

DUNGOU / TBM SUIDAO SHIGONG
SHISHI GUANLI XINXI XITONG

盾构/TBM 隧道施工 实时管理信息系统



江玉生 杨志勇 蔡永立 / 著



人民交通出版社
China Communications Press

DUNGOU / TBM SUIDAO SHIGONG
SHISHI GUANLI XINXI XITONG

盾构/TBM 隧道施工 实时管理信息系统

江玉生 杨志勇 蔡永立 / 著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书在简要介绍了盾构/TBM 的国内外发展历史、主要类型和工作原理后,对现代盾构/TBM 掘进过程中自动采集的数据以及这些数据的传输方式进行了分析和介绍,重点讲述了盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统,并结合两个工程实例详细说明了该系统在盾构施工现场的应用情况。附录部分给出了盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统的简单使用方法。

本书可供从事盾构隧道工程研究、设计、监理和管理人员学习和参考,也可用作高等院校和科研机构从事相关专业的教师、学生和研究人员参考书,尤其对从事盾构隧道施工的工程技术人员和管理人员控制盾构工程进度、质量和安全与风险管理有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统/江玉生,杨志勇,蔡永立著.—北京:人民交通出版社,2007.12
ISBN 978-7-114-06928-4

I. 盾... II. ①江…②杨…③蔡… III. 盾构(隧道) - 工程施工 - 施工管理 - 管理信息系统 IV.U455.43-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 185290 号

书 名:盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统

著 作 者:江玉生 杨志勇 蔡永立

责任编辑:陈志敏

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.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本:787×960 1/16

印 张:7

字 数:136千

版 次:2007年12月 第1版

印 次:2007年12月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-06928-4

印 数:0001-2000册

定 价:19.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 盾构工法发展概况	1
1.2 盾构工法在中国的应用	5
第 2 章 盾构施工技术简介	6
2.1 盾构的概念	6
2.2 盾构构造	7
2.3 盾构的种类	8
2.4 土压平衡盾构	8
2.5 泥水平衡盾构	9
2.6 盾构施工管理软件	11
第 3 章 盾构掘进过程中采集的数据	13
3.1 数据结构	13
3.2 过程数据库	14
3.3 报警数据库	14
3.4 计算数据库	17
3.5 掘进数据库	19
3.6 状态数据库	19
第 4 章 数据传输	22
4.1 盾构数据传输系统	22
4.2 盾构/TBM 洞内有线实时数据传输系统	23
第 5 章 盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统	25
5.1 系统研发的目的	25
5.2 系统设计	25
5.3 系统基本结构与功能	28
5.4 系统的特点	40
5.5 系统的实现	48
第 6 章 系统在北京地铁十号线 11 标段的应用	51
6.1 工程概况	51

6.2	设备简况.....	52
6.3	盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统的运行情况	52
6.4	系统在北京地铁十号线 11 标的应用情况	60
6.5	系统在北京地铁十号线 11 标段运行中存在的问题	61
第 7 章	系统在沈阳地铁一号线 4 标段的应用	62
7.1	项目概况.....	62
7.2	盾构/TBM 洞内有线实时数据传输系统的研发与应用	64
7.3	盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统的运行情况	65
7.4	系统在沈阳地铁一号线 4 标段的应用情况.....	73
第 8 章	结论	75
附录	· 盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统——使用说明	77
参考文献		104

第 1 章 绪 论

1.1 盾构工法发展概况

盾构工法的起源可以追溯到 1818 年,法国工程师布鲁诺(Brunel)从蛀虫在船身上打洞一事得到启发,提出了盾构施工法,并获得特许,这可以说是敞胸式手掘盾构的原型。1823~1841 年,布鲁诺首次在伦敦泰晤士河下修建了一条世界上第一条盾构法施工的隧道,全长 458m。1887 年,英国人格雷特海德(Greathead)在南伦敦铁路隧道工程中组合使用盾构和气压施工法进行施工,奠定了现代盾构施工法的基础。

19 世纪末到 20 世纪中叶盾构工法相继传入美国、法国、德国、日本、前苏联、北欧挪威、丹麦等国家,并得到了不同程度的发展。美国在 1892 年最先开发了封闭式盾构,同年法国巴黎使用混凝土管片建造了地下水道隧道,1896~1899 年德国使用钢管片建造了柏林隧道。美国仅纽约一地自 1900 年起用气压盾构就建了数十条水底隧道。1931 年前苏联用英制盾构建造了莫斯科地铁隧道,施工中使用了化学注浆和冻结工法。1939 年日本采用手掘圆形盾构建造了直径 7m 的关门隧道。1948 年前苏联建造了列宁格勒地铁隧道。

