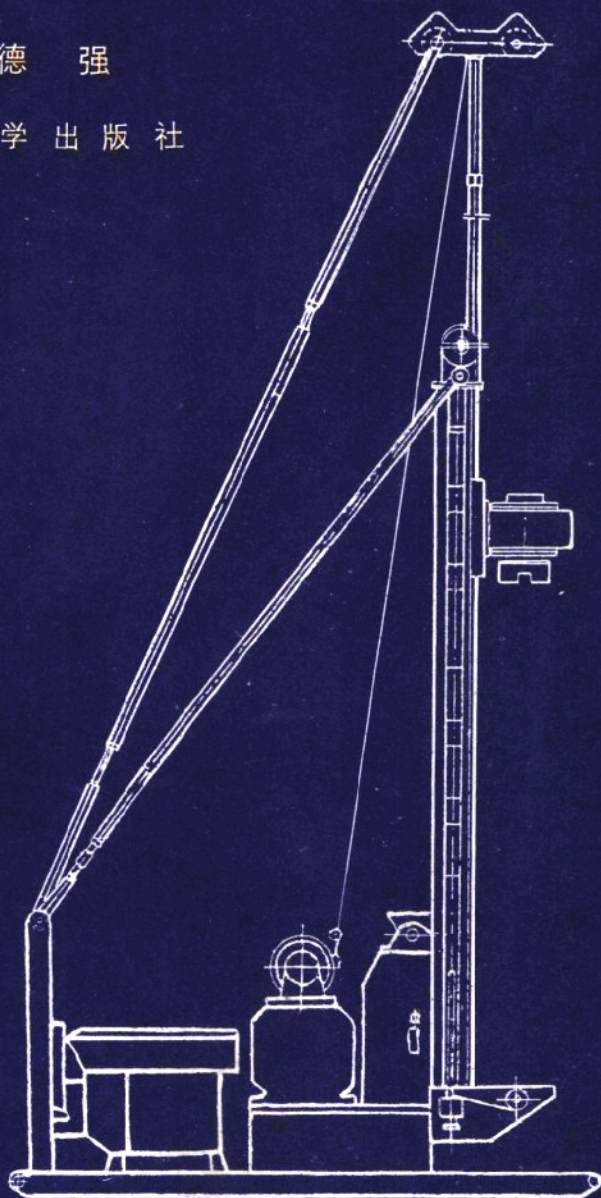


# 钻机设计

主 编 冯 德 强

中 国 地 质 大 学 出 版 社



063  
C-2

# 钻 机 设 计

主编 冯德强

• (鄂)新登字第12号 •

## 内容简介

本书综合介绍岩心钻机、水文水井钻机及工程勘察与工程施工钻机的结构分析、对比、设计原理和有关的设计计算。全书共分12部分,内容包括:绪论、钻机总体设计、机械传动系统、主离合器、变速箱、回转器与卡盘、给进机构、升降机、冲击机构、振动机构、机座与行走移位机构、液压系统。

本书为高等院校矿业机械专业试用教材,也可供从事钻机设计、试验研究、使用维修、管理等技术人员及有关中等学校教师参考。

## ③ 钻机设计

冯德强 \*主编

---

出 版 中国地质大学出版社 (武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 许高燕 责任校对 徐润英

印 刷 人民大垸印刷厂

发 行 湖北省新华书店经销

---

开本 787×1092 1/16 印张 24.25 字数 620 千字

1993 年 10 月第 1 版 1993 年 10 月第 1 次印刷 印数 1—800 册

---

ISBN 7-5625-0912-3/TD·17 定价: 11.20 元

## 前 言

本书是按照矿业机械专业教学计划和《钻机设计》课程教学大纲要求，在中国地质大学周家骏副教授等编写的《勘探机械设计》一书的基础上，根据多年教学实践的修改和补充而重新编写而成。

