



“十二五”
国家重点图书
出版规划项目

TUNNEL MACHINERY

隧道机械

主编 赵静一

副主编 龚国芳 郭锐 冯扶民 秦倩云

工程机械手册

中国工程机械学会组织编写

丛书主编

石来德

HANDBOOK OF CONSTRUCTION MACHINERY

清华大学出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHER FOUNDATION

“十二五”
国家重点图书
出版规划项目

TUNNEL MACHINERY

隧道机械

主编 赵静一

副主编 龚国芳 郭锐 冯扶民 秦倩云

工程机械手册

HANDBOOK OF CONSTRUCTION MACHINERY

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

随着我国高铁、高速公路和城市地下工程等基础设施建设的发展,隧道工程成为重中之重,施工工法不断创新,隧道机械不断完善,新型机械不断研发并得到应用。

本书结合国内外隧道施工工程具体案例和典型产品分为4篇、共9章,详细介绍了隧道、隧道施工技术、隧道开挖设备、隧道支护施工设备、TBM(隧道掘进机)、圆形盾构机、异形盾构机、顶管机、隧道辅助施工机械的基本结构、工作原理、产品型号、技术参数、工作性能和国内外发展动向等方面的内容,满足广大隧道机械专业工作者对产品选型、应用和管理的需求。

本书内容与相关的隧道机械产品设计应用手册和介绍等书籍有一定的互补性,可以为隧道及地下工程、城市轨道交通及相关专业技术人员和高校师生全面了解和正确选用隧道机械提供技术指导,为隧道机械供应商提供帮助,也可以为隧道设计、隧道施工、隧道机械和相关工程技术人员和大专院校师生提供参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程机械手册.隧道机械/赵静一主编.—北京:清华大学出版社,2018
ISBN 978-7-302-51001-7

I. ①工… II. ①赵… III. ①工程机械—技术手册 ②隧道施工—施工机械—技术手册 IV. ①TH2-62
②U455.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第192449号

责任编辑:秦娜
封面设计:傅瑞学
责任校对:王淑云
责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京雅昌艺术印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:34.25 插 页:8 字 数:879千字
版 次:2018年10月第1版 印 次:2018年10月第1次印刷
定 价:258.00元

产品编号:054580-01

《工程机械手册》编写委员会

主 编 石来德

副主编 (按姓氏笔画排序)

王安麟	龙国键	何周雄	何清华	宓为建
赵丁选	赵静一	高顺德	陶德馨	黄兴华

编 委 (按姓氏笔画排序)

王 欣	司癸卯	李万莉	巩明德	朱建新
朱福民	任化杰	严云福	何 旺	张 云
张 氢	张剑敏	张德文	邱 江	吴斌兴
林 坚	周日平	郭 锐	郭传新	倪 涛
董达善	龚国芳	盛金良	谢为贤	雒泽华

《工程机械手册——隧道机械》编委会

主 编

赵静一 燕山大学

副主编

龚国芳 浙江大学

郭 锐 燕山大学

秦倩云 天业通联(天津)有限公司

冯扶民 天业通联重工科技有限公司

编 委 (按姓氏笔画排序)

