

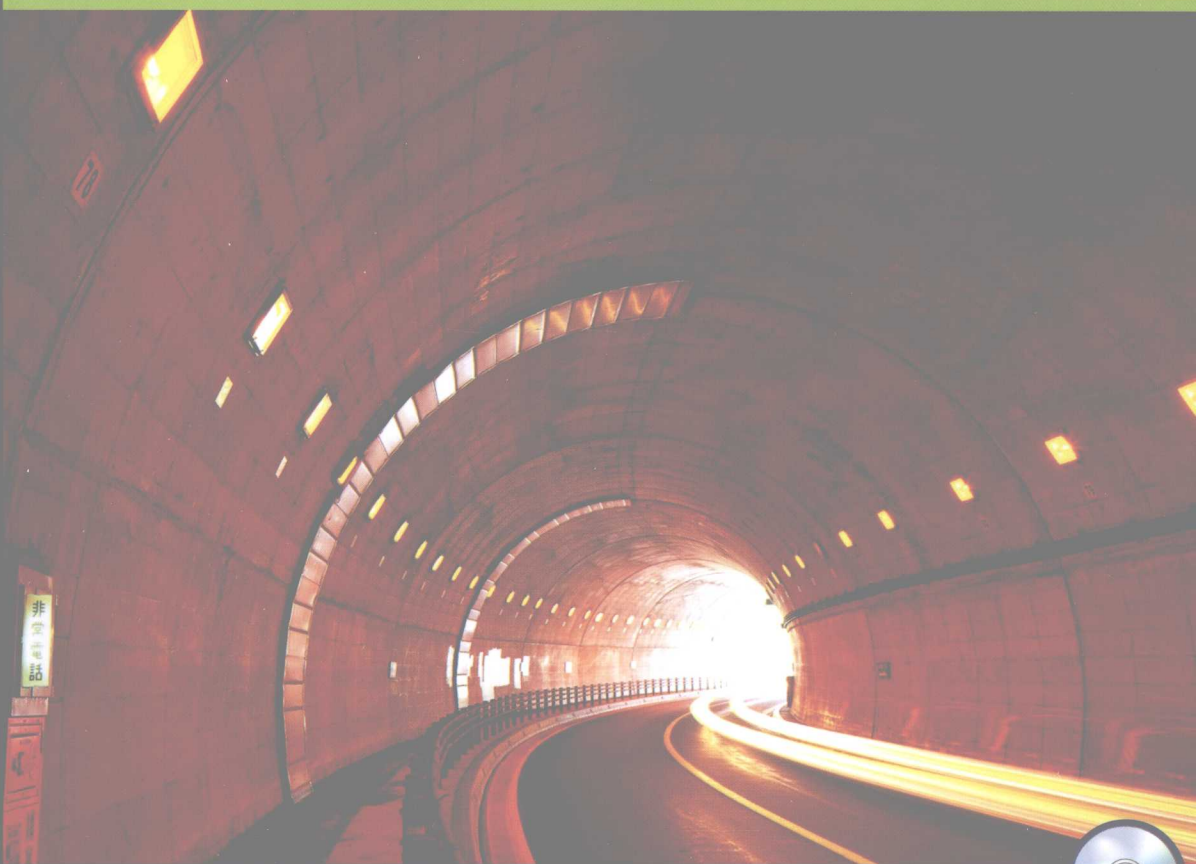


建筑施工技术案例精选系列

[zhulong.com]

隧道与地下工程 施工技术案例精选

● 筑龙网 组编

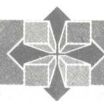


中国电力出版社

www.cepp.com.cn



1CD



建筑施工技术案例精选系列

[zhulong.com]

隧道与地下工程 施工技术案例精选

● 筑龙网 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书分为隧道与地下工程施工概述、施工工艺、施工方案、施工组织案例精选、施工质量通病以及防治措施 5 章。在施工概述一章中主要对隧道与地下工程相关领域以及新技术应用范围做了简单介绍；在施工工艺一章中详细地介绍了隧道与地下工程常用的施工工艺；在施工方案一章中挑选了 7 个典型的案例；在施工组织案例精选一章中精选了 30 个优秀施工组织；在施工质量通病以及防治措施一章中介绍了隧道与地下工程施工中常见的质量通病以及质量保障措施。随书所附的光盘中收录的大量典型案例，均是从网友的投稿中精心筛选而来，具有很高的参考和实用价值，代表了目前国内隧道与地下工程施工技术的领先水平。