本书正文共有12部分，包括绪论、钻机的总体设计、机械传动系统、主离合器、变速箱及分动箱、回转器与卡盘、给进机构、升降机、冲击机构、振动机构、机座与行走移位机构、钻机的液压传动系统。附录中列出了各种类型钻机的技术性能。

本书由中国地质大学（武汉）探工系勘探机械教研室编写。冯德强任主编，黄振群主审。其中金敏编写第八章、第九章、第五章的一、三、四、五、六节；褚家武编写第七章、第十章、第五章的二节；韦念龙编写第三章、第四章；刘华英编写第十一章；冯德强编写绪论、第一章、第二章、第六章和全书统稿。

中国地质大学（北京）的杨惠民教授对书稿全部进行了详细的审阅和修改。中国地质大学（武汉）的许高燕教授任责任编辑，他除了对本书进行编辑加工外，还对本书的部分内容也作了重要的修改。本书编写时，参考了其他同志编写的书籍、教材、文章，以及各生产厂家的图纸和钻机使用说明书。另外本教研室的其他同志对本书的编写也给予了有力的支持和帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，加之资料不很充分，书中一定会有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者  
1992年9月

ABE-71/51

# 目 录

|                 |      |
|-----------------|------|
| 绪论              | (1)  |
| 一、钻机的分类         | (1)  |
| 二、钻机的发展概况       | (2)  |
| 三、钻机的标准系列       | (4)  |
| 四、钻机的特点及钻机设计的要求 | (7)  |
| 五、钻机设计的一般步骤及方法  | (10) |

## 第一章 钻机的总体设计

|                     |      |                      |      |
|---------------------|------|----------------------|------|
| § 1-1 总体设计的要求、任务和依据 | (16) | 四、回转器的变角方式           | (24) |
| 一、总体设计的要求           | (16) | 五、操纵机构的设置            | (25) |
| 二、总体设计的任务           | (16) | 六、装载形式               | (25) |
| 三、总体设计的依据           | (17) | § 1-4 钻机整机参数的确定      | (26) |
| § 1-2 机型与传动形式的选择    | (17) | 一、钻进能力参数             | (26) |
| 一、机型的选择             | (17) | 二、钻机所需的功率及钻机所配动力机的功率 | (29) |
| 二、钻机传动方式的选择         | (21) | 三、钻机的重量与外形尺寸         | (34) |
| § 1-3 钻机的总体布局       | (21) | § 1-5 车装钻机的稳定性计算     | (35) |
| 一、钻机的驱动和动力输入方式      | (21) | 一、钻机重心位置的确定          | (35) |
| 二、升降机的布置形式          | (22) | 二、钻机的稳定性计算           | (36) |
| 三、让开孔口的方式           | (24) |                      |      |

## 第二章 机械传动系统

|                       |      |                    |      |
|-----------------------|------|--------------------|------|
| § 2-1 机械传动系统的功用及要求    | (39) | 一、立式钻机机械传动系统形式     | (43) |
| 一、机械传动系统的功用           | (39) | 二、转盘式钻机机械传动系统形式    | (46) |
| 二、对机械传动系统的要求          | (39) | 三、移动回转器式钻机机械传动系统形式 | (50) |
| § 2-2 动力机与钻机工作机构的特性分析 | (40) | § 2-4 机械传动系统的确定    | (54) |
| 一、动力机的特性              | (40) | 一、拟定机械传动系统的一般步骤    | (54) |
| 二、钻机工作机构的工作特性         | (41) | 二、确定机械传动系统的原则      | (54) |
| § 2-3 机械传动系统的形式分析     | (43) | 三、转速图的绘制及作用        | (56) |