马文清 山西麦克雷斯液压有限公司

董胜利 江苏天明机械集团有限公司

王大江 天业通联重工科技有限公司

王兆强 上海工程大学

王金祥 天业通联重工科技有限公司

王金铂 青岛力克川液压机械有限公司

王林涛 大连理工大学

王建军 燕山大学

王 鑫 北京航空航天大学

石元奇 上海隧道股份有限公司

刘 文 燕山大学

刘永峰 北京建筑大学

刘 航 江苏天明机械集团有限公司

刘劲军 燕山大学

刘混举 太原理工大学

陈 馈 盾构及掘进技术国家重点实验室

杨成刚 唐山工业职业技术学院

杨 旭 天津大学

杨建伟 北京建筑大学

沈 伟 上海理工大学

吴晓明 燕山大学

郑永光 中铁工程装备集团有限公司

张 宇 天业通联重工科技有限公司

张齐生 燕山大学

张 斌 浙江大学

张鸿鹄 扬州市江都永坚有限公司

欧阳小平 浙江大学
周庆辉 北京建筑大学
祝毅 浙江大学
姜亚先 河北途程隧道装备有限公司
郭铁虎 山西方盛液压机电设备有限公司
贾连辉 中铁工程装备集团有限公司
施虎 西安交通大学
赵士明 唐山工业职业技术学院
覃艳明 秦皇岛优益重工科技有限公司
黄宴委 福州大学
谢海波 浙江大学
康绍鹏 秦皇岛燕大一华机电工程技术研究院有限公司
廉自生 太原理工大学
蔡伟 燕山大学

编写办公室

主任 李文雷

副主任 张启星 赵晶 刘航 刘昊轩 秦亚璐

工作人员 (按姓氏笔画排序)

丁志尹 于航 王少晨 王立亚 王昭 王建峰 王留根 石玉龙 司少朋
任文斌 冯轩 孙永海 孙浩 闫振洋 刘贝 刘杰 刘鹤 刘赛起
李海龙 李玺龙 李鹏帅 杜冲冲 张子实 张梦哲 张立轩 张亚卿 张荣兵
张驰 张瑞鑫 金志杰 杨少康 杨尚尚 茹强 周金盛 赵伟哲

土石方工程、流动起重装卸工程、人货升降输送工程和各种建筑工程综合机械化施工,以及同上述相关的工业生产过程的机械化作业所需的机械设备统称工程机械。

工程机械的应用范围极广,大致涉及如下领域:

- (1) 交通运输(包括公路、铁路、桥梁、港口、机场)基础设施建设;
- (2) 能源领域(包括煤炭、石油、天然气、火电、水电、核电、输气管线)工程建设;
- (3) 原材料领域(包括黑色金属矿山、有色金属矿山、建材矿山、化工原料矿山)工程建设;
- (4) 农林基础设施(包括农田土壤改良、农田水利、农村筑养路、新农村建设与改造、林木采育与集材)建设;
- (5) 水利工程(包括江河堤坝建筑、湖河改造、防洪工程、河道清淤)建设;
- (6) 城市工程(包括城市道路、地铁工程、楼宇建设、工业和商业设施)建设;
- (7) 环境保护工程(包括园林绿化、垃圾清扫、储运与处理、污水收集及处理、大气污染防治)建设;
- (8) 大型工业运输车辆;
- (9) 建筑用电梯、扶梯及工业用货梯;
- (10) 国防工程建设等。

工程机械行业的发展历程大致可分为5个阶段。

第1阶段:萌芽时期(1949年以前)。工程机械最早应用于抗日战争时期滇缅公路建设。

第2阶段:工程机械创业时期(1949—1960年)。我国实施第一个和第二个五年计划

156项工程建设,需要大量工程机械,国内筹建了一批以维修为主、少量生产的工程机械中小型企业,但未形成独立的行业,没有建立专业化的工程机械制造厂,没有统一管理和规划,高等学校也未设立真正意义上的工程机械专业或学科,未建立研发的科研机构,各主管部委虽然建立了一些管理机构,但分散且规模很小。全行业此期间职工人数仅21772人,总产值2.8亿元人民币,生产企业仅20余家。

第3阶段:工程机械行业形成时期(1961—1978年)。成立了全国统一的工程机械行业管理机构:国务院和中央军委决定在第一机械工业部成立工程机械工业局(五局),并于1961年4月24日正式成立,由此对工程机械行业的发展进行统一规划,形成了独立的制造体系;建立了一批专业生产厂;高等学校建立了工程机械专业,培养相应的人才;建立了独立的研究所,制定全行业的标准化和技术情报交流体系。此时全国工程机械专业厂和兼并厂达380多个,固定资产35亿元人民币,工业总产值18.8亿元人民币,毛利润4.6亿元人民币,职工人数达34万人。

第4阶段:全面发展时期(1979—1998年)。这一时期,工程机械管理机构经过几次大变动,主要生产厂下放至各省、市、地区管理,全行业固定资产总额210亿元人民币,净值140亿元人民币。全行业有1008个厂家,销售总额350亿元人民币,其中1000万元销售额以上的厂家301家,总产值311.6亿元人民币,销售额331亿元人民币,利润14亿元人民币,税收31.3亿元人民币。

