



地下建筑结构设计原理与方法

Design Principles and Methods
— of —
Underground
Structures

李树忱 马腾飞 冯现大 / 编著
关宝树 / 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

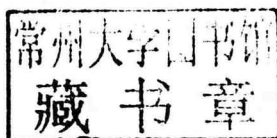


全国普通高等教育
“十三五”规划教材

隧道与地下工程领域
融合创新精品教材

地下建筑结构 设计原理与方法

李树忱 马腾飞 冯现大 / 编著
关宝树 / 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书编写基于作者团队多年的教学和工程实践经验,结合学科的最新发展情况,重点突出地下建筑设计的基本概念、基本理论与基本方法的教学,注重工程软件应用和实例分析。主要内容包括:地下建筑设计方法与内容,围岩等级划分和荷载,地下建筑设计计算方法,地下洞室围岩稳定性关键块体分析方法与喷锚支护设计,地下洞室收敛—约束法设计原理与实例,隧道衬砌结构设计原理与实例,盾构衬砌结构设计原理与实例,地铁车站主体结构设计原理与实例,基坑支护结构设计原理与实例。

本书可作为高校土木工程、城市地下空间工程等土建类专业本科生教材,也可供土木工程设计、施工、科研等相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

地下建筑设计原理与方法 / 李树忱, 马腾飞,
冯现大编著. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司,
2018. 1

ISBN 978-7-114-13707-5

I. ①地… II. ①李…②马…③冯… III. ①地下建
筑物—建筑结构—结构设计 IV. ①TU93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 046988 号

书 名: 地下建筑设计原理与方法

著 者: 李树忱 马腾飞 冯现大

责任编辑: 王 霞 李 梦

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 16.25

字 数: 366 千

版 次: 2018 年 1 月 第 1 版

印 次: 2018 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13707-5

定 价: 49.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言

Foreword

地下建筑结构一般是指在土层中或岩层中修建的建筑构造,通常包括巷道、管道、隧道、基坑、油库及人防工程等,目前正被大量应用于铁路、公路、矿山、水电、国防、城市地铁、人行通道、立交地道及城市建设等许多领域,而随着科学技术和国民经济的发展,地下建筑结构的用途越发广泛,其重要性不言而喻。与地面建筑结构不同,地下建筑结构被地层包围,一方面具有承受所开挖空间周围地层的压力、结构自重、地震、爆炸等动静荷载的承载作用;另一方面又具有防止所开挖空间周围地层风化、崩塌、防水、防潮等围护作用。因此地下建筑结构的设计中既要计算复杂多变的地层荷载,还要考虑地下建筑结构与周围地层的共同作用。欲系统地学习地下建筑结构设计这门庞杂的学科,不仅要熟知各种地下建筑结构的实际工程,还要掌握多种多样的设计计算理论,这在短暂的大学教育阶段仅靠传统的教学方法是难以实现的。

本书是根据山东大学地下工程专业所用的《地下建筑结构设计原理》课程教学大纲,结合作者多年教学经验所编写的一本教材。内容共分为十一章,其中前四章介绍地下建筑结构的基本概念、分类、荷载以及常用的计算分析理论,第五章到第十章分别阐述各种典型的地下建筑结构的基本设计理论与数值分析应用实例,第十一章介绍不同地下建筑结构的施工组织技术。全书旨在采用理论和实践相结合的手段,系统全面地教授地下建筑结构设计与分析方法,使学生在短时间内了解各种典型的地下建筑结构,并通过实例学习掌握设计计算方法。本书能够采用新思想、新技术、新方法开展地下建筑结构设计的教学,希望既能满足大学教学,又能为从业人员提供技术指导。

本书涉及的数值模拟软件有 ANSYS、FLAC3D、Unwedge,同时附带所有工程实例的计算命令流,内容详尽,方便自学。限于作者水平,书中定有欠妥甚至错误之处,敬请各位读者批评指正!

编者

2017年12月

目 录

Contents

第1章 绪论	1
1.1 地下建筑结构的概念	1
1.2 地下建筑结构的特点	3
1.3 地下建筑结构的基本类型	6
1.4 地下建筑结构的能与用途	10
复习思考题	11
第2章 地下建筑结构设计方法和内容	12
2.1 地下建筑结构的构造	12
2.2 地下建筑结构的分析方法	22
2.3 地下建筑结构设计内容	25
2.4 地下建筑结构设计程序	25
复习思考题	26
第3章 地下建筑结构荷载构成与分级	27
3.1 工程岩体分级	27
3.2 土的工程分类	35
3.3 地下建筑结构的荷载分类	49
3.4 地下建筑结构的荷载计算	49
复习思考题	54
第4章 地下建筑结构常用计算方法与应用软件	56
4.1 概述	56
4.2 地下建筑结构常用分析方法	59
4.3 隧道衬砌结构内力计算方法	66
4.4 ANSYS 应用实例	82
4.5 FLAC3D 应用实例	96
复习思考题	103