## 第三章 摩擦离合器

|                      |      |                    |      |
|----------------------|------|--------------------|------|
| § 3-1 摩擦离合器的功用与设计的要求 | (60) | 一、XU—600-3 钻机摩擦离合器 | (63) |
| 一、摩擦离合器的功用           | (60) | 二、XY—4 型钻机摩擦离合器    | (64) |
| 二、摩擦离合器的设计要求         | (60) | 三、XY—5 型钻机摩擦离合器    | (67) |
| § 3-2 摩擦离合器的类型与工作原理  | (60) | 四、XY—1 型钻机摩擦离合器    | (68) |
| 一、摩擦离合器的结构类型         | (60) | § 3-4 摩擦离合器基本参数的确定 | (70) |
| 二、摩擦离合器的工作原理         | (61) | 一、离合器的摩擦力矩         | (70) |
| § 3-3 常用钻机摩擦离合器结构型式  | (63) | 二、摩擦副工作表面的比压       | (71) |
|                      |      | 三、离合器的储备系数         | (72) |

|                          |      |                    |      |
|--------------------------|------|--------------------|------|
| 四、离合器结构参数的确定 .....       | (72) | 三、支承盘 .....        | (80) |
| § 3-5 离合器的滑磨功与发热验算 ..... | (74) | 四、离合器罩 .....       | (81) |
| 一、离合器的接合过程 .....         | (74) | § 3-7 压紧机构设计 ..... | (81) |
| 二、滑磨功的计算 .....           | (75) | 一、弹簧压紧机构 .....     | (81) |
| 三、离合器的发热和耐磨性校验 .....     | (77) | 二、杠杆压紧机构 .....     | (83) |
| § 3-6 离合器主要零件的设计 .....   | (78) | § 3-8 操纵机构设计 ..... | (91) |
| 一、带衬摩擦盘 .....            | (78) | 一、对操纵机构的要求 .....   | (91) |
| 二、压盘 .....               | (79) | 二、操纵机构的主要计算 .....  | (93) |

## 第四章 变速箱及分动箱

|                             |       |                           |       |
|-----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| § 4-1 变速箱及分动箱的功用与要求 .....   | (95)  | 四、轴的支承方式和轴承的选用与固定 .....   | (110) |
| 一、变速箱及分动箱的功用 .....          | (95)  | 五、变速箱零件的润滑和密封 .....       | (110) |
| 二、对变速箱和分动箱的要求 .....         | (95)  | 六、变速箱体 .....              | (111) |
| § 4-2 变速箱和分动箱的组成与结构型式 ..... | (95)  | § 4-5 变速箱主要参数的确定 .....    | (111) |
| 一、变速箱的结构型式 .....            | (95)  | 一、传动轴中心距 $A$ .....        | (111) |
| 二、分动箱的结构型式 .....            | (99)  | 二、齿轮模数 $m$ .....          | (112) |
| 三、箱体 .....                  | (100) | 三、斜齿轮的螺旋角 $\beta_0$ ..... | (113) |
| § 4-3 典型变速箱和分动箱的结构 .....    | (100) | 四、轮齿宽度 $b$ .....          | (113) |
| 一、XY—5 型钻机变速箱与分动箱 .....     | (100) | 五、选配齿轮 .....              | (114) |
| 二、YL—6 型钻机变速箱与分动箱 .....     | (104) | § 4-6 操纵机构设计 .....        | (116) |
| § 4-4 变速箱结构设计要点 .....       | (107) | 一、换挡机构 .....              | (116) |
| 一、各轴在变速箱中的位置布置 .....        | (107) | 二、锁定机构 (自锁机构) .....       | (117) |
| 二、各档齿轮在轴上的布置 .....          | (107) | 三、互锁机构 .....              | (117) |
| 三、反档的位置布置及型式 .....          | (107) | 四、典型钻机变速箱的操纵装置 .....      | (119) |