第5阶段:快速发展时期(1999—2012

年)。此阶段工程机械行业发展很快,成绩显著。全国有 1400 多家厂商,主机厂 710 家,11 家企业进入世界工程机械 50 强,30 多家企业上市 A 股和 H 股;销售总额已超过美国、德国、日本,位居世界第一。产值从 1999 年的 389 亿元人民币发展到 2010 年的 4367 亿元人民币,2012 年总产值近 5000 亿元人民币。进出口贸易有了很大进展,进出口贸易总额由 2001 年的 22.39 亿美元上升到 2010 年的 187.4 亿美元,增长 7.37 倍。其中,进口总额由 15.5 亿美元上升至 84 亿美元,增长 4.42 倍;出口总额由 6.89 亿美元增长到 103.4 亿美元,增长 14 倍。尽管由于我国经济结构的调整,近几年总产值有所下降,但出口仍然大幅上升,2015 年达到近 200 亿美元。我国工程机械出口至全世界 200 多个国家和地区,成为世界上工程机械生产大国。这期间工程机械的科技进步得到加强,工程机械的重型装备已经能够自主研发,如 1200~1600t 级全地面起重机,3600t 级履带式起重机,12t 级装载机,46t 级内燃机平衡重叉车,540 马力的推土机,直径 15m 地铁建设用的盾构机,900t 高铁建设用的提梁机、运梁车、架桥机先后问世。获奖增多,2010 年获机械工业科技进步奖 24 项,2011 年获机械工业科技进步奖 21 项;不少项目和产品获得国家科技进步奖,如静力压桩机,混凝土泵送技术,G50 装载机,1200t 级全地面起重机,3600t 级履带起重机,隧道施工中盾构机、喷浆机器人、液压顶升装置,1200t 级桥式起重机等都先后获得国家奖。国家也很重视工程机械研发机构的创立和建设,先后建立了国家技术中心 18 家,国家重点实验室 4 个,多项大型工程机械列入国家重大装备制造发展领域,

智能化工程机械列入国家科技规划先进制造领域。当然,我国只是工程机械产业大国,还不是强国,还需加倍努力,变“大”为“强”。

工程机械行业前些年的快速发展,一方面使我国工程机械自给率由 2010 年的 82.7% 提升到 2015 年的 92.6%,另一方面也使我国工程机械的现存保有量大幅增加。为使现有工程机械处于良好运转状态,发挥其效益,我们组织编写了一套 10 卷《工程机械手册》,以便工程机械用户合理选购工程机械、安全高效使用工程机械。各卷《工程机械手册》一般按概述,分类,典型产品结构、组成和工作原理,常用产品的技术性能表、选用原则和选用计算,安全使用、维护保养,常见故障和排除方法等六大部分撰写。

本次 10 卷分别是:桩工机械、混凝土机械与砂浆机械、港口机械、工程起重机械、挖掘机械、铲土运输机械、隧道机械、环卫与环保机械、路面与压实机械以及基础件。由于工程机械快速发展,已经形成了 18 大类、122 个组别、569 个品种、3000 多个基本型号的产品,在完成本次 10 卷的撰写工作后,将再次组织其他机种的后续撰写工作。

由于工程机械产品的更新换代很快,新品种不断涌现,加之我们技术水平和业务水平有限,将不可避免地出现遗漏、不足乃至错误,敬请读者在使用中给我们提出补充和修改意见,我们将会修订中逐步完善。

《工程机械手册》编委会

2017 年 2 月

隧道建设是国家重大战略实施与生态文明协调发展的必然选择,是实现城乡互动、区域互通、全球互联和军民互动的强力保障,意义重大。我国当前基础设施建设加强,铁路公路交通、水利水电、能源矿山、市政工程以及其他领域修建了大量的隧道(洞)工程,我国已经成为世界上修建隧道规模最大的国家。随着“一带一路”倡议的深入,世界范围内隧道建设规模越来越大,隧道机械将发挥越来越重要的作用。

