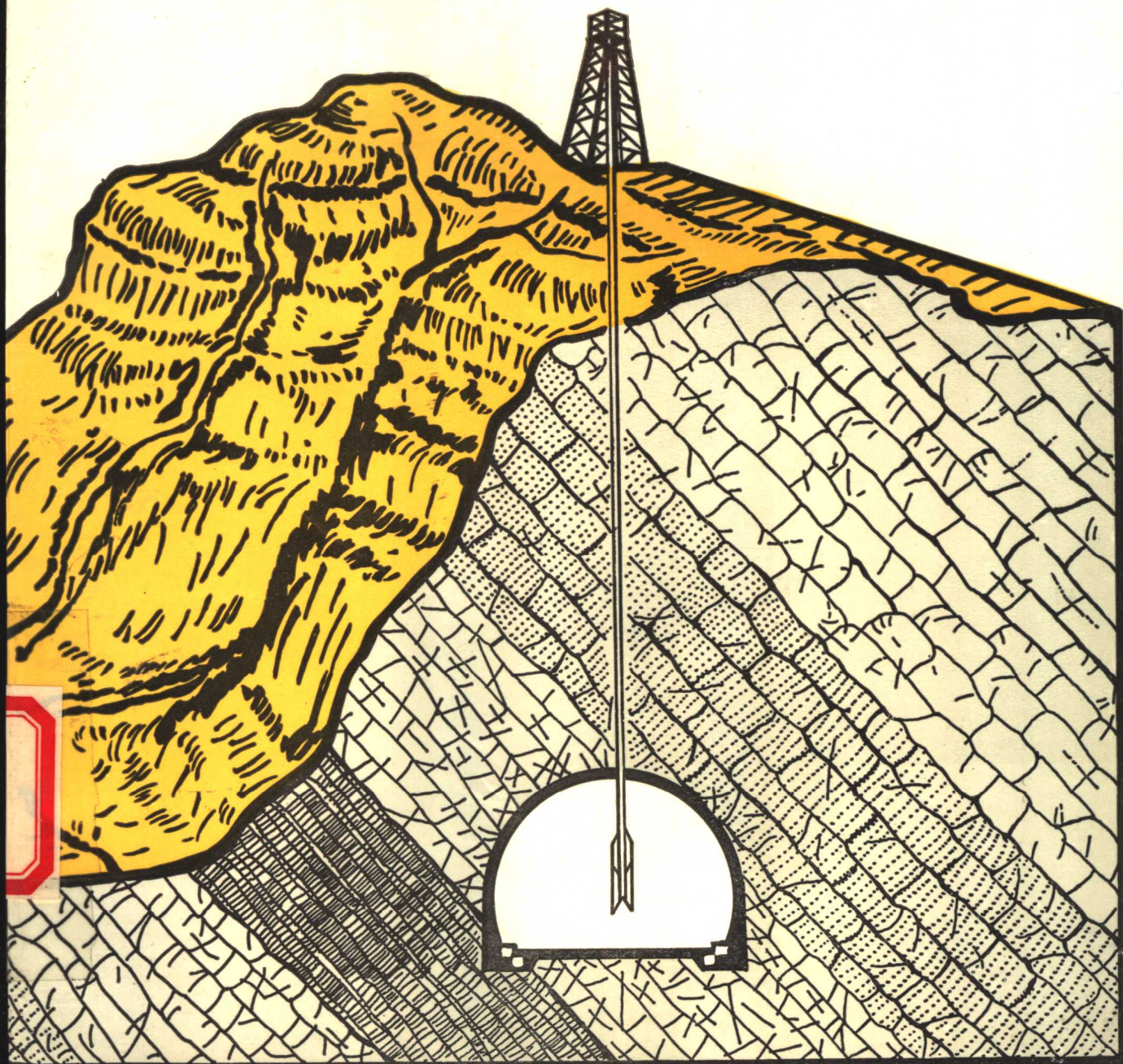


地下建筑工程地质

郭见扬 李纪三 汪稔 编著

湖北科学技术出版社



地下建筑工程地质

江苏工业学院图书馆

郭见扬 李纪三 汪稔 编著

藏书章

湖北科学技术出版社

鄂新登字 03 号

地下建筑工程地质

© 郭见扬 李纪三 汪 稔 编著

*

湖北科学技术出版社出版发行

华中理工大学出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 11.5 印张 288 千字

1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷

ISBN7-5352-1525-4/P·5

印数:1-3000 定价:15.00 元

前 言

地下建筑领域十分广阔,如铁路隧道、水工隧洞、军用地下洞室以及我国一些大城市出现的地下商业厅、商业街,还有广州珠江、上海黄浦江下的过江隧洞,黄岛地下油库,北京和上海的地铁等等。它们的顺利修建和使用与人们对所在位置的岩土体采取了保证其稳定性措施有密切关系。地下建筑的主体即地下洞室,洞室的围岩与洞室是一个整体,围岩稳定实际就是洞室稳定的一部分。基于这种认识,我们认为:①地下洞室修建应充分利用和发挥围岩自身的作用;②应该深入认识、查清和掌握围岩稳定特性;③围岩稳定评价工作包括计算在内均应以地质工作为基础。

本书共分十一章,第一章为总论,第二至第六章为工程地质基本知识;第七至第十一章,为洞室围岩稳定评价部分。其中第七章、第九章和第十章由李纪三同志负责初稿,第三章和第十一章由汪稔同志负责初稿,其他各章由郭见扬同志负责。最后由郭见扬统一修改和定稿,汪稔负责全书校核工作。

本书主要参考资料系作者 20 年前于长春地质学院编写的《地下建筑工程地质》讲义。该讲义近 20 年来在一些高等院校和工程地质队部分翻印成教材和参考资料。这次正式出版作了较大的补充和修改。