## 第五章 回转器与卡盘

|                            |       |                           |       |
|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| § 5-1 回转器的功用、要求和类型 .....   | (121) | § 5-4 转盘式回转器结构分析与设计 ..... | (148) |
| 一、回转器的功用及钻进工艺对回转器的要求 ..... | (121) | 一、转盘的结构分析 .....           | (148) |
| 二、回转器的类型及特点 .....          | (121) | 二、转盘式回转器的设计计算要点 .....     | (151) |
| § 5-2 回转系统的载荷特性及参数选择 ..... | (123) | § 5-5 移动式回转器结构分析与设计 ..... | (155) |
| 一、回转系统的载荷特性 .....          | (123) | 一、移动式回转器结构分析 .....        | (155) |
| 二、回转系统的参数选择 .....          | (128) | 二、移动式回转器的设计 .....         | (159) |
| § 5-3 立轴式回转器结构分析与设计 .....  | (134) | § 5-6 卡盘的结构分析与设计 .....    | (162) |
| 一、立轴式回转器结构分析 .....         | (134) | 一、卡盘的功用、工艺要求及基本参数 .....   | (162) |
| 二、立轴式回转器的设计计算 .....        | (137) | 二、卡盘的结构分析 .....           | (163) |
|                            |       | 三、卡盘的设计计算 .....           | (169) |

## 第六章 给进机构

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| § 6-1 给进机构的功用、要求及类型 ..... | (181) |
|---------------------------|-------|

|                            |       |                            |       |
|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| 一、给进机构的功用 .....            | (181) | 二、螺旋差动式给进机构 .....          | (187) |
| 二、对给进机构的要求 .....           | (181) | 三、封闭链条给进升降机构 .....         | (190) |
| 三、给进机构的类型及特点 .....         | (182) | § 6-3 液压给进机构的结构分析与设计 ..... | (195) |
| § 6-2 机械给进机构的结构分析与设计 ..... | (183) | 一、液压给进机构的结构分析 .....        | (195) |
| 一、钢丝绳加压给进机构 .....          | (183) | 二、液压给进机构的设计 .....          | (205) |

## 第七章 升降机

|                                |       |                           |       |
|--------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| § 7-1 升降系统的作用及对升降系统的设计要求 ..... | (215) | 三、典型钻机升降机的结构 .....        | (227) |
| 一、升降系统的构成与作用 .....             | (215) | 四、2K-H 行星式升降机的结构形式 .....  | (228) |
| 二、对升降系统的设计要求 .....             | (215) | § 7-4 制动器的结构类型与设计计算 ..... | (231) |
| § 7-2 升降系统的载荷特性及参数选择 .....     | (216) | 一、制动器的结构 .....            | (231) |
| 一、升降系统的载荷特性 .....              | (216) | 二、制动器的设计计算 .....          | (233) |
| 二、升降系统的参数选择 .....              | (219) | 三、辅助制动器——水刹车与电磁刹车 .....   | (244) |
| § 7-3 升降机的结构类型 .....           | (225) | § 7-5 升降机主要零件的设计计算 .....  | (248) |
| 一、锥摩擦传动升降机 .....               | (225) | 一、卷筒的设计计算 .....           | (248) |
| 二、行星式升降机 .....                 | (226) | 二、卷筒体的强度核算 .....          | (250) |
|                                |       | 三、升降机轴和轴承的设计计算 .....      | (252) |

## 第八章 冲击机构

|                         |       |                        |       |
|-------------------------|-------|------------------------|-------|
| § 8-1 冲击钻进及冲击机构概述 ..... | (254) | 三、冲击机构有关参数设计 .....     | (260) |
| 一、冲击钻进基本参数 .....        | (254) | § 8-3 超越离合器式冲击机构 ..... | (261) |
| 二、孔内钻具运动规律 .....        | (255) | 一、结构及工作原理 .....        | (261) |
| 三、冲击机构的功用、要求和类型 .....   | (256) | 二、运动分析 .....           | (263) |
| § 8-2 曲柄摇杆式冲击机构 .....   | (257) | § 8-4 液压冲击机构 .....     | (265) |
| 一、结构与工作原理 .....         | (257) | 一、液压冲击机构的结构与工作原理 ..... | (265) |
| 二、运动分析 .....            | (258) | 二、液压冲击机构分析 .....       | (268) |

