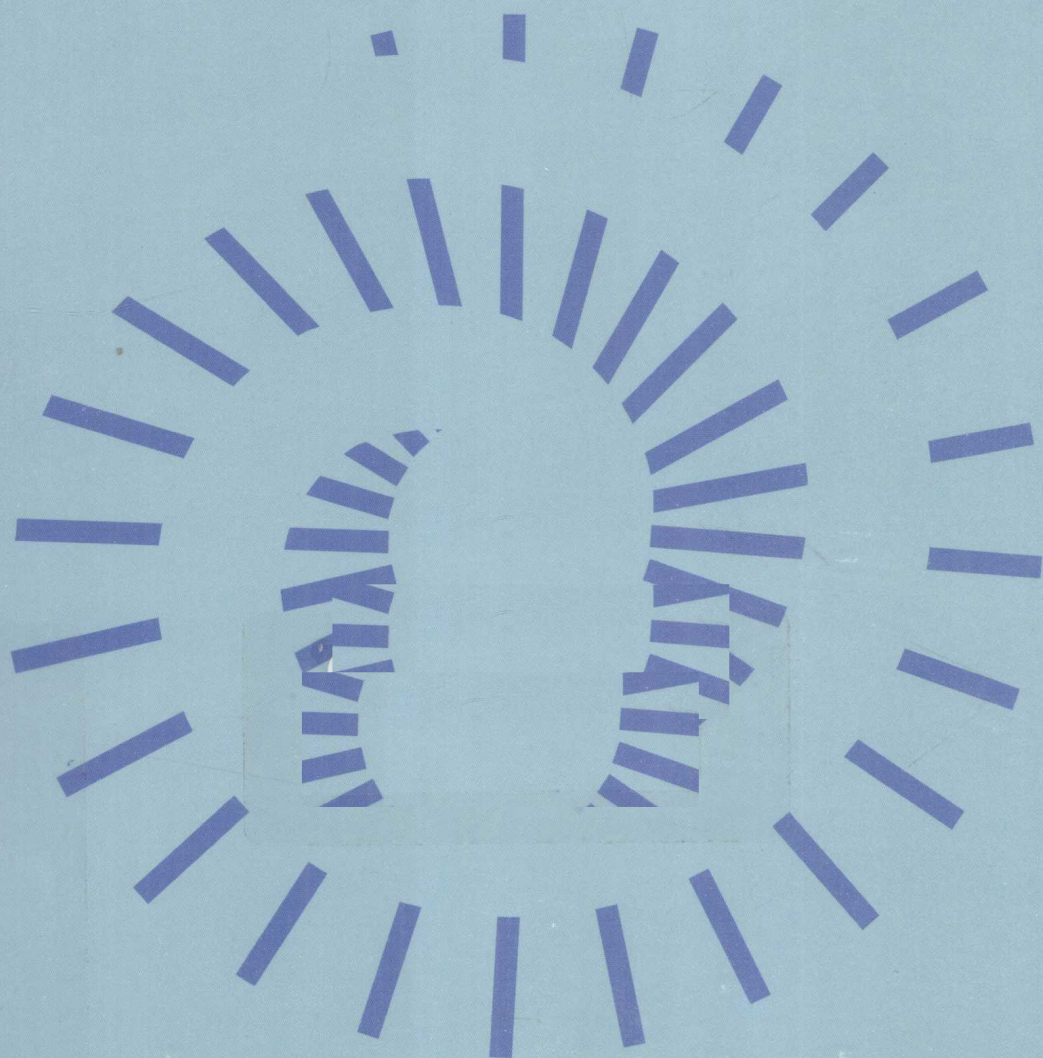
 高职城市轨道交通工程技术专业规划教材

# 地铁盾构施工

DITIE DUNGOU SHIGONG

主编 / 张 冰  
主审 / 陈 馈



人民交通出版社  
China Communications Press

OK 高职城市轨道交通工程技术专业规划教材

# 地铁盾构施工

DITIE DUNGOU SHIGONG

主 编 / 张 冰  
副主编 / 沈 艳 张智韬 邴洪晨  
主 审 / 陈 馈



人民交通出版社  
China Communications Press

## 内 容 提 要

本书系统介绍了盾构施工内容,包括盾构构造、选型、施工、隧道防水、洞内出渣/运输、施工测量与检测、管片制作与运输等相关内容,并对特种盾构工法进行了简介。内容全面、贴近实践。

