

DITIE CHEZHAN DONGZHUANGFA SHEJI YU SHIGONG GUANJIAN JISHU

# 地铁车站洞桩法 设计与施工关键技术

罗富荣 汪玉华 郝志宏 著



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# 地铁车站洞桩法设计与施工 关键技术

罗富荣 汪玉华 郝志宏 著



中国铁道出版社

2015年·北京

## 内 容 简 介

本书依托北京地铁6号线一期及7号线工程,全面系统地研究了洞桩法设计及施工综合技术,进一步明确了关键部位的受力机理和结构与地层相互作用规律,统一了导洞断面尺寸、初期支护等参数,全面总结和提升了暗挖地铁车站洞桩法设计与施工关键技术,为工法的设计施工标准化作业奠定了基础。

本书可供从事轨道交通工程建设、设计、施工、工程管理、教学和科研等相关人员参考使用,对地铁暗挖车站设计、施工能起到较好的借鉴作用。

### 图书在版编目(CIP)数据

地铁车站洞桩法设计与施工关键技术/罗富荣,汪玉华,  
郝志宏著. —北京:中国铁道出版社,2015.11

ISBN 978-7-113-20927-8

I. ①地… II. ①罗…②汪…③郝… III. ①地下铁道  
车站—建筑设计②地下铁道车站—工程施工 IV. ①U231

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第212769号

书 名: 地铁车站洞桩法设计与施工关键技术

作 者: 罗富荣 汪玉华 郝志宏

策 划: 徐 艳

责任编辑: 冯海燕

编辑部电话: 010-51873017

封面设计: 王镜夷

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: 2015年11月第1版 2015年11月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.5 字数: 389千

书 号: ISBN 978-7-113-20927-8

定 价: 65.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

# 前 言

自 20 世纪 60 年代北京建成第一条地铁线路以来,经过近 50 年,中国进入了城市轨道交通蓬勃发展的时期,轨道交通已经成为解决大中城市交通问题的主要方式。以北京为例,目前地铁运营线路已达到 18 条,运营线路总长约 527 km,根据《北京市城市轨道交通第二期建设规划(2015~2021 年)》,到 2021 年,北京市将形成 27 条运营线路、总长 998.5 km 的城市轨道交通网络。

伴随着我国地铁建设规模的不断扩大,地铁修建技术也得到了较大的发展,施工工法已由原来单一的明挖法发展到现在的明挖法、盖挖法、浅埋暗挖法、盾构法等多种方法并存的局面,其中浅埋暗挖法因具有拆迁占地少,对城市环境及周边居民、交通等影响小,灵活方便等优点,已得到广泛应用。国内采用浅埋暗挖法修建地铁车站的历史相对较短,目前暗挖地铁车站施工方法主要有洞桩法、中洞法、柱洞法、侧洞法及双侧壁导坑法等,其中洞桩法特点最为突出,该工法结合了盖挖法和暗挖法的优点,在大部分土体开挖之前就已经形成了主受力的空间框架体系,大部分土体是在顶盖的保护下进行开挖,施工对地层扰动小,结构安全性高,能够较好地控制地层变形和对周边既有建(构)筑物的影响,对复杂的周边环境具有良好的适应性,特别适合于软土地区暗挖车站施工,因此,洞桩法具有十分广阔的发展前景,目前已成为北京地区暗挖地铁车站修建的主流工法,在北京地铁 6 号线一期及 7 号线工程 17 座暗挖地铁车站均采用了洞桩法进行施工。

虽然洞桩法目前在地铁修建过程中已得到大量应用,但关于洞桩法的设计及施工方面的系统研究仍然滞后,关键部位的受力机理和施工引起的变形规律不十分明确,因此有必要对洞桩法设计和施工过程中的关键技术进行系统的分析研究。本书通过对北京地铁复八线、4 号线、10 号线采用洞桩法修建的暗挖车站的调研,依托北京地铁 6 号线一期及 7 号线工程,全面、系统地研究了洞桩法设计及施工综合技术。进一步明确了关键部位的受力机理和结构与地层相互作用规律,统一了导洞断面尺寸、初期支护等参数,全面总结和提升了暗挖地铁车站洞桩法设计与施工关键技术,为工法的设计施工标准化作业奠定了基础。并冀望本书对地铁暗挖车站设计、施工能起到较好的借鉴作用。

本书主体内容分为 6 章。主要包括以下内容:

第 1 章:概述。主要介绍了国内暗挖地铁车站修建技术,洞桩法的发展历史及目前存在的问题等。

第 2 章:洞桩法车站设计关键技术。介绍了洞桩法的设计理念,结合工程实



例系统论述了洞桩法结构型式及各自的适应条件。重点研究了施工竖井及横通道的设置形式,施工导洞的设计尺寸及开挖顺序,初支扣拱设计要点,车站结构计算方法,桩、柱下条形基础的设置方式及地基承载力计算,地下降水方案及多层洞桩法车站设计等。

第3章:洞桩法车站施工关键技术。系统论述了不同设置形式的施工竖井及横通道施工方法及措施,小导洞马头门施工要点,洞内围护桩成孔方式及对比,钻孔灌注桩设备选型,洞内钢管柱施工精度控制及顶纵梁、扣拱施工要点,关键节点防水施工等。

第4章:洞桩法车站地表沉降分析。结合工程实例,采用现场试验和理论分析,系统研究了不同地层洞桩法施工引起的地表变形规律。

第5章:北京市地铁建设发展特点及洞桩法的应用前景。分析了北京市地铁车站发展趋势及面临的问题,阐述了洞桩法在新形势发展下的前景。

第6章:北京市暗挖地铁车站洞桩法典型工程实例。选取北京地铁6号线一期及7号线部分典型工点,系统介绍了洞桩法修建暗挖地铁车站的设计与施工情况。

本书由罗富荣、汪玉华、郝志宏撰写,在撰写的过程中,北京市轨道交通建设管理有限公司刘天正、徐凌、张成满、童利红、曹伍富、虞蕤、高亚彬、张昊、黄齐武、赵元根、王余良、张登科、张瑜、朱胜利、陈明昊,中铁隧道集团有限公司王刚、林纯鹏、韩建坤、白纪军,北京市轨道交通设计研究院有限公司李铁生,北京城建设计发展集团股份有限公司王文胜,北京建筑大学土木与交通工程学院刘军、荀桂富以及中铁十六局集团有限公司、中铁十四局集团有限公司等参建单位及人员给予了大力支持与帮助。本书在撰写过程中,还参考了大量的专业文献,谨向相关作者深表感谢!

