

工程机械设计与维修丛书

钻孔与非开挖机械

王智明 马保松 索忠伟 胡郁乐 等编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

工程机械设计与维修丛书

钻孔与非开挖机械

王智明 马保松 索忠伟 胡郁乐 等编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

钻孔与非开挖机械是钻凿矿物、岩石和土层的一类工程机械,不仅广泛地应用于冶金、煤炭、化工等矿山的生产中,而且也是地质、建筑、水电、交通和军事等工程施工中的主要设备。

本书针对现代矿山建设和工程施工,结合工程背景,对常用的钻孔与非开挖机械设备,如非开挖钻机、岩心钻机、水井钻机、工程钻机、牙轮钻机、凿岩机械、凿岩台车等机械的设计及维修进行了介绍,尽量体现时代特色。

特别是非开挖技术具有顺利穿越障碍、减少对已建基础设施的破坏、不影响城市交通、施工进度快、综合效益好等优点,是一门新兴的技术。本书利用一定的篇幅对相关施工工艺及设备设计进行了详细介绍。

本书的特点是结构完整、内容新颖、通俗易懂、理论实践相结合、适用面广。可供从事钻孔与非开挖机械设计、研究、维护的工程技术人员以及相关专业的本科生、研究生和教师使用。

图书在版编目(CIP)数据

钻孔与非开挖机械/王智明等编著. —北京:化学工业出版社, 2006. 7

(工程机械设计与维修丛书)

ISBN 7-5025-9147-8

I. 钻… II. 王… III. ①钻孔机-机械设计②地下工程-工程机械-机械设计③钻孔机-机械维修④地下工程-工程机械-机械维修 IV. TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 087228 号

工程机械设计与维修丛书

钻孔与非开挖机械

王智明 马保松 索忠伟 胡郁乐 等编著

责任编辑:任文斗 张兴辉

文字编辑:闫 敏

责任校对:吴 静

封面设计:尹琳琳

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市万龙印装有限公司装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 19 3/4 字数 499 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-9147-8

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

《工程机械设计与维修丛书》编辑委员会

主 任 高秀华

副主任 王国强 左春桧

委 员	高秀华	王国强	左春桧	马文星	秦四成
	成 凯	王力群	孔德文	赵克利	王智明
	杨占敏	黄大巍	于国飞	杨力夫	周贤彪
	夏禹武	唐向阳	张 鸿	贡凯军	马伟东
	林树才	周彩南	丁树奎	史先信	马 铸
	朱振东	徐 刚	支开印	马喜林	胡加辉
	李 风	邓洪超	王 昕	李国忠	王云超
	郭建华	杨文志	王妍静	张春秋	燕学智

序

近年来,在国家宏观调控政策的影响下,我国工程机械产业进入了加速增长阶段,呈现出前所未有的繁荣态势。工程机械装备已经成为我国国民经济发展的支柱产业之一,占据世界工程机械总量第七位。随着国家西部大开发战略的实施,南水北调工程、西电东送工程、青藏铁路工程的启动,迎接北京 2008 年奥运会的基础设施及场馆建设、推进乡镇农村经济发展、上海黄浦江两岸开发及世博场馆的投入、振兴东北老工业基地等众多国家发展战略的实施,都为国内工程机械产品市场的发展提供了良好的空间,同时也必将有力地拉动相关产业的发展。

据介绍,亚洲其他国家、拉丁美洲和非洲的一些国家最近也相继出台了大规模扩大公路及其他公共设施建设的项目计划,这无疑对工程机械的需求将大幅度增加,也为我国工程机械发展全球市场策略提供了最具竞争力的契机。

从 20 世纪后期开始,国际上工程机械装备的生产注重向大型化、微型化、多功能化、专用化和智能化的方向发展。德国、美国和日本当属工程机械强国,利勃海尔公司(德国)、卡特波勒公司(美国)、沃尔沃集团(瑞典)、小松制作所(日本)等公司的产品以设计先进、安全可靠、使用寿命长而著称。

我国工程机械行业几经洗礼和经过业内人员的不懈努力,在国际市场上充分显示了强大的生命力。在我国工业化发展进程中,工程机械行业已经由初始发展阶段逐渐走向成熟时期。一些主导产品的研发、设计和制造水平都有相当程度的提高,某些产品质量也达到了用户认可的水平。同时,由于其产品价格相对低廉,在国际市场上具有一定的竞争力。在国内市场处于激烈的成本-价格、质量-规模竞争的形势下,中小型国产工程机械产品在我国显现出了强大的市场占有潜力。但是国际经济市场的变化无时无刻不在冲击着现有的市场份额,市场的占有份额又无时无刻不在重新组合。我国的工程机械行业如何能够继续发展、如何能够尽快提升到我国工业化的第三阶段——强壮期阶段,即无论是对产品的研究、开发、生产以及产品的综合质量和售后服务都进入国际先进行列等问题,都需要认真加以思考。