本书可供高职城市轨道交通工程技术专业、隧道及地下工程专业等相关工程类专业选作教材使用,亦可供相关施工技术人员参考使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

地铁盾构施工 / 张冰主编. —北京: 人民交通出版社, 2011. 1

高职城市轨道交通工程技术专业规划教材

ISBN 978-7-114- 08801- 8

I. ①地… II. ①张… III. ①地下铁道 - 铁路工程: 隧道工程 - 盾构 (隧道) - 工程施工 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 008937 号

书 名: 地铁盾构施工

著 者: 张 冰

责任编辑: 杜 琛

出版发行: 人民交通出版社

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) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京密东印刷有限公司

开 本: 787 × 960 1/16

印 张: 14.75

字 数: 269 千

版 次: 2011 年 1 月第 1 版

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114- 08801- 8

印 数: 0001 - 3000 册

定 价: 29.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前言

# Preface

21 世纪是隧道及地下空间大发展的时代。中国正在建设世界最大规模的隧道及地下工程,施工市场前景广阔,尤其是我国的城市轨道交通建设正面临史无前例的高潮。1843 年,盾构工法首次在建造横穿英国泰晤士河河底隧道工程中成功应用,至今已有 167 年。目前盾构工法在城市隧道中广泛应用,特别是在城市地铁区间隧道中大量应用,隧道施工已走向机械化。为了适应行业的发展及对施工现场一线高技能人才提出的要求,城市轨道交通工程专业开设了地铁盾构课程,并编写了本教材。

本书具有专业性强、实践性强、技术性强的特点,同时结合高等职业教育培养高技能型人才的目标,注重理论联系实际,强调解决实际问题,既保证知识的系统性和完整性,又体现内容的实用性和可操作性,便于实践教学和案例教学。

本书由张冰任主编,沈艳、张智韬、郇洪晨任副主编。具体编写分工如下:哈尔滨铁道职业技术学院张冰(第二章、第三章、第五章、第七章),沈艳(第四章、第八章、第九章、第十一章第二节),郇洪晨(第十章第一节),刘巧静(第十一章第三、四节、第十二章),张智韬(第一章第一节、第十章第六、七节、第十一章第一节);中交隧道局工程有限公司罗兴元(第一章第二节);西安铁路职工大学徐月(第六章、第十章第二~五节)。

中国中铁隧道集团有限公司设备部副部长陈馈为本书作了主审工作,提出了许多中肯的意见和建议,在此表示感谢。同时本书在编写过程中得到了中铁隧道集团有限公司和中交隧道工程局有限公司许多盾构方面技术人员的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,且时间仓促,本书难免有错误和不足之处,恳请专家和读者批评指正。

编 者

2010 年 5 月

# 目录 Contents

---

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 盾构法简介 .....	1
第二节 地铁区间隧道施工方法 .....	5
思考题 .....	6

---

<b>第二章 盾构</b> .....	7
第一节 盾构的基本构造 .....	7
第二节 盾构的功能描述 .....	14
思考题 .....	25

---

<b>第三章 盾构的种类与选型</b> .....	26
第一节 盾构分类 .....	26
第二节 盾构选型 .....	31
思考题 .....	39

---

<b>第四章 施工准备</b> .....	40
第一节 施工前准备 .....	40
第二节 技术准备 .....	43
第三节 设备材料准备 .....	49
思考题 .....	53

---

<b>第五章 盾构隧道竖井施工</b> .....	54
第一节 盾构竖井的分类 .....	54
第二节 盾构竖井的构筑工法 .....	59
第三节 地下连续墙竖井工法 .....	64
第四节 挡土围护竖井施工法 .....	74
第五节 沉井竖井工法 .....	79
第六节 竖井工程实例 .....	83
思考题 .....	85