同时,本书的撰写也得到了北京市国有资本经营预算项目“深层空间地铁工程建设科技创新团队”的支持和资助,在此深表感谢!

鉴于作者水平及认识的局限性,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

作者

2015年9月

# 目 录

<b>第 1 章 概 述</b> .....	1
1.1 国内地铁暗挖车站修建技术概况 .....	1
1.2 洞桩法的发展及现状.....	11
<b>第 2 章 洞桩法车站设计关键技术</b> .....	16
2.1 洞桩法车站设计理念.....	16
2.2 洞桩法车站结构选型.....	16
2.3 施工竖井及通道设置.....	24
2.4 施工导洞设计.....	28
2.5 边桩及中柱设计.....	36
2.6 扣拱设计.....	38
2.7 洞桩法地铁车站结构计算方法.....	47
2.8 横杆设置时机及作用机理.....	50
2.9 桩、柱下条形基础设计 .....	52
2.10 地下降水方案 .....	55
2.11 多层洞桩法车站设计关键技术 .....	58
2.12 主体结构与附属结构接口处理方式 .....	64
<b>第 3 章 洞桩法车站施工关键技术</b> .....	66
3.1 施工竖井及横通道施工.....	66
3.2 导洞施工技术.....	69
3.3 洞内围护桩施工.....	71
3.4 洞内钢管柱施工.....	83
3.5 顶纵梁施工.....	86
3.6 扣拱施工.....	89
3.7 剩余主体土方开挖及二衬施工.....	93
3.8 防水施工技术.....	96
3.9 主要辅助施工措施 .....	111
<b>第 4 章 洞桩法车站地表沉降分析</b> .....	117
4.1 沉降分析方法 .....	117
4.2 数值分析 .....	131

4.3 分析结果 .....	141
<b>第5章 北京市地铁建设发展特点及洞桩法的应用前景</b> .....	143
5.1 北京市轨道交通未来建设需求 .....	143
5.2 深层富水地层暗挖站建设解决方案 .....	147
5.3 分离式建筑格局及洞桩法的应用 .....	157
5.4 采用洞桩法实现深层富水暗挖建造地铁车站的广阔前景 .....	159
<b>第6章 北京市暗挖地铁车站洞桩法典型工程实例</b> .....	160
6.1 车公庄站导洞分离式洞桩法修建技术 .....	160
6.2 北海北站双跨洞桩法修建技术 .....	181
6.3 朝阳门站三跨洞桩法修建技术 .....	197
6.4 东四站大埋深洞桩法修建技术 .....	221
<b>参考文献</b> .....	240

# 第 1 章 概 述

## 1.1 国内地铁暗挖车站修建技术概况

### 1.1.1 国内地铁的发展及现状

当前我国经济社会已进入高速发展时期,国内大中城市普遍存在着大城市通病,道路交通拥挤、车辆堵塞、交通秩序混乱、环境代价突出,这些问题已经成为城市进一步深入发展的瓶颈。城市轨道交通是城市融入国际大都市现代交通的标志,它不仅是国家国力和科技发展水平的展现,也是解决城市交通综合问题的优选解决方案,同时为解决大城市综合瓶颈问题提供了有力的支撑。

自 20 世纪 60 年代北京建成第一条地铁线路以来,经过近 50 年的发展,中国进入了城市轨道交通蓬勃发展的时期,轨道交通已经成为解决大中城市交通问题的主要方式。国家“十二五”规划期间,全国城市轨道交通总建设里程将超过 3 000 km,总投资将超过 15 000 亿元。目前国内大陆地区已有 22 个城市(分别是:北京、上海、广州、天津、深圳、南京、重庆、长春、武汉、大连、沈阳、成都、佛山、西安、苏州、杭州、长沙、哈尔滨、宁波、郑州、昆明、无锡)拥有运营线路,总里程约 2 000 km。另外青岛、东莞、合肥、南昌、南宁、福州、贵阳、石家庄、济南、太原、乌鲁木齐、兰州等城市轨道交通线路正在建设中。全部在建线路总里程超过 2 000 km。目前国内已发展和规划发展城市轨道交通的城市总数已经超过 50 个,全部规划线路超过 400 条,总里程超过 13 000 km。

与此同时,北京、上海、广州、深圳、南京、天津等一线大城市轨道交通已进入了大规模网络化和运营时代。北京目前运营线路已达到 18 条,线路长度约 510 km,即将开通和在建线路里程约 130 km。根据《北京市城市轨道交通建设规划方案(2011~2021 年)》,至 2020 年北京轨道将包括 30 条线路,总长度为 1 177 km,车站约 450 个。远景规划线网由 35 条线路组成,总长度 1 524 km。预测 2021 年,北京市公共交通占机动化出行量比例为 60%,轨道交通占公共交通出行量比例为 62%。

轨道交通形成的大型网络正以前所未有的速度利用着城市地下空间,它与其他交通设施、地下市政设施、城市防灾设施、地下公共空间以及其他地下设施一起,成为地下空间开发利用的重要组成部分。

### 1.1.2 国内暗挖地铁车站发展及现状

地铁车站是地下铁道系统中一个重要组成部分,是乘客集散和候车的场所,须满足客流需求、乘候安全、疏导迅速、环境舒适、布置紧凑,便于管理等要求,目前地铁车站的发展趋势是综合化、人文化及科技化。

我国早期地铁车站主要是以北京地铁一、二期工程为代表,车站施工均采用明挖,车站型式主要为单层三跨岛式车站,局部为两层(上层为站厅),设备管理用房处于地下。随着城市道路交通量的急剧增加,受到某些地段不允许中断交通,或车站结构顶板覆土较厚,采用明挖法



施工造价不合理等因素的影响,1986年后,北京出现了暗挖法施工地铁区间及车站的工程。全暗挖车站一般为双层,根据站台宽度的大小分为双柱三连拱、单柱双连拱型式,北京地铁采用此种型式较多。另外,当线路中间有高架桥桩基等构筑物时,多采用分离的暗挖双层车站型式,北京地铁10号线国贸站、公主坟站等便采用此种车站型式。

国内地铁车站暗挖的历史较短,但由于暗挖法施工具有占地小、拆迁量小、不影响城市交通、不扰民、不污染城市环境,且对地层有较强适应性和高度灵活性等优点,现已广泛应用于城市地铁车站施工。近期修建的北京地铁6号线一期及7号线采用暗挖法修建的地铁车站占比将近达到一半。随着社会的进步、人们环保意识的增强以及暗挖技术的进一步提高,采用暗挖法修建城市地铁车站必将越来越广泛。