本书兼具范例性和实用性，是隧道与地下工程施工技术人员不可多得的参考书，也可供各高校相关专业师生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

隧道与地下工程施工技术案例精选/筑龙网组编. —北京: 中国电力出版社, 2009
(建筑施工技术案例精选系列)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 7941 - 8

I. 隧… II. 筑… III. ①隧道工程 - 工程施工②地下工程 - 工程施工 IV. U455 TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 044864 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑: 关 童 电话: 010 - 58383245 E-mail: guan_tong@cepp.com.cn

责任印制: 陈焊彬 责任校对: 常燕昆

汇鑫印务有限公司印刷 · 各地新华书店经售

2009 年 4 月第 1 版 · 第 1 次印刷

1000mm × 1400mm 1/16 · 12 印张 · 233 千字

定价: 42.00 元 (1CD)

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010 - 88386685)

编委会名单

主 编：吕少峰

参编人员：曾艳剑 赵伟亮 彭 飞 杨建强

王天明 何海为 杜永伦 干 琪

蔡健朝 孙秀伶 陆振昆 罗志刚

潘永峰 杨文奇 刘 强 张兴诺

刘新圆 徐君慧 王 娟 黄椿雁

段如意 吴晓伶

前 言

近年来,我国经济迅猛发展,为我国工程建设技术的发展提供了广阔的空间,也使广大工程技术人员有了施展才华的大好机会。为了使从事隧道和地下工程的技术人员有广泛交流的机会,了解我国目前在这一领域的技术水平和发展状况,我们充分利用筑龙网络平台的优势,广泛听取网友和专家的意见和建议,经过数月的辛勤工作,编制了本书。本书设计面广,内容翔实,包括了在设计理论、施工技术、新设备、新工艺和管理方面的创新与应用;既有施工企业在不同地质条件下隧道的创新技术和城市地铁的设计与施工技术,也有大专院校在隧道与地下工程检测方面的研究成果。本书的出版对从事这一领域的设计与施工人员会有很好的借鉴意义。

本书分为隧道与地下工程施工概述、施工工艺、施工方案、施工组织案例精选、施工质量通病以及防治措施 5 章。在施工概述一章中主要对隧道与地下工程相关领域以及新技术应用范围做了简单介绍;在施工工艺一章中详细地介绍了隧道与地下工程常用的施工工艺;在施工方案一章中挑选了 7 个典型的案例;在施工组织案例精选一章中精选了 30 个优秀施工组织;在施工质量通病以及防治措施一章中介绍了隧道与地下工程施工中常见的质量通病以及质量保障措施。随书所附的光盘中收录的大量典型案例,均是从网友的投稿中精心筛选而来,具有很高的参考和实用价值,代表了目前国内隧道与地下工程施工技术的领先水准。

由于编者水平有限,书中内容难免会有缺陷和错误,敬请读者多加批评和指正。另外,由于编制时间仓促,未能及时与部分投稿的网友取得联系,请本书中的范例投稿者见书后速与筑龙网联系。

本书编委会

目 录

前 言

第1章 隧道与地下工程概述	1
1.1 隧道与地下工程定义、分类	1
1.2 我国隧道与地下工程建设技术现状	3
1.3 隧道与地下工程安全预报技术	8
第2章 隧道与地下工程常用施工工艺	10
2.1 隧道支护施工工艺	10
2.2 隧道注浆施工工艺	16
2.3 地下连续墙施工工艺	26
2.4 隧道爆破施工工艺	32
2.5 隧道断面开挖施工工艺	37
2.6 深基坑注浆止水帷幕施工工艺	44
2.7 隧道监控施工工艺	45
第3章 隧道与地下工程施工方案	54
3.1 暗挖隧道施工方案	54
3.2 基坑开挖与支护施工方案	72
3.3 车站地下连续墙施工方案	82
3.4 隧道工程路面结构工程施工方案	102
3.5 隧道导坑法开挖施工方案	114
3.6 隧道二衬施工方案	120
3.7 地铁车站防水施工方案	127
第4章 隧道与地下工程施工组织案例精选	133
4.1 北京某地铁隧道施工组织设计	133
4.2 某高速公路隧道施工组织设计	134
4.3 某高速公路隧道施工组织设计	135
4.4 某国道隧道施工组织设计	136

