

王运敏 主编

中国采矿设备 手册 上册



科学出版社
www.sciencep.com

(TD-0028_0101)



ISBN 978-7-03-019751-1



9 787030 197511 >

定价: 580.00 元(上、下册)

中国采矿设备手册

(上册)

王运敏 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

《中国采矿设备手册》是由中钢集团马鞍山矿山研究院联合全国45家高校、科研设计院所和156家矿山企业和设备制造厂家的专家编撰而成,是中国第一部专门介绍采矿设备的大型工具书。参加本书编写工作的专家、学者、科研人员230余名,主编为王运敏教授。该手册共分19章,前17章分别按工序介绍了露天矿钻孔设备,地下矿凿岩设备,露天矿装载设备,地下矿装载设备,露天矿运输设备,地下矿运输设备,矿井提升设备,压通排设备和矿井采掘设备的发展状况,设备的结构、性能特点、工作原理、主要技术参数以及外形和安装尺寸简图;第18章列出了491条与采矿设备等相关的法规、标准和规范以及标准的历次替代情况;第19章列出了常用数据和表格。全书分上、下两册,近350多万字。

本书参阅了国内外上万篇(条)文献,收集了国内外几千家设备生产厂家的资料和矿山企业的生产实践资料,全面系统地反映了我国采矿设备的最新制造水平以及国内外采矿设备在我国金属矿山、大型煤炭矿山的应用情况。

本书的每一章都包括:国内外现状与发展趋势,分类、优缺点及适用条件,基本原理与结构特征(附图),主要技术参数计算,国内外主要生产厂家的详细技术性能和参数,选型原则与选型步骤,应用实例和主要故障及其排除方法。

本书可供从事矿山机械设备设计、制造、使用、维修和管理的科研人员、现场技术人员和各级管理人员使用;可用作采矿设计人员和厂矿技术人员的设备选型工具书;亦可作为大专院校的补充教材和现场技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

中国采矿设备手册/王运敏主编. —北京:科学出版社,2007.9

ISBN 978-7-03-019751-1

I. 中… II. 王… III. 矿山机械-中国-技术手册 IV. TD4-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第130031号

责任编辑:张 析 / 责任校对:包志虹

责任印制:赵德静 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2007年9月第 一 版 开本:890×1240 1/16

2007年9月第一次印刷 印张102 1/2 插页:3

印数:1—2 900 字数:3 300 000

定价:560.00元(上下册)

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

前言

建国以来,特别是改革开放以来,我国国民经济步入了快速发展的轨道,我国金属、非金属矿山开发迎来了前所未有的发展机遇。矿山开采规模得到了突飞猛进的发展,相继建成了各类金属矿山达 1.2 万余座,建成或即将建成的铁矿石年生产能力 300 万 t 以上的矿山有 34 座,其中 2002 年以后在建、新建和改扩建矿山就达到 16 座,其产能近 1 亿 t。2003—2005 年的 3 年间,国内铁矿采选业累计完成固定资产投资达 466 亿元,相当于世界三大矿石巨头未来计划投资的总和。随着投资的增加,采矿规模迅速扩大,采矿技术得到快速发展,装备水平逐步提高,有力地促进了采矿业的发展。

新中国成立后至 70 年代后期,我国自主研发了各种采矿设备,初步建立了我国矿山机械制造体系,为我国矿山的初步机械化提供了必要的设备。改革开放以后,我国矿山机械的研制水平有了长足的进步和发展,逐步建成了比较完整的科研开发、设计体系和生产基地。通过引进先进技术、设备进口和重大技术装备的攻关,成功地研制了百余项新的高效采矿机械与设备,并推广使用,使我国金属矿山的整体装备水平得到明显提高,可成套装备 1500 万~2000 万 t 级露天矿,150 万~200 万 t 级地下金属矿,品种满足率达 80%~85%,产品在国内市场中所占份额约 85%~90%。

随着新建、改扩建矿山的不断增加,对采矿设备的需求越来越大,发展自动化控制的机械化大规模采矿设备以解决矿山装备落后、可靠性低和开采规模小的问题是金属矿采矿技术的主要发展方向;节能降耗、提高生产效率、降低生产成本以获取最大的经济效益是矿山行业始终不移的追求目标;为提高矿山的装备水平,推动我国采矿技术和设备的科研、设计、生产水平,促进采矿事业的进步,中钢集团马鞍山矿山研究院联合全国 45 家高校科研单位和 156 家矿山企业和设备制造厂家,共同组织编写了中国第一部专门介绍采矿设备的大型工具书——《中国采矿设备手册》。参加撰写工作的有国内具有几十年教学、科研、设计、生产经验的专家、教授、高级工程师、工程师 230 余人。本书共分 19 章,前 17 章分别按工序介绍了露天矿钻孔设备,地下矿凿岩设备,露天矿装载设备,地下矿装载设备,露天矿运输设备,地下矿运输设备,矿井提升设备,压通排设备和煤矿井下采掘设备的发展状况,设备的结构、性能特点、工作原理、主要技术参数以及外形和安装尺寸简图。第 18 章列出了 491 条与采矿设备等相关的法规、标准和规范以及标准的历次替代情况,第 19 章列出了常用数据和符号。全书分上、下两册,共近 350 万字。

本书在编写过程中,参阅了国内外上万篇(条)文献,收集了国内外几千家设备生产厂家的资料和矿山企业的生产实践资料,全面系统地反映了我国采矿设备的最新制造水平以及国内外采矿设备在我国金属矿山、大型煤炭矿山的应用情况,重点介绍了在国内市场占有率较高的几大国外采矿设备制造厂家的产品性能。

本书的每一章都包括以下内容:国内外现状与发展趋势,分类、优缺点及适用条件,基本原理与结构特征,主要技术参数计算,国内外主要生产厂家的产品的详细技术性能和参数,选型原则与选型步骤,应用实例和主要故障及其排除方法。