我们希望此书能给读者有所帮助,同时诚恳希望读者能提出宝贵意见,以便下版修改。

郭见扬

1994 年 1 月

目 录

前 言	
第一章 绪 论	(1)
1.1 地质环境对洞室工程的重要性	(1)
1.2 地下洞室种类和洞室剖面形状	(2)
1.3 地下洞室施工和支撑衬砌类型	(4)
1.4 洞室工程地质工作的主要内容	(6)
第二章 组成地壳的岩石和地层	(8)
2.1 地壳中的岩石和矿物	(8)
2.2 岩浆岩(火成岩)的特征和分类	(11)
2.3 沉积岩(水成岩)的特征和分类	(19)
2.4 变质岩的特征和分类	(23)
2.5 岩层层序和地层系统	(27)
第三章 地质构造和构造体系	(31)
3.1 褶皱	(31)
3.2 断层	(35)
3.3 节理	(42)
3.4 构造体系	(44)
第四章 地质作用及其生成产物	(48)
4.1 地质作用的基本类型	(48)
4.2 风化作用和残积土层	(49)
4.3 暂时流水和坡洪积层	(50)
4.4 河流作用和冲积(土)层	(51)
4.5 斜坡破坏作用和滑坡	(53)
4.6 地震破坏和烈度划分	(58)
第五章 地下水和岩溶洞穴	(62)
5.1 岩石和土层中的水	(62)
5.2 地下水的类型和成因	(63)
5.3 一般地区的地下水	(64)

5.4	岩溶形态和岩溶水	(69)
5.5	地下水的物理性质及化学成分	(72)
第六章	岩石的工程地质特征	(74)
6.1	岩石的物理特性指标	(74)
6.2	岩石的水理特性指标	(76)
6.3	岩石的强度特性指标	(77)
6.4	岩石的变形特性指标	(79)
6.5	不同加载方式岩石的力学行为	(80)
6.6	三大类岩石的工程地质特性	(83)
第七章	岩体应力和二次应力	(87)
7.1	岩体应力的类型	(87)
7.2	岩体的自重应力	(87)
7.3	岩体的构造应力	(92)
7.4	开挖引起的应力重新分布	(94)
7.5	不同形状隧洞的洞壁应力	(98)
7.6	有压隧洞围岩的附加应力	(101)
第八章	围岩稳定的定性和定量评价	(103)
8.1	岩土性质对围岩稳定的影响	(103)
8.2	结构面对围岩稳定的影响	(105)
8.3	地下水和岩溶对稳定的影响	(111)
8.4	工程选点时岩体稳定分析	(113)
8.5	围岩稳定计算的基本理论	(116)
8.6	评价岩体稳定的基本公式	(122)
第九章	围岩压力与抗力的计算	(126)
9.1	围岩压力的形成和类型	(126)
9.2	水平洞室围岩压力计算	(127)
9.3	竖井侧壁围岩压力计算	(135)
9.4	有压隧洞上覆安全厚度	(137)
9.5	有压隧洞围岩抗力计算	(139)
第十章	提高围岩稳定性的措施	(143)
10.1	施工方案与岩体稳定	(143)
10.2	支撑衬砌与锚喷加固	(146)
10.3	岩石土体的灌浆加固	(149)
第十一章	工程地质勘察中的若干问题	(156)
11.1	工程设计内容和基本要求	(156)
11.2	工程地质勘察阶段和内容	(157)
11.3	工程地质勘察资料的整理	(160)
11.4	地下建筑洞室围岩的分类	(163)

第一章 绪 论

地下建筑(或称地下洞室)的类型、施工方法和施工过程与地面建筑比起来很特殊,对它们的了解是从事地下建筑工程地质工作者所必不可少的。这里同时应认识到,工程地质工作在这类工作中的重要性。

1.1 地质环境对洞室工程的重要性

为了保证地下洞室(地下建筑)施工及使用过程的安全,降低地下建筑的造价,提高地下建筑工程质量,一句话,为了多快好省地修建地下建筑,加强地下建筑工作中的工程地质工作是十分重要的。

我国已成功地修建了大量的地下洞室,并从中取得了十分丰富的经验,其中有一条就是要了解地质情况。不仅在施工之前,而且在施工过程中,均要掌握地质情况,而且要搞清岩体稳定的实质和规律。

某水电站的压力斜管,因设计衬砌时对围岩地质情况研究不够,对岩体强度估计过高,因而衬砌质量和厚度不合要求,以致工程投入使用后衬砌破裂,隧洞内的水通过围岩冲到了地表,使山坡堆积物含水量急剧增加,最后斜坡滑动,造成停产半年进行补修的事故。

某地一煤矿竖井,厚 70cm 的混凝土衬砌未能保证围岩稳定而发生整个竖井坍塌的严重事故。

地下开挖遇到断层破碎带往往是围岩坍塌的原因,这是大家比较熟悉的事实。

国外地下建筑因地质问题而出事的例子也是非常多的。

澳大利亚悉尼某输水压力隧洞,为混凝土衬砌,使用期间发现有 300m 长地段洞子内的水大量渗入围岩而达到地表。经放空后检查,此处是三迭系砂岩,节理发育,岩石强度很低,具 100 多米高水头的内水压力,衬砌质量不合要求,因而 300m 这段范围衬砌严重破坏,内水压力全部作用到围岩上,洞顶围岩被掀起,出现裂缝,错动距离达 1.0—2.0cm,水就是顺这些裂缝流到了地表。后来不得不停工补修,成本大大提高。

奥地利格尔利斯电站压力斜管最大达 600m 高水头的内水压力,圆形断面,直径 1.6—2.2,并用 12—30mm 的钢板衬砌。在使用期间压力斜管的下部围岩破坏而使钢板衬砌破裂,高压水冲入电站厂房,使厂房机组受到很大损失。