4.5	武汉某高速公路连拱隧道施工组织设计	136
4.6	某铁路隧道施工组织设计	137
4.7	某客运专线隧道施工组织设计	138
4.8	某高速公路特长隧道施工组织设计	139
4.9	某高速公路隧道施工组织设计	140
4.10	某高速公路隧道施工组织设计	141
4.11	余姚市某隧道施工组织设计	142
4.12	包西铁路某隧道施工组织设计	142
4.13	某高速铁路隧道施工组织设计	143
4.14	四川某铁路隧道施工组织设计	144
4.15	某客运专线隧道施工组织设计	145
4.16	落雁山某隧道施工组织设计	145
4.17	云南某公路隧道施工组织设计	146
4.18	某高速公路隧道施工组织设计	146
4.19	武广客运专线某隧道施工组织设计	148
4.20	黔桂铁路某隧道施工组织设计	148
4.21	某高速公路隧道施工组织设计	149
4.22	某铁路隧道洞内路面施工组织设计	149
4.23	某隧道渗漏维修、装饰施工组织设计	150
4.24	某黄土斜坡隧道施工组织设计	151
4.25	某电站对外公路隧道施工组织设计	152
4.26	某分离式单向双线隧道施工组织设计	152
4.27	长江某隧道施工组织设计	154
4.28	某海底隧道施工组织设计	155
4.29	武汉某电缆隧道施工组织设计	156
4.30	郑州某电缆隧道施工组织设计	157

第5章	隧道与地下工程质量通病以及防治措施	158
5.1	盾构法施工常见问题及原因分析	158
5.2	隧道防渗漏、防开裂措施	160
5.3	新奥法隧道施工中的质量控制	165
5.4	隧道与地下工程事故处理	170
5.5	城市隧道裂缝渗漏、混凝土衬砌劣化治理	174

➔ 第 1 章

隧道与地下工程概述

近年来随着我国社会经济快速发展,快速的工业化和人口的高度城市集中化趋势已不可阻挡,同时也出现了交通事故频发、交通阻塞和交通公害等无法根除的社会问题。为缓解或从根本上解决人口增长对城市环境的压力和威胁,解决交通问题,修建各种铁路隧道、城市隧道和地下构筑物在我国呈现急剧增长的趋势。

1.1 隧道与地下工程定义、分类

1.1.1 隧道与地下工程定义

地下工程定义:地下工程是指深入地面以下为开发利用地下空间资源所建造的地下土木工程。它包括地下房屋和地下构筑物、地下铁道、公路隧道、水下隧道、地下共同沟和过街地下通道等。

隧道狭义来说是用于保持地下空间作为交通孔道的工程建筑物。

隧道广义来说是以某种用途在地面以下任何方法,按规定形状和尺寸修筑的断面面积大于 2m^2 的洞室。按国际隧道协会定义隧道的横断面面积的大小划分标准可以分为:

- (1) 极小面隧道:断面面积 $2 \sim 3\text{m}^2$;
- (2) 小断面隧道:断面面积 $3 \sim 10\text{m}^2$;
- (3) 中等断面隧道:断面面积 $10 \sim 50\text{m}^2$;
- (4) 大断面隧道:断面面积 $50 \sim 100\text{m}^2$;
- (5) 特大断面隧道:断面面积大于 100m^2 。

1.1.2 隧道的分类及其作用

隧道按照不同的标准又可分为不同的种类:

- (1) 按所处的条件可分为土质隧道、石质隧道。
- (2) 按隧道的埋置深度可分为浅埋隧道、深埋隧道。

(3) 按所处的地理位置可分为山岭隧道、水底隧道、城市隧道。

(4) 按隧道的用途可分为交通类隧道（包括铁路隧道、公路隧道、水底铁道、地下隧道、地下人行通道等）；水工类隧道（包括引水隧道、导流隧道等）；市政类隧道（包括给水隧道和污水隧道等）；矿山类隧道（包括运输巷道和通风巷道等）。

1. 交通类隧道

这是隧道中为数最多的一种，作用是提供交通运输和人行的通道，以满足交通线路畅通的要求，一般包括以下几种：

(1) 铁路隧道。铁路隧道专供火车运输行驶的通道。其特点是开挖隧道直接穿山而过，即可使线路顺直，避免许多无谓的辗转线，使线路缩短，又可以减小坡度，使运营条件得以改善。

(2) 公路隧道。公路隧道是专供汽车运输行驶的通道。高速公路对道路的修建技术提出了较高的标准，要求线路顺直、坡度平缓、路面宽敞等，隧道的修建在改善公路技术状态，缩短运行距离提高运输能力，以减少事故等方面起到重要作用。

(3) 水底隧道。水底隧道是指穿越江河、海峡底下的隧道，供汽车、火车行驶的通道。一般分水底段、河岸段和引道三部分。主要部分是水底段。一般在两岸各设1~2座竖井，井内安装通风、排水和供电等设备。