20 世纪 60~80 年代盾构设备制造获得了巨大进步,盾构工法本身继续发展完善,成绩显著。1960 年英国伦敦开始使用滚筒式掘进机,同年美国纽约最先使用油压千斤顶盾构。1964 年日本埼玉隧道中最先采用泥水盾构,1969 年日本在东京首次实施泥水加压盾构施工。1972 年日本研发了土压平衡盾构,并于 1978 年开发了高浓度泥水平衡盾构。1981 年日本开发气泡盾构成功,1988 年又成功地开发了双圆泥水盾构。

20 世纪 80 年代以后盾构工法的技术进步极为显著。盾构隧道趋于长距离化、大直径化和小直径化发展,英法两国共同建造的英吉利海峡隧道长达 48km,采用 $\phi 8.8\text{m}$ 的 TBM,于 1993 年竣工。日本东京湾隧道长 15.1km,采用 $\phi 14.14\text{m}$ 泥水盾构于 1996 年完工,南部非洲内陆国家莱索托高地引水项目,采用了不同直径的硬岩 TBM,隧道长度 16~40km 不等,于 1997~1998 年顺利完工。德国易北河第四隧道采用 $\phi 14.2\text{m}$ 的复合盾构,于 2003 年竣工。盾构断面形状也出现了多样化,出现了矩形、马蹄形、椭圆形、双圆形,甚至三圆形等多种异圆断面盾构(多研发和应用于日本)。盾构施工越来越自动化,盾构设备中出现了管片吊装、拼装自动化装置,盾构掘进过程中的方向、姿态自动控制系统,盾构施工信息化,自动化的管理系统以及盾构施工故障诊断系统。

盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统

盾构工法的发展情况见表 1-1。

表 1-1 盾构工法发展年报表

年 份	国 家 地 点	开 发 内 容
1804	英国伦敦	L. Torevix 着手泰晤士河隧道准备、停止
1818	英国伦敦	M. L. Brunel 提出盾构法获得专利
1825	英国伦敦	M. L. Brunel 使用盾构构筑泰晤士河河底隧道(砖砌管片), 第二年因塌方工程停止
1830	英国	T. L. Cochrane 发明气闸, 获得专利
1836	英国伦敦	使用新型盾构的泰晤士河过河隧道(方形铸铁盾构外壳)再次开工
1843	英国伦敦	上述工程竣工
1865	英国	P. W. Barlow 发明铸铁钢管片
1869	英国伦敦	J. H. Great Head 在泰晤士河地铁中首次使用压气圆形断面盾构
1879	英国伦敦	J. Thomson 提出使用机械盾构
1887	英国伦敦	南伦敦铁道隧道
1891	美国巴尔的摩	使用长方形盾构
1892	美国巴尔的摩	使用封闭式盾构
1892	法国巴黎	使用混凝土管片
1896	美国	使用木制管片
1896	法国巴黎	使用椭圆形盾构(下水道隧道)
1896	英国伦敦	J. Price 设计接近现在盾构的机械盾构
1897	英国	使用铸铁管片、混凝土做衬
1899	德国柏林	使用钢板管片
1909	德国易北河	使用型钢管片
1913	德国易北河	使用马蹄形盾构
1914	美国克利夫兰	自来水隧道中使用钢筋混凝土管片
1915	英国	使用压气工法
1917	日本	国铁羽越线使用盾构工法(因施工技术准备不足, 中途停止)
1931	莫斯科	莫斯科地铁使用英制、苏制盾构, 铸铁管片, 混凝土管片, 施工中使用注浆法、冻结工法
1939	日本	关门隧道中使用 $\phi 7\text{m}$ 的手掘式压气圆形断面隧道
1948	(前苏联)列宁格勒	地铁中使用机械盾构, 同时开发列宁格勒、基辅盾构
1953	日本	关门隧道中使用半机械盾构
1954	中国阜新	$\phi 2.6\text{m}$ 圆断面盾构法疏水道
1957	中国北京	$\phi 2\text{m}$ 、 $\phi 2.6\text{m}$ 盾构法下水道