坎德斯堤某压力隧洞,隧洞水渗入围岩流到山坡造成山体崩滑,使附近地区居民生命财产受到很大损失。失事前在山坡不透水岩体与透水岩体交界处出现一股泉水。大体情况如图 1—

1 所示。

工程事故不仅仅有地质上或技术上的原因,有时还有因承包商人为了谋取最大利润,不惜弄虚作假、偷工减料,置工程所在地人民的生命财产于不顾,有时是由于管理决策者不熟习业务或虽是工程技术人员但对地质环境与洞室围岩稳定的因果关系认识不清所致。

地质条件太坏,围岩十分不稳定,应该在选择工程位置时就放弃,而另选较好的位置。若因种种原因非在此地修建不可,则为了保护围岩使之稳定,应该采取必要的措施,包括提高衬砌质量,加大衬砌的强度,采用更有效的施工支衬方法等等,而所有这些都是建立在对岩体地质情况调查研究的基础上,对岩体稳定及其变化规律深入分析和掌握的基础上。已有地下建筑的失事原因,许多都是衬砌质量未达到地质上应有的要求,或直接因岩体的条件不好,从已有的资料看,岩体不好的原因更多一些。

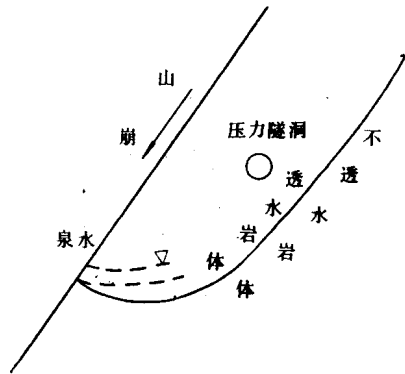


图 1-1 坎德斯堤隧洞失事示意图

地质条件不太好,有时要求将衬砌质量提高一些,但有时不仅仅在于衬砌的质量,而在于对症下药才能达到保护围岩的目的。例如有压隧洞漏水可能使围岩稳定大大降低,甚至引起山坡滑动,这时要求或是设置不漏水的衬砌,或是设置排水隧洞把渗出的水集中排走。只有充分调查研究清楚地质情况和岩体稳定特征,才能做到有的放矢。

1.2 地下洞室种类和洞室剖面形状

1.2.1 地下建筑分类

地下洞室按其用途,可分为:① 军事工程(防空战备地道、地下飞机库等);② 交通隧道(公路铁路的隧道、城市地下铁道等);③ 水工隧洞(水电站的引水隧洞和地下厂房等);④ 矿山井巷工程;⑤ 民用商业洞室;⑥ 储藏物资工程,等等。

作为军事工程的地下建筑,有的规模很大,有的规模很小,例如地下飞机库、地下军舰停泊所的洞室宽度在几十米甚至更大,而有的防空战备地道宽度只有几米。群众修的地道形状各式各样。图 1-2 即某地群众自修的备战防空地道的横断面类型。这是我们常见的最简易的一种。它的净空高宽各 2m 左右,洞顶成拱形,内壁用四层砖砌成,砖之间抹有水泥砂浆使内壁形成一个整体,这叫做砖衬砌。衬砌可保护围岩使之不会坍塌,有了这个衬砌以后,地道就能经久耐用。

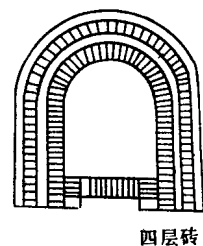


图 1-2

铁路穿过分水岭山区时,隧道特别多,这是由于铁路既要求线路纵坡不能太陡,又要求线路弯曲不能太大。纵坡太陡机车牵引不动而爬不上去,平面上弯曲太大了,高速行驶有脱轨的危险。因此分水岭山区往往用修建隧道的办法来降低线路纵坡和减少弯度。宝成铁路秦岭段隧洞特别多,往往是桥接洞、洞连桥,桥洞交替出现。

铁路隧道的剖面尺寸要保证机车和车箱正常通过,有的还要铺设双轨,因此一般铁路隧道的高度和宽度比较大。图 1-3 系某铁道隧洞的断面形状和尺寸,此隧道内壁是用块石砌成,也有用混凝土做成的。

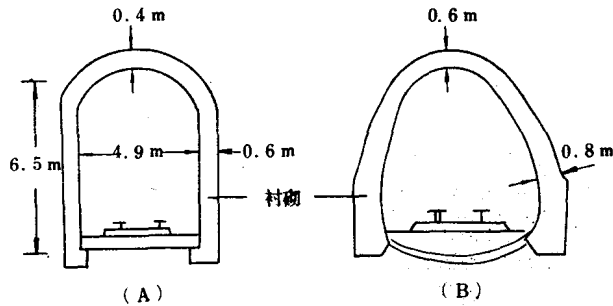


图 1-3

(A) 城门洞形 (B) 马蹄形

水电站的输水系统隧洞是地下建筑的一种(图 1-4)。输水系统的入口在水库,出口在坝下游河道区。输水系统各部位的作用、特点均不同。水从入口流入,通过引水隧洞,引水隧洞内的水具有很大的压力,流到压力斜管以后,压力就更大,水流到达地下发电厂厂房底部,冲动水轮机,水轮机带动发电机而发电。从厂房流出来的水能量消耗很大,经尾水隧洞排出地面流到河道中,此时尾水隧洞内的水已经没有多大压力了。在引水隧洞的末端有一个竖井,叫做调压井,顾名思义是起调节水压力的建筑物。例如在关闭压力斜管末端闸门(图 1-4 闸门没有画出来)的那瞬间,闸门上游隧洞内的高速高压水流压力突增,这个压力比未关闸以前要大得多。这就好比一辆载满了人而往前飞驰的车辆遇到障碍物而紧急刹车,这时车上的人就会向前扑去,站在前排的人突然受到一个很大的压力,这个增大了的水压力若不予以消除,它就会直接作用到闸门上,作用到隧洞的衬砌上,并通过衬砌作用到围岩上,以致可能产生破坏性后果。因此修建一个与大气相通的调压竖井,使隧洞内高压水流有前进的去路。此时水往调压井冲去,调压井内水位猛涨(水位可能超过水库水位),和水质点碰撞耗能以后,便逐渐恢复到正常水位的位置。