传统的隧道建设只能采用明挖法、矿山法等传统工法,存在高风险、高污染、低效率等重大社会环境和经济问题。盾构法和TBM掘进法掘进速度可达到传统钻爆法的6倍,采用隧道掘进机施工能够大幅缩减工期。经过多年努力,我国隧道掘进机发展经过了起步阶段,已经基本完成技术积累,隧道掘进机技术已经比较成熟,成为目前隧道施工的主要工法。隧道掘进机技术含量高、单台设备价格昂贵、供货周期长,有很高的行业壁垒。我国隧道掘进机发展时间较短,该类型设备一度以进口为主。从隧道掘进机的发展历程来看,北方重工集团有限公司、中铁工程装备集团有限公司、天业通联重工股份有限公司、上海隧道股份有限公司等为代表的隧道机械制造企业,与浙江大学、同济大学、燕山大学、石家庄铁道大学、太原理工大学和盾构及掘进技术国家重点实验室等科研院所紧密合作,极大推动了我国隧道掘进机的发展,经过尝试探索阶段后,在刀盘、盾体、液压系统、主轴承等领域逐渐突破,进入高速发展期,隧道掘进机整机实现国产化,购置成本大幅降低。隧道掘进机核心部件

国产化,使用成本、维修成本降低,整机价格进一步下降,推动行业实现跨越式发展。伴随着国内地铁、隧道、水利、地下管廊等地下空间建设的快速发展,我国盾构机需求在2019年有望达到190亿元以上,2016—2019年复合增长率25%以上,同时“一带一路”倡议也将带来新的市场,为盾构机行业的发展提供广阔的空间。然而,软土盾构机的寿命仅6~10km,硬岩TBM寿命约20km,今后盾构机行业的重点是研发具备更长生命周期、更高可靠性和可维修性的产品。

但对隧道结构而言,异形断面具有空间利用率高、功能匹配性强等显著优点,可以减少土方开挖和空间浪费,降能耗、减成本、提效率。所以目前我国在建和规划的超过40000km的隧道里程中,异形隧道占70%以上,总投资超过10万亿元,广泛应用于国防、能源、交通、水利、城市立体开发等重大领域。中铁工程装备集团有限公司和浙江大学等单位开发的异形掘进机,是一种可实现异形隧道施工机械化、自动化、信息化作业的大国重器,已经成功占领了国际市场。

目前国内没有系统全面的隧道施工机械应用手册,各个施工单位、设计院以及各大院校在隧道施工设备资料收集与样本查询中遇到很多困难。在此之际,在《工程机械手册》编委会指导下,总结我国近年来自主开发的隧道机械各类产品、积累的相关成果和经验,编写以实用为主的《隧道机械》。

本书主要内容取材于编者科研团队和合作企业所完成的国家“863”“973”、国家自然科学基金和企业委托科研项目实践中的相关成

果。另外,还参考了一些国内外企业的最新产品资料。本书涉及现在主流的隧道种类、施工技术,包含了从早期工法到现在先进工法的各种隧道开挖设备、支撑设备、TBM、盾构机以及相关的辅助设施等内容。本书是一部全面介绍隧道机械产品应用的实用手册,力争为读者提供一个完整的隧道及隧道机械的实用知识体系。

本书分为隧道及其施工技术,非全断面隧道施工机械,全断面隧道施工机械,其他机械及辅助设备4篇。内容涵盖了隧道机械的历史发展、各种隧道掘进设备以及辅助设备等多个方面。

第1篇隧道及其施工技术,首先阐述了我国隧道的发展历程及现状,然后按隧道的用途、长度、断面面积、隧道所处的地理位置、隧道埋置的深度和隧道所在的地质条件对隧道进行了详细的划分,并对隧道的基本结构进行了介绍。其中,对隧道施工技术和全断面隧道施工方法进行了重点介绍。

第2篇非全断面隧道施工机械,主要包含两部分,隧道开挖设备和隧道支护设备,具体涉及了每种设备的概述、分类、典型机种的结构与工作原理、常用产品性能指标、选用原则、维护保养等内容。

