管机	65
2.2.7	柴油机	66
2.3	钻具	66
2.3.1	钻头与岩芯管	66
2.3.2	钻杆及接头	67
2.3.3	套管及连接件	68
2.3.4	水龙头	69
2.3.5	常用工具	69
2.3.6	处理事故工具	71
3	钻探方法与工艺	74
3.1	概述	74
3.1.1	钻探的基本概念	74
3.1.2	钻进方法	75
3.1.3	钻进规程	75
3.2	硬质合金钻进	77
3.2.1	硬质合金钻进原理	77
3.2.2	硬质合金及钻头	80
3.2.3	钻进技术规程与注意事项	87
3.3	金刚石钻进	89
3.3.1	金刚石钻进原理	89
3.3.2	金刚石及其钻头和扩孔器	91
3.3.3	钻进技术规程	102
3.3.4	金刚石钻进操作与注意事项	104
3.4	钢粒钻进	109
3.4.1	钢粒钻进原理	109
3.4.2	钢粒及其钻头	111
3.4.3	钻进技术规程与注意事项	111
3.5	冲击回转钻进与冲击钻进	115
3.5.1	冲击回转钻进原理及特点	115
3.5.2	冲击回转钻进设备	116
3.5.3	冲击回转钻进规程及注意事项	124
3.5.4	钢丝绳冲击钻进	126
3.6	其他钻进方法	128
3.6.1	人力简易钻探	128
3.6.2	无泵反循环钻进	129
3.6.3	螺旋钻进	130
3.7	钻孔冲洗	131

3.7.1	概 述	131
3.7.2	泥浆类冲洗液的物质组成	132
3.7.3	泥浆的性能	133
3.7.4	常用冲洗液简介	136
3.7.5	泥浆制备与管理	137
3.8	孔内事故预防与处理	138
3.8.1	事故原因及预防	138
3.8.2	事故处理	140
4	岩土芯样采取与孔内试验	145
4.1	岩土芯样采取	145
4.1.1	岩芯采取要求	145
4.1.2	常用岩芯采取方法	146
4.1.3	绳索取芯技术	149
4.1.4	岩芯整理与编录	151
4.1.5	样品采取	154
4.2	土层孔中原位测试	161
4.2.1	标准贯入试验	161
4.2.2	圆锥动力触探	163
4.2.3	十字板试验简介	164
4.2.4	旁压试验简介	166
4.2.5	应力铲试验简介	169
4.2.6	扁板侧胀试验简介	170
4.3	岩体孔中原位测试简介	171
4.3.1	岩体原位应力测试	171
4.3.2	岩体原位变形测试	174
4.4	孔内物探测试简介	175
4.4.1	单孔测量	175
4.4.2	孔间测量	177
4.5	随钻测量系统简介	179
4.5.1	概 述	179
4.5.2	测量方案及硬件	179
4.5.3	系统软件	180
5	复杂地层与特殊条件钻探及实例	184
5.1	钻孔护壁与堵漏	184
5.1.1	钻孔护壁	184
5.1.2	钻孔堵漏	185
5.1.3	水泥浆护壁堵漏	185
5.1.4	其他护壁堵漏材料与方法	187

5.2 复杂岩土层钻探	188
5.2.1 软土层钻探	188
5.2.2 松散砂层钻探	188
5.2.3 岩堆、卵石、漂石层钻探	189
5.2.4 黄土层钻探	191
5.2.5 膨胀土层钻探	192
5.2.6 多年冻土层钻探	193
5.2.7 破碎复杂岩层钻探	195
5.2.8 涌水地层钻探	197
5.2.9 瓦斯地层钻探	199
5.3 不良地质体钻探	200
5.3.1 岩溶、坑洞钻探	200
5.3.2 滑坡体钻探	202
5.4 特殊条件钻探	202
5.4.1 隧道超前预报水平钻探	202
5.4.2 水上钻探	204
5.4.3 冰上钻探	210
5.4.4 其他特殊条件钻探	211
6 水文地质钻探与试验	214
6.1 地下水	214
6.1.1 岩土的水理性质	214
6.1.2 地下水分类	215
6.1.3 地下水的物理性质及化学成分	216
6.2 水文地质钻探	217
6.2.1 钻探任务和钻孔布置原则	217
6.2.2 水文地质钻孔一般技术要求	218
6.2.3 分层止水与简易观测	219
6.2.4 破壁与通井	222
6.2.5 井管安装	222
6.2.6 洗井	225
6.3 水文地质试验	227
6.3.1 提水试验	227
6.3.2 抽水试验	229
6.3.3 压水试验	233
6.3.4 钻孔注水试验	238
参考文献	240