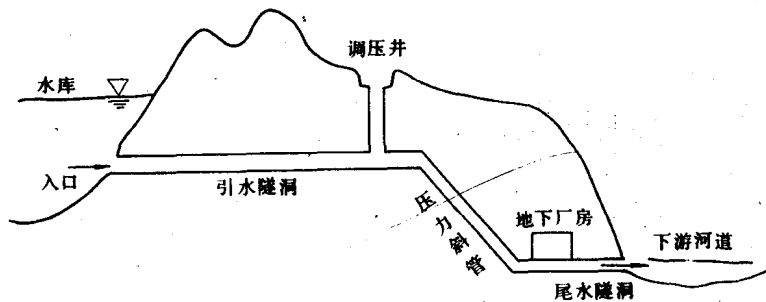


图 1-4 水电站输水系统纵剖面示意图

稍具规模的水电站,隧洞尺寸都是比较大的。例如我国东北一个中型水电站,引水隧洞和尾水隧洞共长约 3km,隧洞直径约 10m。地下发电厂房洞宽 15m,高 25m,长 58m,顶部成拱形,为了加快速度和便于通风、排气和运输,还专门挖了 5 个支洞,支洞横剖面成方形,高宽各约 2m。

还有一些其他的地下建筑,这里我们就不一一赘述了。

1.2.2 地下洞室剖面形状

地下建筑按其洞室的横剖面形状可分为：

(1) 方形和矩形 它的特点是洞壁轮廓均是平直的。

(2) 圆形、椭圆形和马蹄形(图 1-3B) 它们的特点是洞壁轮廓是曲线形的。

(3) 城门洞形(图 1-2 和图 1-3A) 它的特点是洞顶成拱形,两壁是平直的。城门洞形又叫拱顶直边墙形。

我国水工有压隧洞多用圆形断面,亦有用城门洞形(后者多在水头较低时应用);铁路隧道多用城门洞形和马蹄形断面;施工支洞(交通洞)多为方形、矩形断面。高宽相差很大的矩形和椭圆形一般在两条隧洞交叉处出现。

从研究围岩岩体稳定这个角度来看,地下建筑虽然种类繁多,但不过是一些不同剖面形状、不同尺寸大小、用途不同的地下洞子而已。正是由于开挖了这些洞室,改变了该处岩体原来的平衡条件,从而使岩体稳定可能发生问题。开挖出地下洞室以后,岩体的稳定性及其变化规律首先是决定于岩体本身的特点,但也与开挖出的洞室尺寸大小、剖面形状有很大关系。例如一般情况下当其他条件相同时,洞的宽度越大,其顶部岩体发生坍塌的可能性也大;小尺寸的洞室对保护围岩原有稳定性比大尺寸的洞室有利得多;拱形洞顶比平直洞顶要稳定;当岩体应力很大时曲线形洞壁比平直洞壁对围岩稳定有利,圆形隧洞是最稳定的。

1.2.3 有压洞室的特点

地下建筑按其洞内是否有作用到围岩的压力可分为有压和无压的两类。还可按洞室是否过水而分为过水和不过水的两类。过水的隧洞和不过水的隧洞对围岩稳定性的影响是不一样的,影响最大的是隧洞内的水具有很大的压力。无压的隧洞是指隧洞内部对围岩没有什么附加压力,例如铁道、公路隧道和其他人行交通隧洞。而有压的隧洞是指隧洞内部对围岩有压力,例如水电站的引水隧洞、压力斜管和高压井即是。埋于地下的输油管、储藏调高气体的地下储气罐也是属于有压的。水电站的尾水洞往往仅是过水的隧洞,是属于无压的。对无压的隧洞主要考虑地下开挖引起围岩原有平衡受到破坏的问题,而对于有压隧洞则还要考虑隧洞内压力对围岩的作用。隧洞内的压力作用到洞壁和围岩上,严重时可使洞壁破裂,围岩不稳定。水工有压隧洞内的水不仅具高压,而且还具高流速,达每秒几十米,它除对洞壁有很大的冲刷力外,还有一些特殊的现象发生。高速水流的流动是很不稳定的,在一定的条件下水体内部的气体会富集而形成气泡,气泡在另外的条件下又会消失。气泡的消失往往表现出突然破裂的形式,它若发生在洞壁附近,就会对洞壁产生巨大的冲击力,时间长了使洞壁产生“蜂窝狗洞”,这种现象叫做气蚀现象。气蚀现象容易发生在隧洞急剧转弯处、洞径突然收缩处和洞壁凹凸粗糙不平处等位置,它是影响岩体稳定的一种特殊因素。此外高速水流的流动十分不平稳它作用到洞壁的动水压力忽高忽低的,这好像人的脉搏时高时低地跳动一样,这种现象叫做动水压力的脉动现象。它能在某个瞬间产生很大的压力,还能引起洞壁的振动等等,这些对洞壁的稳定均是不利的。总之,有压隧洞内的高速水流的作用不可按一般水流的特征去认识,在评价围岩稳定时决不可忽视这一点。