现在,我国工程机械行业的发展已经有了很好的基础,产品门类,生产规模,大、中、小企业构架和发展环境都比较好,但同国际先进的工程机械制造厂家相比差距还比较大,主要表现在产品的可靠性、使用寿命、绿色工程设计、高新技术的创新应用以及管理模式上。相对而言,我国自主开发能力还比较薄弱,有自主知识产权的产品技术较少,新产品的关键技术大部分还依赖于引进国外技术;另一方面对国外先进技术的消化、吸收、创新不足。其次,对市场反映速度慢,产品更新周期较长。而美国一些机械企业 1990 年已做到了三个“3”,即产品的生命周期为 3 年,产品的试制周期为 3 个月,产品的设计周期为 3 个星期。我国工程机械的规格还有空缺。以上事实表明:中国工程机械市场虽然仍可保持持续增长的势头,但是中国工程机械行业的技术发展仍然任重道远。

为促进工程机械技术的发展,弥补技术图书的匮乏和不足,化学工业出版社邀请吉林大学机械科学与工程学院组织编写了《工程机械设计与维修丛书》,共 16 本,包括《内燃机》、《液压与液力传动系统》、《电器、电子控制与安全系统》、《底盘结构与设计》、《金属结构》、《人机工程与造型设计》、《现代设计技术》、《液压挖掘机》、《轮式装载机》、《斗轮堆取料机》、《推土机与平地机》、《钻孔与非开挖机械》、《振动压路机》、《现代起重运输机械》、《特种车辆》、《商品混凝土成套设备》。丛书的编写者结合多年的教学、科研、生产及管理的经验,努力将传统的经典理论和现代设计方法结合起来,注重介绍工程机械发展中的新理念、新设计方法、新技术、新工艺和新材料。

《工程机械设计与维修丛书》所有编写工作人员在此对鼓励、支持、帮助过我们的领导、同事、同行、朋友等表示衷心的感谢!

《工程机械设计与维修丛书》编辑委员会

前 言

钻孔机械是钻凿矿物和岩石的一种工程机械,不仅广泛地应用于冶金、煤炭、化工等矿山的生产中,而且也是地质、建筑、水电、交通和军事等工程施工中的主要设备。钻孔机械包括凿岩钻机、钢绳冲击式钻机、潜孔钻机、牙轮钻机、旋转式钻机,其中凿岩钻机包括凿岩机、凿岩台车、凿岩辅助设备。本书主要介绍比较常用的凿岩机、凿岩台车、牙轮钻机。

非开挖施工技术(Trenchless Technology)是指在不开挖地表的条件下探测、检查、修复、更换和铺设各种地下公用设施的任何一种技术和方法。

非开挖技术作为技术先进、实用性强、适用面广和综合效益好的施工手段,具有传统施工技术无法比拟的诸多优点:不影响城市地面交通,不破坏施工地点周围环境,不影响周围居民的工作与生活,施工周期短,综合成本低,施工安全性高等。非开挖技术的应用领域有:石油天然气管道,城市给、排水,煤气供应,电力、电讯,热力管道供应,有线电视、宽带网等系统的地下管线铺设工程施工项目,随着各类非开挖施工设备的引进和工程市场的需要,也促进了我国非开挖施工设备的开发和研制工作。鉴于非开挖技术属于新兴技术,本书利用一定的篇幅介绍非开挖施工中的施工工艺流程及设备构造。

岩心钻机、水文水井钻机属于工程钻机中的钻探机械,因施工条件、工艺要求及钻井目的不同而有别于矿山钻孔机械,本书用两章来介绍相关的设计与维护保养等方面的内容。

本书根据现代机械系统设计方法,主要介绍钻孔与非开挖机械的传动系统、回转系统、提升加压系统、执行机构和行走系统的组成及这些系统的常见故障诊断与排除措施。全书共分10章。第1章介绍了钻孔与非开挖机械的发展与设计方法,概述了当今世界上钻孔与非开挖的最新设计方法和应用技术发展现状。第2章和第3章分别介绍了非开挖技术中顶管技术设备及微型隧道施工设备的工作原理和设计方法,第4章介绍了顶管和微型隧道施工主要配套设备构造,第5章介绍了非开挖钻机的设计方法,第6章介绍了岩心钻机的设计及维护保养方法,第7章介绍了水文水井和工程钻机的设计方法,第8章介绍了矿山用牙轮钻机的设计方法,第9章和第10章分别介绍了凿岩机械及凿岩台车的设计方法。本书结合多年教学经验与科研成果,以模块的方式重点介绍了钻孔与非开挖机械工作装置及各系统的设计与维护保养,其特点为结构完整,内容新颖,通俗易懂,理论实践相结合,适用面广。本书适于从事钻孔与非开挖机械设计、研究、维护的工程技术人员以及相关专业的本科生、研究生和教师使用或参考。

本书由王智明、马保松、索忠伟、胡郁乐、李同焕、刘丽丽编著,参加编写和校对的还有杨文志、李春光、宫文斌、谢敏蕾、王军、徐振国、杨彬、胡加辉、李景海、张奇、李秀菊、唐维荣、郑亚飞、许睿、刘占忠等。全书由王智明、李同焕、刘丽丽统稿,林树才、武耀辉主审。