1 铁路工程地质与工程勘察

1.1 地貌与第四系地层

我们所在的地球是宇宙中的一颗行星,迄今已有 45 亿年以上的历史。地球自形成以来经历了漫长的演变时期,地质作用促进了这个演变。这种演变使地球表面形成多种多样的形态,有大陆和海洋、山地和高原,还有冲沟、河谷、溶洞和沙丘等。地表的这种形态叫作地貌。

1.1.1 地貌的成因及分类

1.1.1.1 地貌的成因

地貌是地质作用的结果,地质作用又可分为内动力地质作用和外动力地质作用。内动力地质作用包括地壳运动、地震和岩浆作用等,是由地球内能引起的。外动力地质作用主要包括风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和重力作用等。内力形成了地貌的基本起伏形态,外力则对地表进行雕塑和加工。内力产生隆起和沉降,外力则将隆起部分的物质剥离、搬运到沉降的低地、湖盆或海盆中堆积下来。内外动力相互作用形成了千姿百态的地貌形态。

1.1.1.2 地貌的分类

地貌的规模悬殊很大,通常按照其相对大小进行分级,表 1.1-1 为地貌的相对分级。

表 1.1-1 地貌相对分级

相对分级	常见地貌形态	地质作用动力
巨型地貌	大陆、海洋	主要为内动力地质作用
大型地貌	山岳、平原、大型盆地	内动力作用形成基本形态,并经历外动力地质作用
中型地貌	山岳地形中的分水岭、山地、山间盆地,平原中的分水区、河谷区	内外动力共同作用
小型地貌	阶地、残丘、冲沟、滑坡、洪积扇等	主要为外动力地质作用

根据地貌的成因类型,铁路工程中常见的地貌类型见表 1.1-2。

表 1.1-2 地貌单元分类

成因	地貌单元		主导地质作用
构造、剥蚀	山地	高山	构造作用为主,强烈的冰川刨蚀作用
		中山	构造作用为主,强烈的剥蚀切割作用和部分的冰川刨蚀作用
		低山	构造作用为主,长期强烈的剥蚀切割作用
	丘陵		中等强度的构造作用,长期剥蚀切割作用
	剥蚀残丘		构造作用微弱,长期剥蚀切割作用
	剥蚀准平原		构造作用微弱,长期剥蚀和堆积作用

续上表

成因	地貌单元		主导地质作用
山麓斜坡堆积	洪积扇 坡积裙 山前平原 山间凹地		山谷洪流洪积作用 山坡面流坡积作用 山谷洪流洪积作用为主,夹有山坡面流坡积作用 周围的山谷洪流洪积作用和山坡面流坡积作用
河流侵蚀堆积	河谷	河床 河漫滩 牛轭湖 阶地	河流的侵蚀切割作用或冲积作用 河流的冲积作用 河流的冲积作用或转变为沼泽堆积作用 河流的侵蚀切割作用或冲积作用
		河间地块	河流的侵蚀作用
河流堆积	冲积平原 河口三角洲		河流的冲积作用 河流的冲积作用,间有滨海堆积或湖泊堆积
大陆停滞水堆积	湖泊平原 沼泽地		湖泊堆积作用 沼泽堆积作用
大陆构造—侵蚀	构造平原 黄土塬、黄土梁、黄土峁		中等构造作用,长期堆积和侵蚀作用 中等构造作用,长期黄土堆积和侵蚀作用
海成	海岸 海岸阶地 海岸平原		海水冲蚀或堆积作用 海水冲蚀或堆积作用 海水堆积作用
岩溶 (喀斯特)	岩溶盆地 峰林地形 石芽残丘 溶蚀准平原		地表水、地下水强烈的溶蚀作用 地表水强烈的溶蚀作用 地表水的溶蚀作用 地表水的长期溶蚀作用及河流的堆积作用
冰川	冰斗 幽谷 冰蚀凹地 冰碛丘陵、冰碛平原 终碛堤 冰前扇地 冰水阶地 蛇堤 冰碛阜		冰川刨蚀作用 冰川刨蚀作用 冰川刨蚀作用 冰川堆积作用 冰川堆积作用 冰川堆积作用 冰川侵蚀作用 冰川接触堆积作用 冰川接触堆积作用
风成	沙漠	石漠 沙漠 泥漠	风的吹蚀作用 风的吹蚀和堆积作用 风的堆积作用 and 水的再次堆积作用
		风蚀盆地 沙丘	风的吹蚀作用 风的堆积作用
重力堆积	滑坡 崩塌		重力作用