本书在编写过程中,得到许多单位和专家的支持,在此一并感谢。由于水平有限,书中不妥之处,恳请读者指正。



2007 年 8 月

目 录

上 册

第一篇 钻孔设备

第 1 章 露天矿钻孔设备	(1)
1.1 牙轮钻机	(1)
1.2 露天潜孔钻机	(57)
1.3 露天凿岩钻车	(99)
第 2 章 地下矿凿岩设备	(113)
2.1 凿岩机	(113)
2.2 地下潜孔钻机	(208)
2.3 地下凿岩钻车	(230)
2.4 天井钻机	(324)
2.5 凿岩钎具	(343)

第二篇 装载设备

第 3 章 露天矿装载设备	(360)
3.1 机械式单斗挖掘机	(360)
3.2 液压挖掘机	(387)
3.3 斗轮挖掘机和索斗挖掘机	(422)
3.4 露天装载机	(433)
3.5 露天铲运机	(466)
3.6 装载设备之间的匹配问题	(482)
第 4 章 地下矿装载设备	(489)
4.1 地下铲运机	(489)
4.2 装运机	(551)
4.3 装岩机	(564)
4.4 电耙	(583)
4.5 振动放矿机	(605)

第三篇 运输设备

第 5 章 露天矿运输设备	(639)
5.1 自卸汽车	(639)
5.2 露天电机车	(702)
5.3 内燃机车	(745)
5.4 高强度胶带输送机	(763)
5.5 移动破碎站	(812)
5.6 联合运输转载站	(838)
第 6 章 地下矿运输设备	(850)
6.1 地下电机车	(850)
6.2 地下矿用汽车	(878)

下 册

第四篇 矿井提升设备

第 7 章 提升容器	(899)
7.1 竖井罐笼	(899)
7.2 竖井箕斗	(930)
7.3 斜井提升容器	(947)
第 8 章 提升钢丝绳	(958)
8.1 概述	(958)
8.2 圆股钢丝绳	(960)
8.3 异形股钢丝绳	(968)
8.4 面接触钢丝绳	(975)
8.5 密封钢丝绳	(976)
8.6 平衡用扁钢丝绳	(978)
8.7 包覆和填充钢丝绳	(980)
8.8 提升钢丝绳的计算与选择	(981)
8.9 提升钢丝绳的使用和维护	(983)
第 9 章 矿井提升机	(989)
9.1 概论	(989)
9.2 单绳缠绕式提升机	(991)
9.3 多绳摩擦式提升机	(1025)
9.4 减速器	(1044)
9.5 提升机制动装置	(1063)
第 10 章 矿井提升机的拖动与控制	(1072)
10.1 概述	(1072)
10.2 交流拖动系统	(1076)
10.3 G-M 直流拖动系统	(1092)
10.4 V-M 直流拖动系统	(1097)
10.5 交-交变频器同步电动机调速系统	(1100)
10.6 主要生产厂家的产品技术性能参数	(1107)
10.7 矿井提升机拖动方式的选择	(1134)
第 11 章 提升机的维护与故障处理	(1137)
11.1 提升机的使用与维护	(1137)
11.2 矿井提升机检修	(1138)
11.3 矿井提升机故障及处理	(1138)

第五篇 压通排设备

第 12 章 压气设备	(1144)
12.1 现状及分类	(1144)
12.2 压气设备组成及工作原理	(1151)
12.3 空压机主要技术参数计算	(1167)
12.4 空压机主要生产厂家的产品技术性能参数	(1170)
12.5 压气设备选择	(1190)

12.6 压气设备的故障诊断与维护	(1202)
第13章 通风设备	(1208)
13.1 矿用通风机的现状与发展趋势	(1208)
13.2 矿用通风机结构与技术要求	(1212)
13.3 矿用通风机的技术性能参数	(1221)
13.4 矿井通风有关规定	(1260)
13.5 通风机选型及布置	(1262)
13.6 局扇	(1268)
13.7 通风机的操作维修与故障排除	(1270)
第14章 排水设备	(1275)
14.1 概述	(1275)
14.2 分类及适用范围	(1275)
14.3 离心式水泵工作原理与结构特征	(1277)
14.4 主要生产厂家的产品技术性能参数	(1283)
14.5 选型原则与计算	(1308)
14.6 水泵的故障排除与检修	(1324)

第六篇 煤矿井下采掘设备

第15章 采煤机械	(1328)
15.1 采煤机	(1328)
15.2 刨煤机	(1386)
15.3 连续采煤机	(1407)
第16章 掘进机械	(1424)
16.1 掘进机	(1424)
16.2 锚杆钻机	(1471)
16.3 掘锚机组	(1477)
第17章 工作面支护设备	(1498)
17.1 单体液压支柱	(1498)
17.2 液压支架	(1522)
17.3 乳化液泵站	(1571)

第七篇 附 录

第18章 标准与规范	(1581)
第19章 常用数据与符号	(1591)
表 19.1 常用几何符号	(1591)
表 19.2 杂类符号	(1591)
表 19.3 集合论符号	(1592)
表 19.4 数理逻辑符号	(1593)
表 19.5 运算符号	(1593)
表 19.6 函数符号	(1594)
表 19.7 指数函数和对数函数符号	(1595)
表 19.8 复数符号	(1595)
表 19.9 三角函数和双曲函数符号	(1596)
表 19.10 矩阵符号	(1597)
表 19.11 坐标系符号	(1597)

表 19.12	矢量和张量符号	(1598)
表 19.13	特殊函数符号	(1599)
表 19.14	普氏岩石分类	(1600)
表 19.15	若干种岩石材料和矿石的力学参数	(1601)
表 19.16	拉丁字母	(1601)
表 19.17	希腊字母	(1602)
表 19.18	汉语拼音字母	(1602)
表 19.19	常用化学元素名称及符号	(1602)
表 19.20	常用物理量名称及符号	(1603)
表 19.21	国家标准代号及含义	(1604)
表 19.22	部分行业标准代号及含义	(1604)
表 19.23	国外部分标准代号	(1604)
表 19.24	SI 词头	(1604)
表 19.25	SI 基本单位	(1605)
表 19.26	包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位	(1605)
表 19.27	可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位	(1605)
表 19.28	常用法定计量单位及其换算	(1606)
表 19.29	常用物理量常数	(1609)
表 19.30	钢铁的洛氏硬度与肖氏硬度对照	(1609)
表 19.31	常用材料极限强度的近似关系	(1609)
表 19.32	金属材料力学性能代号及其含义	(1610)
表 19.33	钢铁(黑色金属)硬度及强度换算(适用于碳钢及合金钢)	(1612)
表 19.34	钢铁(黑色金属)硬度及强度换算(主要适用于低碳钢)	(1614)
表 19.35	常用材料弹性模量及泊松比	(1615)
表 19.36	金属材料的比热容和热导率	(1616)
表 19.37	材料线膨胀系数	(1617)
表 19.38	常用材料的密度	(1617)
表 19.39	松散物料的堆密度和安息角	(1618)
表 19.40	常用材料的滚动摩擦系数	(1618)
表 19.41	各种传动的传动比(参考值)	(1618)
表 19.42	常用材料的滑动摩擦系数	(1619)
表 19.43	摩擦副的摩擦系数'	(1619)
表 19.44	滑动摩擦系数与速度的关系	(1620)
表 19.45	机械传动效率	(1620)
	主要参考文献	(1621)