---

<b>第六章 隧道端头加固技术</b> .....	86
第一节 隧道端头加固的目的 .....	86
第二节 隧道端头加固的方法 .....	86
思考题 .....	90

---

<b>第七章 盾构施工</b> .....	91
第一节 盾构组装与调试 .....	91
第二节 盾构始发 .....	97
第三节 土压平衡盾构掘进 .....	102
第四节 泥水盾构掘进 .....	108
第五节 管片拼装 .....	115
第六节 壁后注浆 .....	118
第七节 刀具的检查与更换 .....	122
第八节 特殊地段施工 .....	124
第九节 盾构到达 .....	128
第十节 盾构掉头 .....	129
第十一节 盾构拆卸 .....	136

第十二节	地中对接技术 .....	139
思考题	.....	143
<hr/>		
<b>第八章</b>	<b>盾构隧道的防水 .....</b>	<b>144</b>
第一节	衬砌结构的自防水 .....	144
第二节	管片接缝的防水 .....	149
第三节	其他措施 .....	154
思考题	.....	156
<hr/>		
<b>第九章</b>	<b>洞内出渣、运输及弃土外运 .....</b>	<b>157</b>
思考题	.....	159
<hr/>		
<b>第十章</b>	<b>施工测量与监测 .....</b>	<b>160</b>
第一节	施工前期测量工作 .....	160
第二节	建立地面控制网 .....	161
第三节	竖井联系测量 .....	162
第四节	地下控制测量 .....	164
第五节	盾构掘进施工测量 .....	169
第六节	盾构贯通测量 .....	182
第七节	地表沉降监测及控制措施 .....	185
思考题	.....	199
<hr/>		
<b>第十一章</b>	<b>管片制作与运输 .....</b>	<b>200</b>
第一节	管片的种类 .....	200
第二节	管片的构造 .....	202
第三节	管片制作 .....	207
第四节	管片运输及存放 .....	212

思考题 .....	213
-----------	-----

---

<b>第十二章 特种盾构工法简介.....</b>	<b>214</b>
---------------------------	------------

第一节 扩径盾构工法 .....	214
第二节 球体盾构工法 .....	215
第三节 多圆盾构工法 .....	218
第四节 H&V 盾构工法 .....	220
第五节 可变断面盾构工法 .....	222
第六节 偏心多轴盾构工法 .....	224
思考题 .....	225

---

<b>参考文献 .....</b>	<b>226</b>
-------------------	------------



# 第一章 绪 论

## 第一节 盾构法简介

### 一 概述

随着中国社会经济的快速发展,城市化进程的加快,城市地铁已经在社会公共功能中扮演越来越重要的角色,水下隧道正在改变着越江跨海通道“唯桥是举”的局面,高速铁路、高速公路、水利工程均面临大型隧道工程的挑战。中国的隧道工程具有建设数量多、规模大、技术复杂、发展快等特质,如何采用高效的、先进的隧道施工技术,是摆在工程技术人员面前的一道重要课题。现代盾构隧道技术在我国逐步完善和迅速发展顺应了时代的要求,其必将在中国的基础设施建设等领域发挥越来越重要的作用。

“十一五”期间,全国已获批建设地铁的 16 个城市的地铁新建里程合计为 1009km;到 2050 年全国规划建成轨道交通 9000km,相当于目前世界各国已经开通运营轨道交通的总里程。“十一五”期间,我国投入运营的城市轨道交通里程将超过 1500km,总投资超过 5000 亿元。鉴于盾构法在地铁工程中的广泛应用,因而据预测,近 5 年内仅地铁盾构的需求量约在 400 台次以上。

盾构是在与隧道形状一致的盾构外壳内,装备着推进机构、挡土机构、出土运输机构、安装衬砌机构等部件的隧道开挖专用机械。盾构法就是使用盾构修建隧道的方法,它使用盾构在地下掘进,在防止开挖面坍塌和保持开挖面稳定的前提下,同时在机内安全地进行隧道的开挖作业和衬砌作业,从而构筑成隧道的施工法。近年来由于盾构法在施工技术上的不断改进,机械化程度越来越高,其对地层的适应性也越来越好。城市市区建筑公用设施密集,交通繁忙,明挖隧道施工对城市生活干扰严重。特别在市中心,若隧道埋深较大,地质又复杂时,用明挖法建造隧道则很难实现;而盾构法施工对城市地下铁道、上下水道、电力通信、市政公用设施等各种隧道均具有明显优势,其埋设深度可以很深而不受地面建筑物和交通的限制。此外,在建造水下公路、铁路隧道或水工隧道中,盾构法也往往因其经济合