目前国内暗挖地铁车站施工主要有三种方法:新奥法、浅埋暗挖法及盾构与暗挖综合法修建地铁车站。

### (1) 新奥法

新奥法是在监控量测的基础上,及时更改喷射混凝土的厚度,锚杆、钢支撑和钢丝网的参数以及二次衬砌等支护措施,来保持开挖洞室的稳定,从而保证施工的安全。新奥法施工对大断面的开挖有侧壁导坑、台阶和CRD等,其施工流程为:放线→钻孔、装药和放炮→通风除尘后出渣→打锚杆、钢拱架支撑和挂钢筋网→施作喷射混凝土初期支护→最后修建模筑混凝土二次衬砌。用到的辅助工法有降水、大小导管注浆和采取必要的监控量测措施。

### (2) 浅埋暗挖法

浅埋暗挖法是在“新奥法”原理上发展起来的新型暗挖工法,是以加固、处理软弱地层为前提,采用足够刚性的复合衬砌(由初期支护和二次衬砌及中间防水层所组成)为基本支护结构的一种用于软土地层隧道的暗挖施工方法。它以施工监测为手段指导设计与施工,保证施工安全,控制地表沉降。浅埋暗挖法的施工原则是:管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测。与明挖法相比,浅埋暗挖法的最大优点是避免了大量拆迁、改建工作,减少了对周围环境的粉尘污染和噪声影响,对城市交通的干扰小。虽然盾构法也具有上述同样优点,但盾构法不能适应隧道断面变化,而且当盾构开挖的隧道不是足够长时,盾构法的经济性不明显。浅埋暗挖法的缺点是地下作业风险大、机械化程度低。

浅埋暗挖技术从减少地表沉陷考虑,还必须辅以其他配套技术,比如地层加固、降水等。浅埋暗挖法十分重视施工方法的选择(尤其是地铁车站多跨结构和大跨结构),一个合理的结构型式和正确的施工方法能起到事半功倍的作用。

采用浅埋暗挖法时要注意其适用条件。首先,浅埋暗挖法不允许带水作业。如果含水地层达不到疏干,带水作业是非常危险的,开挖面的稳定性时刻受到威胁,甚至发生塌方。大范围的淤泥质软土、粉细砂地层,降水有困难或经济上选择此工法不合算的地层,不宜采用此法。其次,采用浅埋暗挖法要求开挖面具有一定的自立性和稳定性。常用单跨隧道浅埋暗挖方法选择如图1.1所示。

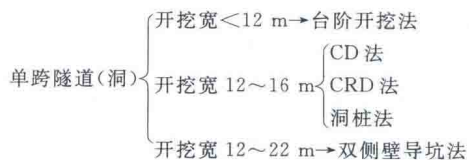


图 1.1 常用的单跨隧道浅埋暗挖方法选择

### (3) 盾构与暗挖综合法修建地铁车站

这种施工方法可一次采用盾构法将区间隧道和过站隧道贯通,再在盾构隧道的基础上扩挖而形成地铁车站,如正在修建的北京地铁14号线将台路站等,或直接利用大直径盾构机或连体盾构机修建地铁车站。

配合盾构法修建地铁车站的优点是可充分有效地利用盾构设备,达到进一步提高地铁工程的建设质量、缩短建设周期。从而使得盾构法在城市地铁工程中得到了大规模的采用。此工法具有不影响地面交通,不中断地下生命线(上下水道、电线和电话线管道以及天然气管道等),施工安全、机械化程度高等优点。适用于市区深埋车站和线路交汇处换乘下层站等。但是,其施工所使用的机械复杂,安装操作难度大。

### 1.1.3 暗挖法修建地铁车站的特点及难点

#### (1) 暗挖法修建地铁车站的特点

##### 1) 工程施工环境复杂

暗挖地铁车站一般都设置在城市中心城区交叉路口,车流量大,交通繁忙,地下管线纵横交错且周边高楼林立,环境非常复杂。

##### 2) 地铁车站通常跨度大、埋深浅

在软弱地层条件下修建浅埋、大跨、动载暗挖大型地下工程,施工条件困难,施工难度大。

##### 3) 施工场地狭窄,场地布置困难

城市中心区地铁施工,在减少对路面交通等周边环境影响的前提下,施工场地布置存在很大的局限性,如何在有限的施工场地内满足现场施工要求,是需要研究解决的一个难题。

##### 4) 车站高度通常较大,边墙所受侧压力大。

##### 5) 地质条件多变,地层不均匀、不连续,多有地下水发育。

#### (2) 暗挖法修建地铁车站的难点

1) 很多城市地处河流冲击形成的平原上,地质软弱富水。浅埋大跨隧道要穿越淤泥层和含水砂层,必须采用人工降水措施,以创造无水作业条件,还要解决好人工降水以后车站的所存残留水,处理好地下水既是工程施工的重点,也是工程施工的一大难点。

2) 大部分在城市干道下或建筑物下修建,且穿越河流、铁路及各种地下管线等,因而确保地面不发生沉降和坍塌,确保建筑物、道路、铁路、河流及地下管线等的安全是工程施工的一大难点。

3) 车站规模大,多为双层,每座车站建筑面积达1万 $\text{m}^2$ 左右,且暗挖车站附属工程量亦较大,确保结构自身施工安全是一大难点。

##### 4) 确保地铁车站结构防水质量,符合规范要求,做到不渗漏,既是工程质量重点,也是施工难点。

5) 暗挖地站一般施工场地狭窄,场地布置困难。且施工工序多,工作面多,相互干扰大,因此施工组织是其一大大难点。

### 1.1.4 暗挖地铁车站的主要施工方法

#### (1) 暗挖地铁车站的主要施工方法分类

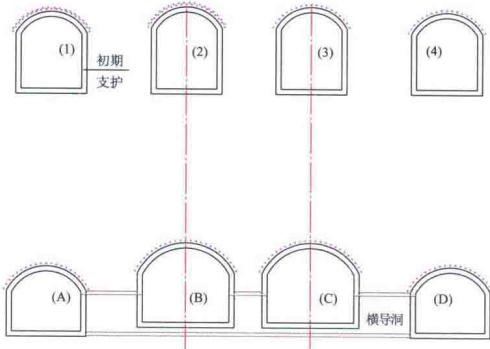
目前国内暗挖地铁车站主要施工方法有洞桩法和分部开挖法,而分部开挖法又分为中洞法、侧洞法、柱洞法和双侧壁导坑法。