以上的几种情况是工程地质工作者必须熟悉的,下面我们谈谈关于施工和衬砌的问题。

1.3 地下洞室施工和支撑衬砌类型

地下建筑不像地面建筑,隧洞内的施工场地是很有限的。一个工作面十几人、几十人,若组

织计划不当会造成互相干扰和窝工现象;若施工方法不当不仅破坏了围岩的稳定,而且严重时
会伤及施工人员的生命。因此,事先选定正确的施工组织方案很重要。

1.3.1 施工方案

在基岩内开挖施工方案大体上可分两类:一类是全断面一次开挖,另一类为分部开挖。对
于小断面的洞室一般均是一次开挖方案,也就是开口的大小就是设计断面的尺寸。对于大断面
的洞室(例如直径10m的洞子),岩体很稳定时,也可一次全断面开挖。而对不稳定岩体一次开
挖一个大断面,容易发生坍塌,这里需要先挖一个小断面的洞子,挖到一定长度后再有计划、有
步骤地扩大断面达到要求的尺寸,这叫做分部开挖方法。一般的经验是挖小尺寸的洞室比挖大
尺寸的洞室要稳定得多。先挖的小洞对大洞而言还可以起导向(控制隧洞走向和纵坡)的作用。
因此,这个小断面洞室叫导洞。所以分部开挖方法也叫导洞开挖法,导洞直径一般均在2—3m
左右。

施工方案还有一些更细的类型。任何方案的选择均视多种因素而定,其中围岩稳定情况是
主要因素之一。因此工程地质工作对正确选定施工方案是很重要的,这在第十章我们将详细讨
论。

在松散土层内开挖,基本上也有上述两种施工方案,不过工序稍有不同。土层内开挖大跨
度的洞室,一般均采用分部开挖方法。小尺寸断面的可一次挖成。在土层中开挖洞室有一种特
殊的施工方法叫做盾构法和顶管法。就是将一定直径的铁管或钢管用很大的压力压入土层中,
这样就可以在它的保护下进行开挖。盾构法设备较复杂,盾构的重量也很大(几十至几百吨
重),而且有许多辅助的设备和装置,故一般只在十分软弱的土层(例如饱水层、淤泥层、流砂
层)或大型工程中才使用(例如在城市修建地下铁道或修建江河底下的隧道)。盾构法施工虽然
比较安全,但成本却很高。

1.3.2 支撑和衬砌

在不太稳定的基岩内开挖,应考虑及时设立支撑。根据工程的要求,最后可能还做上衬砌。
支撑和衬砌均是加固围岩的工程措施,一般前者属临时性的,后者属永久性的。

根据采用的材料支撑可分木支撑,金属支撑和混凝土支撑。支撑手续简单,架设容易,能起
到早期保护围岩稳定的目的。最简易的支撑有一根木头即可托住顶部快松动的岩块(图1—
5)。当洞的断面特别大而需要设置支撑时,支撑的结构就比较复杂了。有的洞室设支撑以后就
投入使用,有的洞室则于支撑以后还要做衬砌,这时及早架设支撑的目的是防止围岩的早期松
动,然后等隧洞开挖出一定长度以后,再做衬砌,并拆掉支撑。

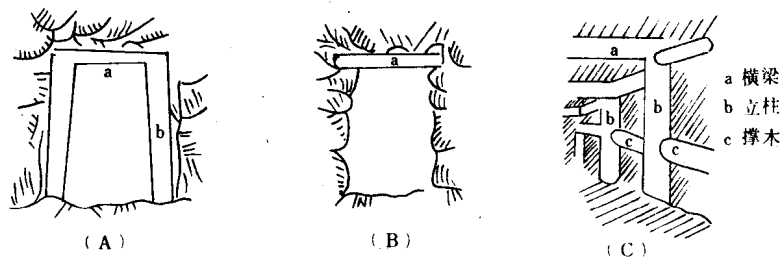


图1-5 支撑示意图

(A) 正常支撑 (B) 简易支撑 (C) 复杂支撑

衬砌属永久性加固措施,衬砌的目的不仅仅是加固围岩使之稳定,还有防渗,保护围岩洞
壁不受风化、不受洞内水流冲刷,减小洞壁粗糙程度以利水的畅通,增加洞内美观等等。按其材

料不同衬砌可分砖衬砌、块石衬砌(用块石砌成,块石间用水泥沙浆胶结)、混凝土衬砌,以及钢筋混凝土衬砌(即混凝土内加钢筋)和钢板衬砌等等。衬砌的质量和厚度应能抵抗住围岩对它产生的压力和内水压力对它的作用(当存在内水压力时)。工程地质工作主要任务之一就是要在弄清地质情况的基础上,分析围岩稳定特征,为设计出质量好、成本低的衬砌提出地质方面的可靠依据和建议。

1.3.3 锚喷支护和新奥法理论

新奥法即新奥地利隧道工程方法(New Austrian Turnnelling Method),系奥地利学者根据多年地下洞室工程经验总结完善起来的一种设计施工的理论与方法。传统的支护衬砌方法中围岩是个被动的、被支撑保护的對象,而新奥法认为围岩本身的自承能力应充分发挥利用,应作到支撑与围岩共同作用维护稳定。能做到这一点,则支护与衬砌可以比传统设计的尺寸厚度大大减小减薄。围岩有适量变形,并不一定有不利后果,且可能减轻围岩对后续工程即支撑上的压力。但围岩过大的变形可能导致对衬砌很大的压力,甚至围岩失稳。因此新奥法主张分二期支护,初期支护应适时及早进行以防止围岩过大变形,然后再进行二期支护。传统的支护衬砌工艺繁杂,工期长,无法满足“及时”支护要求。新奥法采用洞室空间挖成后打锚杆和喷射混凝土方法(锚喷支护)。高速高压喷射的混凝土能渗入岩体结构面一定深度,薄薄一层混凝土与洞壁粘成一个整体。锚杆打入围岩内一定深度,与围岩一道使之有足够的稳定性。打锚杆和喷射混凝土工艺较简易且快速,容易满足“及时”和“适时”(即允许有一定变形的時間)条件。新奥法采用仪器监测办法解决“适时”问题。目前我国某些工程不仅在地下洞室还在边坡加固工程等都已采用了喷射混凝土护面、锚杆加固、锚喷加固(喷砣与锚杆结合)、锚喷网加固(以锚杆露出端为固定点,铺一层金属网和喷砣三者结合),均收到效果。为了避免震松岩石,新奥法主张尽可能采用光面爆破和全断面一次开挖。锚、喷支护是一种新型支护系统,它有一系列的优点值得推广使用。