## 第九章 振动机构

|                           |       |                       |       |
|---------------------------|-------|-----------------------|-------|
| § 9-1 振动机构的功用、要求和类型 ..... | (270) | 二、主要参数的确定 .....       | (278) |
| § 9-2 振动机构基本参数的确定 .....   | (272) | 三、主要零件的设计计算 .....     | (280) |
| 一、振动钻进机理 .....            | (272) | § 9-4 振动锤的设计计算 .....  | (283) |
| 二、影响振动钻进的因素 .....         | (272) | 一、振动锤的结构及工作原理 .....   | (283) |
| § 9-3 机械式振动器设计与计算 .....   | (275) | 二、振动锤的力学模型及运动方程 ..... | (284) |
| 一、振动钻进力学模型及运动方程 .....     | (275) | 三、振动锤的参数选择与计算 .....   | (286) |

## 第十章 钻机机座和行走移位机构

|                          |       |            |       |
|--------------------------|-------|------------|-------|
| § 10-1 机座的组成、功用和要求 ..... | (288) | 一、底座 ..... | (289) |
| § 10-2 机座的结构形式 .....     | (289) | 二、机架 ..... | (292) |

|                             |       |                           |       |
|-----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| 三、钻机的固定装置 .....             | (293) | § 10-4 行走移位机构 .....       | (297) |
| 四、钻机的移动装置 .....             | (294) | 一、行走移位机构的任务、要求和结构类型 ..... | (297) |
| § 10-3 移动装置和固定装置的设计计算 ..... | (294) | 二、活动平台、导轨式移动装置 .....      | (297) |
| 一、移动液压缸的计算 .....            | (294) | 三、液压步履机构 .....            | (297) |
| 二、导轨和滑板的计算 .....            | (295) | 四、半回转机构 .....             | (298) |
| 三、压紧装置的计算 .....             | (296) | 五、滚管滑移机构 .....            | (299) |

## 第十一章 钻机的液压传动系统

|                                   |       |                            |       |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| § 11-1 钻探工艺对钻机液压传动系统的<br>要求 ..... | (302) | 系统设计 .....                 | (316) |
| § 11-2 钻机液压系统设计要点 .....           | (304) | 一、回转机构液压回路设计 .....         | (316) |
| 一、充分了解钻机总体方案对液压传动系统的<br>要求 .....  | (304) | 二、给进机构液压回路设计 .....         | (320) |
| 二、确定液动机的型式和液压泵的类型 .....           | (304) | 三、升降机构液压回路设计 .....         | (325) |
| 三、确定液压传动系统的型式 .....               | (304) | 四、给进滑架(钻架)起落机构液压回路设计 ..... | (327) |
| 四、确定液压系统的主要参数 .....               | (305) | 五、卡夹机构液压回路设计 .....         | (328) |
| 五、设计各执行机构的液压回路 .....              | (306) | 六、夹持-制动机构的液压回路设计 .....     | (334) |
| 六、确定钻机液压传动系统 .....                | (306) | § 11-5 典型钻机的液压传动系统 .....   | (334) |
| 七、油箱的设计 .....                     | (311) | 一、XY—5 型钻机液压传动系统 .....     | (335) |
| § 11-3 立轴式钻机液压系统设计 .....          | (311) | 二、钻石—300 型钻机液压传动系统 .....   | (338) |
| 一、调压回路的选择 .....                   | (311) | § 11-6 专用液压元件简介 .....      | (343) |
| 二、调速回路的选择 .....                   | (313) | 一、孔底压力指示器 .....            | (343) |
| § 11-4 液压驱动动力头式钻机液压 .....         |       | 二、给进控制阀 .....              | (346) |
|                                   |       | 三、制动阀 .....                | (347) |
| 附表: .....                         |       |                            | (350) |



# 绪 论

钻机是在地壳中钻孔的机器。它广泛用于地质勘察、矿产勘探、水文水井钻凿、工程建筑的基础施工、矿山开采及其他各种用途的钻探生产中。目前,钻机已发展成为品种众多、门类较齐全的专业机械。