1.1.2 常见地貌形态分述

地貌是在特定地质环境下形成的,因此不同的地貌形态与其物质组成和岩土结构、构造有一定的联系。这里我们介绍一些与铁路工程勘察钻探相关的常见地貌形态。重点叙述堆积成因的地貌。

1.1.2.1 山麓斜坡堆积地貌

季节性流水携带物质在山坡和山前堆积形成山麓堆积地貌,其分类、成因和特征见表1.1-3。

表 1.1-3 山麓堆积地貌

地貌分类	成因	特 征
洪积扇	山区洪流自山谷流出山口时,流速减小,搬运能力减弱,洪水搬运的碎屑物质在山口堆积起来而成	扇的顶部堆积物的颗粒粗大,且磨圆度较差,中部颗粒较细,多为块石、碎石圆砾、角砾及砂等,尾部颗粒更细,多为细砂、粉砂、粉土和粉质黏土。地下水在扇顶埋藏较深,向下逐渐变浅,尾部常有泉水和条带状沼泽分布
坡积裙	山坡上的面流将碎屑物搬运到山麓下,围绕坡脚堆积成裙状	物质组成直接来源于山坡,分选性差,大小颗粒混杂在一起。由于重力作用,粗颗粒堆积在紧邻山麓,细颗粒堆积在较远部位
山前平原	暂时性流水在山前堆积了大量洪积物,这些洪积物 and 山坡面流所携带的坡积物混合在一起,形成宽广的山前倾斜平原	堆积物的岩性和山区岩层的分布密切相关,靠近山前地带堆积物颗粒相对较粗,有洪积扇的特征,远离山前堆积物颗粒变细
山间凹地	被环绕的山地包围而形成堆积盆地,由周围的山前平原发展而成	凹地边缘颗粒粗大,一般呈亚角形,凹地中心颗粒变细。地下水位浅,有时形成大片沼泽

1.1.2.2 河流地貌

河流地貌是地表水在流动过程中侵蚀河谷,并将被侵蚀的物质沿途堆积形成的地貌。其分类、成因和特征见表 1.1-4。

表 1.1-4 河流地貌

地貌分类	特 征
河床	河床是谷底河水经常流动的地方。河床底部的冲积物复杂多变,通常山区河流河床底部多为坚硬的岩石或是大块的碎石、卵石,由于侧向侵蚀和冲沟支岔的影响,河床堆积物往往粗细颗粒混杂。平原区河流的河床一般是由河流自身堆积的细颗粒物质构成,分选性较好
河漫滩	河漫滩是分布在河床两侧经常受洪水淹没的浅滩。河流上游漫滩大多由大块碎石构成,且处于不稳定状态,可能被洪水冲走。中游漫滩一般由砂土组成,下游由更细的粉土、黏性土组成。河漫滩的地下水一般较浅,干旱地区的下游河漫滩有盐渍化现象
牛轭湖	河流的严重蛇曲地段,当其截弯取直时,原来弯曲的河道被淤塞而成牛轭湖。牛轭湖内通常长有水草,渐渐淤积成沼泽,堆积有泥炭、淤泥或淤泥质土
阶地	阶地是地壳上升、河流下切形成的。如果地壳上升有间歇就可能形成多级阶地。阶地堆积物类似于河漫滩,靠近山坡的高级阶地上有时有坡积层和洪积层,粗细颗粒混杂,结构强度低,靠近河漫滩的低级阶地堆积物颗粒相对较细。低级阶地上水位相对较浅,其相对低洼地段生长有水草,可能是已故的牛轭湖,这些地方有时埋藏有透镜体或条带状淤泥或淤泥质土