第1章 绪 论

续上表

年 份	国 家 地 点	开 发 内 容
1960	英国伦敦	使用滚筒式掘削机
1960	美国纽约	Beach 首次使用液压千斤顶盾构
1960	日本名古屋	觉王山隧道中首次使用圆形断面盾构
1961	法国	提出水压封闭式盾构(与泥水加压盾构原理相同)
1963	中国上海	打浦路过江隧道 $\phi 10.22\text{m}$, 网格水力出土盾构
1965	日本东京	地铁 9 号线中使用挤压盾构
1972	日本	开发涂鸭盾构
1974	日本	开发卵石泥水盾构
1975	日本	开发泥土加压盾构
1978	日本东京	开发使用高浓度泥水盾构
1981	日本	开发气泡盾构
1982	日本东京	掘削的同时进行现场作衬的工法开发
1982	法国多哈海峡	英法海峡隧道 $\phi 8.62\text{m}$ 的削土密封式盾构
1982	日本东京	$\phi 10.58\text{m}$ 泥水盾构
1984	中国上海	延安东路隧道 $\phi 11.3\text{m}$ 网格式水力出土盾构
1988	法国多哈海峡	1 台盾构连续掘进 20km
1990	日本	下水道工程二只盾构彼此地中对接成功
1990	日本名古屋	名古屋地铁 $\phi 10.48\text{m}$ 土压盾构
1992	日本东京	自由断面盾构功能证实试验成功
1992	法国里昂	索恩河过河隧道中 $\phi 10.96\text{m}$ 土压盾构掘进成功
1993	日本东京	NOMST 工法成功
1994	日本神奈何	球体盾构横掘进成功
1994	中国上海	延安东路过江隧道复线工程 $\phi 11.22\text{m}$ 泥水平衡盾构
1994	日本大阪	地铁站三圆站盾构工法成功(中间走车, 两侧下客)
1994	日本东京	矩形盾构在东京问世
1996	日本	东京湾盾构隧道($\phi 14.14\text{m}$)竣工
1996	日本	直角分岔盾构工法问世
1996	日本	可以现场切换刀头的球体盾构问世
1996	日本	东京地铁 7 号线 $\phi 14.18\text{m}$ 母子泥水盾构开发成功
1996	日本	三圆搭接站盾构工法(中间站台, 两边走车)
1997	日本	四条近接扭曲隧道施工技术开发
1997	日本	竖井与横向隧道连续施工技术开发

盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统

续上表

年 份	国 家 地 点	开 发 内 容
1997	日本	掘削轮廓隧道构筑法的提出
1997	日本	PC-ECL 工法开发成功
1997	日本	DPLFX 盾构工法开发成功(多轴圆形摇动)
1997	日本	分岔盾构研制成功
1997	日本	马蹄形盾构工法研制成功
1997	日本	纵双圆搭接盾构工法的开发成功
1997	日本	侧向地中接合工法开发成功
1997	日本	扩径盾构开发成功
1998	日本	$\phi 14.18\text{m}$ 超大盾构市区掘进成功
1998	日本	高速施工管片的开发
1998	日本	滑动式切削刀头更换系统开发成功
1999	日本	直径 $\phi 11.52\text{m}$ 土压盾构问世
1999	日本	盾构前方甲烷气体探查装置开发成功
1999	日本	纵双连分岔泥水盾构开发成功
1999	日本	摇动及长程超挖刀头并用式矩形盾构工法
1999	日本	封闭式盾构工法(外防水套型盾构工法、高水压工法)
2000	日本	任意断面多台子盾构型母子盾构工法
2000	日本	可变断面工法
2001	日本	插入扩径盾构工法
2001	日本	多轴摇动地铁复线隧道的构筑
2001	日本	可以再利用双重构造盾构开发
2002	日本	内舱引拔利用型盾构开发成功
2002	日本	电蚀法盾构直接出井工法
2002	日本	包缠盾构工法
2003	德国	易北河隧道建成($\phi 14.2\text{m}$, 复合盾构)
2003	日本	摆动式矩形盾构
2003	日本	地中分离母子盾构工法
2003	英国、法国	第二条英吉利海峡隧道($\phi 15\text{m}$, 土压式)开工
2003	日本	用球轴承框架盾构井内旋转施工
2003	日本	双模盾构的开发及实用化(可敞开、可封闭双模盾构)
2004	荷兰	格累恩哈特隧道($\phi 14.87\text{m}$, 泥水式)竣工(预计)