本书在编写过程中,吉林大学邓洪超和代树林两位副教授提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示感谢。

本书在编写过程中参阅了有关生产厂家的相关资料和个人发表的相关论文,其中绝大部分已在参考文献中注明,但也有些由于找不到原始出处而不能注出,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

作 者

2006年5月于吉林大学

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 钻孔与非开挖机械的发展趋势	1
1.1.1 钻孔机械的发展状况	1
1.1.2 国内外非开挖技术发展概况	3
1.2 钻孔及非开挖机械的结构组成	4
1.3 钻孔与非开挖机械的设计方法	4
1.3.1 钻孔与非开挖机械常规设计方法	4
1.3.2 钻孔与非开挖机械的现代设计方法	5
第 2 章 顶管技术设备	7
2.1 概述	7
2.2 分步挖掘式顶管机	9
2.2.1 手掘式顶管机	9
2.2.2 机械挖掘式顶管机	11
2.2.3 气压平衡式顶管机 (SM-T3)	15
2.2.4 泥水平衡式顶管机 (SM-T4)	17
2.2.5 水力破碎式顶管机	18
2.3 全断面掘进式顶管机	19
2.3.1 切削刀盘结构及形状	19
2.3.2 全断面自然平衡顶管机 (SM-V1)	23
2.3.3 全断面机械平衡顶管机 (SM-V2)	24
2.3.4 全断面气压平衡式顶管机 (SM-V3)	25
2.3.5 全断面水力平衡式顶管机 (SM-V4)	25
2.3.6 全断面土压平衡式顶管机 (SM-V5)	33
2.3.7 无切削刀盘式顶管机 (SM-B)	37
2.4 非圆断面管道顶管施工技术	37
2.4.1 DPLEX 顶管施工法	38
2.4.2 Takenaka 顶管施工法	39
第 3 章 微型隧道施工设备	40
3.1 概述	40
3.2 先导式微型隧道施工法	40
3.2.1 顶推式微型隧道施工法	41
3.2.2 拉入式管道铺设施工法	51
3.3 螺旋排土式微型隧道施工法	53
3.3.1 工作原理及工作过程	53
3.3.2 施工设备	55
3.4 水力排土式微型隧道施工法	58

3.4.1	单步施工法	59
3.4.2	双步施工法	66
3.4.3	可回拉的盲孔掘进机	68
3.5	气力排土式微型隧道施工法	68
3.5.1	单步顶进施工法	69
3.5.2	双步施工法	72
3.6	挤密式微型隧道施工法	73
3.6.1	Perimole TPM 施工法	73
3.6.2	ACEMOLE PL 施工法	74
3.6.3	Herrenknecht AVB 施工法	75
3.7	管道在线更换微型隧道施工法	76
3.7.1	Pipe Replacer 施工法	77
3.7.2	AVP Crush Lining 施工法	77
第4章	顶管和微型隧道施工主要配套设备	79
4.1	顶进设备	79
4.1.1	主顶油缸	79
4.1.2	导向油缸	83
4.1.3	中继站油缸	84
4.2	工作坑基础与导轨	84
4.3	顶铁	86
4.3.1	矩形顶铁	86
4.3.2	环形顶铁	86
4.3.3	弧形顶铁	87
4.3.4	马蹄形顶铁	88
4.3.5	U形顶铁	88
4.4	中继站	88
第5章	非开挖钻机设计	93
5.1	钻机的主要参数设计与选择	93
5.2	钻机的功能单元及实现方法	96
5.2.1	回转机构	98
5.2.2	钻机的给进/回拉机构	99
5.2.3	钻杆存放/提取和夹持/拧卸机构	100
5.3	液压系统原理	102
5.3.1	回转系统液压原理	103
5.3.2	泥浆泵控制及履带行走系统液压原理	103
5.3.3	给进/回拉及夹持/拧卸系统液压原理	103
5.4	动力与执行机构的设计计算	104
5.4.1	泵的基本计算及选择	105
5.4.2	液压马达的基本计算及选择	106
5.4.3	执行液压缸的设计计算	109
5.5	调速回路的设计计算	110

