

地下工程机械化施工新技术丛书

机械化施工

组织与管理

JIXIEHUASHIGONGZUZHIYUGUANLI

章克凌 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

地下工程机械化施工新技术丛书

机械化施工组织与管理

主编 章克凌
参编 秦根杰 刘军
主审 展魁轩



机械工业出版社

随着地下建筑施工机械化程度的不断提高,广大工程技术人员特别是工程项目组织者,迫切需要了解有关机械化施工组织与管理专业知识,这对指导项目施工、提高项目经济效益具有重大意义。本书正是为这些读者服务的。

本书主要内容为:机械化施工组织基本原理,地下工程施工常用机械,地下工程施工准备,机械化掘进施工组织,机械化被覆施工组织以及综合示例。

本书可以作为工民建专业中一门崭新的专业教材或参考书,供广大师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械化施工组织与管理/章克凌主编. —北京:机械工业出版社, 2006

(地下工程机械化施工新技术丛书)

ISBN 7-111-19155-2

I. 机… II. 章… III. ①机械化施工-施工组织
②机械化施工-施工管理 IV. TU741.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 048907 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:边 萌 版式设计:冉晓华 责任校对:吴美英

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

148mm×210mm·13.125 印张·385 千字

0 001—5 000 册

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 68354423

封面防伪标均为盗版

地下工程机械化施工新技术丛书

编审委员会名单

编委会主任	展魁轩		
编委	殷辉奇	时传礼	邱述雨
	李福明	周海波	
	周校密	张金虎	
本书主编	章克凌		
本书参编	秦根杰	刘军	
本书主审	展魁轩		

前 言

我国正处于经济高速增长时期，公路、铁路隧道，地铁，水电站地下厂房以及其他各类地下工程作为重要的基础产业，正迅猛发展。机械化水平高、资金密集和技术密集是地下工程区别于其他现代化工业的最大特点。提高广大地下工程施工人员的技术水平和专业技能是提高工程质量和劳动生产效益的根本途径。21 世纪的生活节奏正在不断加快，知识化浪潮明显加快。为此，我们编写了这套地下工程机械化施工新技术系列丛书，以飨读者。

本书是地下工程机械化施工新技术系列丛书之一，由章克凌担任主编，秦根杰、刘军参编，其中章克凌编写第 1、2、3、4 章，刘军编写第 5 章，秦根杰编写第 6 章并负责校对，展魁轩担任主审。

本书供地下工程施工的各类施工人员使用，也可供有关专业教学人员参考。在编写过程中，从参考书目（见书后参考文献）中受益匪浅。另外机械工业出版社的编辑同志在付梓前仔细编审，精心设计，给予我们很大帮助和促进，谨此一并致谢。

由于编写时间仓促，加之编写经验不足，书中难免会有不足之处，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 机械化施工组织基本原理	1
第一节 概述	1
一、地下工程施工方法	1
二、机械化施工现状与发展	7
三、地下工程机械化施工组织设计	15
第二节 流水施工原理	21
一、基本概念	21
二、有节奏流水施工	29
三、无节奏流水施工	36
四、流水施工的组织	41
第三节 网络计划技术	43
一、基本概念	44
二、网络图的绘制	46
三、网络图的时间参数计算	55
四、时间坐标网络计划	65
五、网络优化	69
第二章 地下工程施工常用机械	91
第一节 凿岩台车	91
一、概述	91
二、构造原理	94
三、操作使用	100
第二节 电动扒渣机	101
一、概述	101