1.2 盾构工法在中国的应用

1956年我国在阜新海州露天矿用 $\phi 2.66\text{m}$ 的盾构在砂土层里成功地开凿了一条疏水巷道,这是我国第一条用盾构施工的隧道。1957年北京下水道工程采用 $\phi 2.0\text{m}$ 和 $\phi 2.6\text{m}$ 的盾构进行施工。

1966年上海打浦路隧道工程主隧道采用由上海隧道工程设计院设计,江南造船厂制造的我国第一台 $\phi 10.2\text{m}$ 大型网格挤压盾构施工,辅以气压稳定开挖面,在黄浦江底顺利掘进隧道,掘进总长 1322m ,获得了成功。

1987年上海隧道股份有限公司成功研制了我国第一台 $\phi 4.35\text{m}$ 加泥式土压平衡盾构,用于市南站过江电缆隧道工程,穿越黄浦江底粉砂层,掘进长度 583m ,技术成果达到19世纪80年代国际先进水平,并获得1990年国家科技进步一等奖。

1990年上海地铁一号线工程全线开工, 18km 区间隧道采用7台由法国FCB公司、上海隧道股份公司、上海隧道工程设计院、上海船厂联合制造的 $\phi 6.34\text{m}$ 土压平衡盾构。每台盾构月掘进 200m 以上,地表沉降控制在 $-30\sim 10\text{mm}$ 。1996年上海地铁2号线再次使用这7台土压平衡盾构,并又从法国NFM公司引进两台土压平衡盾构,掘进 24km 区间隧道。

1996年广州地铁一号线开工,其中 8.8km 盾构区间隧道由日本青木建设施工,采用两台 $\phi 6.14\text{m}$ 泥水加压盾构和一台 $\phi 6.14\text{m}$ 土压平衡盾构。

自2001年起广州地铁二号线、南京地铁二号线、深圳地铁一号线、沈阳地铁一号线先后从德国和日本引进14台 $\phi 6.14\sim \phi 6.34\text{m}$ 的土压平衡盾构和复合盾构,掘进地铁隧道 50km 。后来的广州地铁三号、四号、五号等,深圳、上海、南京、天津、沈阳、成都等地铁线的建设,部分高速铁路隧道的建设(如广深港高速铁路隧道等),都已经或即将采用盾构/TBM法施工。盾构工法施工隧道已经成为我国城市地铁隧道和部分铁路隧道的主要施工方法。

根据北京市轨道交通的发展规划,在2008年举办奥运会之前,北京市要建成地铁五号线、十号线及奥运支线和机场线等一大批地铁线路,轨道交通的总运营里程达 300km 以上,投资强度大、建设任务重、施工工期紧。为加快地铁建设速度,提高工程质量,确保施工安全,北京市地铁五号线施工首次引入盾构法施工,采用盾构法施工的隧道长度约占五号线地下总长的 43% 左右,而几乎同期施工的四号线、十号线也占相当大的比例,所需投入盾构设备估算约18台。即将开工建设的北京地铁十号线II期工程、六号线、八号线、九号线、亦庄线和大兴线等,也都将不同程度采用盾构工法进行工程施工。

第 2 章 盾构施工技术简介

2.1 盾构的概念

盾构英文名为 Tunneling Shield Machine 或 Shield Machine。

盾构的定义为:用于隧道暗挖施工,具有金属外壳,壳内装有整机及部分辅助设备,在其掩护下进行土体开挖、土渣排运、整机推进、管片拼装等作业,通过割刀切割土体,而使隧道一次成形的机器。而 TBM 则是 Tunneling Boring Machine 的简称,亦即隧道掘进机。在盾构/TBM 的发展历史上,曾经有一段时间将盾构定义为开挖土体的机械化设备,而将 TBM 定义为岩石隧道掘进机。随着工程建设的不断发展和工程条件越来越复杂,在机械开挖隧道的过程中,已经越来越多地遇到机械化设备开挖土岩混合断面的情况,同时全岩隧道中也大量出现软硬不均(岩石强度差别很大),土层隧道中开挖断面也出现严重不均一的土层情况等,因此近些年来,国际上有一种趋势,统称盾构和 TBM 为 TBM,图 2-1 和 2-2 分别为传统盾构和 TBM 的刀盘情况。