(4) 地下铁道。大城市中主要在地下修建隧道，铺设轨道，以电动列车运送乘客的公共交通体系，简称地铁。地铁主要是由线路、列车、车站等组成的交通体系。地铁线路由路基与轨道构成，轨道与铁路轨道基本相同。

(5) 地下人行通道。地下人行通道是专供行人横穿道路用的地下通道。一般修建于城市闹区，它穿越街道，或跨越铁路、高速公路等行人众多，往来交错，车辆频繁，偶有不慎便会发生交通事故的地方。其作用是缓解地面交通压力，减少交通事故，方便行人。

2. 水工类隧道

水工隧道是水利工程和水利发电枢纽的一个重要组成部分。主要包括：

(1) 引水隧道。引水隧道是将水引入水电站的发电机组或水资源调动而修建的孔道。

(2) 导流隧道或泄洪隧道。导流隧道或泄洪隧道是为水利工程疏导水流并补充溢洪道超限后的泄洪而修建的隧道。它是水利工程的一个重要建筑，其作用主要是泄洪。

3. 市政类隧道

在城市的建设和规划中，充分利用地下空间，将各种不同市政设施安置在地下而修建的地下通道，称为市政隧道。市政隧道与城市中人们的生活、工

作和生产关系十分密切,对保障城市的正常运转起着重要的作用。其类型主要有:

(1) 给水隧道。给水隧道是为城市自来水管网铺设系统修建的隧道。

在城市中,有序合理的规划和布置与人们生活和生产息息相关。给水管道是城市市政基础设施的重要任务,要求不破坏城市荣景观,不占用地面,避免遭受人为的损坏。因此,修建地下孔道来容纳安置这些管道是一种合理的选择。

(2) 污水隧道。污水隧道是为城市污水排送系统修建的隧道。

城市的污水,除部分对环境污染严重的采用净化返回或排放外,大部分的污水需要排到城市以外的河流中去,这就需要有地下的排污隧道。

4. 矿山类隧道

在矿山开采中,为了能从山体以外通向矿床和将开采到的矿石运输出来,就要通过修建隧道来实现,有下列几种:

(1) 运输巷道。向山体开凿隧道通到矿床,并逐步开辟巷道,通往各个开采面,前者称为主巷道,为地下矿区的主要出入口和主要的运输干道;后者分布如树枝状,分向各个采掘面,此种巷道多用临时支撑,仅供作业人员进行开采工作的需要。

(2) 通风隧道。矿山地下巷道穿过的地层,一般都有地下有害气体涌出,采掘机械也要排出废气,工作人员呼出气体,以使得巷道内空气变得污浊,如果地层中的气体含有瓦斯,将会危及人身安全。因此,必须设置通风巷道,把有害气体排出去,补充新鲜空气。

综上所述,隧道工程应用到了许多领域,已成为国家建设,人民生活和生产的重要组成部分。近年来我国隧道工程的建设取得了很大的成就,隧道技术有了相当大的发展,但是还存在许多问题和有待研究提高。

1.2 我国隧道与地下工程建设技术现状

随着地下空间开发利用技术的发展,国内重点城市交通日益拥挤的状况将逐渐得以解决。各种地下空间施工技术,明挖法、暗挖法、盾构法或综合工法在国内市政工程中正在全方位的实施,尤其盾构法近年来得到迅猛发展,这得益于上海、广州、北京、深圳、南京、武汉等城市市政工程建设者们的大胆使用。随着盾构施工技术的日益成熟,国内工程界已掀起热潮,把盾构技术应用到更高、更新的领域。应用到了西气东输,南水北调,长大公路、铁路,以及城市轨道交通领域里,用到了长距离穿江过河,穿过复杂、大埋深地层、过密集城市建筑群等高技术难度的项目施工中。

1.2.1 铁路、公路隧道

1. 复杂岩溶隧道——宜万铁路

宜万铁路十六段标大支坪隧道地处湖北省巴东县境内，隧道全长8776m，是全线地质最复杂岩溶隧道，工程风险大，集山区铁路“艰、难、险”之大成。地质情况复杂，其特点是：岩溶发育强烈，地下水丰富，管道充填及暗河异常发育，极易发生、突水突泥地质灾害。

针对隧道复杂岩溶不良地质情况，为在施工中防范重大突水、突泥地质灾害及永久运营结构防水害安全，在施工过程中，主要采用了综合超前地质预测预报，隧道围岩预注浆，迂回绕行、泄水洞排泄、防灾预警及救援等综合施工技术，取得了良好的效果。