第5章 地下结构关键块体稳定性分析方法与应用	104
5.1 地下结构围岩稳定性关键块体分析方法	104
5.2 基于块体理论的喷锚支护设计	109
5.3 围岩块体稳定性分析方法与应用(Unwedge 应用)	110
复习思考题.....	115
第6章 地下结构收敛—约束法与应用	116
6.1 概述	116
6.2 地下结构围岩特性曲线	117
6.3 喷射混凝土支护特征曲线	118
6.4 钢支撑支护特征曲线	119
6.5 组合支护体系特征曲线	120
6.6 收敛—约束法应用实例	121
复习思考题.....	122
第7章 钻爆法隧道衬砌结构设计分析与应用	123
7.1 概述	123
7.2 隧道衬砌设计基本原理	125
7.3 隧道衬砌受力分析的荷载结构法	127
7.4 隧道开挖与支护模拟的地层结构法	135
复习思考题.....	140
第8章 洞门结构设计分析与应用	141
8.1 概述	141
8.2 洞门结构计算内容	142
8.3 洞门计算实例	145
复习思考题.....	147
第9章 盾构法隧道衬砌结构设计分析与应用	148
9.1 概述	148
9.2 盾构衬砌结构设计原理	150
9.3 盾构衬砌结构设计程序	154
9.4 盾构管片数值模拟与应用	156
复习思考题.....	159
第10章 基坑支护结构设计分析与应用	160
10.1 概述.....	160
10.2 基坑支护结构的荷载和抗力计算.....	162

10.3 基坑开挖与支护数值分析·····	164
复习思考题·····	179
第11章 施工方法与施工组织设计 ·····	180
11.1 概述·····	180
11.2 地下建筑施工方法·····	180
11.3 地下建筑辅助施工方法·····	197
11.4 地下建筑施工组织设计·····	209
复习思考题·····	212
附录 计算命令流 ·····	213
附录 A 4.4 节 ANSYS 应用实例命令流·····	213
附录 B 4.5 节 FLAC3D 应用实例命令流·····	216
附录 C 7.4 节 地层结构法算例命令流·····	217
附录 D 9.4 节 盾构管片数值模拟命令流·····	219
附录 E 10.3 节 基坑开挖与支护命令流·····	228
参考文献 ·····	251

第1章 绪 论

1.1 地下建筑结构的概念

地下建筑是修建在地层中的建筑物,它可以分为两大类:一类是修建在土层中的地下建筑结构;另一类是修建在岩层中的地下建筑结构。地下建筑通常包括在地下开挖的各种隧道与洞室。铁路、公路、矿山、水电、国防、城市地铁、人行通道、立交地道及城市建设等许多领域,都有大量的地下工程。随着科学技术和国民经济的发展,地下建筑将会有更为广泛的新用途,如地下储气库、地下储热库及地下核废料密闭储藏库等。

与地面建筑结构不同,地下建筑结构与周围地层相接触。与地层相接触部分,称为衬砌结构,其具有承受所开挖空间周围地层的压力、结构自重、地震、爆炸等动静荷载的承重作用,同时又具有防水、防潮、防止所开挖空间周围地层风化、崩塌等围护作用。与地层不相接触部分,称为地下建筑结构的内部结构。地下建筑结构的组成见图 1-1-1。

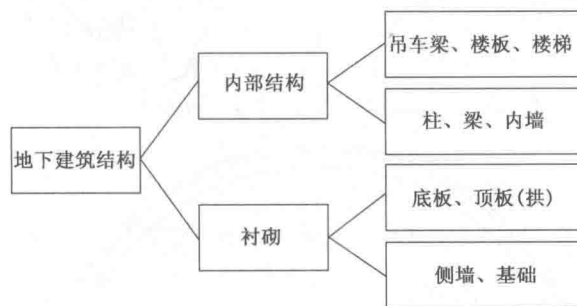


图 1-1-1 地下建筑结构的组成

本书所研究的地下建筑结构主要指衬砌结构和一些基础结构,内部结构与地面建筑结构的设计基本相同,本书不再探讨。

地下建筑结构与地面建筑结构相比,在计算理论和施工方法方面都有许多不同之处。其中,最主要的是地下建筑结构所承受的荷载比地面建筑结构复杂。这是因为地下建筑结构埋置于地下,其周围的岩土体不仅作为荷载作用于地下建筑结构上,而且约束着结构的位移和变形。所以,在地下建筑结构设计除了要考虑因素多变的岩土体压力之外,还要考虑地下建筑结构与周围岩土体的共同作用。这一点乃是地下建筑结构在计算理论上与地面建筑结构最主要的差别。