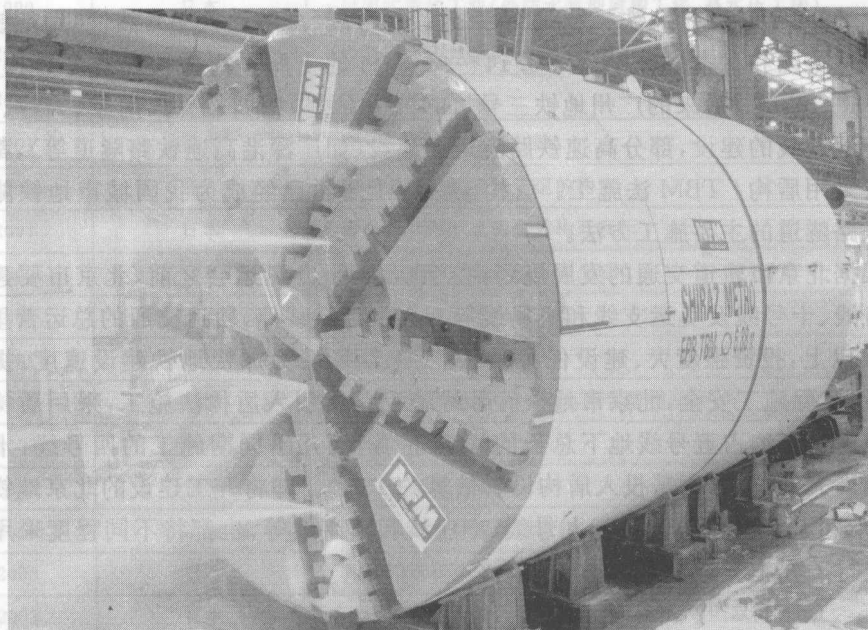


图 2-1 盾构刀盘及其外部结构

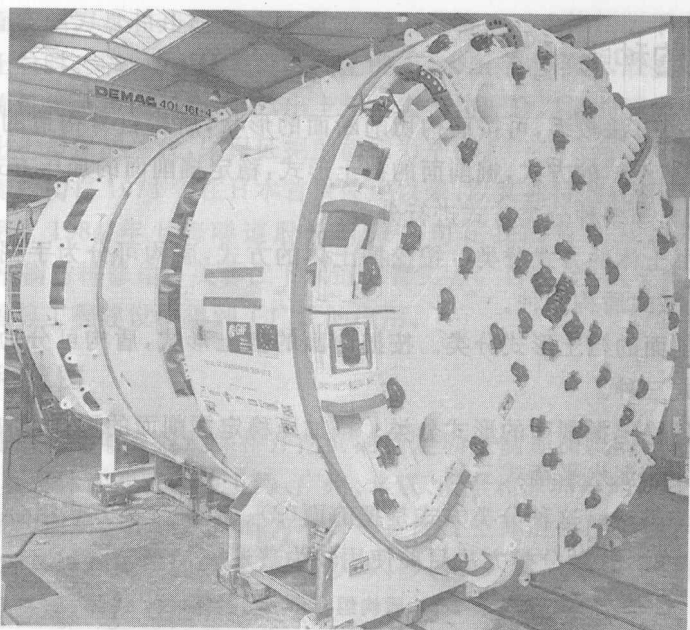


图 2-2 TBM 刀盘及其外部结构

2.2 盾构构造

盾构整机主要归纳成十八个组成部分:刀盘部件、刀盘轴承(大轴承)及刀盘密封、刀盘支撑壳体、机架、支撑及推进系统、刀盘回转系统、管片拼装装置、盾尾密封设备、出渣设备、激光导向装置、除尘装置、液压系统、润滑系统、电气系统、控制系统、监控系统、数据采集系统和同步注浆系统。如图 2-3 所示为一台日本制造的盾构构造简图。