理而被采用。

盾构法是一项综合性的施工技术。盾构法施工的概况如图 1-1 所示。构成盾构法的主要内容是：先在隧道某段的一端建造竖井或基坑，以供盾构安装就位。盾构从竖井或基坑的墙壁预留孔处出发，在地层中沿着设计隧道轴线，向另一竖井或基坑的设计预留孔洞推进。盾构推进中所受到的地层阻力，通过盾构千斤顶传至盾构尾部已拼装的预制衬砌，再传到竖井或基坑的后靠壁上。盾构是这种施工方法的核心，是一个能支承地层压力，又能在地层中推进的圆形、矩形、马蹄形或其他特殊形状的钢筒结构。盾构隧道的基本断面形状是圆形，因圆形断面抵抗地层中的土压力和水压力效果较好，衬砌拼装简便，构件通用性强、易于更换而应用广泛。后陆续开发应用了多圆和异形盾构，其直径稍大于隧道衬砌的直径。在钢筒的前面设置各种类型的支撑和开挖土体的装置，在钢筒中段周圈内安装顶进所需的千斤顶，钢筒尾部是具有一定空间的壳体，在盾尾内可以安置数环拼成的隧道衬砌环。盾构每推进一环距离，就在盾尾支护下拼装一环衬砌，并及时向盾尾后面的衬砌环外周的空隙中压注浆体，以防止隧道及地面下沉。盾构在推进过程中不断从开挖面排出适量的土方。

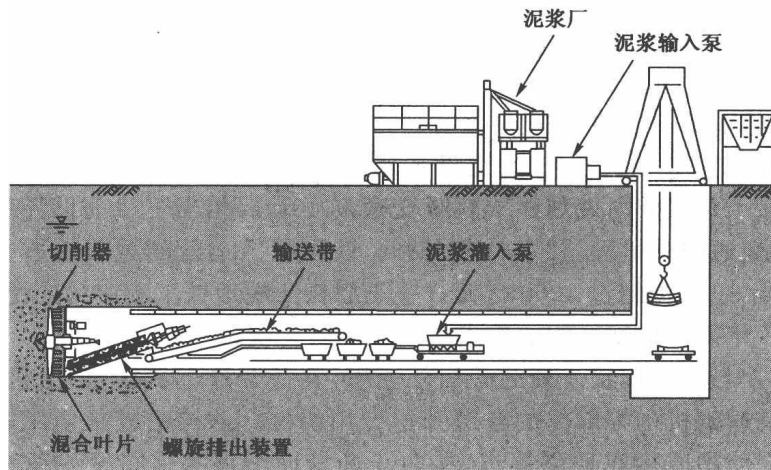


图 1-1 盾构法施工的概况(土压平衡)

盾构法施工时还需要有包括地下水的降低，稳定地层、防止隧道及地面沉陷的土壤加固措施，隧道衬砌结构的制造，地层的开挖，隧道内的运输，衬砌与地层间的充填，衬砌的防水与堵漏，开挖土方的运输及处理，配合施工的测量、监测技术，合理的施工布置等其他施工技术密切配合才能顺利进行。此外，采用气压法施工时，还涉及一些医学上的问题和防护措施等。

## 二 盾构技术在我国的应用和发展

我国是自 20 世纪 50 年代开始引进盾构法修建隧道工程的。虽然起步很晚,但由于注意参考和借鉴别国成功的经验和失败的教训,所以发展很快。特别是近十年来随着我国城市地铁大规模建设,盾构技术得到了新一轮发展。