洞壁加固措施还有一些其他方法,在第十章中我们将详细介绍。

1.4 洞室工程地质工作的主要内容

从现有实践经验来看,洞室工程地质工作都是围绕着岩体稳定问题进行的。

1.4.1 工程场地选定

工程场地的选定,这一般是工程地质工作初期最早阶段的任务,有时需要选出几个工程场地,从这几个场地中最终选定一个最合适的,这个过程是必不可少的。工程场地选定中,工程地质条件是决定因素之一,从工程地质角度选定工程场地,主要是判定该场地岩体的稳定性和有否地下水的危害。这个时候,一般多偏重于地质定性的分析,即从岩性、构造、地下水和其他地质方面来判断岩体的稳定性和是否存在地下水的威胁。

1.4.2 工程轴线位置选定

在已选定的工程场地上,确定工程的具体布置方案(即选定轴线具体位置),这时的工程地质工作围绕的中心问题仍是岩体的稳定性。但这时的判断比场地选定时更细致且与工程细部的结合更紧密,除一般的评价岩体稳定外,还可能需要一些定量的数据,才能得出结论。

1.4.3 专门性工程地质作用的评价

地下洞室领域遇到一些独特的工程地质现象(作用)而需进行专门评价的,下面是其中常见的:

- (1) 围岩对衬砌的压力；
- (2) 衬砌对围岩作用时，围岩的弹性抗力；
- (3) 地下水对衬砌的压力；
- (4) 开挖洞室对岩体原始应力的影响和洞壁应力的估定。

1.4.4 保护和提高围岩稳定性的措施

从工程地质角度出发，保护和提高围岩稳定性措施包括三个方面：

- (1) 合适的挖洞施工方案和实施程序；
- (2) 合适的支衬方案和工作程序；
- (3) 对围岩工程特性的改善措施。

1.4.5 工程地质勘察

为了正确解决上述工程地质问题，需要在工程设计各阶段中开展有关地区的工程地质勘察，以查清该地的基本地质地形情况和岩体的基本工程特性，获得需要的各种资料，最终对有关问题作出评价。

以上是地下洞室工程地质工作的基本方面。有关问题在本书的第七章至第十一章中讲述。能否顺利完成上述工作，需要掌握比较扎实的地质知识和工程地质知识。这在地质院校有一系列的地质课程，其中很大一部分是我们必须掌握的。

本书的第二至第六章谈的是最基本的必须具备的地质和工程地质知识，第七章至第十一章是有关洞室工程地质的基本问题。

第二章 组成地壳的岩石和地层

本章介绍:地壳的主要组成物质即岩石,岩石的组成即矿物,岩石的三大成因类型以及地层的概念。

2.1 地壳中的岩石和矿物

2.1.1 地壳

地下建筑主体建于地面以下,位于岩石和土层之中。地球是个扁形的球体,平均半径为 6370km,从内而外由地核、地幔和地壳三个不同厚度、不同密度的圈层组成(图 2-1)。表层地壳平均厚约 33km。最深处为地核。在距地面约 2900km 往里,属地球的中心部分,地核物质密度可以大到 97—160kN/m³。地幔系指从地壳底界(即莫霍面)下至深大体为 2900km 处,物质密度约为 33—36kN/m³,以硅、镁、铁、镍元素较多,地幔上部富集大量放射性元素,也是岩浆火山物质来源部位。同以上二圈层比较,地壳厚度很薄,平均 33km(珠穆朗玛峰地区较厚约 48km,拉萨附近约 70km),大陆

区比海洋区要厚,组成物质系各种成因类型的岩石,其平均密度约 26—29kN/m³,除最表层外其组成元素以硅铝(上部)和硅镁(下部)居优势。地壳与地幔的交界面称莫霍面。地壳厚度虽不大,而人类已及的深度更小。石油钻探最深在 10km 以内。地下建筑所及更小,几百米、上千米已是很深的了。我们熟知的岩石知识,基本上是在人类活动上述深度范围内的基础上形成的。更深部的情况,认识的并不十分清楚确切。地壳(地球)表面有 70% 面积被海洋所覆盖,不过人类最熟知的还只是大陆区。地壳上层的组成物质是岩石和土层,岩石可分三大成因岩类(岩浆岩、沉积岩和变质岩),还可按其形成距今年代(年龄)归入不同地质年代的“地层”中。工作中识别岩石十分重要。而认识组成岩石的矿物则是识别岩石的基础。

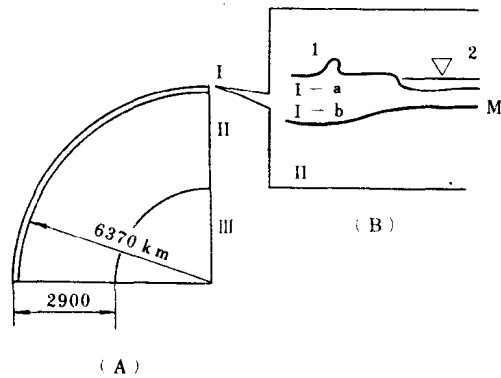


图 2-1 地壳构造图

(A) 地球构造 (B) 地壳的放大

1—大陆; 2—海洋; M—莫霍面;