2. 大断面黄土隧道

郑西客运专线全长458km，是第一条贯穿我国黄土地地区的高速铁路，全线共有隧道38座，总长度76.7km，其中绝大部分为黄土隧道，黄土所特有的地质特点和工程力学性质随着工程的进展而被逐渐揭示，黄土隧道的施工因其难度大，安全形势严峻，进度慢而日益成为国内外专家瞩目的焦点。由于国内对大断面黄土隧道围岩及初期支护作用机理，形变规律，理论基础还未能完全掌握，现阶段大部分黄土隧道仍采用传统的施工方法，施工工序复杂，工程进度缓慢。

针对黄土及软岩隧道，施工中采用短台阶七步开挖法。洞身开挖采用台阶七步法施工，是指在隧道开挖过程中，分七个开挖面，以前后七个不同的位置相互错开同时开挖，然后分部同时支护，形成支护整体，缩短作业循环时间，逐步向纵深推进的作业方法，形成开挖及施工初期支护，混凝土仰拱紧跟下台阶及时施工构成稳固的支护体系。

另外黄土隧道必须防沉防裂，需采取以下措施：

(1) 开挖作业面距仰拱闭合不大于20m，二衬跟进至40m以内。即开挖、支护、衬砌近于单工序作业的状态。

(2) 根据地表监测和围岩测量结构，进一步调整修正支护和预留沉降量，防止过度沉降造成初支侵限。

(3) 将黄土围岩级别降低一级，从设计上加强初支和二衬的强度和刚度，防止开裂，减小沉降。

(4) 在原设计的基础上，进一步采取大拱脚，加密超前支护，增加纵向连接筋，增加锁脚锚杆等措施。

1.2.2 海底隧道方面

目前，全世界已建成和正在建设的海底隧道有100多座，主要分布在挪威、

日本、美国、西欧等国家和中国香港等地区,中国的海岸线较长,岛屿、海湾星罗棋布。随着国民经济的发展,对跨海交通的需求将与日俱增,由于海底隧道可不受台风、暴雨、浓雾等天气条件的影响而全前使用,并对海洋生态保护有积极意义,因此成为跨海交通的首选方式。

1. 厦门翔安海底隧道

该隧道项目全长 8.695km,其中海底隧道 6051m,跨越海领域宽 4200m,按双向六车道标准设计。该工程施工难点很多,如:

(1) 隧道穿越陆域浅埋全强风化层段施工,埋深浅、含水量大、岩体强度低、围岩自稳能力差,且隧道处于地下水位以下。

(2) 隧道在海域浅滩有约 240m 直接穿越砂层,该地段透水性,稳定性差,易涌砂和坍塌。针对以上难点,采用了超前地质预报、超前支护措施,隧道开挖采用了沉管法、钻爆法。

2. 武汉长江隧道

武汉长江隧道是湖北省武汉市大型重点工程和重要的过河交通通道,被称为“万里长城第一隧”。工程宏伟,投资巨大,引起国内外工程界的高度关注。

该工程所处地质条件复杂,地下水位高,富水地层深基坑开挖,大断面泥水平衡盾构掘进,大跨隧道浅埋暗挖施工,软土地层联络通道冷冻法施工等技术,设计和施工难度都很大。针对以上情况,该工程采用了明挖基坑、暗挖隧道、过江盾构隧道等施工方法,涉及了富水地层深基坑开挖、大断面泥水平衡盾构掘进、大跨隧道浅埋暗挖施工、联络通道冷冻法施工等技术,施工技术综合性强。

1.2.3 城市地下隧道方面

随着我国城市建设的高速发展,城市发展与土地资源短缺的矛盾日益突出,城市大量人口集聚,带来严重的交通、环境和安全问题越来越突出,中心城市大都已无法增加新设施。因此,在狭窄的道路下建造地铁及管道有效地利用地下空间,以解决上述问题迫在眉睫,盾构施工应用前景非常广阔。现以北京和上海两个城市为例来介绍盾构施工技术。

1. 北京地铁盾构法

1957 年,在北京下水道施工中用过直径为 2m 和 2.6m 的盾构,这是北京第一次采用盾构法施工隧道。20 世纪 60 年代,为开展北京地铁一期工程的建设,由当时参与地铁建设的军队科研机构组建了地铁科研所,专门从事与地铁建设有关的科研工作,盾构法相关的研究工作作为一个专题被确立。当时研制的盾构是直径 7.1m 的网格盾构,内部采用人工开挖方式,挤压混凝土衬砌。盾构研