续上表

地貌分类	特 征
冲积平原	在大河流的中下游,大量堆积物形成宽广的平地。堆积物为巨厚的第四系沉积层,以细颗粒为主,地下水位很浅。有古牛轭湖遗迹,分布有条带状淤泥
河口三角洲	河口三角洲是河流在入海或入湖的地方堆积了大量的碎屑物,构成了一个三角形的地段。在此河水流速急剧降低,冲积物迅速沉积下来,形成巨厚的淤泥层。河口三角洲地下水位一般很浅,常为软土地基

1.1.2.3 大陆停滞水堆积地貌

大陆停滞水堆积地貌主要有湖泊平原和沼泽地,其特征见表 1.1-5。

表 1.1-5 大陆停滞水堆积地貌

地貌分类	特 征
湖泊平原	由于地表水流将大量的碎屑物带到湖泊洼地,堆积不断地扩大和发展形成了大片向湖心倾斜的平原。湖泊平原是在静水条件下堆积起来的,淤泥和泥炭的总厚度很大,往往是粉细砂、粉土和黏性土互层,很少见到粗颗粒的圆砾和卵石,土颗粒由湖岸向湖心逐渐变细,土质较软弱。地下水位一般很浅
沼泽地	湖泊、牛轭湖等洼地中水草茂盛,大量有机物在洼地中积聚形成湖泊沼泽。沼泽地多沉积有泥炭、淤泥等物质

1.1.2.4 海积地貌

海成地貌包括海蚀地貌和海积地貌,这里仅介绍海水面以上的堆积地貌,其分类及特征见表 1.1-6。

表 1.1-6 海积地貌

地貌分类	特 征
沙滩	平行于海岸线伸展的平缓堆积地形,微微倾向大海。物质组成受制于海岸地层,一般为圆砾、砂和淤泥,分选性好,含有贝壳
砂堤	海滩上平行于海岸线的条带状垄岗地形,物质组成一般为圆砾、砂和贝壳。如天津的贝壳堤
砂嘴	在海岸拐角处,岸流流速降低,携带泥砂堆积成一端连接陆地,另一端深入海中的堆积地形。砂嘴一般由圆砾、砂和淤泥组成
泻湖和滨海沼泽	泻湖是因海岸堆积,海边部分海面与大海相隔离形成的封闭湖泊,泻湖中长满水草就形成滨海沼泽。泻湖和滨海沼泽一般由粉细砂、黏性土、淤泥、泥炭等组成
海积阶地	由海水堆积作用和海岸的上升而形成,平行于海岸线,常见于平原地区。堆积物质主要有砂、黏性土,并有淤泥等软土分布
海岸平原	海岸平原是平原地区海滨因地壳上升而形成的。地面缓缓倾向大海,平原上常有砂垄和沼泽。主要由砂、粉土、黏性土组成,含有淤泥等软土