第一篇 钻孔设备

第 1 章 露天矿钻孔设备

1.1 牙轮钻机

1.1.1 现状与发展趋势

1.1.1.1 国内现状与发展趋势

1) 我国牙轮钻机发展过程

露天矿用牙轮钻机是采用电力或内燃驱动,履带行走、顶部回转、连续加压、压缩空气排渣、装备干式或湿式除尘系统,以牙轮钻头为凿岩工具的自行式钻机。

我国从 20 世纪 60 年代起研制牙轮钻机,1970 年研制成功了我国第一台型号为 HYZ-250、孔径 230~250mm,顶部回转连续加压的滑架式牙轮钻机;1971 年又设计制造出了 HYZ-250A 型钻机。这两台钻机在大孤山铁矿进行工业试验,于 1972 年通过了原冶金部和一机部的联合鉴定。后经多次修改,1977 年改型为 KY-250 型。从 1974 年起我国陆续引进一批美国 B-E 公司的 45-R 和 60-R(Ⅲ)型牙轮钻机,推动了我国自行研制牙轮钻机的发展过程。

为了进一步完善和提高 KY-250 型钻机的技术性能,洛阳矿山机械工程设计研究院(原洛阳矿山机械研究所,以下简称洛矿院)和当时的江西采矿机械厂(现重组为南昌凯马有限采矿机械分公司)于 1983 年完成了 KY-250A 型钻机的设计,1984 年由当时的江西采矿机械厂试制,1985 年在白云鄂博铁矿进行工业试验,1986 年 5 月通过部级鉴定。

在研发 KY250 中型牙轮钻机的同时,洛矿院、沈阳链条厂和东北工学院(现东北大学)、鞍钢集团矿山研究所、大孤山铁矿、长沙矿山研究院等单位从 1975 年起联合设计研制了孔径 310mm 的 KY-310 型牙轮钻机,先后在鞍钢弓长岭铁矿和马钢南山铁矿进行工业试验。1980 年,洛矿院根据试验中暴露的问题,对 KY-310 型钻机进行了全面的修改设计,由原江西采矿机械厂制造,并在大冶铁矿进行工业试验,1982 年 4 月通过部级鉴定。

为了适应我国中小型露天矿的需要,又完成了 KY 型牙轮钻机的系列化,洛矿院于 1982 年设计了 KY-200 型钻机,孔径 150~200mm,江西采矿机械厂于 1983 年完成试制,随后在铜录山铜矿进行工业试验,1986 年通过部级鉴定。此外,江西采矿机械厂和吉林重型机器厂还分别研制了不同结构形式的 KY-150 型牙轮钻机,其孔径分别为 100~150mm 和 150~170mm。

YZ 系列牙轮钻机是在我国大批引进美国牙轮钻机以后着手研制的。1980 年初,由原冶金部组织鞍钢矿山研究所、中钢集团衡阳重机有限公司(原衡阳冶金机械厂,以下简称衡冶重机)、长沙矿山研究院、东北大学和北京科技大学(原北京钢铁学院)等单位共同研制的 YZ-35 型牙轮钻机孔径 170~270mm,最大轴压 35t。该钻机是在 45-R 型牙轮钻机基础上,针对引进钻机在我国多年使用中暴露的问题,吸收国外其他钻机的优点,以及我国同类钻机的经验,进行设计研制的。该钻机由衡冶重机负责制造,在南芬露天铁矿进行工业试验,并已于 1985 年 10 月通过部级鉴定。

1984 年,衡冶重机在有关部门的协助和指导下,自行研制了 YZ-12 型牙轮钻机,于 1987 年 6 月通过部级鉴定。这样,在不到 8 年的时间内,已形成孔径 150、250、310 和 380mm 的 YZ 系列牙轮钻机。

国产牙轮钻机在 20 世纪末形成了比较完整的两大系列产品:KY 系列和 YZ 系列,其中 KY 系列牙轮钻机机型有 KY-150、KY-200、KY-250、KY-310 型,钻孔直径 120~310mm。YZ 系列牙轮钻机机型有 YZ-12、YZ-35、YZ-55、YZ-55A 型,钻孔直径 95~380mm。

国内生产制造牙轮钻机的主要厂家有南昌凯马有限采矿机械分公司和中信重型机械公司的 KY 系列和衡冶重机生产的 YZ 系列牙轮钻机。

国内生产的牙轮钻机的钻头不但已全部自给,而且质量还稳步上升,并先后出口到利比里亚、澳大利亚和加拿大等国。

上世纪某些曾制造或参加制造牙轮钻机的其他厂家,因各种原因,现已不再生产牙轮钻机。

2) 国内牙轮钻机基本特征

(1) 电力驱动,顶部回转,封闭链条-齿轮齿条加压提升的滑架型结构,一次连续钻孔的高钻架和接杆钻孔的标准钻架。

(2) 加压提升方式。电力快速提升和液压马达加压及慢速提升;电力快速提升和电动机加压;油缸-链条加压提升。

(3) 传动方式。集中传动——提升加压和行走于一体的主传动机构;独立传动——提升加压电力传动,双电动机分别驱动履带行走;双液压马达分别驱动履带行走。

(4) 回转方式。电力单电动机或双电动机驱动回转减速机,滚轮导向齿轮齿条无间隙传动的回转机构。

(5) 排渣方式。采用低风压大风量排渣,螺杆空压机供风,滑片式空压机供选用。

(6) 除尘方式。湿式除尘,干式除尘供选用。

(7) 电动机及调控方式。直流电动机驱动回转,磁放大器,可控硅供电无级调速;直流电动机或滑差电动机提升加压。

3) 国内最新技术状态

自 20 世纪 90 年代以来,国内牙轮钻机技术不断进步。驱动电动机及调控方式,钻机结构和技术性能均有较大发展。

(1) 新的直流电动机调控方式和交流变频电动机的应用。在直流电动机可控硅供电调速的模拟系统基础上,又应用全数字可控硅供电调速数字控制系统。钻具回转和提升加压电动机近几年推出交流变频电动机,可控硅变频调速交流传动系统。