二、构造原理	102
三、操作使用	104
第三节 装载机	105
一、概述	105
二、构造原理	108
三、操作使用	110
第四节 混凝土搅拌站	110
一、概述	110
二、HZS50A 型搅拌站的构造原理	112
三、搅拌站的安装	116
四、操作使用	117
第五节 混凝土搅拌运输车	118
一、概述	118
二、构造原理	118
三、操作使用	121
第六节 混凝土输送泵	121
一、概述	121
二、构造原理	122
三、操作使用	125
第七节 空气压缩机	130
一、概述	130
二、构造原理	132
三、操作使用	134
第八节 混凝土喷射机组	135
一、概述	135
二、构造原理	137
三、操作使用	139
第九节 锚杆台车	140
一、概述	140
二、构造原理	140
三、锚杆台车的工作过程	142

第十节 通风机	143
一、概述	143
二、构造原理	144
三、通风方法与风机安装	146
第十一节 水泵	147
一、水泵的分类	147
二、离心式水泵	148
三、无塔上水器	151
 第三章 地下工程施工准备	153
第一节 地下工程开工条件	153
一、环境条件	153
二、技术条件	154
三、物质条件	155
四、社会条件	155
第二节 场地平整	156
一、土石的松密性质	156
二、场地平整的计算	157
三、土方的平衡与调配	163
四、场地平整的机械施工	166
第三节 地下工程施工供水	172
一、供水系统、供水方式及供水管线设置	172
二、施工现场总用水量确定	178
三、高位水池设置	181
四、供水管网设计与计算	183
五、取水设施及水泵选择	188
六、施工供水实例	193
第四节 施工供电	197
一、供电电源	197
二、用电量计算	198
三、变压器选择	203



四、导线	206
五、施工供电方案实例	212
第五节 施工供气	214
一、供气方式及空压机站位置选择	215
二、空压机站总容量确定	217
三、空压机	219
四、空压机站布置与配套	222
五、输气管路	225
六、供气方案实例	233
第六节 施工平面布置	235
一、临时设施	235
二、施工平面设计	241
 第四章 机械化掘进施工组织	 247
第一节 切口方案	247
一、切口的基本方法	247
二、切口施工程序	249
三、隧道入口段掘进	249
四、切口方案实例	250
第二节 洞室开挖方案	254
一、开挖方案的依据	254
二、全断面一次开挖法	256
三、台阶开挖法	256
四、导洞开挖法	257
第三节 出渣运输组织	259
一、装渣组织	259
二、运输组织	260
第四节 隧道施工通风的组织	265
一、施工通风的目的	265
二、通风基本要求	266
三、通风方式	267

四、通风方案的选择	271
五、通风计算	275
六、通风设备选择	282
七、某隧道工程施工通风实例	287
第五节 隧道机械化掘进施工组织管理	290
一、确定掘进施工方案	290
二、确定作业组织形式	291
三、编制掘进循环作业图表	293
四、计算工程量、选用劳动定额及提出进度指标	296
五、编制掘进进度计划	296
六、拟制材料机具计划	298
七、明确施工技术要求	299
第五章 机械化被覆施工组织	302
第一节 隧道混凝土被覆施工组织	302
一、确定混凝土的浇筑方案	302
二、确定被覆作业组织	305
三、确定现场设置方案	306
四、拟制混凝土被覆进度计划	307
五、锚喷作业组织设计程序	308
六、拟制机械设备、工具、材料和劳动力需要量表	309
七、提出主要技术措施和施工要求	309
第二节 竖井混凝土被覆施工组织	310
一、竖井被覆的特点及准备工作	310
二、第二次滑模施工	312
三、第一次滑模施工	331
四、一次性滑模施工	335
五、滑模施工期间安全工作	336
第三节 隧道工程混凝土被覆施工组织示例	337
一、技术准备	339
二、混凝土工程的施工工艺	345