1.1.2.5 构造、剥蚀地貌

构造剥蚀地貌分类及特征见表 1.1-7。

表 1.1-7 构造剥蚀地貌

地貌分类	特 征
山地	山地是内动力地质作用引起地壳上升、隆起的结果,外动力地质作用以剥蚀为主。海拔高度在 500 m 以上,地形起伏较大,相对高差大于 200 m。按构造形式可分为断块山、褶皱山、褶皱断块山、方山和锥形山。山坡主要由基岩组成,有时有薄层残积物和坡积物,个别地方有滑坡、崩塌等重力堆积物,山谷有洪积物。地下水受构造影响比较复杂,一般为基岩裂隙水和岩溶水,北方一般埋藏较深
丘陵	丘陵是经过长期剥蚀切割、外貌成低矮而平缓的起伏地形,相对高差小于 200 m。丘陵地区基岩一般埋藏较浅,顶部常直接裸露,风化现象严重,有时表层为残积物覆盖,谷底堆积有洪积物、坡积物等,有时还有淤泥,边缘地带常堆积有结构松散的新近堆积物。地下水分布较复杂,一般丘顶部位地下水埋藏较深,边缘和谷地地下水埋藏较浅
剥蚀残丘	低山丘陵在长期剥蚀过程中,大部分被夷平,个别地段岩石比较坚硬,形成了零星孤立分布的小丘。残丘通常由基岩组成
构造平原	由于地壳缓慢上升而形成的大片平地。绝对标高在 200 m 以下的叫平原,200 m 以上的叫高原。构造平原一般分布有较厚的堆积物
黄土塬、梁、峁	由黄土覆盖的高原称为黄土高原。黄土高原地形平坦,但常被冲沟切割得支离破碎,这种被冲沟切割后还保持大片平缓倾斜的黄土平台,称为黄土塬。黄土塬上受两条平行的冲沟切割而成的条状高地被称为黄土梁。黄土梁进一步受冲沟切割而成孤立的或连续的馒头状高地被称为黄土峁。黄土具有垂直节理,能形成高耸的直立陡壁,因此黄土塬、梁边缘的冲沟多为峡谷,边坡常不稳定。垂直节理、大空隙和粉粒的特点使得黄土中经常有土洞,地表常有漏斗、陷穴、碟形洼地等。黄土高原地区地下水一般埋藏较深

1.1.2.6 岩溶地貌

岩溶地貌千姿百态,这里仅介绍与钻探密切相关的地貌形态,其特征见表 1.1-8。

表 1.1-8 岩溶地貌

地貌分类	特 征
岩溶盆地	岩溶盆地是一种盆状的凹地。盆地底部往往有淤泥等软土沉积,盆地边缘常有石灰岩风化残积红粘土及崩积物。盆地周围有岩溶下降泉分布,盆地中有地表河流或暗河,地表水和泉水由落水洞或暗河排泄。盆地及其周围发育有溶洞、暗河、漏斗、竖井、落水洞等小型地貌
溶蚀准平原	可溶性岩石经过长期的溶蚀破坏,岩溶盆地进一步发展形成比较开阔的平原被称为溶蚀准平原。地表被河流冲积层或石灰岩风化残积红粘土覆盖,河流两旁或河床底部有时有石灰岩出露。地面分布着石芽、漏斗、落水洞等小型地貌,与下部岩溶漏斗对应的地方会产生土洞,土洞进一步会发展会形成地表塌陷。唐山体育场地表塌陷就是岩溶地貌引起的土洞塌陷
峰林、孤峰	与盆地、平原相对应,峰林是岩溶作用所形成的高耸林立的石灰岩石峰,相对高度在 100~200 m,坡面很陡,沿构造线排列。峰林进一步被溶蚀会形成矗立在岩溶盆地或平原上的孤峰,孤峰相对孤立,高差在数十米至百余米
溶沟、溶槽、石芽	溶沟、溶槽和石芽是一种小型岩溶地貌,是地表水沿可溶性岩层的裂隙进行溶蚀和机械侵蚀所形成的小型沟槽。沟槽深度数厘米至数米,长度不超过深度的 5 倍叫溶沟,大于 5 倍的叫溶槽,溶沟、溶槽间凸起的石脊叫石芽。当地表有较厚覆盖层将石芽完全覆盖时,钻探时应注意基岩面的位置和形态