1970 年,上海隧道工程公司使用直径为 10.2m 的挤压式盾构,修建了穿越黄浦江的第一条水下隧道,从而实现了中国用盾构法修建隧道“零”的突破。1988 年完工的另一条黄浦江水下隧道——延安东路北线隧道,盾构施工段长 1476m,线路平面呈 S 形,曲率半径 500m,纵坡 3%;该隧道除穿越黄浦江外,还要在高层建筑群和地下管线等重要环境保护地段通过。此隧道是用我国自行设计和制造的直径为 11.3m 网格式水力机械盾构修建的。进入 20 世纪 90 年代,上海地铁 1 号线采用法国 FCB 公司设计的盾构(其车架、拼装机、螺旋机、皮带机、搅拌机等设备在上海配套制造)完成了总长 18.5km 的单线圆形区间隧道(内径 5.5m,外径 6.2m)施工。

随着盾构法应用的增加,工程人员对其技术研究逐步深入,盾构隧道的设计计算、盾构的选型及配套、盾构的使用及施工技术等在我国都得到了快速发展和提高,有些(尤其是地铁隧道盾构技术)已达到了国际先进水平。

以城市地铁盾构法技术为代表,目前国内已开展地铁建设的城市有 26 个,使用近 430 台盾构施工,不仅采用了土压平衡盾构,也采用了泥水平衡盾构,还有复合式盾构;除区间单圆盾构外,在上海地铁施工中还采用了双圆盾构一次施工两条平行的区间隧道;盾构隧道地面环境除复杂的建构筑物外,也有在江下、湖下穿越的(上海穿越黄浦江、广州穿越珠江、南京穿越玄武湖);盾构穿越地层除黏土、淤泥质软土、沙黏土外,还有沙层、沙砾层、卵石层以及较高强度的岩石地层等。需要特别指出的是,广州地铁 2 号线经研究采用了具有土压平衡、气压平衡和局部气压平衡模式的新型复合式盾构,成功修建了既有软土又有坚硬岩石以及断裂破碎带的复杂地层的区间隧道,打破了长期以来盾构法应用地质禁区的限制,大大拓宽了盾构法的应用范围。

目前,我国地铁盾构法隧道管片环宽已从 1.0m 普遍加大到 1.2m。广州地铁 2 号线施工中率先采用了 1.5m 环宽的管片,为目前地铁区间隧道所用的最宽管片,其有利于提高隧道结构的整体刚度,且拼装接缝减少,安装效率提高,同时节约成本。接缝大多采用遇水膨胀橡胶或三元乙丙橡胶弹性密封防水,使隧道建成后不渗不漏,可达到 A 级防水标准。

在施工中已采用激光导向或陀螺仪导向,并辅助以人工测量技术;以及运用盾构推进油缸分区操作和姿态控制与纠偏技术、管片排版选型和拼装技术等,可将隧

道线形精度控制在 30~50mm,管片错台高度控制在 5~10mm。

管片背后环形间隙注浆除采用日本常用的即时注浆和欧洲常用的惰性浆液同步注浆外,我国也已开发出非惰性浆液的同步注浆技术,具有更好的早期稳定管片和控制地层沉降效果。

目前,我国在掘进控制、泥水与土压力和排渣管理、渣土改良、防止刀盘结“泥饼”技术等方面已做得很好;端头加固、联络通道施工、始发到达、安全换刀、信息化施工等技术也已完全掌握;在盾构的故障诊断及管片养修上亦有了较完善技术,可以达到 55%~67%的高机时利用率。

我国盾构施工中的地表隆沉量一般可控制在+10~-20mm,可以在距已有建筑物很近的距离下安全掘进隧道。广州地铁 2 号线越三区间隧道穿越既有 14 股铁路轨道,轨面沉降控制在 5mm 以内,轨道沉降差小于 2mm。上海地铁 2 号线近距离下穿地铁 1 号线区间隧道、引水箱涵和地下室,地面沉降控制在 3.5~8.5mm。盾构掘进速度一般平均为 180~200m/月以上,广州地铁 2 号线穿越三区间最高月进度 405m,平均进度为 236m/月。在相似地质的广州地铁 3 号线大汉区间,盾构施工进度平均已达 334m/月,最高月进度达到 562.5m,达到国际先进水平。