(2) 向加大功率、轴压、回转速度及排渣风量发展。钻进基本参数的合理匹配和适当加大,可提高钻进效率降低钻孔成本,YZ-55A 型钻机回转为 $2 \times 75\text{kW}$ 的双直流电动机、轴压力达 588kN ; KY-250B 型钻机回转及行走电动机均为 100kW 直流电动机,轴压力 450kN ; YZ-35 型钻机排渣空压机风量达 $40\text{m}^3/\text{min}$,排渣回风速度达 50m/s ,回转速度由 $0 \sim 90\text{r/min}$ 提高到 $0 \sim 120\text{r/min}$ 。

(3) 钻机结构不断改进。司机室设计符合人机工程学,安全舒适,操作方便,便于观察钻孔过程和各显示参数,结合机棚的改进增加了司机在各方向的视野,如 YZ-35D 和 KY-250B 型钻机。

液压操作,有手动拉杆滑阀及按钮电液滑阀式,如 YZ-35D 和 YZ-55A 型钻机。

排渣空压机的配置,根据不同矿山用户实际情况配有不同风量和风压,空压机类型有螺杆式或滑片式可任选。

回转机构断链防坠装置,原气缸闸带式为主,最近又推出新式气-液增压盘式制动装置,增加断链防坠的可靠性。

增设电缆卷筒,减轻劳动强度和增加安全性能。

4) 国内牙轮钻机的发展趋势

国内牙轮钻机与国外相比有较大差距:穿孔直径范围在 $95 \sim 380\text{mm}$,但常用的是 $200 \sim 310\text{mm}$;自动化控制技术不全面;未开发柴油机钻机、全液压型钻机、无链加压钻机和轮胎式钻机。近来国内钻机技术水平不断提高,广泛采用国外先进技术和元器件,钻机性能效率提高较快,逐步向国外先进技术靠拢。国内钻机的发展趋势:

(1) 完善人机工程学设计司机室,符合防倾翻保护系统标准,使钻机更加安全、舒适、防尘、减振、低噪声和视野开阔。

(2)开发无链加压牙轮钻机,克服因加压链条破断所增加的停机故障,并简化传动机构。

(3)大中型钻机实现无链可反转的液压马达驱动行走装置,减少链传动故障,使钻机行走转弯动作灵活,且便于微机控制。

(4)提高钻机自动化程度。完善直流电动机和交流变频电动机控制性能,提高调控水平;实现自动钻进参数调节、钻机故障诊断,检测分析和预防维修;实现可编程序控制器和显示器组成的 PLC 视屏系统。

(5)开发中小型柴油机驱动全液压牙轮钻机。

1.1.1.2 国外牙轮钻机的发展与结构

1) 现状

国外牙轮钻机的主要生产公司见表 1.1-1。

表 1.1-1 国外牙轮钻机主要生产公司

序号	公司名称	所在地	所属母公司	公司网址
1	比塞洛斯公司(Bucyrus International, Inc. 简称 B-I 公司)	美国威斯康辛州		www.bucyrus.com
2	哈尼施菲格 Harnischfeger 采矿设备公司(简称 P&H 公司)	美国威斯康辛州	Joy Global	www.phmining.com
3	英格索兰公司(Ingersoll-Rand, 简称 IR)	美国新泽西州	Atlas Copco	www.irco.com
4	REICHdrill 公司	美国宾夕法尼亚州		www.reichdrill.com
5	里德钻进设备(Reeddrill)公司	美国得克萨斯州	TEREX	www.reeddrill.com
6	钻进技术(Dritech)公司	美国佛罗里达州	山特维克	www.dritech.sandvik.com
7	矿山技术设备公司	俄罗斯圣彼得堡	OMZ 联合公司	www.mineq.com
8	豪斯赫尔(Hausherr)公司	德国马纳		www.hausherr.de

国外目前能批量制造牙轮钻机的国家主要是美国和俄罗斯。美国设计制造的牙轮钻机技术水平较高,性能较好,几乎行销全球;而俄罗斯产牙轮钻机数量虽然不少,但由于其综合技术水平不及美国,绝大部分仅在其国内使用,只有极少数出口;德国主要生产小型多功能(牙轮、潜孔、旋转)钻机,但在 20 世纪 70 年代末已研制出大型牙轮钻机,印度近年来也生产孔径 310mm 以下的中小型牙轮钻机。

综上所述,在众多牙轮钻机生产国中,美国是研制最早、制造厂最多、生产数量最多、水平最高的国家,在国外牙轮钻机市场上,一直是美国比塞洛斯(B-I)公司、钻进技术公司(Dritech)、英格索兰公司(IR)、P&H 公司和里德(Reeddrill)钻进设备公司占据主导地位。