## 一、钻机的分类

根据钻机的用途、采用的钻进方法和结构型式不同,主要划分为以下类型:

### (一) 按用途分类

1. 石油钻机 用于陆地及海洋石油及天然气的普查、勘探和开采的钻孔施工。
2. 岩芯钻机 用于金属及非金属固体矿产的普查及勘探,或要求取芯的其他用途的钻孔(例如水文孔、地质勘察孔等)的施工。这些类型的钻孔,在钻进中要求取出保持地层原状的岩芯。因此,将主要用于这些类型钻孔施工的钻机称为岩芯钻机。
3. 水文水井钻机 用于地下水资源的调查、勘探和开采。这种类型的钻机为适应地下水探采结合的要求,既可以钻进水文孔,又能完成水井孔的钻凿,故称为水文水井钻机。
4. 工程地质勘察钻机 用于桥梁、水坝、高层建筑及其他重要大型工程建筑基础的地基勘察。
5. 工程施工钻机 用于大型工程建筑的基础桩孔的施工。采用钻孔成桩可以缩短施工周期,提高成桩的质量。许多现代的大型工程建筑常采用钻孔成桩的方法,因此促进了工程施工钻机的发展。
6. 砂矿钻机 用于砂矿矿床的勘探。砂矿矿床虽属固体矿床,但具有与其他固体矿床不同的特点,对钻探砂矿的钻机有其特殊的要求,因此,砂矿钻机形成了自身的特点而有别于其他类型的钻机。
7. 取样钻机 用于地质和矿产普查的浅孔取样钻探,特点是结构简单、轻便。

### (二) 按钻进方法分类

采用的钻进方法不同,钻机的结构和组成会有较大的区别。适应各种钻进方法的钻机可分为以下几种:

1. 冲击式钻机 通过钻头周期性的上下运动冲击破碎岩石,实现钻孔的钻机称为冲击式钻机。钢丝绳冲击式钻机以钢丝绳带动钻头上下冲击;钻杆冲击式钻机以钻杆带动钻头上下冲击。
2. 回转式钻机 通过钻头在孔底的回转而破碎岩石的钻机称为回转式钻机。回转式钻机可以完成多种类型的钻孔,是目前数量最多的一种钻机。
3. 振动式钻机 它是采用振动物迫使钻具产生轴向周期性振动,依靠振动所产生的力使钻头吃入地层,实现钻进。振动式钻机适用于松软地层钻进。
4. 复合式钻机 具备两种以上钻进方法的钻机称为复合式钻机。常用的有冲击-回转式

合式钻机及冲击-回转-振动-静压复合式钻机。

### (三) 按结构特征分类

同一用途的钻机按其结构特征，又有许多类型。不同的结构，有不同的工作性能和使用范围。以岩芯钻机为例，根据部分结构特征又可分为如表 0-1 所列的类型。

表 0-1 岩芯钻机按结构特征的分类表

| 回 转 器 型 式               | 给 进 机 构 型 式    | 代 表 机 型   |
|-------------------------|----------------|-----------|
| 立<br>轴<br>式             | 手轮-齿筒给进        | XB—500 型  |
|                         | 手把、蜗轮、蜗杆-齿筒给进  | XJ—100 型  |
|                         | 螺旋差动给进         | 长年—24 型   |
|                         | 双油缸给进          | XY—5 型    |
| 轴<br>盘<br>式             | 钢丝绳加压给进        | 北京—500 型  |
|                         | 主动钻杆给进         | XB—1000 型 |
|                         | 单液压缸给进         | 北京—600 型  |
|                         | 双液压缸给进         | XP—4 型    |
| 移 动 回 转 器 式<br>(俗称动力头式) | 单液压缸给进         | HC—150 型  |
|                         | 双液压缸给进         | XD—600 型  |
|                         | 单液压缸-链条(钢丝绳)给进 | 钻石—300 型  |
|                         | 双液压缸-链条(钢丝绳)给进 | 钻石—600 型  |
|                         | 液压马达-链条给进      | XD—100 型  |