5.5.1	节流口的流量特性	111
5.5.2	节流调速回路的计算方法	111
5.6	钻机的保护设计	112
5.6.1	锁紧回路	112
5.6.2	浮动保护	113
第6章	岩心钻机	114
6.1	钻机的回转系统	114
6.1.1	回转系统的功用及钻进工艺对回转系统的要求	114
6.1.2	回转器的类型及特点	114
6.1.3	回转器结构分析与特性参数的确定	115
6.2	钻机的卡盘	121
6.2.1	卡盘的功用、工艺要求及基本参数	121
6.2.2	卡盘的组成、类型与结构原理	122
6.3	钻机的升降系统	126
6.3.1	升降系统的作用和要求	126
6.3.2	升降机的类型和工作原理	127
6.3.3	升降系统的特性参数计算	129
6.3.4	升降机抱闸制动力矩计算	131
6.4	钻机的给进系统	132
6.4.1	给进机构的功用、要求及类型	132
6.4.2	给进机构的结构分析	134
6.4.3	给进机构的特性参数计算	138
6.5	钻机的机械传动系统	139
6.5.1	机械传动系统的功用及要求	139
6.5.2	确定钻机机械传动系统的步骤和原则	140
6.6	钻机驱动设备选择	141
6.6.1	钻机负载特性及其对动力机的要求	142
6.6.2	动力机的外特性分析	142
6.7	岩心钻机的维护和保养	143
6.7.1	安装与调整	143
6.7.2	开车前的准备	144
6.7.3	使用与维护保养	144
6.7.4	检修与故障排除	146
6.7.5	钻机的拆卸	149
第7章	水井和工程钻机	151
7.1	水井和工程钻机的总体结构	151
7.1.1	总体设计的要求	151
7.1.2	总体设计的任务	151
7.1.3	总体设计的依据	151
7.1.4	机型与传动形式的选择	152
7.1.5	钻机的总体布局	154

7.1.6	钻机整机参数的确定	156
7.1.7	车装钻机总体布局分析	157
7.2	转盘	158
7.2.1	转盘的基本参数	159
7.2.2	转盘的结构	159
7.3	冲击机构设计	161
7.3.1	冲击机构的功用、要求和类型	162
7.3.2	冲击机构工作原理分析	162
7.3.3	冲击机构基本参数	166
7.4	振动机构的设计	167
7.4.1	影响振动钻进的因素	168
7.4.2	离心式机械振动发生器的工作原理	170
7.4.3	离心式振动发生器的主要参数	173
7.4.4	振动锤的工作原理	173
7.5	行走移位机构	176
7.5.1	行走移位机构的任务、要求和结构类型	176
7.5.2	活动平台、导轨式移动装置	177
7.5.3	液压步履机构	177
7.5.4	半回转机构	177
7.5.5	滚管滑移机构	178
7.6	泵组和泥浆净化装置设计	179
7.6.1	泵组的特点与类型	179
7.6.2	泥浆净化设备	180
7.7	水井和工程钻机的维护和保养	182
7.7.1	冲击反循环钻机维护保养及注意事项	182
7.7.2	钻机的维护和保养	183
7.7.3	设计深层水井钻机应注意的几个问题	184
7.7.4	往复泵的使用与维护	186
第8章	牙轮钻机	188
8.1	牙轮钻机总体设计	188
8.1.1	钻机整机参数确定原则	188
8.1.2	钻机主要工作参数设计	189
8.1.3	钻机的稳定性	194
8.2	牙轮钻机工作装置设计	195
8.2.1	加压提升机构的结构原理及设计	195
8.2.2	回转机构的结构原理及设计	209
8.2.3	钻架装置的结构原理及设计	212
8.3	牙轮钻机附属装置设计	220
8.3.1	钻机平台设计	222
8.3.2	稳车千斤顶设计	222
8.4	牙轮钻机底盘设计	223

8.4.1	履带行走装置的结构	223
8.4.2	履带行走装置计算	225
第9章	凿岩机	235
9.1	气动凿岩机	235
9.1.1	气动凿岩机的分类及应用范围	235
9.1.2	气腿式凿岩机的结构及工作原理	236
9.1.3	外回转导轨式凿岩机的结构及工作原理	243
9.1.4	气动凿岩机设计	245
9.2	液压凿岩机	258
9.2.1	液压凿岩机的特点及类型	258
9.2.2	液压凿岩机的结构及工作原理	259
9.3	凿岩机的维护	264
9.3.1	液压凿岩机使用前的准备工作	264
9.3.2	凿岩机日常维护检修	264
9.3.3	凿岩作业时注意事项	265
第10章	凿岩台车	266
10.1	概述	266
10.1.1	凿岩台车的分类	266
10.1.2	凿岩台车的应用	266
10.1.3	凿岩作业对台车的设计要求	266
10.2	平巷掘进凿岩台车的结构和工作原理	267
10.2.1	凿岩台车的组成及工作原理	267
10.2.2	凿岩台车的工作机构	272
10.2.3	液压系统、气水系统及台车的自动操作	275
10.3	采矿凿岩台车的结构和工作原理	276
10.3.1	采矿凿岩台车的应用	276
10.3.2	CTC-700 型采矿凿岩台车的构造及动作原理	277
10.4	凿岩台车设计	280
10.4.1	台车设计依据	280
10.4.2	台车上安装凿岩机的台数	280
10.4.3	凿岩台车的外形尺寸	281
10.4.4	凿岩台车的工作参数	282
10.4.5	推进器设计	285
10.4.6	推进器补偿机构设计	286
10.4.7	变幅机构设计	288
10.4.8	液压平动机构设计	292
10.4.9	主要零件强度计算	299
参考文献		303