制完成后,于1967年在北京南部的宋家庄开展了试验施工,共成功掘进87m,实施效果良好。

在北京地铁方面,采用盾构法施工始于2001年,即北京地铁五号线盾构试验段工程。试验段选在北新桥—雍和宫段线路的左线,试验段长度约688m。盾构隧道内径5.4m,外径6.2m的土压平衡盾构机施工。近年来,北京地铁五号线盾构试验的成功实施,促进了盾构工法在北京地铁的推广应用,到目前为止,北京在建的轨道交通工程中共使用盾构约20台,工程实施顺利。为进一步促进盾构法在北京的进一步应用,相关技术人员目前在开展大量的相关研究工作。

目前北京刚建成的项目有地铁四号线、五号线、十号线、奥运支线和机场线等,总建设里程101.76km。其中有大量区间隧道采用盾构法施工。另外,已经完成了地铁盾构隧道钢纤维混凝土管片的研究,并在地铁十号线工程中进行了部分试验应用。根据北京地铁的建设规划,至2015年,北京还将开工建设274km的轨道交通新线建设,其中有大量的地下隧道。

2. 上海地下轨道双圆盾构施工

20世纪80年代末,双圆盾构施工工艺由日本发明并在市政工程项目中应用。2003年上海轨道交通八号三个区间隧道采用双圆盾构施工工艺进行施工,开始双圆盾构在国内的尝试。2004年上海轨道交通六号线七个区间隧道采用双圆盾构进行施工,使双圆盾构施工技术在国内外应用得到进一步突破。

双圆土压平衡盾构施工工法是根据土压平衡盾构的基本原理,采用盾构千斤顶推进盾构机,靠布置在盾构机前后两个通过变频驱动控制同步性的刀盘进行土体切削,以左右螺旋向外排土。

盾构在推进过程中,通过控制和调整盾构土压仓内切削土体的压力和盾构开挖面前水土压力的相对平衡,保证开挖前面的土体稳定,从而有效地控制地层和地面的沉降,通过盾构千斤顶的合理编组和纠偏千斤顶的应用等控制手段,有效控制双圆盾构的轴线偏差。在推进过程中,由设在盾构本体上的拼装机将预制的钢筋混凝土管片在盾构外壳的保护下拼装成环,从而实现一次掘进完成两条隧道的施工任务。

(1) 双圆盾构工法的特点。

- 1) 幅条式刀盘切削土体,灵敏度高,具有精确的同步性。
- 2) 土压力设定精确,土压计多,选择自由,可相互参照有利于土压力设定。
- 3) 盾构横向尺寸大,平面控制效果明显。
- 4) 通过调整左右螺旋机出土量可修正盾构姿态。
- 5) 盾构前端一圈注浆孔布设可减少盾构上方的地表变形量。
- 6) 对盾构掘进出土量、同步注浆量、盾尾油脂压注量以及盾构与管片间建

筑空隙等参数形成控制管理,提高施工技术精度,加快施工速度。

7) 双圆盾构一次掘进完成两条隧道的施工任务,施工效率优于单圆盾构。

(2) 双圆盾构法所具有明显的优点。

1) 相同的覆土条件下,隧道线间距大大缩小,为地铁线路设计提供了所需最低限度的横断面。

2) 开挖面积小,出土量少。

3) 施工效率高,有利于加快建设速度。

4) 综合造价低,经济。

(3) 双圆盾构工法适用范围。

该工法适用于淤泥质黏土、黏土、砂性土、粉砂土,尤其适用于在市区狭窄道路下或遇间距较小且较难处理的地下桩基下穿行。该工法不仅能代替以往地铁隧道和地下高速公路等一直使用的大断面圆形盾构构筑的单线(双向)隧道及两单圆形盾构构筑的双线(单向)隧道。同时可根据施工条件等因素,可对隧道形状进行多种选择和变更,是一种自由较大的施工方法。

3. 地下工程气压沉箱施工

气压沉箱最早诞生在法国,1841年该国的一个竖井建设中应用了压气方法,使其下沉到水下20m,随后该工法在欧洲,北美得到了迅速推广和应用。如美国布鲁克林桥的基础,法国埃菲尔铁塔的基础。