以某隧道为例,图 1-1-2 ~ 图 1-1-3 为隧道结构的基本概念示意图,其中具体尺寸标注被略去。

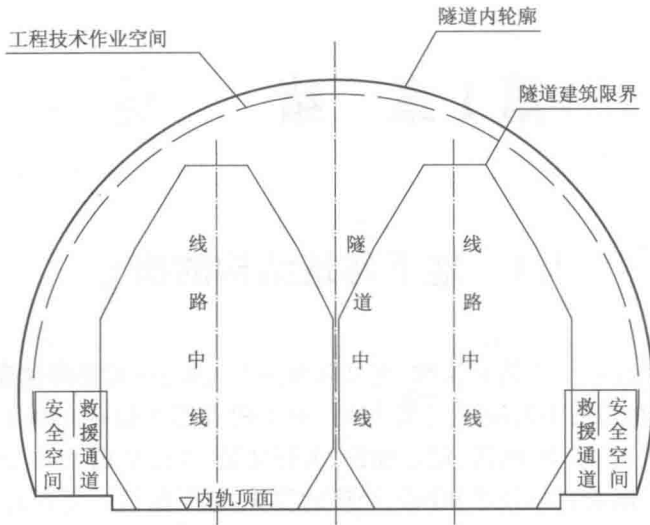


图 1-1-2 隧道建筑限界和隧道内轮廓图

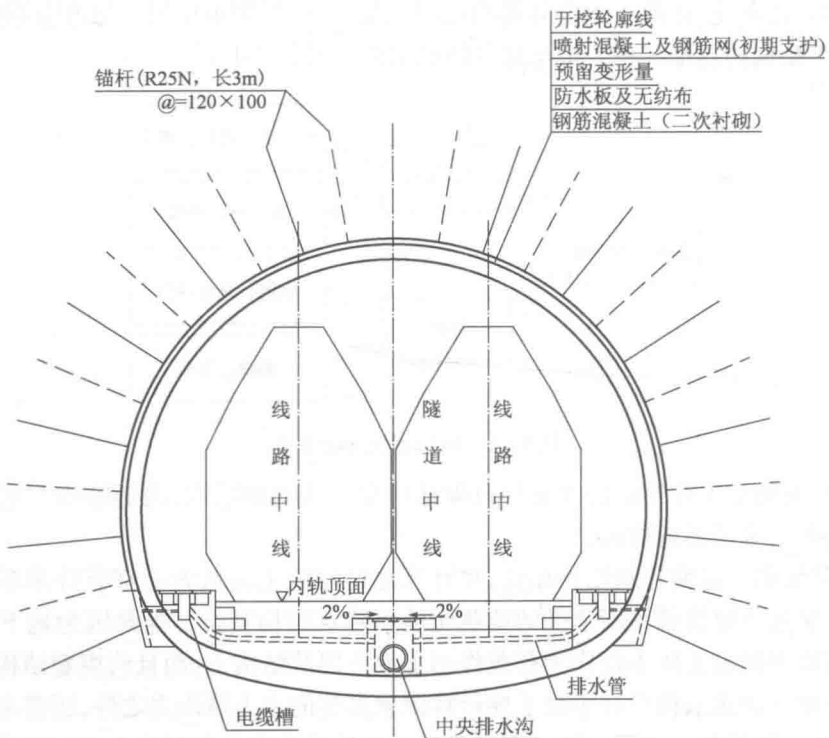


图 1-1-3 围岩衬砌断面设计图

1.2 地下建筑结构的特點

1.2.1 工程特点

地下建筑结构设计不同于地上建筑结构设计,其设计的工程特点表现在:

(1)地下空间内建筑结构代替了原来的地层,建筑结构承受了原本由地层承受的荷载。在设计和施工过程中,要最大限度地发挥地层自承载能力,以便控制地下建筑结构的变形,降低工程造价。

(2)在受载状态下构建地下空间结构物,地层荷载随着施工进度发生变化,因此,设计要考虑最不利的荷载工况。

(3)作用在地下建筑结构上的地层荷载,应视地层的地质情况合理简化确定。对于土体一般可按松散连续体计算;而对岩体,首先查清岩体的结构、构造、节理、裂隙等发育情况,然后确定是按连续还是非连续介质处理。

(4)地下水状态对地下建设结构的设计和施工影响较大。设计前必须弄清地下水的分布和变化情况,如地下水的静水压力及动水压力、地下水的流向、地下水的水质对结构物的腐蚀影响等。