第 1 章 概 述

钻孔机械是钻凿矿物和岩石的一种工程机械,不仅广泛地应用于冶金、煤炭、化工等矿山的生产中,而且也是地质、建筑、水电、交通和军事等工程部门施工中的主要设备。

非开挖施工主要是针对岩土施工的一种技术。非开挖施工技术 (Trenchless Technology 或 No-Dig) 是指在不开挖地表的条件下探测、检查、修复、更换和铺设各种地下公用设施 (管道和电缆) 的任何一种技术和方法。

1.1 钻孔与非开挖机械的发展趋势

1.1.1 钻孔机械的发展状况

20 世纪 50 年代,我国从前苏联引进了一批钻孔机械,井下钻机有 OM-506、ТП45、КИМ 型等气动凿岩机和 БА-100 型潜孔钻机,露天有 БУ-2 和 БУ20-2 型钢绳冲击式穿孔机。20 世纪 60 年代初,我国矿山井下广泛使用国产的 01-30、01-15 和 01-38 型气动凿岩机和 KQJ-100 型潜孔钻机。露天矿大量采用我国自行设计和制造的 YQ-150 型潜孔钻机,在此期间,基本上实现了钻孔作业机械化。同时还开始了大型露天矿潜孔钻机和牙轮钻机的研制工作。20 世纪 70 年代初期,我国井下气动凿岩机及钻车的发展已经比较成熟,产品已成系列。大型露天矿山的钻孔机械发展也很快,孔径为 200mm 和 250mm 的东风-200、73-200 及 KQ-250 等型潜孔钻机相继出现, HYZ-250 型等牙轮钻机也在矿山投产使用。为了适应飞速发展的冶金工业的需要,当时还从美国引进了一批 45-R 及 60-R II 型牙轮钻机。20 世纪 70 年代,我国又自行设计制造并推广了 KY-250 及 KY-310 型牙轮钻机。到了 20 世纪 80 年代,我国井下凿岩开始向大直径深孔崩落方向发展。目前已有钻凿 $\phi 150 \sim 180\text{mm}$ 孔径的 DQ-150J 型地下高压潜孔钻机。以液压为动力的液压凿岩机也在发展, YYG-80 型和 TYYG-20 型液压凿岩机已在我国井下矿山投产使用。YZ-35、YZ-55 型等高钻架牙轮钻机和 KY-120 型牙轮钻机已开始应用在露天矿和井下矿的钻孔之中。在煤矿和其他软岩非金属露天矿, KX-150 型等旋转钻机正得到迅速应用和推广。半自动和全自动控制的高效钻机的研究也取得了很大的进展。

截止到 2005 年底,各种凿岩机的产量比 1999 年增长了 25%,各种钻车、钻机和钻架的产量比 1999 年增长 57%。列入工程机械行业“十五”发展规划中的凿岩机械气动工具行业的重点主机产品是凿岩机械。其内容是优先发展各种液压凿岩机,适当发展电动凿岩机及凿岩机组、多机液压与气动凿岩钻车。露天全液压钻车优先发展凿孔直径为 $\phi 64 \sim 127\text{mm}$ 的中型产品。露天钻车是集机电液气于一体的高技术产品,“十五”规划末期逐渐形成批量,替代进口。潜孔钻机优先发展半液压和高气压潜孔钻车,以满足金属矿山推广大直径深孔采矿法的需求。地下凿岩钻车优先发展中小巷道 ($8 \sim 12\text{m}^2$) 使用的可靠性高、功能满足要求的经济性全液压掘进钻车。

自 1861 年首台气动凿岩机样机制成并试用于隧道工程,至今已经历了 140 多年的发展和改进。自 1970 年法国蒙塔贝特 (Montabert) 公司制造第一台实用的液压冲击式凿岩机以来,液压凿岩机在全世界得到广泛的推广。1996 年,我国气动凿岩机年产量达到 102914

台，而液压凿岩机仅为 34 台，大都是中外合资企业的产品，其型号规格均属中型以上的产品，价格昂贵。而在国际上，气动凿岩机技术自 20 世纪 70 年代末至 80 年代初，其发展已停滞不前，由于气动凿岩机能量利用率低，所以，人们把注意力转移到液压凿岩机上，近 20 多年来，随着液压凿岩机技术的日趋成熟，应用日益广泛，在一些发达国家气动凿岩机已面临淘汰。

我国大型水电工程如三峡，大型隧道如京广复线大瑶山隧道等都是依靠液压凿岩设备完成岩石钻孔的。我国 20 世纪 80~90 年代研制并通过国家鉴定的液压凿岩机型号共 12 种，其中冲击能在 150J 以下的 5 种，其余的 7 种冲击能均在 150~250J 之间。可钻孔径大部分在 40~50mm 之间，只有 YYG250A、YYGJ145、TYYG20 和 DZYG38B 型液压凿岩机可钻孔径大于 50mm，最大可达 120mm。初步估计，这些凿岩机在国内加工制造和销售超过 400 余台，其中销售最多的是 YYG80、YYT30 和 YYG90A 型三种。12 种型号中除 3 种为测绘仿制国外当时市场销售的机型外，其余都是我国自行研制的。它们在结构上一般采用独立转钎机构，活塞运动行程可调，有防空打缓冲装置；其配流机构普遍采用有阀式，芯阀及套阀均有。不论采用何种配流阀，按配流方式又有双面回油和单面回油两种，它们各有特点，根据各研制单位的传统决定。由于它们利用高压液体驱动，采用与钎尾直径接近的细长活塞，冲击能高，且改善了活塞对钎杆的能量传递，可获得较同级别气动凿岩机高 1~2 倍的凿岩速度，钎具寿命也相应延长 50%~100%，操作工人的作业条件也明显改善。瑞典和法国等国早在 20 世纪 70 年代末就对使用液压凿岩设备与气动凿岩设备的能耗和每米炮孔的成本作过对比，它们的比值分别为 1:3185 和 1:113。近几年，我国在铁道、水电及矿山使用的统计资料 and 对比数字也证实了这一点。