##### 1) 洞桩法

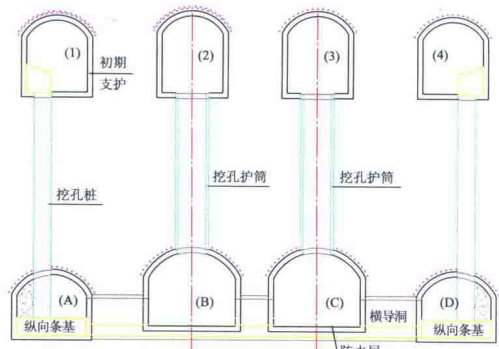
洞桩法是先施工小导洞,在小导洞内施作梁柱体系,然后再施作顶部结构,并在其保护下



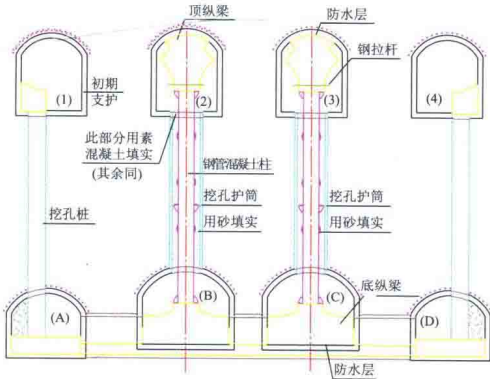
进行后期的土方开挖及二衬施工,其施工步序如图 1.2 所示。



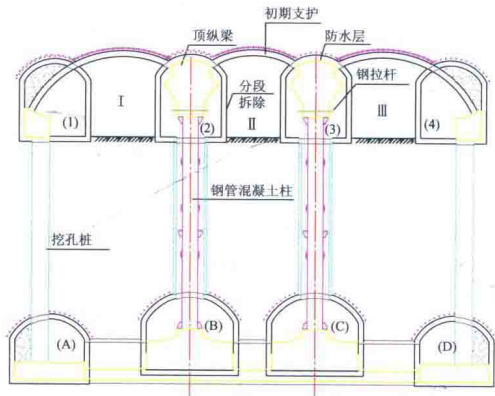
第一步:自横通道进洞,施工导洞拱部超前支护结构,并注浆加固地层,台阶法开挖导洞并施工初期支护(台阶长度为3-5m),下导洞贯通后,开挖横导洞。开挖导洞时,先开挖下导洞后开挖上导洞,先开挖边导洞后开挖中间导洞。开挖步距同格栅间距,并加强监控量测



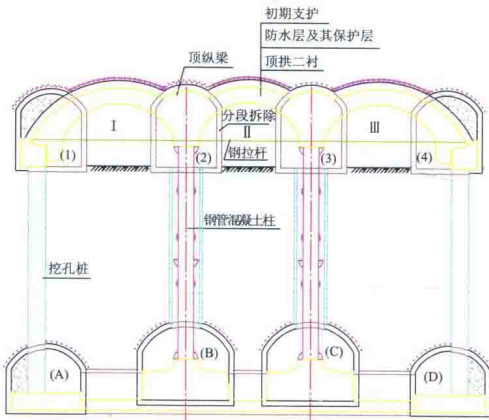
第二步:在导洞(A)(D)及横导洞内施工条基,在两边上下导洞内施工挖孔桩及桩顶冠梁(挖孔桩须跳孔施工,隔3挖1,导洞(A)(D)拱部开口时仅凿除初支混凝土,格栅钢筋不切断),并在中间导洞内施工上下导洞间钢管混凝土柱挖孔护筒



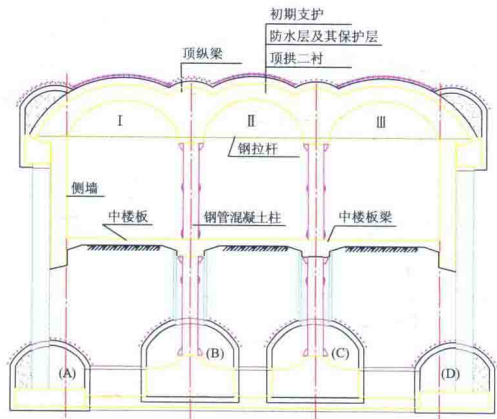
第三步:在下导洞(B)(C)内施工底板梁防水层及底板梁后,施工钢管混凝土柱(柱挖孔护筒与钢管混凝土柱间空隙用砂填充),然后在导洞(2)(3)内施工顶拱梁防水层及顶纵梁,并在顶纵梁中预埋钢拉杆



第四步:施工洞室I、II及III拱顶超前支护结构,并注浆加固地层。台阶法开挖导洞I、II及III土体(导洞II先行,与导洞I、III前后错开不小于两个柱跨,且导洞I、III同步向前开挖,施工过程中不得拆除导洞中隔壁),施工顶拱初期支护,开挖步距同格栅间距,并加强监控量测

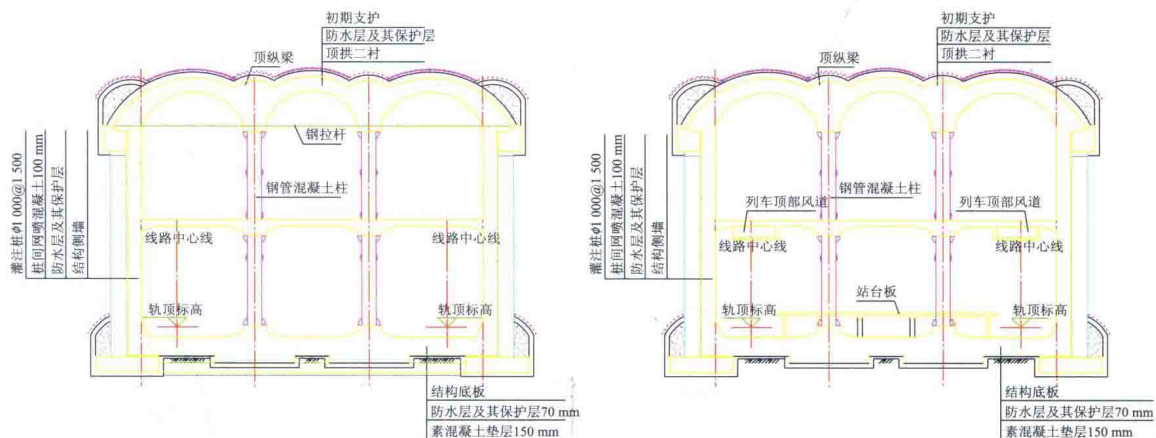


第五步:导洞I、II及III贯通后,由车站端头(或两横通道中间位置)向横通道方向后退,沿车站纵向分段(每段不大于一个柱跨)凿除小导洞(1)(2)(3)(4)部分初期支护结构,施工顶拱防水层及结构二衬,并及时施工钢拉杆。施工过程中加强监控量测