第3篇全断面隧道施工机械,包括全断面岩石掘进机(TBM)、盾构机和异形断面隧道盾构机。对上述全断面隧道机械从概述、分类、典型机种的结构与工作原理、常用性能指标、选用原则、维护保养和常见故障排除方法等七个方面进行了详细的阐述,并且介绍了国内外的应用实例,为施工单位和科研人员提供参考。

第4篇其他机械及辅助设备,介绍隧道施工过程中的一些常用辅助设备,这些设备在隧道施工过程中的施工技术特点及其结构特点有独特之处,并且这些设备在隧道施工中的作用同样巨大,其在使用过程中同样需要工程人员特别关注。顶管设备在管道铺设中的应用,防水板铺设机械、拱架安装设备、除尘设备、井下作业车以及装碴运输机械等在施工中的运用也极大地提高了工作效率和施工人员的安全性。

本书涉及各种工法的施工机械设备30余类,遵循突出实用性的原则,希望为业内人士提供合适的样本,提高资料收集效率。在为隧道施工单位以及设计科研人员介绍各种施工工法、施工机械选用的同时,也介绍了很多典型机械的工作原理,更便于施工单位人员对设备的理解与使用。此外,本书还介绍了隧道施工机械的维护与维修,可为相关设备研发设计单位提供借鉴。

不同的地质条件、不同的规模需要不同的施工工法,造成施工机械的多样性,而TBM和盾构更是需要根据隧道定制。基于各种原因,一些特殊的隧道施工机械和工法没有合适的资料,本书不能面面俱到,不能解决隧道施工设备选用的所有问题,但希望可以为读者提供解决问题的思路。

本书由燕山大学赵静一教授担任主编,浙江大学龚国芳教授、燕山大学郭锐副教授、秦皇岛天业通联重工科技有限公司的冯扶民总工和秦倩云总工任副主编。本书的编者中有来自相关企业和高校的技术人员和研究者,由于结构所限,只能介绍他们某些领域的部分成果,在此向他们致敬。

感谢浙江大学杨华勇院士、徐兵教授,燕山大学王永昌教授一直以来的大力支持,感谢编者团队的博士生、硕士生完成搜集、整理大量参考资料工作,特别感谢他们在电子文档录入、电子图表绘制等工作中付出的辛勤劳动。

感谢清华大学出版社,感谢《工程机械手册》主编石来德先生,在他们悉心指导和支持鼓励下,编者才能够顺利完成本书的编写任务。

由于本书内容涉及的隧道机械门类众多,机型各异,技术复杂,特别是许多根据新工法催生的新型隧道施工机械,技术复杂,编写难度巨大。鉴于编者水平所限、时间仓促,难免有疏漏和不当之处,望读者提出宝贵建议与意见。

编者

2018年9月

第 1 篇 隧道及其施工技术

第 1 章 隧道	3	2.2.8 顶管法	41
1.1 隧道概述	3	2.2.9 隧道掘进机施工法	42
1.1.1 隧道的发展历程	3	2.2.10 全断面法	
1.1.2 隧道的建设现状	5	(钻爆法).....	43
1.1.3 隧道的发展历史	7	2.3 隧道全断面开挖法施工工艺 ...	45
1.2 隧道分类	9	2.3.1 全断面开挖法施工	
1.2.1 按照隧道的用途		工艺	45
分类	9	2.3.2 台阶法施工工艺	47
1.2.2 按照隧道的长度		2.3.3 环形开挖预留核心	
分类	15	土法施工工艺	48
1.2.3 其他分类方式	15	2.3.4 双侧壁导坑法施工	
1.3 隧道结构	15	工艺	49
1.3.1 洞身衬砌	15	2.3.5 超前大管棚施工	
1.3.2 洞门构造物	17	工艺	50
1.3.3 明洞	18	2.3.6 超前小导管施工	
1.3.4 附属结构	19	工艺	51
第 2 章 隧道施工技术	21	2.3.7 喷射混凝土施工	
2.1 隧道施工技术的发展	21	工艺	52
2.2 隧道施工方法	22	2.3.8 锚杆施工工艺	52
2.2.1 明挖法	23	2.3.9 钢架(加钢筋网)支护	
2.2.2 盖挖法	24	施工工艺	53
2.2.3 暗挖法	25	2.3.10 帷幕注浆施工	
2.2.4 矿山法	33	工艺	54
2.2.5 新奥地利隧道施工法 ...	34	2.3.11 隧道二次衬砌防排水	
2.2.6 浅埋暗挖法(浅埋		施工工艺	55
矿山法)	38	2.3.12 仰拱及仰拱填充施工	
2.2.7 沉埋管段法		工艺	55
(沉管法)	39	2.3.13 拱墙衬砌施工工艺	56
		2.4 隧道施工机械的分类	58
		参考文献	59