在城市地铁隧道盾构法快速发展的同时,我国采用盾构法修建越江隧道技术也有所突破。上海采用直径 11.2m 的泥水盾构已建成穿越黄浦江的大连路隧道,平均进度超过 200m/月。上海、广州地铁也成功采用土压平衡盾构修建地铁越江区间隧道。

## 盾构的发展动向

盾构施工法开挖面稳定技术从压气施工法的“气”演变到泥水式的“水”和土压式的“土”。“开挖面稳定”和“盾构开挖”的技术已达到较完善的程度。目前盾构一般指密封式的泥水式和土压式盾构。泥土加压机盾构因其具备用地面积小、适用土质广、残土容易处理等优点,在建筑物密集的市区,使用数量正逐年增加。

从世界范围来看,盾构法隧道施工技术正在朝长距离、大直径、大埋深、复杂断面和高度自动化的方向发展,在这些方面处于领先地位的是日本和欧洲。目前,盾构技术的发展动向是:开发超大断面的盾构和 MF 盾构、DOT 盾构等多断面盾构,加上在衬砌和开挖方面采用 ECL 施工法的技术;采用管片自动组装装置的省力化,以及系用自动测量进行开挖控制,用计算机进行各种施工管理而实现管理系统化等的开发研究,为提高盾构法施工的安全性、施工性和经济性展示了更加广阔的应用前景。

## 四 盾构法的主要技术特点

盾构法施工是在闹市区和水底的软弱地层中修建地下工程较好的施工方法之一。近年来,盾构机械设备和施工工艺不断发展,使得其适应复杂工程地质和水文地质条件的能力大为提高。盾构法施工对城市地下空间的利用起到有力的技术支持作用,其施工优点有:

- (1)地面作业很少(除竖井外),隐蔽性好,因噪声、振动引起的环境影响小;
- (2)隧道施工的费用和技术难度基本不受覆土深度的影响,适宜于建造深埋隧道;
- (3)穿越河底或海底时,不影响通航,也不受气候的影响;
- (4)穿越地面建筑群和地下管线密集的区域时,对周围环境影响较小;
- (5)盾构推进、出土、拼装衬砌等主要工序循环进行,易于管理,施工人员较少。

盾构法施工存在的缺点则有:

- (1)施工设备费用较高;
- (2)覆土较浅时,地表沉降较难控制;
- (3)施作小曲率半径隧道时掘进较困难等。

## 第二节 地铁区间隧道施工方法

表 1-1 中总结了几种常用隧道施工方法,并对其适用环境、优缺点及发展方向进行了对比。

隧道施工工法的对比

表 1-1

序号	施工方法	环境场地要求	优点	缺点	发展方向
1	明挖法	市郊施工场地开阔,软岩和土体,如北京和天津地铁	进度快,工作面大,便于机械和大量劳动力投入	破坏环境生态,影响交通,带来尘土和噪声污染	①有效井点降水系统;②可靠的支撑系统;③大型土方机械、混凝土搅拌及运输机械
2	矿山法	岩石和坚硬土体,如青岛和重庆地铁	地面干扰小,造价低	进度慢,劳动强度大,风险大	①多臂钻孔台车、自动装药引爆装置;②光面爆破,喷锚支护,监控数据反馈指导设计和施工方法
3	暗挖法	埋深较浅,需对土体进行冻结、注浆、深层搅拌桩加固,棚管法加固,可用于浅埋车站,如北京、哈尔滨等城市地铁	地面干扰小,造价低,便于土法上马	机械化程度低,劳动强度大,环境恶劣,风险大	①发展可靠的浅地层地基处理技术;②小型灵活的地下开挖机械;③可靠的临时支护措施和机具