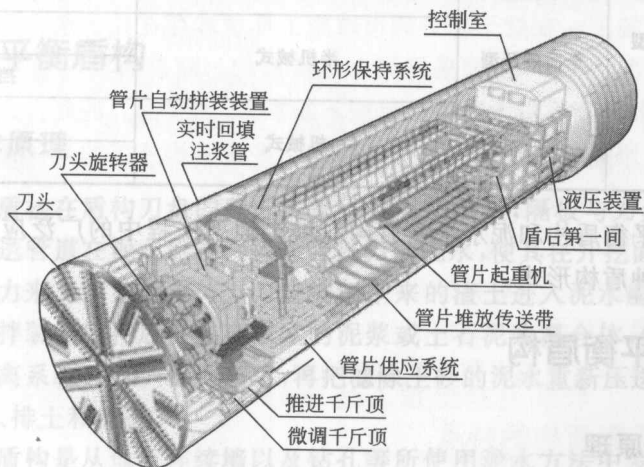


图 2-3 盾构构造

2.3 盾构的种类

盾构的分类方法较多,可按盾构切削断面的形状,盾构自身构造的特征、尺寸的大小、功能,挖掘土体的方式,掘削面的挡土形式,稳定掘削面的加压方式、施工方法,适用土质的状况等多种分类方式进行分类。

(1)按挖掘土体的方式分类。按挖掘土体的方式,盾构可分为手掘式盾构、半机械式盾构和机械式盾构三种。

(2)按掘削面的挡土形式分类。按掘削面的挡土形式,盾构可分为敞开式、部分敞开式、封闭式三种。

(3)按加压稳定掘削面的形式分类。按加压稳定掘削面的形式,盾构可分为气压式、土压平衡式和泥水平衡式三种。

(4)组合分类法。这种分类方式是把前面(2)、(3)种分类方式组合起来命名分类的方法(见表 2-1),这种分类方法目前使用较为普遍。

表 2-1 盾构组合命名分类法

盾 构	盾构前方构造		形 式	掘削面稳定机构
	封闭式		土压平衡	掘削土+面板
				掘削土+辐条
			泥水平衡	泥水+面板
				泥水+辐条
	敞开型	部分敞开型	网格式	隔板
		全面敞开型	手掘式	前檐
				挡土装置
			半机械式	前檐
				挡土装置
			机械式	面板
				辐条

鉴于土压平衡盾构和泥水平衡盾构在城市地下工程中的广泛应用,下面的介绍主要侧重此两种盾构形式。

2.4 土压平衡盾构

2.4.1 工作原理

土压平衡盾构是在气压盾构和泥水平衡盾构的基础上发展起来的。盾构的前端

有一个全断面切削刀盘和开挖舱,盾构推进时刀盘将正面土体切削下来进入土舱内,当土体充满土舱时,其被动土压与掘削面上的土、水压基本平衡,故掘削面实现平衡,随后通过螺旋机将土舱内的土排出,出土量必须密切配合刀盘的掘进速度,即保证开挖土体和出土量保持一致,以保证掘削面压力平衡。

土压平衡盾构自1974年在日本首次使用以来,以其独特的优势广泛应用于世界各地隧道工程。1984年上海隧道股份有限公司在我国首次采用从日本引进的 $\phi 4.36\text{m}$ 土压平衡盾构修建了芙蓉江下水道总管工程。目前,土压平衡盾构在全国地铁、市政、能源等工程建设中得到了广泛的应用。

2.4.2 适用范围

土压平衡盾构能够有效地保持开挖面的稳定和控制地面沉降,施工的安全性及可操作性高,其总体性能已经在上海、广州、北京、南京和深圳等地铁隧道建设中得到大量工程实践的证明。土压平衡盾构本身具备改良土体的性能,通过各种土体的改良,能适应多种环境和地层的要求,可在砂砾、砂、粉砂、黏土等压密程度低,软、硬相间的地层以及砾层、砂层等地层中使用。

2.4.3 土压平衡盾构的特点

土压平衡盾构具有以下三个特点:

(1)施工中基本不使用土体加固等辅助施工措施(盾构始发除外),节省工程成本,而且对环境无污染。

(2)根据土压变化调整出土和盾构推进速度,易达到工作面的稳定,易于控制土体和地面的沉降变形。

(3)对掘进土量和排土量能自动管理,机械自动化程度高,施工速度快。

2.5 泥水平衡盾构

2.5.1 工作原理

泥水平衡盾构在盾构刀盘的后方设置一道封闭隔板,隔板与刀盘的空间就是泥水舱。通过输送管道在泥水舱内注入适当压力的泥水,使其在开挖面形成泥膜,并且通过泥水的压力来支撑正面土体。刀盘掘削下来的渣土进入泥水舱,与泥水舱内的泥水混合经搅拌装置搅拌后形成高浓度的泥浆或土石泥浆混合物,经泥浆泵泵送到地表的泥水分离系统,待土、水分离后,再把滤除土砂的泥水重新压送回泥水舱,如此不断完成掘削、排土和推进。