第 2 篇 非全断面隧道施工机械

第 3 章 隧道开挖设备	63	3.5 液压凿岩台车	92
3.1 风镐	63	3.5.1 概述	92
3.1.1 概述	63	3.5.2 液压凿岩台车典型产品的 结构组成及工作原理	98
3.1.2 风镐的分类	65	3.5.3 液压凿岩台车常用设备 参数简介	102
3.1.3 风镐典型机种的结构与 工作原理	66	3.5.4 液压凿岩台车主要技术 参数的选择	106
3.1.4 风镐的使用及注意 事项	66	3.5.5 液压凿岩台车的 故障	107
3.2 风钻	67	3.6 悬臂式掘进机	109
3.2.1 概述	67	3.6.1 概述	109
3.2.2 风钻的分类	68	3.6.2 悬臂式掘进机行业标准 及分类	113
3.2.3 风钻典型机种的结构与 工作原理	68	3.6.3 悬臂式掘进机典型产品 的结构组成及工作 原理	122
3.2.4 风钻的使用及注意 事项	69	3.6.4 悬臂式掘进机常用产品 性能指标	129
3.3 液压凿岩机	70	3.6.5 悬臂式掘进机主要 技术参数的选择	129
3.3.1 概述	70	3.6.6 悬臂式掘进机操作 与安装维护	131
3.3.2 液压凿岩机的分类	73	3.7 水平定向钻机	138
3.3.3 液压凿岩机的典型结构与 工作原理	73	3.7.1 概述	138
3.3.4 液压凿岩机常用产品的 性能指标	75	3.7.2 水平定向钻机典型产品 的结构组成及工作 原理	140
3.3.5 液压凿岩机的选用原则 及计算	76	3.7.3 水平定向钻机常用 设备性能简介	144
3.3.6 液压凿岩机的使用及 维护	77	3.7.4 水平定向钻机施工造 价构成及主要影响 因素	147
3.4 液压破碎锤	82	3.7.5 水平定向钻机的 保养	148
3.4.1 概述	82	第 4 章 隧道支护施工设备	150
3.4.2 液压破碎锤的分类及 常见型号	85	4.1 混凝土喷射机	151
3.4.3 液压破碎锤典型机种的 结构与工作原理	87	4.1.1 概述	151
3.4.4 液压破碎锤常用产品 性能指标	89	4.1.2 混凝土喷射机的 分类	154
3.4.5 液压破碎锤的选用 原则	90		
3.4.6 液压破碎锤的使用及 维护	91		