在钻头方面,瑞典 Sandvik 公司最新一代钢齿和镶齿矿用牙轮钻头,可以代表该领域的国际领先水平。用于软岩(单轴抗压强度 $\sigma_D \leq 100\text{MPa}$)的钢齿牙轮钻头有 4 种类型可供选择:①TSS-特软型, $\sigma_D < 35\text{MPa}$; ②TS-中软型, $\sigma_D = 20 \sim 40\text{MPa}$; ③TM-中硬型, $\sigma_D = 30 \sim 60\text{MPa}$; ④较硬型 $\sigma_D = 50 \sim 100\text{MPa}$ 。其直径范围为:73~311mm,共计 86 个品种。用于硬岩的镶齿牙轮钻头有 5 种类型可供选择:①CSS-特软型, $\sigma_D \leq 100\text{MPa}$; ②CS-软岩型, $\sigma_D = 50 \sim 150\text{MPa}$; ③CM-中硬型, $\sigma_D = 100 \sim 200\text{MPa}$; ④CMH-较硬型, $\sigma_D = 150 \sim 250\text{MPa}$; ⑤CH-坚硬型, $\sigma_D > 200\text{MPa}$ 。其直径范围为:75~406mm,共计 92 个品种。

2) 牙轮钻机的发展趋势

牙轮钻机总的发展趋势是规格向大型化、高效化;系统向全自动化、智能化;结构向形式多样、结构简化和高可靠性、高适应性发展;操作上向提高舒适性和易维修性方向发展;在发展大型牙轮钻机的同时也注意中小型牙轮钻机的发展。

(1)规格的大型化、高效化。规格大型化、高效化的主要表现是大孔径、高轴压、大排渣风量、大功率回转和提高主参数。

①提高钻孔直径。大型露天矿牙轮钻机直径由 310、380mm 已趋向 406、445mm,目前已发展到 559mm。49-R Ⅲ 钻机钻孔直径达 406mm,59-R 型钻机钻孔直径达 445mm;P&H 公司的 120A 型钻机钻孔直径达 559mm;②提高轴压力。P&H 公司的 120A 型牙轮钻机的轴压达 680.38kN,而美国 B-I 公司的 59-R 型钻机的轴压力则达 748.44kN;③加大排渣风量。如 59-R 型的排渣风量达 $97.6\text{m}^3/\text{min}$,而 Atlas Copco 公司 Pit Viper351 型排渣风量则达 $107.6\text{m}^3/\text{min}$;④改进主参数以提高穿孔效率。提高回转转速,增加回转功率。如 49-R 的回转转速为 $0 \sim 150\text{r}/\text{min}$;65(67)-R 为 $0 \sim 145\text{r}/\text{min}$;提高提升速度,如 65(67)-R 的提升速度为 $41\text{m}/\text{min}$;加大行走速度,如 49-R 的行走速度已达 $1.8\text{km}/\text{h}$;⑤螺杆式空气压缩机将基本取代滑片式空气压

缩机,并且加大排渣风量和风压,以提高排渣效果,延长钻头寿命。

(2)系统向全自动化、智能化方向发展。

①采用包括计算机、通信网络、彩色显示装置和数据输入盘在内的集成网络控制系统。这样,很容易使钻机达到最优的钻进性能。

计算机化控制装置能感知岩层条件变化,并可相应地调节推进和冲击速度。操纵杆控制装置可使得这类钻机更易于使用。而且钻杆的接拆和更换、推进方向的找准和炮孔深度的自动控制功能可改善炮孔直度和岩石破碎效果。

利用计算机或可编程序控制器对钻机主参数进行自动控制。对钻进过程进行监控,诊断各种故障等将越来越广泛。特别是可编程序控制器更适合牙轮钻机的应用,因为这种控制器编写程序简单。只用继电器语言,对环境要求不高,高温、潮湿、噪声、振动和电磁干扰都不影响其性能,不需要空调和保护,不但性能和可靠性提高了,而且成本也大大降低。

以计算机为基础的屏幕显示监视器取代了传统仪表盘,除监视设备作业状态外还有多种监测和故障诊断功能,通过各种传感器可随时向司机提供作业参数和各种信息,保证钻机无故障作业;由可编程逻辑控制器和显示器组成的 PLC 视屏系统使牙轮钻机的穿孔钻进深度、穿孔速度、钻进参数、故障、空压机风压和油温等在司机室内显示屏显示,并可通过通信线路将数据传输到控制中心。

②采用整套高技术电子设备,连续控制轴压力、回转速度和排渣风量,选择最佳钻机工作制度,以最小钻头磨损达到最大的钻孔速度;钻机作业自动化由局部自动化如自动定位、找平,自动化安卸钻杆等逐步向全自动化发展,程序自动钻进和调节、自动调平和润滑、炮孔定位、故障诊断、检测和预防维修可完全监控。

③能在最小作业成本的基础上使钻进参数最佳化;为露天矿现代化管理提供信息(矿石品位的精确分布、矿岩可钻性、可爆性和可控性等),钻孔时能识别矿岩特性;能记录炮孔的方位、倾角等参数便于以后对每个炮孔进行爆破分析。接杆钻进时自动控制和更换钻杆;钻机自动调平、GPS 卫星定位系统对钻机现场定位导航及障碍探测,为履带行走装置编制控制程序,从而实现炮孔精确定位和调整钻机位置。

④能够连续监测显示所有钻孔参数,以便为采矿和爆破设计提供有关信息;能够监测钻孔方向,随时改变轴压力修正偏移,能够监测、诊断和报警各工作系统的故障;可进行设备完好状态的监视,如故障诊断、检测、趋势分析和预防性维修等。具有这些功能的牙轮钻机司机不用全部时间在钻机上,仅在自动系统出现故障时再进行操作。

⑤操作智能化,实现包括物质流、产品信息流在内的控制过程中体力和脑力劳动的自动化,这样就使人从繁重的、危险的劳动中解放出来,并带来巨大的社会与经济效益。

⑥采用电力的钻机已开始采用一种新的供电调速方式——静态交流变频调速,它能适应质量较差的矿山电网;电动机数字控制调速;提高直流电动机抗冲击振动能力,采用全数字控制方式;采用交流变频电动机变频调速,在宽范围内实现无级调速。

(3)结构向形式多样、结构简化和高可靠性、高适应性发展。

①牙轮钻机回转和提升加压系统用静态直流电动机驱动可控硅调速代替了电动发电机组,扩大了调整范围,增加了提升加压力。新型直流电动机具有抗冲击振动能力,整流子有较大导电表面,电流密度低,实现无火花换向。电动机寿命长。采用数字式控制,改善了电动机控制特性,扩大了保护功能。但直流电动机价格较高,维修复杂,因而发展趋势是静态交流电动机驱动变频调速,可在宽范围内实现无级调整。由于无换向器和电刷,维护比较方便,并能适应较差的矿山电网。