从上述可以看出，我国的液压凿岩技术已达到了一定水平。但大多数厂家生产的液压凿岩机稳定性指标均在 500m 左右（不拆机检修），而居世界先进水平的瑞典产品则规定为 6000m。国内只有中国地质大学生产的 DZYG38B 型液压凿岩机样机的工业性试验达到这一世界水平的指标。因此，国内的液压凿岩机与国际先进水平相比，尚存在很大差距，且引进产品现在尚未完全国产化，其关键零部件仍依赖进口。究其原因主要有如下几个问题没有完全解决：一是高速、高压下的密封结构和支撑活塞运动的前、后导向套的结构；二是活塞、钎尾、导向套和密封材料的选择与应用以及材料热处理和高精度加工；三是蓄能器隔膜的材料及寿命等。从而导致零件寿命低，密封不可靠，内外泄漏严重以及活塞研缸和导向套咬合等故障，造成国产液压凿岩机可靠性指标下降。

20 世纪 90 年代新增液压凿岩机较大机型主要参数见表 1-1。

表 1-1 新增液压凿岩机较大机型主要参数

型 号	整机质量/kg	孔径/mm	冲击功率/kW	频率	油压(冲/转)/MPa	转矩/N·m	转速	备 注
Atlas COP4050	390	89~127	40	—	23	1320	—	相当于旧型号 HL850
Atlas COP1838	174	76~102	19	—	23	980	—	
Atlas COP1440	151	38~64	20	—	23	500	—	
Tamrock HL1000S	300	89~115	25	—	15/17.5	1380	—	
Tamrock HL550	130	45~51	21	—	25/17.5	400	—	
Krupp HB40A	400	≈300	—	—	18/20.5	12000	—	新型号 与 HB105 型转矩相当
Krupp HB30A	300	≈300	—	—	18/19	6322	—	
Boart HD430	430	—	—	—	17.5/16	7500	—	
SecomaHydra350Lt	157	76	—	—	20/21	550	—	新型号

目前国外井下矿山钻孔机械的发展有几个明显的特点：

- ① 以液压油为动力的液压凿岩机发展速度很快；
- ② 井下钻孔机械正在向高压、大直径方向发展；
- ③ 井下开始使用大直径牙轮钻机钻孔。

20 世纪 50 年代，国外已基本实现钻、装、支等工序的单项机械化；20 世纪 60 年代以后，主要是改进原有设备，组织平行作业，实现机械化配套作业线；进入 20 世纪 70 年代以来，自法国的 Montabert 公司推出世界第一台实用的液压凿岩机后，液压凿岩机得到迅速的发展与应用。瑞典 Atlas Copco 公司于 20 世纪 80 年代研制推出的三挡式液压凿岩机，因可改变输出冲击能，所以适用于在不同硬度的岩石巷道掘进中钻凿炮眼，从而得到世界各国的重视。目前，液压凿岩机新产品更新换代时间短，新产品、新型号不断涌现，产品性能向大转矩、大冲击能和高频率方向发展。如法国 Eimco Secoma 公司生产的 RPH200 型、RPH400 型液压凿岩机早已被 HD200 型、HD300 型所取代。瑞典 Atlas Copco 公司研制的 COP1238 液压凿岩机早已被 COP1838 型、COP4050 型液压凿岩机所取代。COP1838 系列液压凿岩机的功率达到 18kW，钻凿效率比 COP1238 高 50%，且其内部缓冲装置经过改进，能更好地吸收钎具的反弹与振动。而 COP4050 型液压凿岩机的功率更大，它的冲击功率最大可达 45kW，深孔凿岩时一般用 30kW 的液压凿岩机。芬兰 Tamrock 公司研制推出的 HL4000 型系列液压凿岩机可钻凿孔径达 170~230mm、深度达 38m 的炮眼。近年来由于液压凿岩技术的大力发展，形成了钻、装、运、支等机械化配套作业线；国外相继开发出了一机多用的机组，简化了工作面的作业设备，缩短了机械搬、调、运时间，提高了掘进工效和速度。美国采用内燃机钻车与铲运机（LHD）掘进岩巷，取得了良好效果，而且还开发出了微机控制的液压钻车。