第六步:顶拱二衬施工完成后,沿车站纵向分为若干个施工段(不大于三个柱跨,在每个施工段分层开挖土体至中楼板下0.2m处(边开挖边施工桩间网喷混凝土及切割掉挖孔护筒),分段施工中楼板梁及中楼板,并施工侧墙防水层、保护层及侧墙

图 1.2



第七步:沿车站纵向分为若干个施工段(不大于三个柱跨),在每个施工段分层开挖土体至基底(边开挖边施工桩间网喷混凝土),施工底板防水层及底板,然后施工侧墙防水层及侧墙。完成车站主体结构施工

第八步:施工车站结构内部构件,拆除钢拉杆,完成车站结构施工

图 1.2 洞桩法施工步骤图(三跨双层)

第一步,自横通道进洞,施工导洞拱部超前小导管,并注浆加固地层,开挖导洞并施作初期支护,下导洞贯通后,开挖横向导洞。

第二步,在导洞(A)(D)及横导洞内施工条基,在两边上下导洞内施工挖孔桩及桩顶冠梁,并在中间导洞内施工上下导洞间钢管混凝土柱挖孔护筒,挖孔前在下导洞需要开挖孔的四周打设小导管,进行孔周预注浆加固土层。

第三步,在下导洞(B)(C)内施工底板梁防水层及底板梁后,施工钢管混凝土柱,然后在导洞(2)(3)内施工顶拱梁防水层及顶纵梁,并在顶纵梁中预埋钢拉杆。

第四步,施工洞室 I、II 及 III 拱顶超前小导管,并注浆加固地层,开挖导洞 I、II 及 III 土体,施工顶拱初期支护。

第五步,导洞 I、II 及 III 贯通后,由车站端头向横通道方向后退,沿车站纵向分段凿除小导洞(1)(2)(3)(4)部分初期支护结构,施工顶拱防水层及结构二衬,并及时施工钢拉杆。

第六步,顶拱二衬施工完成后,沿车站纵向分为若干个施工段,在每个施工段分层开挖土体至中楼板下 0.5 m 处,分段施工中楼板梁及中楼板,并施工侧墙防水层、保护层及侧墙。

第七步,沿车站纵向分为若干个施工段,在每个施工段分层开挖土体至基底,施工底板防水层及底板,然后施工部分侧墙防水层及侧墙。

第八步,沿车站纵向分为若干个施工段拆除钢支撑,在每个施工段内施工结构侧墙防水层及侧墙,完成车站主体结构施工。

## 2) 中洞法

中洞法施工一般先开挖中间部分(中洞),在中洞内施作梁、柱结构,然后再开挖两侧部分(侧洞),并逐渐将侧洞顶部荷载通过中洞初次支护转移到梁、柱结构上。这种施工方法,由于中洞的跨度较大,一般采用 CD 法、CRD 法或眼镜工法等施工。中洞法施工工序复杂,但两侧洞对称施工,比较容易解决侧压力从中洞初次支护转移到梁柱上时产生的不平衡侧压力问题,施工引起的地表下沉较易控制。其施工工序如图 1.3 所示。



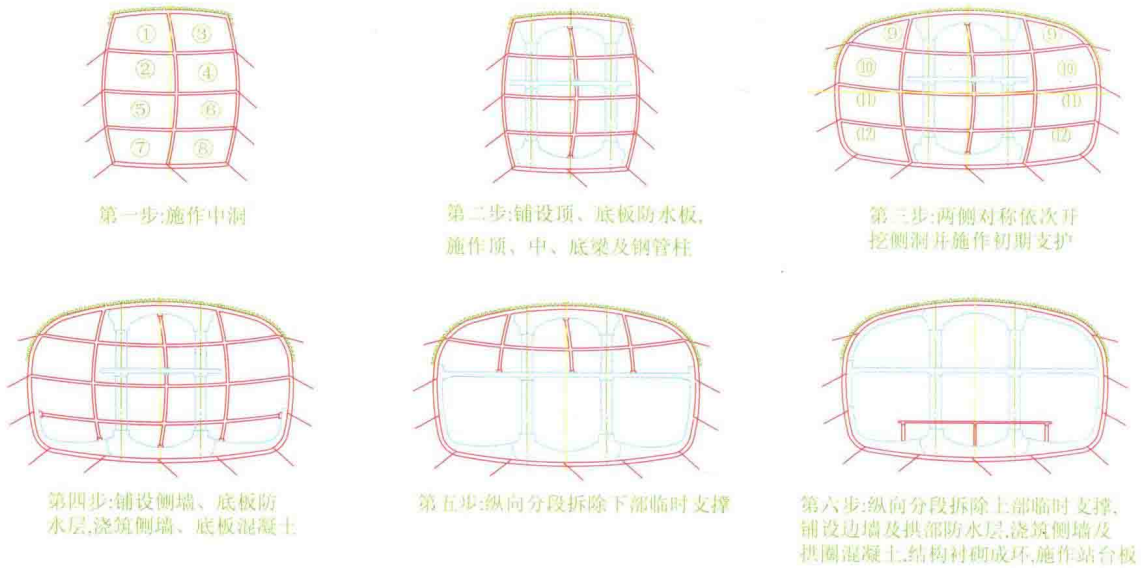


图 1.3 车站中洞法施工工序(双跨双层)

### 3) 柱洞法

柱洞法施工时,先在立柱位置施作一个小导洞,可用台阶法开挖。当小导洞做好后,在洞内再做底梁、立柱和顶梁,形成一个细高的纵向结构,该工法的关键是如何确保两侧开挖后初期支护同步作用在顶梁上,而且柱子左右水平力要同时加上且保持相等,涉及到工程结构静力平衡与动态转换交织等问题。其施工工序如图 1.4 所示。