(5)地下建筑结构设计要考虑结构物从开始构建到正常使用以及长期运营过程的受力工况,注意合理利用结构的反力作用,节省造价。

(6)在设计阶段获得的地质资料,有可能与实际施工揭露的地质情况不一样,因此,在地下建筑结构施工过程中,应根据施工的实时工况,动态修改设计。

(7)处在岩体中的地下建筑结构物,围岩既是荷载的来源,在某些情况下又与结构共同构成承载体系。

(8)当地下建筑结构的埋置深度足够大时,由于地层的成拱效应,结构所承受的围岩垂直压力总是小于其上覆地层的自重压力。地下建筑结构上的荷载与众多的自然和工程因素有关,它们的随机性和时空效益明显,而且往往难以量化。设计时必须考虑个体工程的特殊性,以及相关工程的普遍性。

1.2.2 设计特点

地下建筑结构设计方法与地上建筑结构设计方法相比,其设计特点有以下几个方面。

(1) 基础设计

①深基础的沉降计算要考虑土的回弹再压缩的应力—应变特性;

②处于高水位地区的地下工程应考虑基础底板的抗浮问题;

③厚板基础设计,如筏型基础的板厚设计,应根据建筑荷载和建筑物上部结构状况,以及地层的性能,按照上部结构与地基基础协同工作的方法确定其厚度及配筋。

(2) 墙板结构设计

地下建筑结构的墙板设计比地上建筑结构复杂得多,作用在地下建筑结构外墙板上的荷载(作用力)分为垂直荷载(永久荷载和各种活荷载)、水平荷载(施工阶段和使用阶段的土体、水压力以及地震作用力)、变形内力(温度应力和混凝土的收缩应力等),设计工作应根据不同的施工阶段和投入运营阶段,采用其中最不利的组合和墙板的边界条件,进行结构设计。

(3) 明挖与暗挖结构设计

地下建筑结构的明挖可采用钢筋混凝土预制件或现浇钢筋混凝土结构,而暗挖法施工一般采用现浇钢筋混凝土拱形结构。

(4) 变形缝的设计

地下建筑结构中设变形缝最难处理的是防水问题,所以,地下建筑结构一般尽量避免设变形缝。即使在建筑荷载不均匀可能引起建筑物不均匀沉降的情况下,设计上也尽可能不采用沉降缝,而是通过局部加强地基、用整片刚性较大的基础、局部加大基础压力增加沉降或调整施工顺序等来得到整体平衡的设计方法,使沉降协调一致。地下结构环境温差变化较地上结构小,温度伸缩缝间距可放宽,也可以通过采用结构措施来控制温差变形和裂缝,以避免因设置伸缩缝出现的防水难题。

(5) 其他特殊要求

地下建筑设计还应考虑防水、防腐、防火、防霉等特殊要求的设计。

1.2.3 地面与地下建筑结构对比

地下建筑结构是在岩石或土体中构筑的结构,与地面工程相比,地下建筑结构在很多方面具有完全不同的特点,主要表现在以下几个方面。

(1) 结构受力特点不同

① 地面结构先有结构,后有荷载。

地面建筑结构是经过工程施工,形成结构后,承受自重、风、雪以及其他静力或动力荷载。因此,这类工程是先有结构,后承担荷载。

② 地下结构先有荷载,后有结构。

地下建筑结构是在处于自然状态下的岩土地质体内开挖的,因此,在工程开挖之前就存在着应力环境(地应力)。所以,地下结构是先有荷载,后形成结构。且地下建筑结构与岩土体结合紧密,结构本身不能完全独立,离开岩土体的地下建筑结构是不存在的。

(2) 结构材料特性的不确定性

地面结构材料多为人工材料,如钢筋混凝土、钢材、黏土砖等。这些材料虽然在力学与变形性质等方面存在变异性,但是,与岩土材料相比,不仅变异性小得多,而且,人们可以加以控制和改变。地下结构所涉及的材料,除了支护材料性质可控制外,其工程围岩均属于难以预测和控制的地质体。

由于地质体是经历了漫长的地质构造运动的产物,因此,地质体不仅包含大量的断层、节理、夹层等不连续介质,而且还存在着较大程度的不确定性。其不确定性主要体现在空间分布和随时间的变化方面。

①空间上的不确定性

对于地下结构围岩,不同位置围岩的地质条件(岩性、断层、节理、地下水条件、地应力等)都存在着差异。这就是地下工程地下条件和力学特性的空间不确定性。因此,人们通过有限的地质勘察、取样试验很难全面掌握整个工程岩体的地质条件和力学特性,仅仅是对整个工程岩体的特性进行抽样分析、研究。

②时间上的不确定性

即使对于同一地点,在不同的历史时期,其地应力、力学特性等也发生变化。这就是时间上的不确定性。尤其开挖后的工程岩体特性除随时间的变化外,还与开挖方式、支护类型、施工时间及工艺密切相关。这常常是一个十分复杂的变化过程。