1.1.2 国内外非开挖技术发展概况

20 世纪 70 年代末，在城市管线建设施工时，因某些地段不允许开挖促成了现代非开挖技术在我国的发展，原地质矿产部的一些厂家与市政部门合作，共同研制开发了少量水平钻机和螺旋钻机，如 GP-220 水平工程钻机、DGJ-1000 水平螺旋顶管机等，以顶管技术为主。此阶段研制的装备具有较强的应急特征，技术水平较低，缺少系列化、标准化的考虑。

20 世纪 80 年代中期以后，由于不允许开挖铺设地下管线处的工程量日益增多，且重要性也日趋加大，不得不通过引进国外设备进行非开挖施工。

20 世纪 90 年代初期偏重于引进顶管用的螺旋钻机和小口径顶管机，但数量不大；20 世纪 90 年代中期集中引进小型气动矛、夯管锤和导向钻机，引进量较大，适应各类通信线路、动力电缆穿越工程的需要。

近年来随着国内小型非开挖设备陆续研制成功并进入市场，引进产品转向中、大型设备或国内尚未涉足的领域，如微型隧道掘进机；施工用探测仪器的引进始终在进行，有的供国内研制的设备配套，如导向钻进用手持式导向仪。据不完全统计，此间我国各工业部门已引进各类非开挖设备共计约 70 台套，其价格最高的大型定向钻机每台套 450 万美元。

20 世纪 90 年代中期至现在，自主研发的非开挖钻机经历了这样一个发展历程，原地质矿产部在“八五”末开始了非开挖技术的专项立项，“九五”时将其定为 90 年代发展的关键技术；原国家科委于 1996 年将导向钻进非开挖铺管技术成果列为“九五”推广计划；1998 年成立了中国非开挖技术协会。此间陆续推出了一批中、小型非开挖技术装备，如原地质矿产部廊坊勘探技术研究所相继开发出气动矛、夯管锤，并初步完成了导向钻机的系列化；邮

电系统推出了 SYD 系列水平顶管设备；冶金系统研制出 FDP-15 导向钻机并组建了非开挖施工公司；上海同济大学研制出气动矛和夯管锤；上海隧道工程股份有限公司研制了 $\phi 600\text{mm}$ 和 $\phi 800\text{mm}$ 的螺旋式小型顶管机。这就减少了中、小型非开挖装备对国外产品的依赖性。

在非开挖施工设备的研制开发上我国已取得了一定的进展。但与国外一些发达国家相比差距很大。具体表现在以下几个方面。

① 品种单一，能力有限，不成系列，难于满足工程施工的需要。迄今为止，我国已开发的产品主要为小型导向钻机，不同部门开发的 3 个机型基本属于同一档次（管径 40~400mm、长度 200~300m，辅助设备尚不能达到性能的上限）。

② 液压化程度较低。反观国内已研制的导向钻机，多为“半液压”式，即主传动仍为机械传动，仅控制系统和部分执行机构采用液压传动，致使各方面的功能均远较同类国外机型低。

③ 装载形式单一，适应性差。以导、定向钻机为例，国内现有机型均为拖轮式底盘，对工程场地、路面要求高，机动性差、施工准备繁琐。

④ 工程用方向识别系统研制和产品极为有限。为确保管线的铺设方向和精度符合设计要求，国外在导向、定向钻进中分别采用了导航仪和随钻测量系统，而在小口径顶管设备中则采用激光导向装置。而我国在此方面基本处于空白状态，进入市场的导向钻机所用的导航仪全为进口。

国外非开挖设备的类别齐全，系列完整，品种多样，其工程和地层适应性很强，便于用户选择。如美国奥格（Augers）公司、Ditch Witch 公司的导、定向钻机就多达 11 种以上，分大、中、小 3 个系列；日本伊势机（ISEKI）公司的小口径顶管设备，仅泥浆式的就多达 26 个品种。国外的导、定向钻机，小口径顶管设备，水平螺旋钻机等均均为全液压的，即从主驱动系统到各专用执行机构均采用液压传动。这就使设备结构紧凑、操作灵活、工艺适应性强、组合灵活等特点得以充分发挥。即使气动矛类设备，目前国外液动锤的使用数量也日趋增多。国外机型基本以履带式底盘为主体，重心低，地面和工程适应性强。国外在导向、定向钻进中分别采用了导航仪和随钻测量系统，而在小口径顶管设备中则采用激光导向装置（主要为英国雷迪公司的产品）。

1.2 钻孔及非开挖机械的结构组成

钻孔与非开挖钻机一般由下列机构所组成。

① 工作机构 主要包括钻具、回转机构、加压、调压、提升机构和排渣系统等。这些系统和机构是各种钻机都必须具备的。

② 辅助工作机构 主要包括机架、行走机构、司机室、机械间和除尘等辅助装置。

③ 动力系统 主要包括供电、供风、供水和液压系统等。

④ 操纵装置 主要包括控制屏、操纵台和各种控制按钮、手柄、指示仪表等。

上述这些机构和系统是现代大型钻机的必要组成部分，是根据钻孔工作的需要而设置的。但是在各类钻机上如何设置，还需要视具体功能和机型来确定。

1.3 钻孔与非开挖机械的设计方法

1.3.1 钻孔与非开挖机械常规设计方法

设计阶段一般可分为初步设计、技术设计和工作图设计三段。主要任务是通过设计计算

和必要的试验，完成全部产品图样和设计文件。

初步设计是根据计划任务书或技术协议书的要求，确定产品的技术参数及主要技术性能指标，总体布局及主要部件结构，产品主要工作原理及各工作系统的配置，标准化综合要求。必要时对需采用的新原理、新结构、新材料进行试验验证。