日本在20世纪初期引入气压沉箱工法以后,在桥梁基础及地下工程实践上对该工法进行了一些技术革新,使气压沉箱工法的技术水平有了进一步的提高。近年来日本开始将无人沉箱工法应用于施工实践中,所谓无人沉箱工法是通过机器人或机械手而不是人工在沉箱内开挖土体,避免操作工人在高压下的作业,且可以全自动控制。最大深度达到90m(日本东京都中央区),最大面积达3150m²(日本首都高速道的彩虹桥)。

该工法是利用气压平衡箱外水压力,使沉箱底土体在无水状态下进行挖土、排土,箱体在本身自重以及上部荷载的作用下沉到指定深度,最后在沉箱结构面底部填充混凝土的一种工法。该工法可用来施工桥梁深基础、港湾构筑物、地下水池、地下泵房、盾构工作井、污水处理设施等,也可直接用气压沉箱来施工地下隧道。

与国内现在常用的传统施工方法相比,气压沉箱工法在深基坑和地下结构工程方面具有诸多的独特优点:

(1) 气压沉箱的侧壁可以兼作挡土结构,与地下连续墙明挖法相比,工程量减少而结构刚度大,而且,气压沉箱工法减少了临时设施用地,可以充分利用狭小的施工空间空隙。

(2) 由于连续的向沉箱底部的工作室内注入与地下水相等的压缩空气,因

而避免了坑底隆起和流沙管涌现象从而控制周围地基的沉降。

(3) 现代化的气压沉箱技术可以在地面上通过远程控制系统,在无水的地下作业室内实现挖排土的无人机械自动化,不会发生污水等工业垃圾,排除的土体也可以作为普通土进行处理。

(4) 适用于各种地质条件,诸如软土、黏土、砂性土和碎石类土,还有软硬岩等地质条件。

对于上海这样的沿海软土地区,地基土强度低,地下水位高,且 30m 深处又较大的承压地下水的粉砂层存在,临界挖深 20 ~ 25m,并且会遇到管涌、流沙及承压水等不利情况,如用一般的沉井施工法难于保证安全,如用地下连续墙围护支撑明挖法则施工费用较大,且高承压水问题也较难处理。而气压沉箱工法就能很好地解决这些大深度深基坑基础结构的施工难题,并且其施工面积仅是地下连续墙的 1/2。由此可见,气压沉箱工法的经济效益、社会效益十分明显。

1.3 隧道与地下工程安全预报技术

超前地质预报技术出现在 20 世纪中后期,是工程地质的一个分支。我国从 20 世纪 70 年代后期逐渐开始重视这一方面的研究和应用。

进入 21 世纪,伴随西部大开发战略的启动,修建的铁路、公路明显增多。由于隧道长度、埋深等各方面因素的影响,地质条件越复杂,隧道施工中遇到的问题也会相应地增多,不可预料的地质灾害如突泥、突水、塌方等成为困扰工程施工的主要难题。近几十年,隧道施工技术已经有了很大的发展,为了保证在隧道施工时的安全和高效,超前地质预报的研究越来越重要。

要保证隧道施工的顺利进行,关键是要消除隧道施工中的地质灾害。如在施工中的塌方是制约快速施工的最主要因素之一,而断层、岩溶是隧道、隧洞开挖过程中的最常见的不良地质现象,也是引起隧道塌方的罪魁祸首之一。

综上所述,断层破碎带,岩溶对隧道施工的影响是巨大的,是造成隧道地质灾害的主要原因,所以当前进行断层破碎带,岩溶超前地质预报的研究具有重要的意义。根据预报信息而采取准确而有效的防治工作,不仅可以减少隧道塌方,突泥等灾害的发生,加快施工进度,而且可以为施工单位节约大量成本,显著提高工作效率。

目前,超前地质预报工作越来越受到各级施工技术部门的重视。然而超前地质预报方法又有很多种,常用的隧道长期(长距离)超前地质预报的方法主要有地面地质调查法、断层参数预报法等。常用隧道短期(短距离)超前地质预报的方法主要有掌子面编录预测法、不良地质前兆法、地质雷达、红外线超

前探水等仪器探测法。各种预报手段和方法,都有其各自的适用范围和特点。其中 TSP 超前探测是目前预报距离最长,适用范围最广,预报效果最好的超前预报手段和方法。

TSP 是瑞士安伯格测量技术公司于 20 世纪 90 年代初期开发研制的一套超前预报系统设备,该系统采用地震反射原理,能长距离地预报隧道施工前方的地质变化,如断层破碎带和其他不良地质带,其准确预报范围为掌子面前方 100 ~ 150m。现今 TSP 超前地质探测系统在瑞士、德国、法国等发达国家的隧道施工中,已经得到了广泛的应用。我国在 1996 年首次引进 TSP202 应用于深圳中东部供水水源隧道、内昆线闸上隧道等。近年来这项技术越来越得到中国的工程技术人员广泛认同,并成功应用于秦岭铁路隧道、株六铁路复线渝怀铁路部分隧道工程、青海公伯峡水电站导流洞、云南元墨高速公路以及山西雁门关公路隧道等几十项工程中,在施工实践中发挥了重要作用。