②新型无链齿条加压提升系统和无链液压推进行走系统、封闭式齿轮箱齿轮等新结构,不仅简化了结构,提高了传动效率,而且使钻头负荷趋于平稳,提高了钻头寿命,减少维修和停机次数,具有较高的作业率。由液压马达独立驱动两条履带的行走装置可实现原地转弯,机动性好,缩短辅助作业时间,提惯穿孔效率和可靠性。

49-R 系列和 P&H 100A、P&H 120A 的新式电动无链齿条齿条加压,克服了顶部回转封闭链条加压断链故障,提高钻头寿命和钻进效率。钻机无链行走可反转液压马达驱动行星齿轮独立履带行走,故障低、动作灵活、原地拐弯、缩短辅助作业时间,便于微机控制。

目前,牙轮钻机一般均采用封闭链齿轮齿条式的加压方式。这种方式断链频繁,虽然增加链条安全系数可以减少断链事故,但不能彻底消除。美国 B-I 公司最新推出的 49-R 钻机采用一种全新的无链推压系统。取消了加压链条和行走链条,彻底消除了断链隐患,工作平稳,钻头载荷稳定,提高了钻头寿命,减小了回转小车的振动和漂移。预计这种方法将逐步取代传统的封闭链齿条加压方式。

③可控的螺杆式空压机排渣装置,根据不同作业条件提供合适的风量,两次大修间隔可达 25000~30000h,提高了使用寿命。

④集中传动的全液压钻机,电动柴油机集中传动,实现钻机全液压机。

⑤新型钻架结构钻机,美国 B-I 公司 39-R、39HR 型为三角形钢管晶格钻架,回转机构位于钻架内,钻架开口正对钻机,在钻孔过程中可接近采场台阶边坡。

(4)操作向提高舒适性和易维护方向发展。以人为本,改善工作环境,加强安全防护,运用现代设计法和人机工程学原理设计钻机,以改善司机工作条件,提高设计工作效率和钻机可靠性,用人机工程学设计司机室,符合防倾翻保护系统标准(ROPS),钻机安全、舒适、防尘及减振效果好,噪音低,视野开阔。不但安全,而且舒适、防尘、减振、降低噪音并有利于空调设施,使室内色彩协调、温度适宜、视野开阔、空气新鲜。并在外观和功能方面给司机良好感觉。坐在可调的气垫座椅上心情舒畅,能发挥最大能动性,提高生产效率。钻机结构不断简化,集中润滑等增加了设备易维修性。

(5)在发展大型牙轮钻机的同时注意中小型钻机的发展。中小型牙轮钻机多用交流电动机变频调速,钻机直径小于 150mm,机动灵活的履带和轮胎行走牙轮钻机,爬坡能力大,可在各种地形条件行驶作业;可适应大型露天矿生产建设的需要。如 Ingersoll-Rand 公司的 CM-345 型牙轮钻机孔径为 64~140mm。设备行驶平稳,爬坡能力 30°,行走装置有永久密封的履带辊、易于调节履带的张紧轮和液压摆动油缸,可在任何地形条件下行驶作业。从而增强与潜孔钻机的竞争能力。

综上所述,牙轮钻机发展趋势:采用计算机辅助设计方法,以提高设计工作效率。钻机本身则围绕着增强生产能力和作业效率、提高可靠性和安全性、改善操作环境和工作条件,不断改进结构,推出新机型。尤其是在大型钻机上,使用随机计算机来自动控制钻机主要工作参数以及对钻机主要工作过程进行监控,以提高钻孔效率,降低故障率和生产成本。

1.1.2 分类与优缺点及适用范围

1) 分类

露天钻孔设备主要有牙轮钻机、潜孔钻机、凿岩钻(台)车和旋转钻机等,其中旋转钻机是以切削方式破碎岩石,常用于不甚坚固的煤、钾盐、软锰矿等,本章不作介绍,其他钻机将分节论述。牙轮钻机分类方法较多,按作业场地分为露天矿牙轮钻机和地下矿牙轮钻机。露天矿牙轮钻机按其回转和加压方式、动力源、行走方式、钻机负载等进行分类,具体分类和主要特点及适用范围见表 1.1-2。

表 1.1-2 露天矿牙轮钻机的分类和主要特点及适用范围

分类		主要特点	适用范围
按回转和加压方式	卡盘式	底部回转间断加压;结构简单,效率低	已淘汰
	转盘式	底部回转连续加压;结构简单可靠,钻杆制造困难	已被滑架式取代
	滑架式	顶部回转连续加压;传动系统简单,结构坚固、效率高	大中型钻机均为滑架式,广为使用
按动力源	电力	系统简单,便于调控,维护方便	大中型矿山
	柴油机	适应地域广,效率低,能力小	多用于新建矿山和小型钻机
按行走方式	履带式	结构坚固	大中型矿山露天采场作业
	轮胎式	移动方便,灵活,能力小	多为小型钻机
按钻机负载	小型	钻孔直径 $\leq 150\text{mm}$,轴压力 $\leq 200\text{kN}$	小型矿山
	中型	钻孔直径 $\leq 280\text{mm}$,轴压力 $\leq 400\text{kN}$	中、大型矿山
	大型	钻孔直径 $\leq 380\text{mm}$,轴压力 $\leq 550\text{kN}$	大型矿山
	特大型	钻孔直径 $> 445\text{mm}$,轴压力 $> 650\text{kN}$	特大型矿山

2) 优缺点及适用范围

(1) 优点。牙轮钻机具有钻孔效率高, 生产能力强, 作业成本低, 机械化、自动化程度高, 适应各种硬度矿岩钻孔作业等优点, 是当今世界露天矿广泛使用的最先进钻孔设备。