(3)结构荷载的不确定性

对于地面结构,所受到的荷载比较明显。尽管某些荷载(如风载、雪载、地震荷载等)也存在随机性,但是,其荷载量值和变异性与地下结构相比较小。

对于地下结构,工程围岩的地质体不仅会对支护结构产生荷载,同时它又是一种承载体。因此,不能作用到支护结构上的荷载难以估计,而且此荷载随着支护类型、支护时间与施工工艺的变化而变化。所以,对于地下结构的计算与设计,一般难以准确地确定作用到结构上的荷载类型、量值。

(4)破坏模式的不确定性

结构的数值分析与计算的主要目的在于为工程设计提供评价结构破坏或失稳的安全指标(如安全系数、可靠度指标等)。这种指标的计算是建立在结构的破坏模式基础之上的。

对于地面工程,其破坏模式一般比较容易确定,在结构力学和土力学中,已经有诸如强度破坏、变形破坏、旋转失稳等破坏模式。

对于地下工程,其破坏模式一般难以确定,它不仅取决于岩土体结构、地应力环境、地下水条件,而且还与支护结构类型、支护时间与施工工艺密切相关。

(5)地下建筑结构信息的不完备性和模糊性

地下建筑工程中,地质力学与变形特性的描述或定量评价,取决于所获取信息的数量与质量。然而,人们常常只能获取局部的有限工程面和露头信息。因此,所获取的信息是有限的、不充分的,且可能存在错误资料或信息。这就是地下建筑结构信息的不完备性。

此外,地下建筑工程围岩的力学与变形特征的描述,对地下工程设计与分析是重要的。但影响岩体工程特性的材料与参数,如节理特征、充填物以及岩性的描述等多数是定性的,又都具有模糊性。

(6)地下支护结构形式的多样性

常用的地下支护结构的断面形式有马蹄形、圆形、直墙拱形、矩形、梯形等。确定地下支护结构断面形式,主要根据结构的最佳受力状态、施工的难易性、最佳功能要求及用途等综合考虑。

另外,地下支护结构空间比较狭小,环境幽暗,空气湿度大,作业条件相对地表较差,一般情况下,不适宜人长期居住和工作。

以上特点决定了地下建筑结构设计及施工的困难性和复杂性。

1.3 地下建筑结构的基本类型

地下建筑结构是地下工程的重要组成部分,其主要作用是承受地层和室内的各种荷载。它的结构形式应根据地层的类别、使用目的和施工技术水平等进行选择。按照结构形式的不同,地下结构可分为以下8类。

1.3.1 拱形结构

这类结构的顶部横剖面均属拱形,主要有:

(1)半衬砌。只做拱圈、不做边墙的衬砌称为半衬砌。当岩层较坚硬,整体性较好,侧壁无坍塌危险,仅顶部岩石可能有局部脱落时,可采用半衬砌结构。如图1-3-1a)所示为半衬砌结构示意图,如图1-3-1b)、c)所示表示落地拱。计算半衬砌时一般应考虑拱支座的弹性地基作用,施工时应保证拱脚岩层的稳定性。

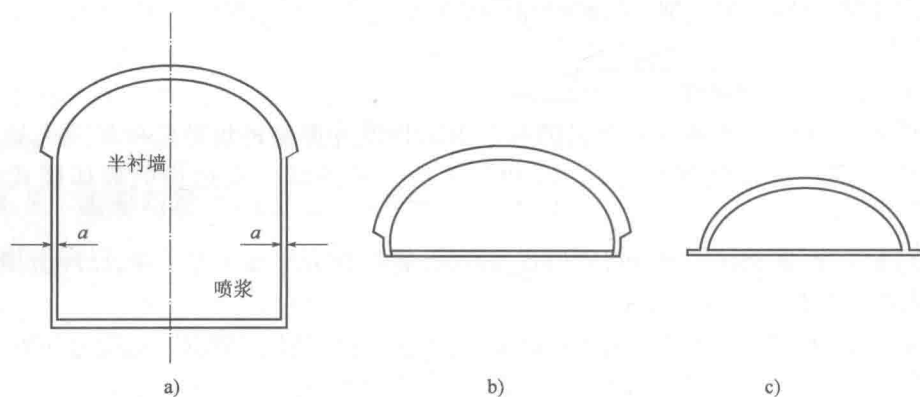


图 1-3-1 半衬砌结构

(2)厚拱薄墙衬砌。厚拱薄墙衬砌的拱脚较厚、边墙较薄。当洞室的水平压力较小时,可采用厚拱薄墙衬砌,如图1-3-2所示。这种衬砌的受力特点是将拱圈所受的荷载通过扩大的拱脚传给岩层,使边墙的受力减小,节省建筑材料和减少石方开挖量。