4.1.3 混凝土喷射机的典型结构及工作原理 158

4.1.4 湿式混凝土喷射机的主要优点及存在的问题 ... 162

4.1.5 混凝土喷射机常用装备的性能指标及选用原则 ... 165

4.1.6 混凝土喷射机的选用计算 166

4.1.7 混凝土喷射机的使用规则 166

4.1.8 典型混凝土喷射机组——TTPJ3012A 机组的结构组成 167

4.1.9 典型混凝土喷射机组——TTPJ3012A 的安全防护及管理措施 176

4.1.10 典型混凝土喷射机组——TTPJ3012A 的操作说明 177

4.1.11 典型混凝土喷射机组——TTPJ3012A 的维护和保养 194

4.2 喷浆机器人 204

4.2.1 概述 204

4.2.2 机器人的本体设计种类 205

4.2.3 喷浆机器人的典型结构及工作原理 207

4.2.4 喷浆机器人常用装备的性能指标 208

4.2.5 国产喷浆机器人产品工况和系统设计 208

4.3 锚杆台车 212

4.3.1 概述 212

4.3.2 锚杆的种类 216

4.3.3 锚杆台车的组成及支护作用机理分析 217

4.3.4 典型锚杆钻车的结构与工作原理 218

4.4 衬砌台车 232

4.4.1 概述 232

4.4.2 衬砌台车的种类及工作原理 238

4.4.3 衬砌台车的受力分析 ... 245

4.4.4 衬砌台车的问题剖析及使用 246

参考文献 249

第3篇 全断面隧道施工机械

第5章 全断面岩石掘进机 253

5.1 概述 253

5.1.1 定义 253

5.1.2 TBM 的功用 254

5.1.3 TBM 的发展历程和历史沿革 254

5.1.4 TBM 国内外发展现状 256

5.2 敞开式 TBM 的结构及原理 ... 262

5.2.1 水平支撑结构与 X 形支撑结构的不同点 262

5.2.2 敞开式 TBM 的结构组成及工作原理 264

5.2.3 敞开式 TBM 的选用原则 267

5.3 护盾式 TBM 典型产品的结构组成及工作原理 269

5.3.1 单护盾 TBM 269

5.3.2 双护盾 TBM 284

5.3.3 双护盾 TBM 的掘进原理及选型计算 307

5.4 TBM 设备选型 313

5.4.1 TBM 设备选型原则 ... 313

5.4.2 TBM 设备选型需考虑的因素 314

5.5 TBM 的安全使用、维修和常见故障排除方法 316

5.5.1 TBM 的安全使用 316

5.5.2 TBM 的维修 319

5.5.3 TBM 常见故障及排除方法 332

5.6	TBM 应用实例	335	6.5.4	加水土压盾构机	421
5.6.1	TBM 的国外应用实例	335	6.5.5	泥浆式盾构机	422
5.6.2	TBM 的国内应用实例	340	6.5.6	加泥土压盾构机	426
5.6.3	TBM 工程故障典型案例	346	6.6	复合盾构机	427
第 6 章	盾构机	374	6.6.1	复合盾构机的结构组成及工作原理	427
6.1	概述	374	6.6.2	常用产品性能指标	431
6.1.1	盾构机的定义	374	6.7	盾构机的维护保养和常见故障排除	432
6.1.2	盾构机的功用	375	6.7.1	盾构机安全使用规程	432
6.1.3	盾构机的发展历程	375	6.7.2	盾构机的维护保养	436
6.1.4	盾构机的国内发展现状	375	6.7.3	盾构机常见故障诊断与排除方法	437
6.1.5	盾构机的国外发展现状	377	第 7 章	异形断面隧道盾构	441
6.1.6	盾构机的国内外发展趋势	378	7.1	异形断面隧道盾构工法	441
6.2	盾构机的分类	380	7.1.1	圆形隧道改进的异形盾构工法	442
6.2.1	按挖掘土体的方式分类	380	7.1.2	非圆隧道的异形盾构工法	444
6.2.2	按挖掘面的挡土形式分类	381	7.1.3	异形盾构的其他工法	449
6.2.3	按加压稳定掘削面的形式分类	382	7.2	异形盾构的特点	450
6.3	按挖掘土体方式分类的盾构机典型产品	384	7.2.1	异形盾构的功用及特点	450
6.3.1	手掘网格盾构机	384	7.2.2	异形盾构国内外发展	451
6.3.2	半机械式盾构机	386	7.2.3	异形盾构的结构组成	453
6.3.3	机械式盾构机	387	7.3	异形盾构产品及应用	454
6.4	按掘削面挡土形式分类的盾构机典型产品	388	7.3.1	复圆形盾构产品	454
6.4.1	开放式盾构机	388	7.3.2	非圆异形盾构产品	455
6.4.2	部分开放式盾构机	390	7.4	异形盾构的选型	461
6.4.3	封闭式盾构机	392	7.4.1	异形盾构选型原则	461
6.5	按加压稳定掘削面形式分类的盾构机典型产品	393	7.4.2	异形盾构选型依据及步骤	461
6.5.1	气压式盾构机	393	7.4.3	异形盾构选型的具体内容	462
6.5.2	泥水加压式盾构机	395	7.4.4	异形盾构关键参数的计算	466
6.5.3	土压平衡式盾构机	405	7.5	维护及故障排除	466
			7.5.1	维护保养	466
			7.5.2	故障排除	468