(2) 缺点。牙轮钻机价格贵, 设备重量大, 初期投资大, 要求有较高的技术管理水平和维护能力。

(3) 适用范围。牙轮钻机适用矿岩 $f=4\sim 20$ 的钻孔作业, 广泛适用于矿山及其他钻孔场所。目前, 国内、外牙轮钻机一般在中硬及中硬以上的矿岩中钻孔, 其钻孔直径为 $130\sim 380\text{mm}$, 钻孔深度为 $14\sim 18\text{m}$, 钻孔倾角多为 $60^\circ\sim 90^\circ$ 。

1.1.3 基本原理与结构特征

1.1.3.1 基本原理

牙轮钻机钻孔时, 依靠加压、回转机构通过钻杆, 对钻头提供足够大的轴压力和回转扭矩, 牙轮钻头在岩石上同时钻进和回转, 对岩石产生静压力和冲击动压力作用。牙轮在孔底滚动中连续地挤压、切削冲击破碎岩石; 有一定压力和流量流速的压缩空气, 经钻杆内腔从钻头喷嘴喷出, 将岩渣从孔底沿钻杆和孔壁的环形空间不断地吹至孔外, 直至形成所需孔深的钻孔。见钻机钻孔工作原理图 1.1-1。

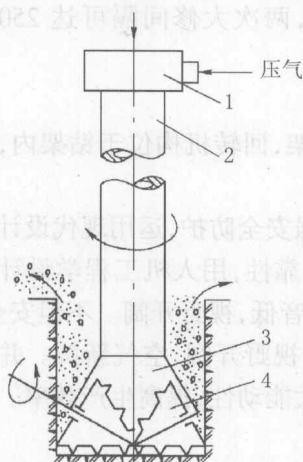


图 1.1-1 牙轮钻机钻孔工作原理

1-加压、回转机构; 2-钻杆;
3-钻头; 4-牙轮

1.1.3.2 牙轮钻机的总体组成

根据牙轮钻机的特点及工作需要, 顶部回转滑架式的各类型牙轮钻机总体结构组成相似, 见图 1.1-2~1.1-7 所示。

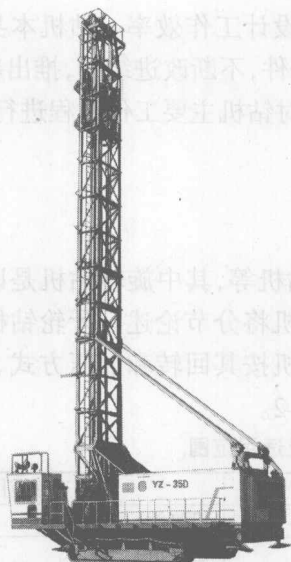


图 1.1-2 YZ-35D 牙轮钻机外形图

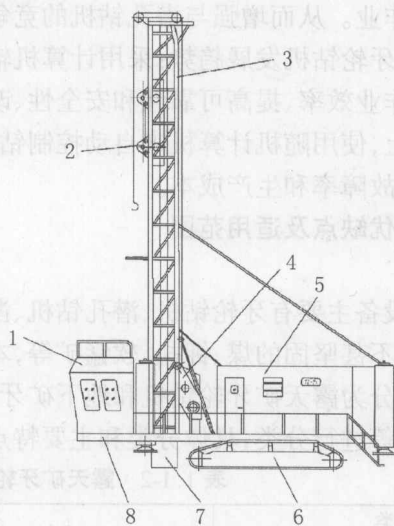


图 1.1-3 YZ-35 型牙轮钻机结构示意图

1-司机室; 2-回转机构; 3-钻架; 4-主传动机构;
5-机房; 6-行走机构; 7-除尘装置; 8-主平台

1.1.3.3 主要结构特征

1) 钻具

牙轮钻机钻具主要有牙轮钻头、钻杆和稳杆器。

(1) 牙轮钻头。牙轮钻具工作原理: 钻机通过钻杆给钻头施加足够大的轴压力和回转扭矩, 牙轮钻头转动时, 各牙轮又绕自身轴滚动, 滚动的方向与钻头转动方向相反。牙轮齿在加压滚动过程中, 对岩石产生碾压作用; 由于牙轮齿以单齿和双齿交替地接触岩石, 当单齿着地时牙轮轴心高, 而双齿着地时轴心低, 如此反复进行, 使岩石受到周期性冲击作用; 又由于牙轮的超顶、退轴 (3 个牙轮的锥顶与钻头中心不重合)、移动 (3 个牙轮的轴线不交于钻头中心线) 和牙轮的复锥形状, 使牙轮在孔底工作时还产生一定的滑动, 对岩石产生

切削作用。因此,牙轮钻头破碎岩石实际上是冲击、碾压和切削的复合作用。

①牙轮钻头的分类与基本结构。牙轮钻头按牙轮的数目分,有单牙轮、双牙轮、三牙轮及多牙轮的钻头。单牙轮及双牙轮钻头多用于炮孔直径小于150mm的软岩钻进。多牙轮钻头多用于炮孔直径180mm以上岩心钻进,矿山主要使用三牙轮钻头,三牙轮钻头又可分为压缩空气排渣风冷式及储油密封式两种。压气排渣风冷式牙轮钻头(简称压气式钻头)是用压缩空气排除岩渣的。此种钻头使用于露天矿的钻孔作业。通常钻凿炮孔直径为150~445mm,孔深在20m以下。压气式钻头的结构见图1.1-8。

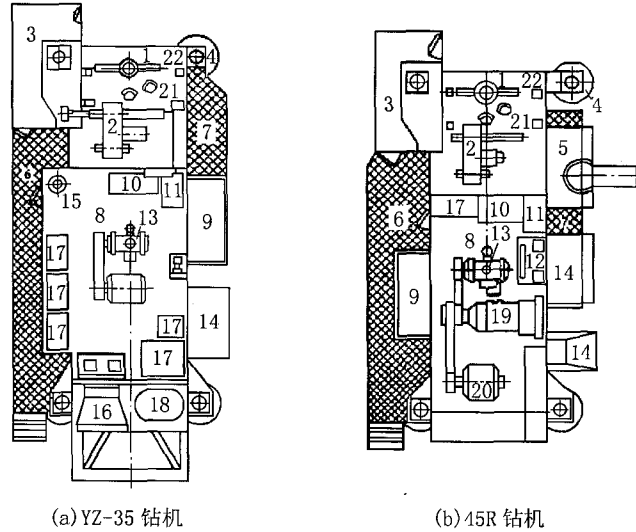


图 1.1-4 YZ-35 和 45-R 牙轮钻机主要部件

- 1-钻具扳手; 2-主传动机构; 3-司机室; 4-支承千斤顶; 5-干式除尘系统; 6-右走台; 7-左走台; 8-平台; 9-湿式除尘系统; 10-油泵站; 11-油箱; 12-辅助空压机; 13-主空压机; 14-主空压机冷却水箱; 15-干油泵站; 16-增压净化装置; 17-电控柜(可控硅); 18-变压器; 19-柴油机; 20-电动机; 21-钻杆架; 22-钻架