三、质量保证措施及安全生产规定	351
第六章 综合示例	353
第一节 施工组织设计想定	353
一、工程性质及一般情况	353
二、施工材料	356
三、施工条件	357
四、定额	358
第二节 工程量计算	358
一、切口工程量计算	358
二、掘进土石方工程量计算	360
三、被覆工程量计算	361
四、喷射混凝土工程量计算	364
五、暂设工程量计算	369
六、备料工程量计算	369
七、回填块石工程量计算	371
八、劳动量及工作日计算	372
第三节 施工方案	374
一、切口方案	374
二、掘进施工方案	376
三、光面爆破方案	380
四、编制掘进循环图表(1—1断面)	381
五、确定掘进作业组织和作业编组	383
第四节 供水、供风、供气及供电方案	383
一、供水方案	383
二、通风降尘方案	389
三、供气方案	390
四、供电方案	391
第五节 临时支护方案	393
一、锚喷支护的类型	393
二、锚杆参数设计	394

三、锚杆的排列和布置	395
四、锚杆施工	395
五、喷射混凝土材料要求与配比	396
六、喷射混凝土主要工艺参数	396
第六节 被覆施工方案	397
一、确定混凝土灌注方案	397
二、确定被覆作业组织及作业编组	399
三、浇筑及搅拌站设置方案	399
四、被覆中主要技术措施和施工要求	400
五、被覆机具、器材用量计划表(略)	401
第七节 施工部署和现场布置	401
一、施工部署	401
二、施工总进度计划	402
三、施工总平面设计	402
参考文献	405

第一章 机械化施工组织基本原理

第一节 概 述

一、地下工程施工方法

地下工程包括各类隧道、建筑基础、地下厂房等地下设施和构筑物。其中，随着各国对城市空间的开发，特别是交通系统的发展，隧道的建设备受关注。根据 1999 年的统计，我国大陆已建成的铁路和公路隧道共计 5800 余条，总长度达 2700km，其中长度 5km 以上的隧道有 23 条。

在我国 2002 年的全国政协会议期间，地下工程界的几位院士提出了一个提案，指出：21 世纪是地下空间利用和开发的世纪，我国城市基础设施、交通体系、水利工程、西电东送、西气东输等都和地下工程密切相关，预计到 2020 年，我国要建设 6000km 的隧道，那么，在 21 世纪的前 20 年间，平均每年要建设 300km 的隧道。

一般来讲，隧道的施工方法是根据其所处的地质条件和施工机械化水平所决定的。

土层隧道常见的施工方法主要有明挖法、顶管法和盾构法。

对于水下隧道，施工方法主要有盾构法、沉管法、掘进机法（TBM）和矿山法。

对于岩石隧道，施工方法有掘进机法（TBM）和矿山法。

1. 盾构法

盾构是内幅员大于地下结构外轮廓且能连续推进以保障在软土中开挖、拼装衬砌的施工设备。

（1）网格挤压盾构掘进技术 该工法采用网格式水力机械盾构进行隧道掘进施工（图 1-1）。盾构开挖面用高压水力重切土体并搅拌成泥浆，由管道水力输送系统出土。网格上装有可开启的液压闸门，调