泥水平衡盾构是从地下连续墙以及钻孔等所使用泥水方法中发展起来的,起源于英国。日本在1964年前后开始着手泥水平衡盾构的研究,1969年日本铁道建设

公司在京叶线森琦运河附近的工程中,成功的实现了泥水平衡盾构工法。此创举很快在欧美盛行起来,随着电子计算机和自动控制技术的不断发展,这一先进设备和技术相继在一些先进的欧美国家运用。如图 2-4 所示为德国海瑞克公司制造的复合式泥水平衡盾构,该盾构被应用于西气东输城陵矶过江隧道工程。

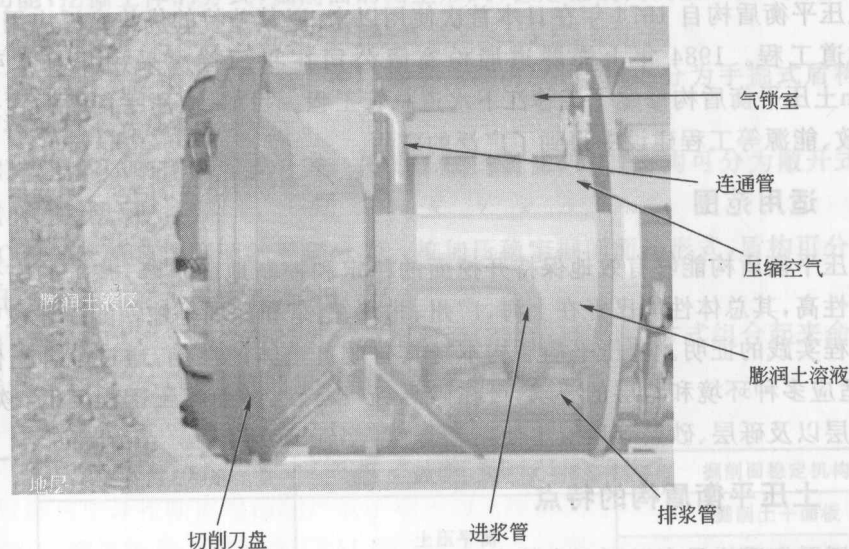


图 2-4 复合式泥水平衡盾构构造

2.5.2 适用范围

泥水平衡盾构适用于软弱的淤泥质黏土层、松散的砂土层、砂砾层、卵石砂砾层、砂砾和硬土的土层、岩石地层等,尤其适用于地层含水量大,上方有大水体的越江隧道和海底隧道的施工。在处于恶劣的市政施工环境和存在地下水尤其是高承压水砂性土层等不良工况条件下,也能采用泥水平衡盾构。随着盾构制造技术和施工技术的不断进步,泥水平衡盾构所适用的范围不断扩大,加装滚刀的复合式泥水平衡盾构可以完全用于硬岩地层的施工。适合使用泥水平衡盾构施工的具体地层有:

- (1) 隧道上方有江、河、湖、海等大水体的地层。
- (2) 由砂土、粉土等多层土层构成的地层。
- (3) 滞水砂层及其他松散地层。
- (4) 高水压层和高承压水的地层。
- (5) 砾石直径不大但砾石数量较多的地层。

2.5.3 泥水平衡盾构的特点

泥水平衡盾构具有以下六个特点:

(1)在易发生流砂的地层中能稳定开挖面。

(2)泥水压力传递速度快而均匀,开挖面平衡土压力的控制精度高,对开挖面周围土体的扰动小,地面沉降量的控制精度高。

(3)盾构出土由泥水管道输送,可以做到连续出渣,减少了机车运输量,施工速度快。

(4)刀具、刀盘磨损小,易于长距离盾构施工。

(5)刀盘所受的扭矩小,更适合大直径隧道的施工。

(6)需要较大规模的泥水处理设备及设置泥水处理设备的场地。

2.6 盾构施工管理软件

2.6.1 盾构自带的监控系统

20世纪80年代末,随着电子技术的飞速发展,世界上一些发达国家制造的盾构已开始采用传感器、仪表和PLC来自动采集盾构工作中的参数数据,与此同时各个盾构生产厂家也开发了各自的信息管理系统对盾构采集的数据进行管理和分析,并对盾构施工进行监控。