参考文献 470

第4篇 其他机械及辅助设备

第8章 顶管机 475

8.1 概述 475
 8.2 顶管机的分类及工作原理 477
 8.2.1 顶管机的分类 477
 8.2.2 顶管机的工作原理 477
 8.3 顶管机的选型与计算 480
 8.4 国产顶管机典型产品简介 483
 8.5 顶管机的安全使用 484
 8.6 顶管机的维护保养和常见故障排除 485

第9章 隧道施工辅助机械 489

9.1 防水板铺设台车 489
 9.1.1 概述 489
 9.1.2 防水板铺设台车的工作原理与结构组成 490
 9.1.3 防水板铺设台车的选用原则 491
 9.1.4 防水板铺设台车在工程中的实际运用 491
 9.2 拱架安装车 493
 9.2.1 概述 493
 9.2.2 拱架安装车研制的关键技术 495
 9.2.3 拱架安装车的结构组成 496
 9.2.4 拱架安装车常用产品的性能参数 496
 9.3 隧道施工除尘设备 497
 9.3.1 概述 497
 9.3.2 喷雾降尘设备 499
 9.3.3 通风排尘设备 503
 9.4 轮式重载液压转运设备 508

9.4.1 概述 508

9.4.2 轮式重载液压转运设备的分类及常见型号 511

9.4.3 轮式重载液压转运设备的典型结构及工作原理 511

9.4.4 轮式重载液压转运设备常用产品的性能指标 514

9.5 装碴运输机械 515

9.5.1 概述 515

9.5.2 装碴运输机械的分类及常见型号 515

9.5.3 装碴运输机械的典型结构及工作原理 519

9.5.4 装碴运输机械常用产品性能指标 520

9.5.5 装碴运输机械的维护及保养 521

9.6 隧道式架桥机 522

9.6.1 概述 522

9.6.2 隧道式架桥机的典型结构及工作原理 522

9.6.3 隧道式架桥机常见型号及产品性能指标 524

9.6.4 隧道式架桥机组装流程及安全注意事项 526

9.7 盾构管片模具 527

9.7.1 概述 527

9.7.2 盾构管片模具的典型结构及工作原理 527

9.7.3 盾构管片模具的操作规范 528

9.7.4 盾构管片模具的保养与维修 530

参考文献 531

附录 隧道典型产品 533

第1篇

隧道及其施工技术

我国正处于经济社会发展的重要时期,基础设施建设在国民经济中一直占有举足轻重的地位。我国将于几十年内在铁路公路交通、水利水电、能源矿山、市政工程以及其他领域修建大量的隧道(洞)工程。据统计,2008—2020年,仅铁路领域新建隧道将达到 1×10^4 km,届时,我国将成为世界上隧道修建规模和难度最大的国家。近年来,由于我国经济的迅速发展、城市人口的急剧增长以及复杂的国际局势和我国周边态势,为解决人口流动与就业点相对集中给交通、环境等带来的压力,满足国家环境和局势变化需求,修建各种各样的

隧道及地下工程(如城市地铁、公路隧道、铁路隧道、水下隧道、市政管道、地下能源洞库等)成为必然趋势,这给隧道及其施工技术的发展建设带来了机遇和挑战。隧道及其施工技术的发展有利于国土资源的充分开发利用,最大化节约土地、利用空间,具有环保和节能优势,特别是在改变我国水资源条件及油气能源储备等方面,具有重要的作用。总而言之,隧道建设的快速发展时代已经到来,其规模越来越大,结构形式越来越丰富。隧道建设已成为我国现代化建设的重点方向之一。