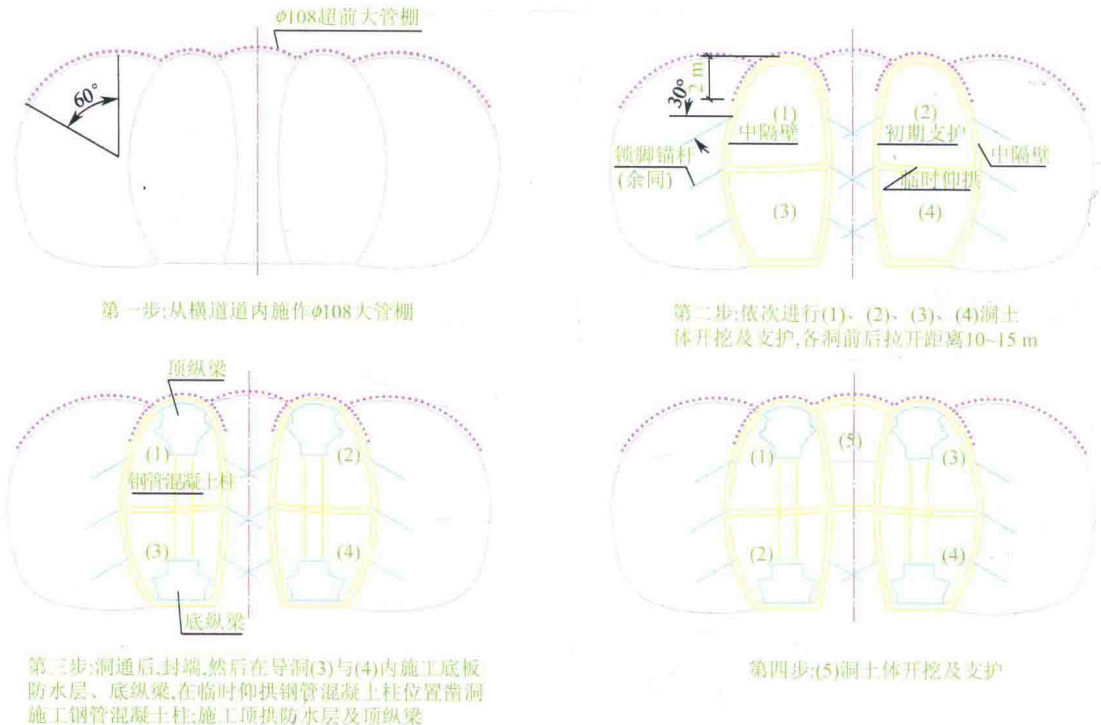
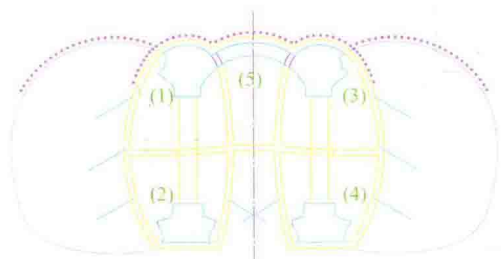
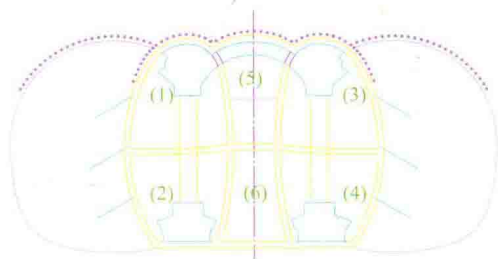


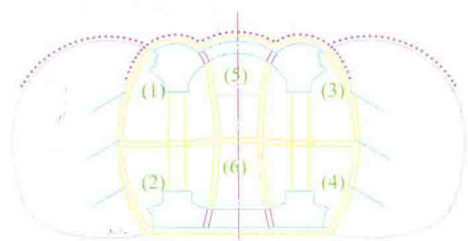
图 1.4



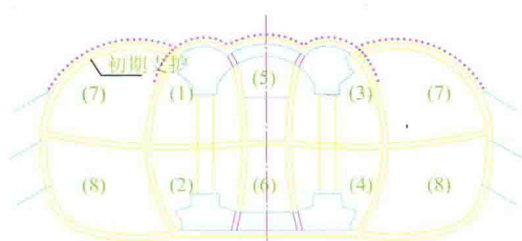
第五步:(5)洞洞通后,封端,分段(不超过6 m)拆除临时隔壁,施工中拱顶部防水层及中拱顶部二衬混凝土



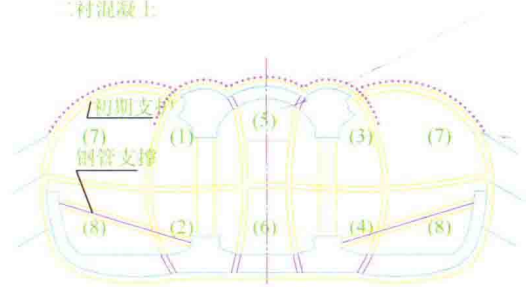
第六步:(6)洞上体开挖及支护



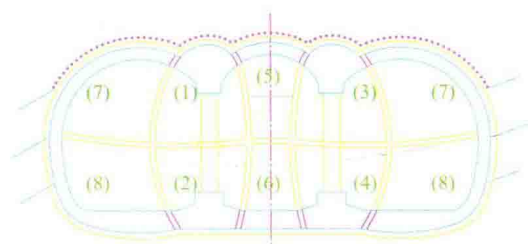
第七步:(6)洞洞通后,封端,分段(不超过12 m)拆除临时隔壁,施工中拱底板防水层及中拱底板二衬混凝土



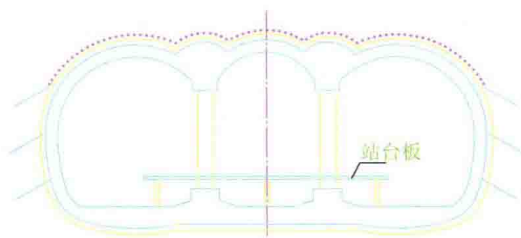
第八步:(7)、(8)洞上体开挖及支护,各洞前后拉开距离10~15 m



第九步:洞通后,封端,在洞(8)内分段(不超过6 m)拆除临时隔壁,施工边拱底拱及部分侧墙防水层及二衬混凝土,并施工临时钢支撑(CI45c@3 000)



第十步:分段(不超过6 m)拆除(7)、(8)洞间临时仰拱,施工侧墙及顶拱防水层及二衬混凝土



第十一步:拆除临时仰拱及临时隔壁,完成车站结构,并施工内部结构

图 1.4 柱洞法施工顺序(三跨单层)