技术设计通过初步设计评审，在研究试验及设计计算与技术经济分析的基础上修正总体方案，完成产品主要零部件的设计。修正总体设计方案是设计的主要任务之一，总体方案的修正除修改总图及相应的简图外，应编制技术设计说明书，对技术任务书中所确定的设计方案、性能参数、结构原理等变更情况、原因与依据（如计算，试验的数据，初步设计评审的意见等）予以逐项说明。

工作图设计应完成产品的全部零件设计，提出全部产品图样和设计文件，提供加工、装配、供销、生产管理及随机出厂使用。

（1）传动系统和工作机构的设计

钻机的工作机构设计是参考国内外同类钻机或类似设备进行的，少数全新的工作机构的设计是在试验研究的基础上进行的。工作机构的尺寸和传动系统应根据工作机构的力与速度、原动机的力矩与转速来设计。

（2）其他性能参数的设计

钻机的性能参数主要指工作机构的工作参数，如力、力矩、速度和功率等。工作参数是由原始设计参数决定的，后者是指炮孔直径、炮孔深度和岩石硬度，两者之间的关系相当复杂，往往不能直接建立解析式。工作参数通常可用以下几种方法确定。

① 经验公式法 根据前人做过的大量试验及钻机的实际应用情况，总结得出钻机的工作参数与工艺参数的经验公式。

② 数理统计与数值分析法 利用同类产品的工作参数进行数学处理。可得出曲线图形和曲线方程，从而找出新设计工作机构的工作参数。

③ 测试法 对类似钻机的工作机构进行现场测试。即可得出诸如轴压、转矩及转数等工作参数。与这些参数相比较，就可确定新钻机的工作参数。

1.3.2 钻孔与非开挖机械的现代设计方法

综合市场需求和科技应用的最新前沿，钻孔与非开挖机械的设计发展体现出以下趋势。

（1）产品设计数字化

现代设计的一个重要特色就是计算机的使用，CAD/CAE 技术已经成为企业技术进步的标志，随着计算机技术的飞速发展，存储能力的不断增强，工程软件水平的日益提高，数据库的完备和网络技术的出现，使企业可以对市场需求迅速做出反应，提高企业的生存能力和竞争力。随着 CAD/CAE 技术深入而广泛的应用，实施产品数据管理（PDM），进行企业管理重组，对设计过程中产生的数据流进行管理已经成为新的发展方向。

（2）产品设计智能化

由于设计过程中除了计算、绘图、分析以外，还有许多工作需要发挥人的创造性，综合运用多种学科的专门知识和依靠丰富的实践经验才能解决。计算机的进一步发展而产生的人工智能技术如专家系统、知识工程和人工神经网络技术在这方面得到了广泛应用。

（3）应用并行设计工程

并行设计工程是指集成地、并行地处理产品设计、分析、制造及其相关过程的系统方法。并行设计改变了传统的串行工作方法，使得在设计阶段就可能有制造和销售人员的介入

和彼此信息的交互。并行工程可以在产品开发初期考虑到产品全生命周期，最大限度地满足用户的需求。并行工程强调系统集成，不仅注重企业内部的技术和信息集成，也重视与企业外部供应商、销售代理和最终用户之间的信息交互和集成。

(4) 采用模块化设计

采用搭积木、模块化的设计技术将有利于进行多品种、多规格的产品开发，使得在零部件通用性高的基础上能够组合出不同性能、规格、层次以及具有价格竞争力的产品。模块化的设计过程不仅要求具有可选择比较的零部件库，而且还应有各种性能匹配、计算优化的工程软件库。这种模块化的设计具有方案选择、性能优劣的评价系统，也能进行成本估算。这使工程机械的多品种、多层次开发具有广阔的前景。

(5) 注重绿色设计

钻孔与非开挖机械和其他产品一样，在生产和使用过程中，对环境造成不同程度的影响，因而人们提出未来的工程机械应是绿色环保型的机械，“绿色工程机械”不仅指其在使用时对环境的污染更小，还应是从制造、使用、保养、维修到报废回收的整个生命周期内对环境的破坏是最小的，这就要求在设计产品时要考虑产品在其全生命周期内的环保要求。

钻孔与非开挖机械设计是面向市场和用户的，是设计、制造、销售全过程中的决定性环节，是技术创新的最主要部分。设计开发过程中注意市场需求分析的综合，研究竞争对手的发展策略，形成设计开发的目标，并综合考虑法律、生态环境、人文习惯及技术约束条件，对钻孔与非开挖技术是十分必要的。