I—地壳; II—地幔; III—地核;

2.1.2 主要造岩矿物

组成岩石的矿物有 3300 多种,但数量占绝大多数和分布最广的矿物不过数十种,其中最常见也是组成岩石最基本的如表 2-1 所示。此表是认识这些矿物的基本指南。

2.1.3 矿物特征详述

表 2-1 中内容,有几点说明如下:

1. 色度和颜色

色度和颜色决定于化学成分,表中前九个矿物分别属硅铝矿物(N0. 2, 4, 7, 8)、二氧化硅(N0. 9)、可溶盐(N0. 3, 5, 6)、硅镁矿物(N0. 1),当不含染色杂质时均具浅色调;而表中下半部七个矿物为含碳(N0. 11)含铁和含铁镁,故色调较深。

2. 条痕

条痕指矿物粉末的颜色,常将矿物于碗底(或无釉粗瓷板)上刻划,从留下的粉末颜色辨认。这对深色矿物很有效,例如黄铁矿本色为黄色而条痕为黑色。

3. 硬度

硬度指矿物抵抗刻划的能力,将硬度大的刻划硬度小的则于小硬度矿物上留下刻痕,反之用小硬度矿物刻划大硬度矿物,于后者之上没有刻痕而可能留下前者的粉末。工作中常以指甲和小刀为参照而将矿物硬度分为大、中、小三等。能被指甲刻划出痕迹的矿物称小硬度矿物,用小刀都刻划不出痕迹的称大硬度矿物,用指甲刻划不出而用小刀能刻划出痕迹的称中硬度矿物。

4. 光泽、解理和外貌形态

光泽指矿物新鲜表面发光能力。最光亮的是金属光泽如黄铁矿的光泽,非金属光泽有玻璃光泽、珍珠光泽、油脂光泽等。解理指矿物受外力打击后沿一定方向劈开的规则面。有此特征的矿物称有解理的矿物,如方解石打碎后常成菱块状(菱形解理),云母击碎总成薄片状(片状解理),橄榄石具粒状解理等等。随内部结构不同,不同矿物击碎后外貌的完整程度不一样。故又分无解理、极完全解理、完全解理和不完全解理四种。无解理的矿物打击时裂开面系凸凹粗糙不平,这种粗糙面称断口。如黄铁矿打碎只有断口而无解理。具不完全解理的矿物打碎后出现两种面即有断口也有解理。矿物的外貌形态往往有一定特征,这与矿物的结晶结构有密切关系。云母总呈薄片状(薄片有弹性),绿泥石呈鳞片状(鳞片无弹性),不论是黑云母(黑色的)、白云母(白色的)、绢云母(绢丝黄色)均具薄片状,角闪石呈长棒状(针状),辉石呈短(粗)柱状,均系肉眼鉴定的依据之一。

5. 矿物的比重

比重指矿物的重量与同体积 4℃ 纯水重量之比。表 2-1 中前九种矿物中二氧化硅和硅铝矿物比重多在 2.5—2.7 之间,可溶盐中 CaSO_4 (中溶盐)比重较小,为 2.2—2.4,碳酸盐(难溶盐)比重大时还可达 2.8—2.95,而它们同表中下部七个矿物相比,后者比重明显偏高。除部分为 2.65—2.9 外,多数达 3.0—4.4, N0. 16 达 4.9—5.2,这七种矿物含铁镁是比重较大的原因。第四纪土层的比重多数与表 2-1 前九种矿物的较接近,矿物成分的相近是主要原因。

6. 矿物的鉴定

按表 2-1 所列顺序逐条对照,不断缩小矿物定名范围,最后可确定该矿物名称。多次反复实践是掌握鉴定矿物知识的最好办法。除开肉眼辨认外,矿物定名还有其他方法,如磨片鉴定(将矿物标本制成薄片于显微镜下鉴定其光学特性)、化学分析等,工作需要时可送专门试验室鉴定。