## 4) 侧洞法

侧洞法施工首先根据暗挖断面的大小,将断面划分为两个侧洞,一个中洞。然后开始对两侧洞进行初衬施工,施工完侧洞的初衬之后,紧接着施工侧洞的二衬,待二衬施工完并达到设计强度后,对中洞再进行土方开挖及初衬施工,最后进行中洞二衬的施工。侧洞法施工步序如图 1.5 所示。

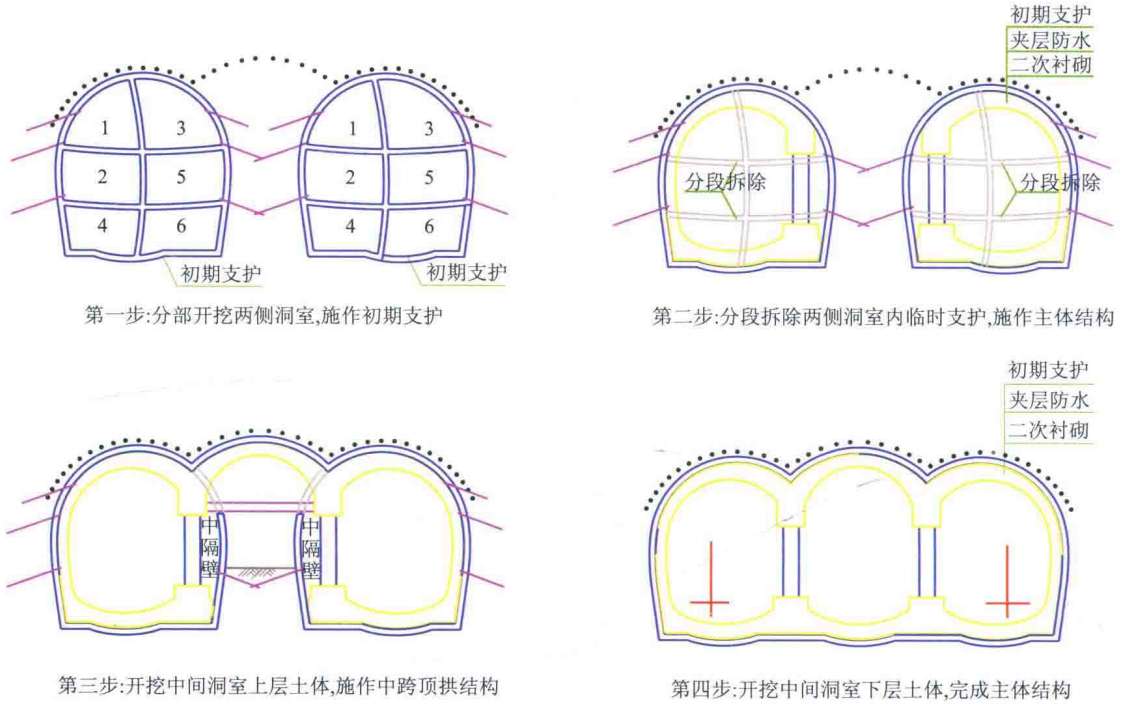


图 1.5 侧洞法施工步序图

## 5) 双侧壁导坑法

双侧壁导坑法也称眼镜法,为大断面暗挖施工方法的一种。各分块在开挖后立即各自闭合,结构相对较简单,很好地解决了大断面隧道开挖的安全性问题。

双侧壁导坑法(6 导洞)施工步序如图 1.6 所示。

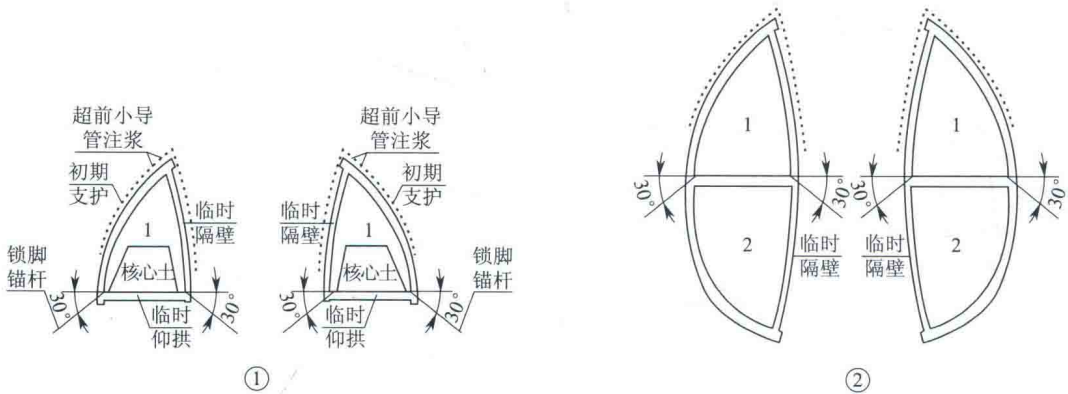


图 1.6

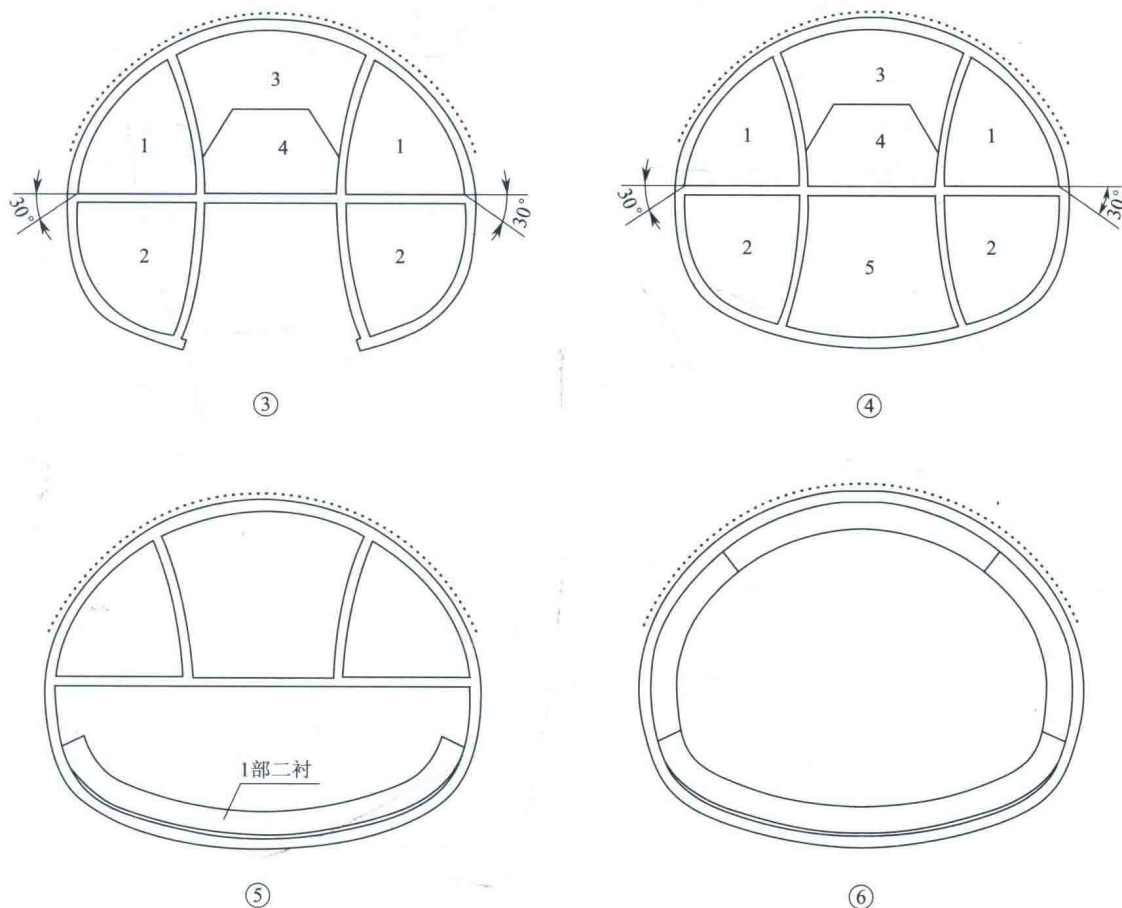


图 1.6 双侧壁导坑法施工步序图

第一步:施作两侧洞室超前小导管,注浆加固地层,开挖洞室 1 土体,施作拱部支护及临时隔壁、临时仰拱。

第二步:1 号洞室超前 2 号洞室 3~5 m,开挖洞室 2 土体,施作边墙、仰拱支护及临时隔壁。

第三步:施作 3 部超前小导管,注浆加固地层,根据监测情况确定与 2 号洞室之间错开的距离,弧形导坑开挖 3 部土体,施作初期支护;3 部土体前进 3~5 m 后开挖 4 部土体,施作临时仰拱,架设临时支撑。

第四步:4 部土体前进 3~5 m 后开挖 5 部土体,施作临时支护。

第五步:分段依次截断中隔壁,然后铺设防水保护层(第一环拆除长度 6~7 m,后续拆除长度根据洞内变形监测情况确定),浇筑仰拱混凝土,待上段混凝土达到设计强度后,进行下一段中隔壁截断及仰拱浇筑。

第六步:架设临时支撑,纵向分段(第一环拆除长度为 6~7 m,后续拆除长度根据洞内变形监测情况进行确定)拆除剩余临时隔壁,分次浇筑边墙,拱部二次衬砌,封闭成环。

(2)暗挖地铁车站的主要施工方法对比分析

暗挖地铁车站主要施工方法特点见表 1.1。



表 1.1 暗挖地铁车站主要施工方法特点分析

工法	主要特点
洞桩法	①利用小导洞施作桩梁形成主要受力结构,在暗挖顶拱保护下进行内部开挖; ②可同步进行导坑施工; ③断面利用率高,临时支撑少,废弃工程量小,造价相对较低,工期较短,施工速度较快,较为安全; ④后期土方开挖空间大,可采用机械进行开挖; ⑤不受结构跨度和层数限制