1.1.2.7 重力堆积地貌

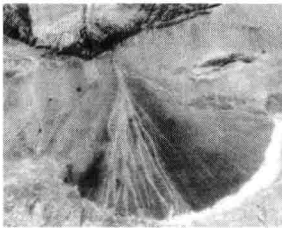
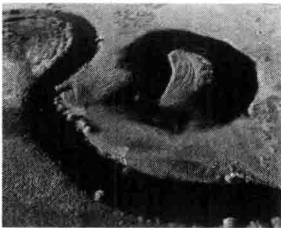
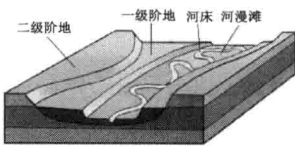
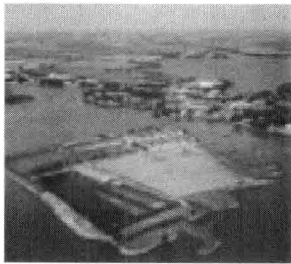
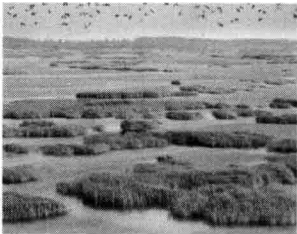
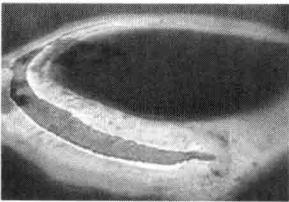
不稳定边坡或山体在重力作用下滑塌形成滑坡或崩塌,其特征见表 1.1-9。

表 1.1-9 重力堆积地貌

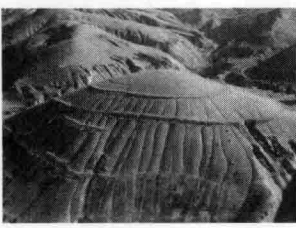
地貌分类	特 征
滑坡	斜坡上大量土体、岩体或其他碎屑堆积物沿一定的滑动面整体下滑形成的地貌。与滑坡有关的微型地貌有滑坡后缘的滑坡壁,滑坡体上的滑坡阶地、裂缝,滑坡前缘的滑坡舌等
崩塌	在陡峻的斜坡上,巨大的岩体、土体、块石或碎屑层在重力作用下,突然发生急剧的崩落、翻转和滚落,在坡脚形成倒石堆或岩屑堆。崩塌所形成的岩堆多为块碎石,棱角状,分选性差,结构松散,有时有巨大块石,钻探时要注意鉴别巨石与基岩

常见地貌形态见表 1.1-10。

表 1.1-10 常见地貌形态

名称	形态	名称	形态	名称	形态
洪积扇		坡积裙		山前平原	
山间盆地		牛轭湖		河谷	
河口三角洲		湖泊平原		沼泽地	
砂堤泻湖		砂嘴		剥蚀残丘	

续上表

名称	形态	名称	形态	名称	形态
黄土梁		黄土峁		岩溶盆地	
峰林		孤峰		石芽	

1.1.3 第四系地层

第四系地层是第四纪以来地球表面岩石圈在内外动力地质作用下产生的碎屑物质搬运、堆积而形成的沉积层。是地质历史上最新的一套沉积地层,进一步可划分为更新统($Q_1 \sim Q_3$)和全新统(Q_4)。

1.1.3.1 陆相沉积物的成因类型及特征

第四系陆相沉积层具有以下基本特征。

1. 松散性。第四系沉积层时代较新,沉积环境多为常温和常压,一般都呈松散状态,很少经历胶结和成岩作用。

2. 岩相的多变性。第四系沉积物的沉积环境极为复杂,因此沉积物的性质、结构和厚度在水平方向和垂直方向都有很大的差异性,甚至属于同一时代的沉积物,在较短距离内可以变为另一岩性,厚度可由数米变为数十米或突变缺失。