表 2-1 主要造岩矿物特征表

编号	矿物名称	颜色	条痕	硬度	光泽	解理	断口	形态	化学成分	比重	其他
1	滑石	白、灰、淡黄、淡绿	白	大	油脂、珍珠	完全		鳞片状	$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$	2.7	半透明,有滑感,薄片挠曲无弹性
2	高岭土	白、灰、淡黄	白	大	暗淡	无		土状	$H_2Al_2Si_2O_7 \cdot 2H_2O$	2.6-2.4	有滑感,湿时可塑
3	石膏	白、灰	白	中	玻璃、珍珠、绢丝	完全或极完全	参差或平坦	纤维状、板状	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2.2-2.4	半透明,微溶于水
4	白云母	白、灰	白	中	珍珠、玻璃	极完全		薄片状			能剥成薄片,挠曲有弹性
5	方解石	白、灰	白	中	玻璃	完全(菱形)		菱形	$CaCO_3$	2.6-2.8	滴稀盐酸(稀HCl)剧烈起泡
6	白云石	白、灰、浅黄	白	中	玻璃	完全		菱形(有挠曲)粒状	$CaMg(CO_3)_2$	2.8-2.95	滴稀盐酸不起泡,但在白云石粉末上起泡
7	正长石	肉红、浅黄、灰白	白	小	玻璃	完全	平坦状	短柱、厚板状	$K_2[Al_2Si_6O_{16}]$	2.5-2.6	有时晶面上有一半明—半暗现象
8	斜长石	白、灰	白	小	玻璃	完全	不平坦状	短柱薄板状	$(CaNa)Al_2Si_6O_{16}$	2.6-2.7	有时晶面上有细窄条带明暗相间现象
9	石英	乳白、白、灰	白	小	油脂、玻璃	无	贝壳状	粒状、块状	SiO_2	2.65	—
10	绿泥石	各种绿色	白或浅绿	小	玻璃、珍珠	完全		鳞片状	$(MgFe)_3Al(AISi_3O_{10})(OH)$	2.65-3.7	能剥成片,挠曲无弹性
11	石墨	黑、铅灰	黑	小	金属	极完全		片状	C		有滑感,能污黑手指
12	黑云母	黑、棕、绿	白	中	珍珠、玻璃	极完全		薄片状	$K(MgFe)_3(AISi_3O_{10})(OH, Fe)_2$	2.7-3	能剥成片,挠曲有弹性
13	角闪石	绿、褐、黑	白带绿	中	玻璃	完全		长柱状或针状	$(CaMgAlFeMnNa_2K_2)SiO_2$	2.9-3.4	断面六边形,解理面交角56°
14	辉石	淡绿—黑绿	白带绿	大	玻璃	完全		短柱状或针状	$(CaMgAlFeMn)SiO_3$	3.2-3.6	断面八边形,解理面交角约90°
15	橄榄石	橄榄绿	淡绿	大	玻璃	不完全	贝壳状	粒状	$(MgFe)OSi_2O_4$	3.3-4.4	性脆
16	黄铁矿	金黄、淡黄	黑	大	金属	无	不规则	立方体或块状	FeS ₂	4.9-5.2	

2.2 岩浆岩(火成岩)的特征和分类

三大岩类中的岩浆岩是一个分布很广的岩类,我们常见的花岗岩和玄武岩即属之。地壳稍深处往下几乎全由岩浆岩组成。

2.2.1 岩浆岩的成因、产状、结构和构造

1. 成因

地壳之下地幔中物质处于高温高压状态(达几千甚至百万以上大气压,达 800—2000℃ 的温度),在一定条件以熔融岩浆形式沿地壳的薄弱环节往地面运动。若于地下冷凝形成岩石称为侵入的岩浆岩(简称侵入岩)。若岩浆溢出地表后冷凝成岩则称喷出的岩浆岩(简称喷出岩或溢岩)。若以火山形式喷发出灰尘砾石至大气再散落沉积于四周地面,称火山碎屑(包括火山灰、火山渣),其成岩后则叫火山碎屑岩。不过从成因分类火山碎屑岩归入沉积岩类,侵入岩和喷出岩才属岩浆岩类。

2. 产状

岩浆岩的产状指岩浆岩整个岩体的大小、形状、空间方位及其与围岩的接触关系等。位于地下浅处冷凝形成的浅成侵入岩岩体有各种形状,分别称为岩脉、岩床、岩盘等(图 2-2)。而于地下很深处形成的深成侵入岩岩体体积往往很庞大,按形状命名有岩基、岩株等。喷出岩常见的有火山锥和熔岩流。前者系于溢出通道口冷凝成的圆锥形岩体,后者系熔融岩浆顺山坡、河谷流动中冷凝成的层状和条带状岩体。

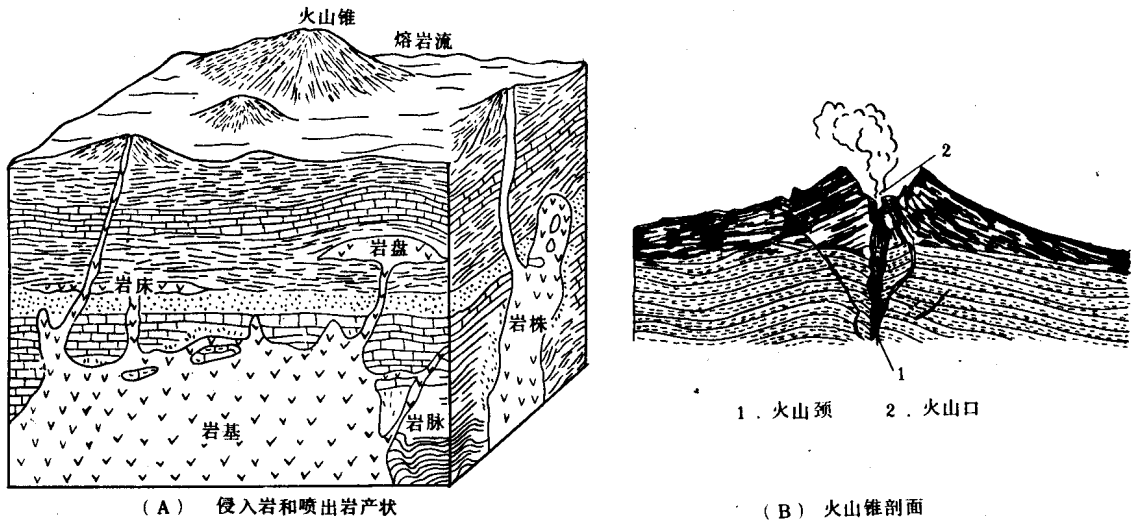


图 2-2

(A) 岩浆岩产状 (B) 火山锥剖面

3. 结构

岩浆岩的岩石结构指岩石中矿物颗粒的结晶程度,颗粒大小、形状、颗粒间结合特征等等。按矿物颗粒结晶程度及结晶与否,可分四种结构:

(1) 显晶质结构 矿物结晶良好,颗粒直径大于 0.2mm(属肉眼可见的颗粒)。显晶质结构也称粒状结构,它是在冷凝速度不快、结晶作用能充分进行的环境下形成的,一般在深成侵入岩中出现。