节进土量和稳定开挖面土体。该工法具有结构简单、施工速度快的优点，适用于软土地层的各类隧道施工，尤其适用于水底隧道施工。

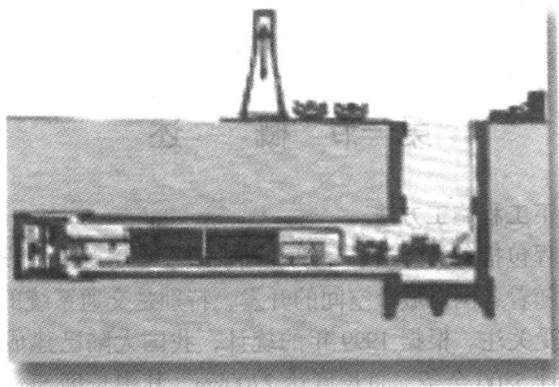


图 1-1 网格挤压盾构掘进

采用该方法施工的工程有：上海延安东路隧道（图 1-2）、打浦路越江隧道和石洞口电厂进排水工程。

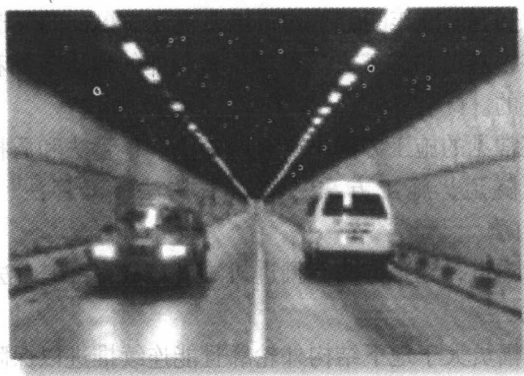


图 1-2 上海延安东路隧道

延安东路隧道圆形主隧道长 1476m，采用自行设计制造的直径



11.3m 超大型网格式水力机械盾构掘进机施工。隧道平面呈 S 形、曲率半径 500m, 纵坡 3%。隧道穿越 500m 宽的黄浦江, 最大埋深 -36m, 最浅覆土厚度 5.8m。

(2) 土压平衡盾构掘进技术(图 1-3) 土压平衡盾构是以 20 世纪 70 年代刀盘切削机械为基础发展起来的一种新型盾构, 其施工方法是为了保持开挖面的稳定, 在切削刀盘后的密封腔内充填开挖下来的土砂, 并保持一定压力, 并由螺旋输送机出土。

土压平衡盾构工法在上海地铁、市政、能源等工程建设中得到广泛的应用。实践证明, 土压平衡盾构工法能在市区和建筑密集处较好地控制地表沉降, 保护环境。

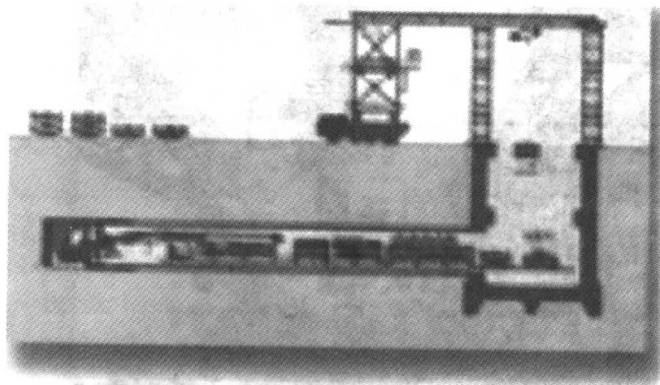


图 1-3 土压平衡盾构

采用该方法施工的工程有: 上海地铁 1 号线区间隧道、上海市南站过江电缆隧道和上海合流污水治理过江隧道等。其中, 上海地铁 1 号线南起莘庄站, 北到上海火车站, 全长 24km, 设 11 座地下车站、6 座地面车站, 地下车站采用地下连续墙围护明挖法或逆筑暗挖法, 双线区间隧道采用 7 台 $\phi 6.34\text{m}$ 土压平衡盾构施工。隧道内径 5.5m, 外径 6.2m, 衬砌厚度 0.35m, 每环由 6 块管片组成, 单块管片最大重量为 3.75t。日掘进速度约 8m, 创月掘进 320m 纪录, 地表沉降控制在 3cm 以内。该方法被评为国家一级工法并获 1993 年上海市科技进

步二等奖。

(3) 泥水加压平衡盾构法 (图 1-4) 泥水加压平衡盾构采用大刀盘切削土体, 密封舱加压泥浆, 起到平衡开挖面水土压力的作用。切削搅拌后的泥浆通过管道输送至地面泥水分离系统。泥水加压平衡盾构具有土层适应性强、对周围土体影响极小、施工机械化程度高等优点。

采用该方法施工的工程有: 上海延安东路隧道南线工程, 其 $\phi 11.22\text{m}$ 泥水加压平衡盾构顺利穿越厂房、民房、防汛墙、黄浦江覆土层、人行地道、高层建筑、地下管线等, 日掘进速度达 $7 \sim 10\text{m}$, 保护了施工沿线的构筑物和环境。