续上表

序号	施工方法	环境场地要求	优点	缺点	发展方向
4	盾构法和顶管法	城市软地层、深埋隧道,如上海、广州、北京等城市地铁	地面影响小,机械化程度高,安全,工人劳动强度低,进度快	机械设备复杂,且价格昂贵;施工工艺繁,需要专业施工队伍	①开发适用不同地质条件,自动更换刀盘的气压、土压泥水平衡盾构和顶管,超前探测排障技术;②钢纤维挤压混凝土衬砌;③三维仿真计算机管理系统,管理信息化、自动化;④自动导向,中途对接异形盾构
5	沉管法	跨越江河湖海,软地基,如广州、宁波、上海过江隧道	造价低,速度快,隧道断面大	封锁江河水面,需专门的驳运、下沉、对接机具,水下作业,风险大	①大型涵管制作及驳运技术;②地下定位对接、防水技术
6	掘进机法(TBM)	坚硬岩石地质,如重庆地铁	速度快,机械化程度高,安全,地面无干扰	造价高,技术复杂,刀具易磨损	①开发国产高性能凿岩机;②改进高强合金刀具;③完善后配套系统;④超前不良地质探测系统

## 思考题

1. 简述盾构技术的发展状况。
2. 简述盾构的发展方向。
3. 隧道施工方法分为哪几种? 各有何特点?

## 第二章 盾 构

盾构,是一种用于软弱地层隧道暗挖施工,具有金属外壳,壳内装有整机及辅助设备,在盾壳的掩护下进行土体开挖、土渣排运、整机推进和管片安装等作业,而使隧道一次成形的隧道施工机械。盾构必须能够承受围岩压力,且能安全经济地进行隧道的掘进。盾构在其施工区间内所遇到的地质、环境是复杂多变的,因此必须根据地质勘探结果选择盾构形式,使其强度、耐久性、施工可行性、安全性、经济性与实际条件相适应。

盾构由通用机械(外壳、掘进机构、挡土机构、推进机构、管片组装机构、附属机构等部件)和专用机构组成。专用机构因机种的不同而异。如对土压盾构而言,专用机构即为排土机构、搅拌机构、添加材注入装置;而对泥水盾构而言,专用机构系指送/排土机构、搅拌机构。

### 第一节 盾构的基本构造

#### 一 外壳

设置盾构外壳的目的是保护掘削、排土、推进、衬砌等所有作业设备、装置的安全,故整个外壳用钢板制作,并用环形梁加固支承。

一台盾构的外壳沿纵向可分为前、中、后三段,通常又把这三段分别称为切口环、支承环及盾尾,见图 2-1。盾尾后端安装有盾尾密封。

##### 1. 切口环

切口环位于盾构的前方,该部位装有掘削机械和挡土设备,故又称为掘削挡土部。对切口环的要求是:

- (1)切口环的形状、尺寸,必须与围岩条件相适合;
- (2)刃脚必须是坚固、易贯入地层的结构。

切口环保持工作面的稳定,并作为把开挖下来的土砂向后方运送的通道。因

此,采用机械化开挖、土压式或泥水加压式盾构时,应根据开挖下来土砂的状态,确定切口环的形状、尺寸。尤其是当工作面用隔板隔开,构成承受水压、土压的压力室状态时,对其强度必须进行充分研究。

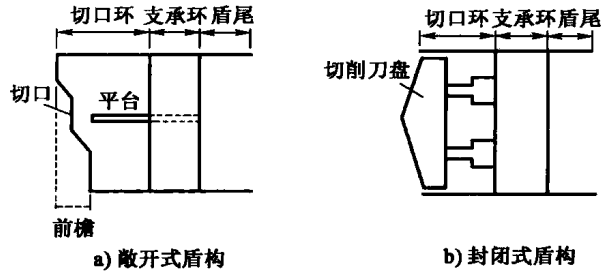


图 2-1 盾构体构成图

对于全敞开式盾构而言,通常切口的形状有阶梯形、斜承形、垂直形三种,见图 2-2。切口的上半部较下半部凸出,呈帽檐状。凸出的长度因地层不同而异,通常为 300~1000mm。但是对部分敞开式(网格式)盾构而言,也有无凸出帽檐的设计。对自立性地层来说,切口的长度可以设计得稍短一些;对无自立性地层而言,切口的长度应设计得长一些。掘削时把掘削面分成几段,设置几层作业平台,依次支承挡土、掘削。有些情况下,把前檐做成靠油缸伸缩的活动前檐。切口的顶部做成刃形;对砾石层而言,应做成 T 形。