3. 沉积物的移动性。第四系地层沉积时间较短也较晚,又受到各种内外营力的作用,使沉积物经常处于再搬运过程,物质成分也不断发生变化,大多数难以找到其原始产状。

4. 地貌形态的多样性。第四系沉积物常构成各种堆积地貌形态,并在各地貌单元中呈现规律性分布。第四系沉积物的成因类型、分布、产状、厚度等与地貌有紧密的联系。

几种主要成因类型第四系沉积物的特征见表 1.1-11。

表 1.1-11 主要成因类型第四系沉积物特征

成因类型	沉积物特征
残积	岩石经风化作用而残留在原地的松散堆积物。颗粒由浅到深逐渐变粗,矿物成分与母岩相关。一般不具层理,碎块呈棱角状,无分选。厚度无规律,易风化岩石较厚,反之较薄,山丘顶部和陡峻山坡较薄,低洼平坦之处较厚
崩积	岩石风化物质在重力作用下崩塌堆积在陡坡之下。由块石和碎石组成,颗粒无磨圆,分选性差,岩堆顶部颗粒较细,大颗粒滚落在远处,有时有巨大块石,结构松散。岩性与高处产生崩塌的母岩有直接关系

续上表

成因类型	沉积物特征
坡积	山坡上部的松散物质在片状流水冲蚀作用下沿山坡形成的堆积物。坡积物与下伏基岩没有必然的岩性关系,与上部松散物质有关。颗粒成分混杂,由圆棱状岩块到黏性土。颗粒由山坡向坡脚逐渐变细,由表面向深处逐渐变粗。厚度变化较大,地形陡峻处较薄,平缓处较厚
洪积	山区高处的大量松散物质被暂时性流水冲蚀至沟口或平缓地带堆积而成。颗粒稍有分选性,通常是大小混杂,粗颗粒多成亚角状。洪积扇顶部以粗颗粒为主,向扇的边缘颗粒逐渐变细,以粉砂和黏性土为主。具极粗造的交错层理,有时夹有细颗粒透镜体,山的边缘黏性土中有微倾斜层理。其厚度相差悬殊,一般高山区较厚,远处较薄
冲积	由长期的地表水流搬运,在河漫滩、河流阶地、冲积平原、三角洲地带堆积而成。颗粒悬殊较大,河流上游较粗,向下游逐渐变细,颗粒磨圆度较好,分选性好,层理清晰。厚度相对较稳定
湖积	由湖泊所形成的堆积物。湖泊为相对的静水环境,沉积物颗粒较细,湖岸以黏性土夹砂砾为主,向湖心方向逐渐变为有机质和化学沉积,淡水湖化学沉积主要物质为碳酸盐、硅质、铁锰质等,咸水湖化学沉积主要为碳酸盐、硫酸盐和氯化物。具有明显的微细层理
风积	在干旱气候条件下,碎屑物被风吹扬,降落堆积而成。颗粒主要由粉粒和砂粒组成,土质均匀,孔隙大,结构疏松
冰积	冰川携带物质在其融化时堆积而成。颗粒相差较大,无分选性。一般不具层理,堆积层厚度与冰川规模有关
洞穴堆积	充填于可溶岩洞穴内的沉积物,岩溶区钻探经常遇到这类物质。颗粒成分复杂,以红粘土为主,含有角砾、砂等碎屑,结构松软。厚度变化较大

1.1.3.2 海相沉积物的成因类型及特征

第四系海相沉积可分为近岸沉积、大陆架沉积和深海沉积,与铁路工程相关的主要是近岸沉积。近岸沉积分布于海岸到海底受波浪作用显著的水下岸坡部分,岩岸沉积带宽数十米,泥岸可达数十千米。沉积物成分较复杂,与岸边岩土性质相关,主要有砾石、砂、淤泥和贝壳,粗颗粒磨圆度、分选性好。

1.2 岩土的基本性质与特征

1.2.1 地壳的物质组成

地壳是地球表层的固体壳,平均厚度约 16 km,大陆较厚,海洋较薄。我国东部大陆地壳厚度 30 ~ 45 km,青藏高原大部分在 70 km。组成地壳的主要化学元素见表 1.2-1。

表 1.2-1 地壳主要元素含量

元素名称	重量百分比(%)	元素名称	重量百分比(%)
氧 O	46.95	钠 Na	2.78
硅 Si	27.88	钾 K	2.58
铝 Al	8.13	镁 Mg	2.06
铁 Fe	5.17	氢 H	0.14
钙 Ca	3.65	钛 Ti	0.62