(3)直墙拱顶衬砌。这是岩石地下工程中采用最普遍的一种结构形式。它由拱圈、竖直边墙和底板(或仰拱)组成,如图1-3-3所示。对有一定水平压力的洞室,可采用直墙拱顶衬砌。此类衬砌与围岩之间的间隙应回填密实,使衬砌与围岩能整体受力。

(4)曲墙拱顶衬砌。曲墙拱顶衬砌由拱圈、曲墙和底板(或仰拱)组成,如图1-3-4所示。当围岩的垂直压力和水平压力都比较大时,可采用曲墙拱顶衬砌。如遇洞室底部地层软弱或为膨胀性地层时,应采用底部结构为仰拱的曲墙拱顶衬砌,将整个衬砌围成封闭形式,以加大结构的整体刚度。

(5)离壁式衬砌。离壁式衬砌的拱圈和边墙均与岩壁相脱离,其间空隙不做回填,仅将拱脚处局部扩大,使其延伸至岩壁并与之顶紧,如图1-3-5所示。当围岩基本稳定时可采用离壁式衬砌。这时对毛洞的壁面常需进行喷浆围护,以防止围岩风化剥落。

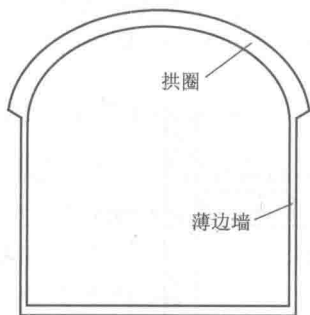


图 1-3-2 厚拱薄墙衬砌

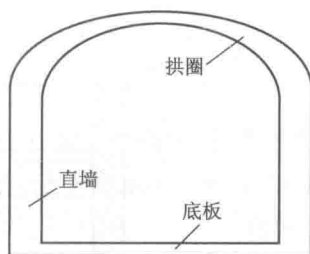


图 1-3-3 直墙拱顶衬砌

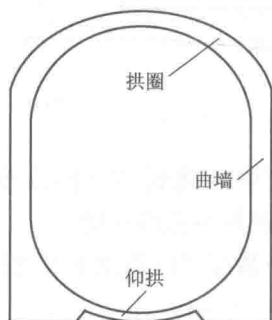


图 1-3-4 曲墙拱顶衬砌

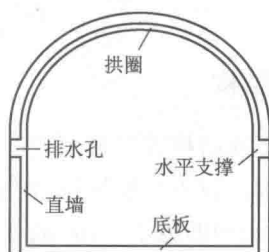


图 1-3-5 离壁式衬砌

(6) 装配式衬砌。由预制构件在洞内拼装而成的衬砌称为装配式衬砌,如图 1-3-6 所示。采用装配式衬砌可加快施工速度,提高工程质量。

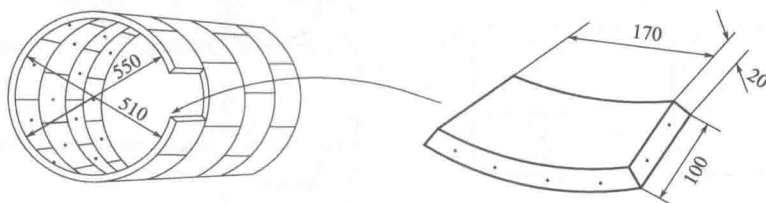


图 1-3-6 装配式衬砌(尺寸单位:cm)

(7) 复合式衬砌。分两次修筑、中间加设薄膜防水层的衬砌称为复合式衬砌,如图 1-3-7 所示。复合式衬砌的外层常为锚喷支护,内层常为整体式衬砌。

1.3.2 梁板式结构

在浅埋地下建筑中,梁板式结构的应用也很普遍,如地下医院、教室等。这种结构常用在地下水位较低的地区或要求防护等级较低的工程中。顶、底板做成现浇钢筋混凝土梁板式结构,而围墙和隔墙可采用砖墙。图 1-3-8 所示为一防空地下室的梁板式结构横剖面图。