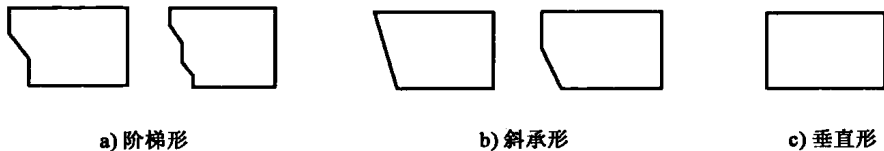


图 2-2 切口形状

对于封闭式盾构,如图 2-1 中 b),与图 2-1a)的主要区别是在切口环与支承环之间设有一道隔板,使切口部与支承部完全隔开,即切口部得以封闭。切口部的前端装有掘削刀盘,刀盘后方至隔板之间的空间称为土仓(或泥水仓)。刀盘背后土仓空间内设有搅拌装置。土仓底部设有进入螺旋输送机的排土口。土仓上部留有添加材注入口。此外,当考虑更换刀头、拆除障碍物、地中接合等作业需要时,应同时考虑并用压气工法和可以出入掘削面的形式,因此隔板上应考虑设置人孔和压气闸。

## 2. 支承环

支承环连接切口环与盾尾,内部可安装切削刀盘的驱动装置、排土装置、盾构千斤顶等,或作为推进操作的场所。在人力开挖盾构的切口环中装备有支挡装置,支承环承担支护开挖面千斤顶和盾构千斤顶反力,并且为盾构千斤顶等设备提供



安装的空间,见图 2-3。

支承环是盾构的主体结构,承受作用于盾构上的全部荷载。另外,切口环和盾尾的设计都是根据支承环具有足够刚度的假定进行的,故支承环的设计非常重要。通常在支承环的前方设置环状刚性结构作为补强措施,因此,支承环的壳板有时设计得比切口环及盾尾板薄一些。

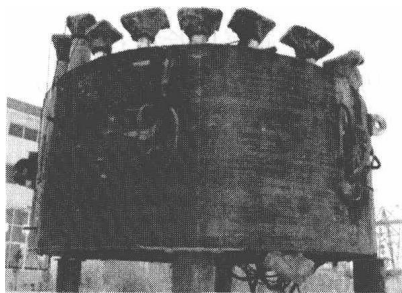


图 2-3 盾构支承环(中盾)

支承环的长度应根据安装盾构千斤顶、切削刀盘的轴承装置、驱动装置和排土装置的空间决定。

封闭式盾构的切口环与支承环用隔板隔开,切口环则成为用切削刀盘切削下来的土砂的通路。

### 3. 盾尾

盾尾的长度需根据管片宽度和形状及盾尾密封装置的道数来确定,对于机械化开挖式、土压式、泥水加压式盾构,还要根据盾尾密封的结构来确定。盾尾的最小长度必须满足衬砌组装工作的需要,同时应考虑在衬砌组装后因破损而需更换管片、修理盾构千斤顶和在曲线段进行施工等条件,使其具有一些富余量。

盾尾板的厚度在不产生有害变形的前提下,应尽可能薄一些。在盾尾的尾端安装有密封材料,使之具有防水性能。另外,在盾尾中安装有管片拼装机。在带有可拆设备的盾构中,为了在支承环处进行分割,钢壳部分分为前壳和后壳,或分割成几块,用方向控制千斤顶联结。

## 盾构尺寸、质量的确定

### 1. 盾构外径 $D_e$

盾构外径  $D_e$  可由下式确定,即

$$D_e = D_0 + 2(X + t) = D_0 + 2\Delta D \quad (2-1)$$

式中:  $D_0$ ——管片的外径, mm;

$X$ ——盾尾间隙, mm;

$t$ ——盾尾外壳的厚度, mm;

$\Delta D$ ——构筑空隙, mm。

### 2. 盾构的长度 $L$

盾构的长度  $L$  与地层条件、开挖方式、出土方法、操作方式及衬砌形式等多种因素有关,通常由下式确定