世界各个盾构生产厂家的盾构设备,在控制系统和相关参数的采集和处理方面都是大同小异的,其目的主要是对设备本身进行有效控制并提供相关的设备和施工参数,供盾构施工者参考。它对盾构施工过程的设备和施工参数的记录是比较全面的,但其盾构系统本身没有充分利用,或者无法充分利用这些有效的数据。特别是对盾构生产管理者而言,无法利用这些宝贵的数据对盾构施工进行指导,同时,盾构施工过程中出现问题一般是在很短的时间内发生的(十几秒到一分钟之内),如何将短时间内发生的事情作出充分研究,找出事情发生的根本原因,也是盾构自带的监控系统本身难以解决,甚至是无法解决的问题。

采用盾构自带的监控系统会有以下缺点:

(1)计算机的软件脱离我国实际。如日本三菱公司的SCADA系统的运行环境是日文DOS系统,德国海瑞克公司的管理系统运行环境是英文Windows系统。

(2)应用程序不公开,用户无法了解软件并进行软件维护。

(3)显示界面的语言为英文或日文,给分析带来不便。

(4)各盾构生产商开发的管理系统只能对盾构设备的运行情况进行管理而不能对盾构施工进行管理。

2.6.2 我国开发的相关盾构/TBM施工管理软件简介

上海隧道公司于20世纪90年代研制了以上海地区软土隧道施工经验为基础的“盾构法隧道施工智能化辅助决策系统”,用于地面沉降的研究。2003年上海隧道公

司又开发了“盾构隧道信息化施工智能管理系统”,用于工程项目远程管理。

1990 年同济大学建立了“地面沉降预估专家系统”,并于 1991 年用于上海地铁一号线的施工监控。随后同济大学开发了“盾构隧道施工与多媒体监控与仿真系统”,用于上海地铁和广州地铁的盾构施工,获得了较好的效果。

在上海地铁的修建过程中,上海第二市政公司开发了“盾构姿态自动监测系统”,用于控制盾构的姿态。

深圳地铁一号线施工中首次采用 MIS 和 GLS 建立“地铁施工监测信息系统”来监控地表的沉降。

20 世纪 90 年代我国开发了“TBM 故障诊断专家系统”,该系统用于秦岭 TBM 隧道施工中,获得了非常好的效果。

2003 年武汉大学以“南水北调工程成套设备研制”项目为依托,研发了基于网络的 TBM 隧道施工数据库系统。

2.6.3 盾构隧道施工监控及管理中的问题

监测技术的发展和运用,使信息化控制成为可能,但监测技术和方法还处于发展阶段。总体上说,我国在施工过程监控的信息化管理水平,与国外相比尚存在很大差距。就目前发展和应用情况来看,主要存在以下几个方面需要亟待解决的问题:

(1) 高新技术应用少。高新技术在整个地下工程乃至整个建筑行业中的应用都还很薄弱,计算机应用技术、网络技术、数据库、多媒体、仿真、光纤通信等高新技术在施工中的应用都不普遍,而各种高技术的综合集成应用在国内也很少。

(2) 监测滞后于施工,监测信息的反馈应用不及时或得不到高度重视。在监测数据的管理方面,还没有一个较为完善的数据存储与管理系统,大量的数据得不到妥善的处理与利用;对于盾构采集的数据不能及时有效地传递到现场施工人员手中,并进一步指导下一步的施工。

(3) 重硬件(仪器及埋设)轻软件(资料整理、分析与反馈)的现象比较普遍。一些工程中埋设大量的监测仪器,却不及时对监测所得的资料进行整理分析,或者只对监测数据进行常规的初步整理。究其原因还是缺乏相应便于使用的应用软件。

总之,随着我国经济发展和城市功能的不断提高,较为先进的盾构法隧道施工技术也越来越多地应用于城市地铁的建设中。盾构法隧道及其施工是一种典型的有预定目标和轨迹的系统工程,施工过程中会产生大量的数据和输入输出信息,如何有效地对这些大量的数据进行监控和分析是至关重要的。因此,建立一套对盾构施工全过程进行实时监控并能够对盾构施工参数进行统计和分析的盾构/TBM 隧道施工实时管理信息系统迫在眉睫。