通过地质超前预测预报,减少隧道施工过程中的盲目性,避免隧道施工过程中的可能诱发的重大的不良地质灾害的发生,并根据现场预报结果,实施动态信息的施工方法,及时调整或修正围岩分级,设计参数及施工方法,正确指导施工,达到施工快速、安全、经济、合理的目标。同时,通过地质超前预测报告,总结出有关隧道在通过岩溶水、软岩、高地应力、断层等重大灾害地质问题地段的一套行之有效的地质超前预测预报方法及施工方案。随着超前地质预报的技术和设备的不断更新,超前地质预报的应用会越来越广,多种手段、多种方法的互相融合,互相印证,使得超前地质预报水平会越来越高,理论研究越来越深入,并逐渐成为工程地质学的一个重要组成部分。

为了避免地质灾害,隧道施工前,一定要采取以下安全措施和建议:

- (1) 做好超前地质预报,提前获得隧道前方地质情况。
- (2) 加强施工监控量测,及时掌握围岩收敛数据,反馈并修改设计支护参数。
- (3) 科学选择支护方式,和支护参数,抵抗围岩的变形保证施工安全。
- (4) 合理选择与围岩相适应的施工方法,根据围岩变化调整施工方案。
- (5) 做到以下施工质量保证施工安全,格栅焊接,锚杆长度,砂浆灌入量,隧道初期支护喷混凝土的厚度、强度,格栅间距等质量对保证施工和结构安全至关重要。
- (6) 杜绝“违法施工,违规施工,违章作业”,据不完全统计,近 80% 以上安全事故是“三违”施工造成的,杜绝“三违”是保证施工安全的基础。
- (7) 制定相应的应急预案,针对突泥、突水、塌方等各种风险,制定相应的防范预案和物资材料的储备,并保证安全投入到位。

➔ 第2章

隧道与地下工程常用施工工艺

在隧道与地下工程施工中最重要的是选择合理的施工方法，在长期的工程实践中，我国已经积累了相当丰富的经验和理论，逐渐形成了具有中国特色的施工方法体系。隧道与地下工程施工工艺有很多，本章介绍几种常见的施工工艺。

2.1 隧道支护施工工艺

2.1.1 普通锚杆施工工艺、方法及技术措施

1. 施工工艺

锚杆施工工艺流程如图 2-1 所示。

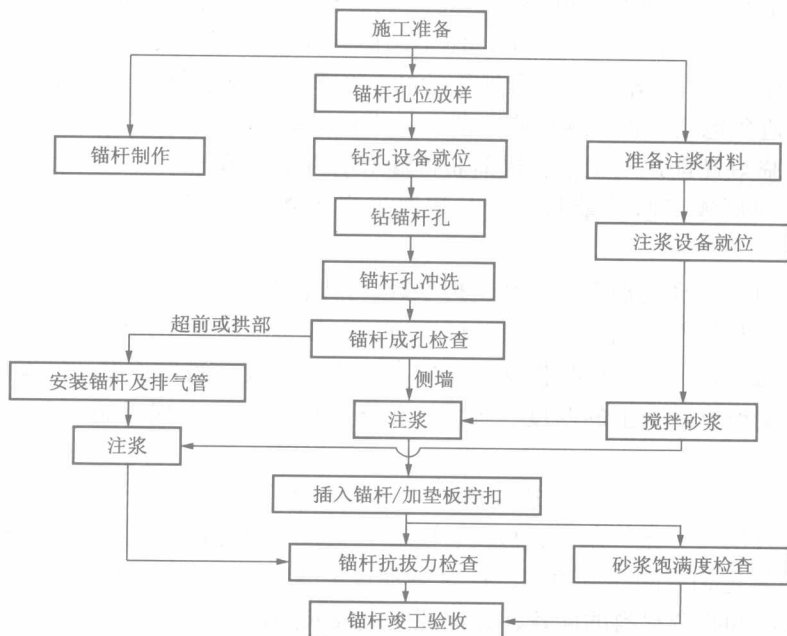


图 2-1 隧道砂浆锚杆施工工艺框图