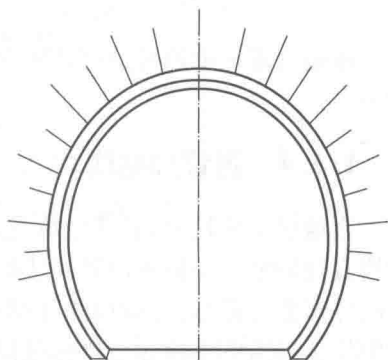


图 1-3-7 复合式衬砌

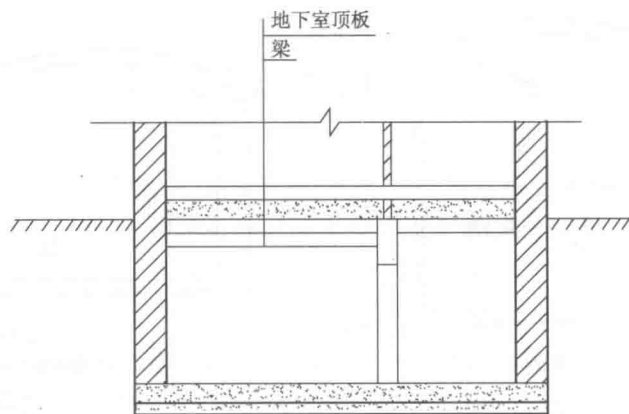


图 1-3-8 梁板式结构

1.3.3 框架结构

在地下水位较高或防护等级要求较高的地下工程中,一般除内部隔墙外,均做成箱形闭合框架钢筋混凝土结构。对于高层建筑、地下室结构都兼作为箱形基础。

在地下铁道、软土中的地下厂房、地下医院和地下指挥所以及地下发电厂中也常采用框架结构。如图 1-3-9 所示为一地铁通道的横断面图。

沉井式结构的水平断面也常做成矩形单孔、双孔或多孔结构等形式。如图 1-3-10 所示为一矩形多孔沉井式结构的典型形式。

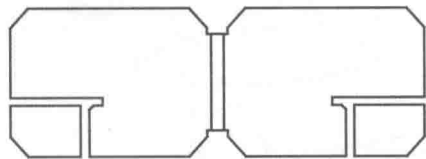


图 1-3-9 框架结构

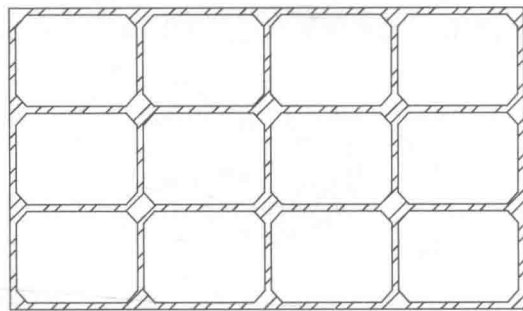


图 1-3-10 多孔沉井式结构

断面大而短的顶管结构常采用矩形结构或多跨箱涵结构,这类结构的横断面也属于框架结构。

1.3.4 圆管形结构

当地层土质较差、靠其自承载能力可维持稳定的时间很短时,对埋深不小于 6m 且不小于盾构直径的地下结构常以盾构法施工,其结构形式相应的采用装配式管片衬砌。该类衬砌的断面外形常为圆形,与盾构的外形一致,如图 1-3-6 所示。盾构一般是圆柱形的钢筒,依靠盾尾千斤顶沿纵向支撑在已拼装就位的管片衬砌上向前推进。装配式管片一般在盾构钢壳的掩护下就地拼装,经过循序交替挖土、推进和拼装管片,就可建成装配式圆形管片结构。将平行

修建的装配式圆形管片结构横向连通,即可成为多孔式的隧道结构。

断面小而长的顶管结构一般也采用圆管形结构。

1.3.5 地下空间结构

地下立式油罐一般由球形顶壳、圈梁、圆筒形边墙和圆形底板组成,常称为穹顶直墙结构,如图1-3-11所示,它的顶盖就属于空间壳体结构。软土中的地下工厂有的采用圆形沉井结构,它的顶盖也采用空间壳体结构。而用于软土中明挖施工的一些地下仓库、地下商店、地下礼堂等的顶盖,也采用空间结构。

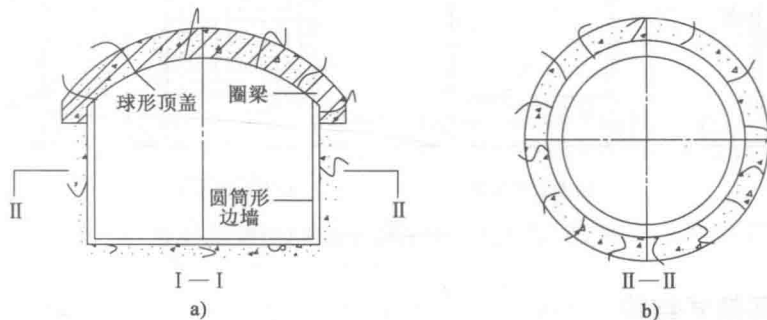


图 1-3-11 地下立式油罐

坑道交叉接头常称为岔洞结构,图1-3-12所示为岔洞结构的一种形式。

1.3.6 锚喷支护

锚喷支护是在毛洞开挖后及时地采用喷射混凝土、钢筋网喷射混凝土、锚杆喷射混凝土或锚杆钢筋网喷射混凝土等方式对地层进行加固,如图1-3-13所示。由于锚喷支护是一种柔性结构,故能更有效地利用围岩的自承能力维护洞室稳定,其受力性能一般优于整体式衬砌。