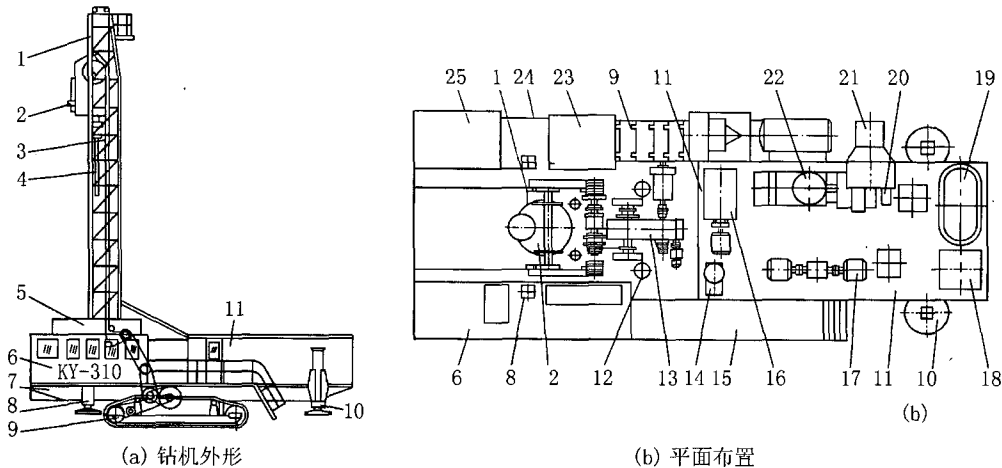


图 1.1-5 KY-310 型牙轮钻机总体构造

- 1-钻架装置; 2-回转机构; 3-加压提升系统; 4-钻具; 5-空气增压净化调节装置; 6-司机室; 7-平台; 8、10-后、前千斤顶; 9-履带行走机构; 11-机械间; 12-起落钻架油缸; 13-主传动机构; 14-干油润滑系统; 15、24-右、左走台; 16-液压系统; 17-直流发电机组; 18-高压开关柜; 19-变压器; 20-压气控制系统; 21-空气增压净化装置; 22-压气排渣系统; 23-湿式除尘装置; 25-干式除尘装置

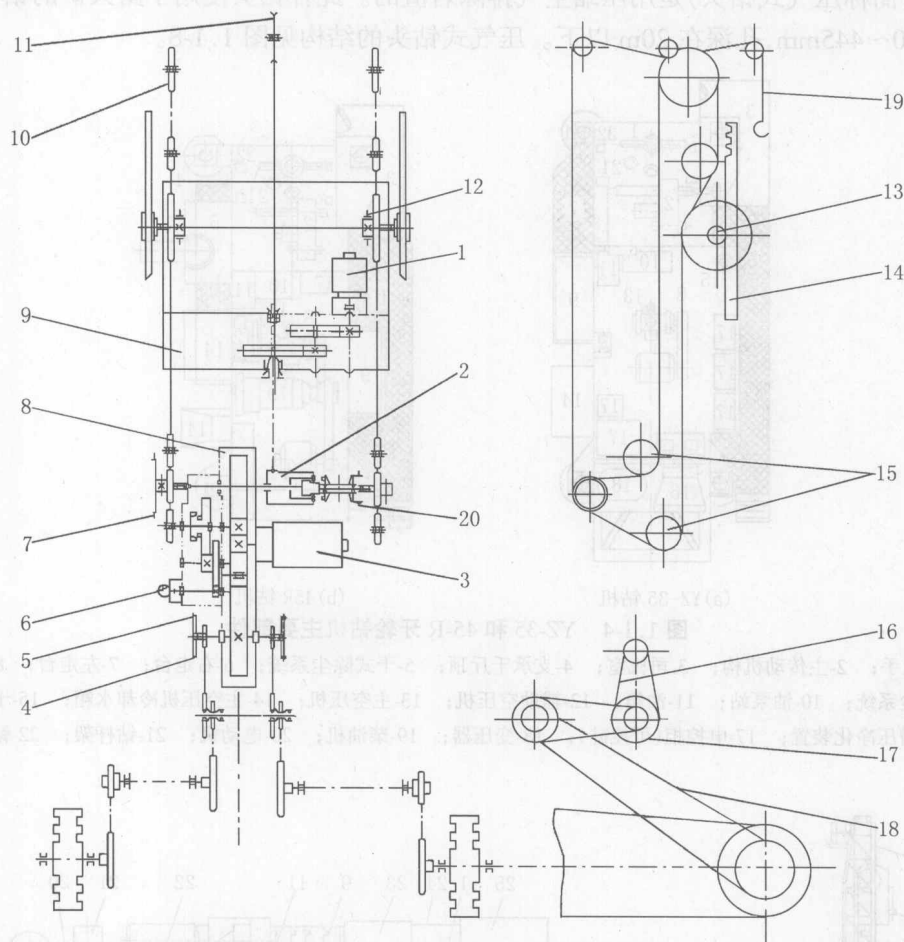


图 1.1-6 YZ-35 型牙轮钻机传动系统

- 1-回转电动机；2-辅助卷扬；3-提升行走电动机；4-行走抱闸；5-气胎；6-液压马达；7-提升抱闸；8-主传动箱；
9-回转减速器；10-顶部链轮；11-顶部滑轮；12-防坠抱闸；13-加压齿轮；14-钻架齿条；15-张紧链轮；
16-I 级链；17-II 级链；18-III 级链；19-吊具钢绳；20-卷扬抱闸