中洞法	①中洞先施工,建立起梁、柱支撑体系,然后施作侧洞; ②分块多,工序多,对地层扰动较大; ③废弃工程量大,造价较高,施工场地小,多次转换,工期较长
柱洞法	①先开挖四个导洞,建立起中洞的梁、柱支撑体系,然后施作侧洞; ②工序多、工艺复杂、资金投入多、工期长; ③柱子施工存在复杂的平衡和力转换问题; ④柱洞施工跨度小,沉降量小
侧洞法	①先进行侧洞施工,然后施作中洞; ②分块多,工序多,对地层扰动较大; ③废弃工程量大,造价较高,施工场地小,多次转换,工期较长
双侧壁导坑法	①通过架设临时钢支撑将隧道大断面分割成若干封闭小断面进行施工; ②各分块开挖后各自闭合,结构简单,对地层扰动小,控制偏压变形能力强; ③导坑施工空间相对狭小,不利于机械快速作业,临时支护拆除量大,施工速度慢,成本高

主要施工方法对比分析见表 1.2。

表 1.2 施工技术对比表

施工技术	洞桩法	中洞法	柱洞法	侧洞法	双侧壁导坑法
作业环境	导洞内环境差	差	差	差	较差
工程进度	较快	工序转换次数多,进度慢	介于中洞法与侧洞法之间	较慢	较慢
防水效果	较好	顶部较好,底板、侧墙差	差	较差	较差
造价	较低	较高	较低	高	较低
地面沉降	较小	较小	较小	较大	较大
优点	施工安全,沉降控制好,后续土方开挖空间大,利于机械化施工	无须体系转换,较安全可靠,地面沉降可控	施工安全度较高,废弃工程量少	施工安全度较高	导洞断面可以不规则
缺点	导洞空间小,扣拱施工难度大,会发生群洞效应,施工缝多	工序繁多,临时支撑拆除量大	开挖工序多,受力次数转换多,废弃量略大	中洞上方土体多次受扰动,钢格栅连接难度大	对初支及时封闭、质量要求高,支护拆除困难

洞桩法相比于浅埋暗挖法的其他工法比如中洞法、侧洞法、柱洞法等,主要的优势是地表沉降控制效果比较显著,其次断面利用率高、临时支撑少、施工作业面大、后期土方利于机械化开挖,施工速度快,尤其适合浅埋、软弱地层的多层多跨暗挖地铁车站施工。随着城市地铁的日益兴起相信该工法将有越来越广阔的应用前景。

### 1.1.5 暗挖地铁车站所面临的挑战及发展方向

随着现代施工技术的不断进步,暗挖法以其独特的优势成为当今城市地铁施工的主流施工技术之一。但是,随着城市轨道交通新的需求发展,暗挖法也面临新的挑战。