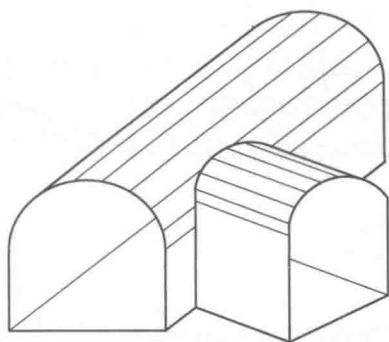


图 1-3-12 岔洞结构

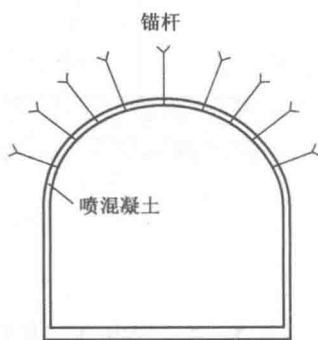


图 1-3-13 锚喷支护

1.3.7 地下连续墙结构

用地下连续墙方法修建地下结构比用明挖法和沉井法施工有许多优点和特色,当遇到施工场地狭窄时可优先考虑采用打下连续墙结构。用挖槽设备沿墙体挖出沟槽,以泥浆维持槽

壁稳定,然后吊入钢筋笼架并在水下浇灌混凝土,即可建成地下连续墙结构的墙体。建成墙体以后,可在墙体的保护下明挖基坑,或用逆作法施工修建底板和内部结构,最终建成地下连续墙结构。图 1-3-14 所示为地下连续墙墙体结构施工过程的示意图。

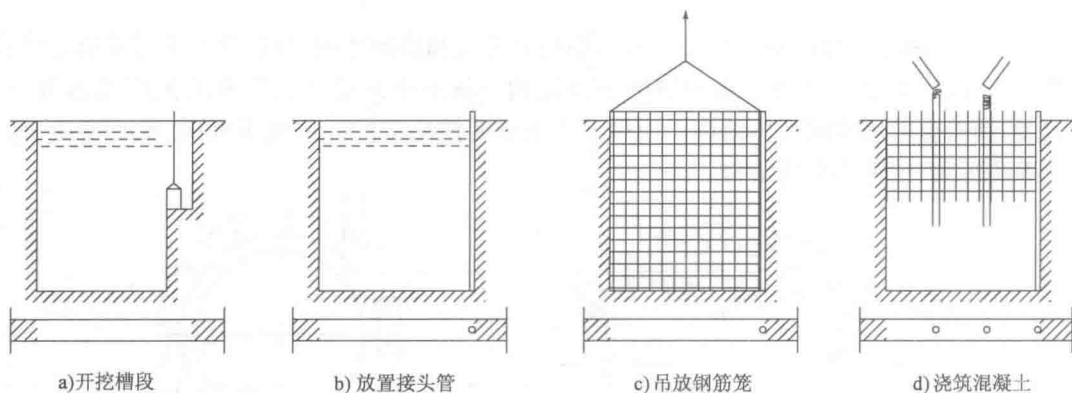


图 1-3-14 地下连续墙墙体结构施工过程的示意图

1.3.8 开敞式结构

用明挖法施工修建的地下构筑物,需要有和地面连通的通道,它是由浅入深的过渡结构,称为引道。在无法修筑顶盖的情况下,一般都做成开敞式结构。矿石冶炼厂的料室等通常也做成开敞式结构。图 1-3-15 所示为水底隧道引道采用的开敞式结构的断面示意图。当遇到地下水压较大时,开敞式结构一般应考虑设置抗浮措施。

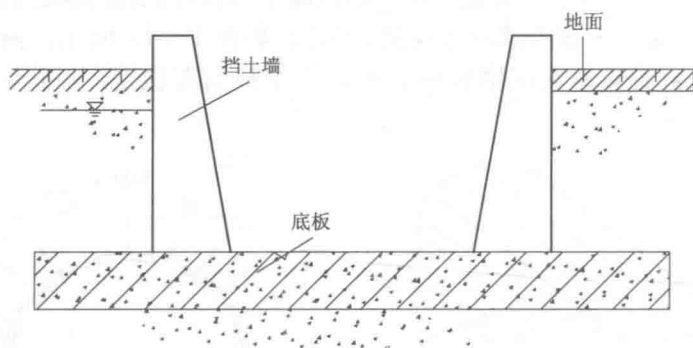


图 1-3-15 开敞式结构

1.4 地下建筑结构的功能与用途

1.4.1 地下建筑结构的功

地下建筑结构设计时,必须充分了解所设计结构的所有功能。表 1-4-1 列出了不同的地下建筑结构的功与要求。