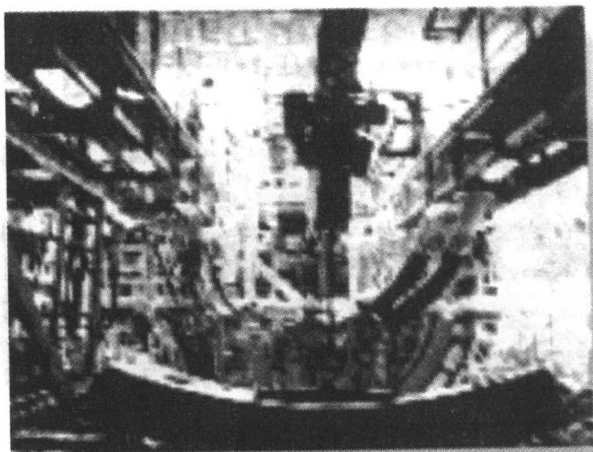


图 1-4 泥水加压平衡盾构法

2. 顶管法

顶管法是使用千斤顶将预制管状构件按顺序水平压入自然土层, 形成地下建筑主要结构的施工方法。该工法也包括土压平衡、泥水平衡两类, 其中土压平衡顶管技术 (图 1-5) 是 20 世纪 70 年代发展起来的一项新技术。该工法既不需要挖槽或水下挖泥, 也不需要降低地下水位, 可以直接在地下水位以下的土层中长距离顶进, 穿越地面建

(构)筑物,也可直接通向水域。因而避免了施工时对航运、铁路或公路交通的影响,并避免了大量的土方工程,在市区施工也可以避免大量拆迁。该工法具有施工速度快、质量好、造价低和对地面影响小等优点。顶管机械已初步形成系列化,并且我们在工程实践中积累了地下、水下、长距、短距、软土、硬土等顶管施工的丰富经验。

奉贤污水南排工程出海管段工程采用该方法施工,管段为 $\phi 1.6\text{m}$ 钢筋混凝土管,自大堤内侧的高位井起始,穿越海堤伸入杭州湾,总长 1856m ,采用顶管法施工一次顶进到位,是迄今国内海底一次顶进距离最长的顶管。

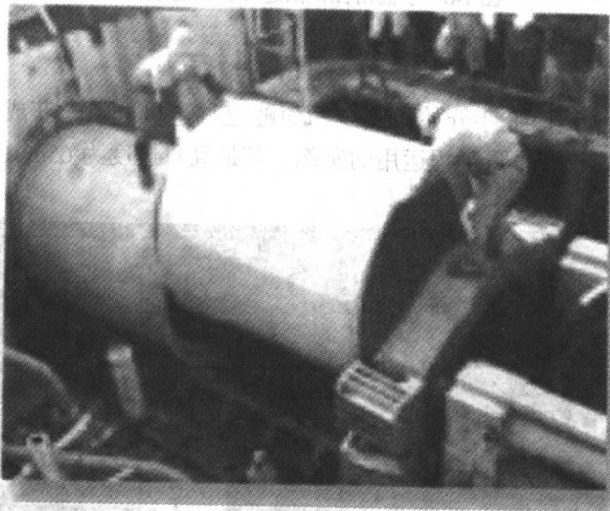


图 1-5 土压平衡顶管法

3. 沉管法

沉管法是在水下先挖沟槽,然后将预制管段沉入沟槽并覆土的水下隧道施工方法。沉管隧道工法采用在干坞中浇筑大型钢筋混凝土管节,然后逐节托运沉放至江、海底部的基槽内。采用沉管法建造过江隧道具有车道多、埋深浅、隧道防水性能好等优点。如宁波甬江常洪越江公路隧道工程(图 1-6),长 1.262km ,设双向四车道,工程的投