## 二、钻机的发展概况

### (一) 钻机发展的一般概况

钻机的发展也与其他机械发展一样经历了漫长的发展过程。

钻探技术起源于我国。根据古书《川盐纪要》记载，我国早在 2200 多年前的秦代就开始利用钻探技术凿井取盐。后来钻探技术流传到欧、美。而近代的钻探技术在欧、美发展迅速。

早期的钻机是由人力驱动简单冲击式机械，经长期不断演变、发展，成为现代具有机动动力驱动的各种冲击式钻机。冲击式钻机作为唯一的钻探机械，在世界上一直沿用了相当长的历史时期。这种钻机钻孔有如下缺点：效率低；无法取出完整的岩芯；只能钻垂直孔；钻孔过程中不能及时排出岩屑等。随着社会生产的不断发展，这种钻机已逐渐不能适应要求。19 世纪中期以后，出现了回转式的钻机。回转式钻机具有钻进效率高；可取出完整的岩芯；能钻进各种倾角的钻孔；有利于多种钻探工艺和方法的使用等优点，因此发展很快，并迅速在钻探领域中占据了主导地位。

不同用途的钻机有不同的发展过程。就回转式岩芯钻机而言，其发展大体上可分为三个阶段：

第一发展阶段(从 19 世纪 60 年代到 20 世纪 40 年代) 1862 年由瑞士人里舒特和他的助手埃特发明了手钹天然金刚石钻头，并设计制造了世界上最早的回转式钻机。这一钻机虽然很简单，但它的出现开创了钻探技术的新纪元。1864 年，在掘进意大利和法国间的谢尼

山铁路隧道时,已使用了回转式钻机。当时的钻机采用蒸气机驱动,使用手镶天然金刚石钻头。但由于金刚石稀少,价格昂贵,影响了回转式钻机的发展。

1899年出现了钻粒。这一廉价研磨材料代替了金刚石。随着冶金技术的发展,在1916年硬质合金被用于钻探。这两种材料在钻探中的应用推动了回转式钻机的发展。

此发展阶段的代表性钻机是手把给进式钻机。这种钻机品种很多,但基本结构相似。早期的典型产品有KA-2M—300型(单速)、KAM—500型(三速)、B-3—1200型(三速)等。这类钻机的主要特点是:结构简单、制造容易、寿命长、装拆和搬迁容易;但性能不够完善、劳动强度大、安全可靠性能差。

第二发展阶段(20世纪40年代到60年代) 本世纪40年代,硬质合金钻进进一步成熟和发展。钻头类型增多、规程强化。另外,由于粉末冶金的发展,导致了低品级细粒廉价金刚石钻头新工艺的出现,促进了金刚石钻进的推广和应用。手把式钻机已经明显地不适应钻探工艺发展的要求。在此期间,液压技术也已逐渐完善和应用。在这些条件下,产生了第二代新的岩芯钻机,即液压给进钻机。

最初,液压给进用于立轴钻机。早期的代表机型有美国的Sullivan—500型,瑞典的XH—60型,原苏联的3ИФ—300和3ИФ—650型等。这些类型的钻机在结构上,采用了与横向布局的手把式立轴钻机不同的纵向布局形式。其结构较紧凑;而且扩大了钻机的调速范围,增加了速度档数,提高了转速;另外,又采用了液压给进,因此,第二代岩芯钻机在工作性能、对工艺方法的适应性能等方面都优于手把式钻机。并且提高了安全可靠性能、改善了劳动条件、减轻了劳动强度。

液压给进钻机经过几十年的使用、改进和发展,在结构和性能上已逐步趋近定型和完善,在现在的岩芯钻探生产中占有主导地位。根据有关文献介绍,在当今世界上开动的岩芯钻机中,液压给进立轴式钻机占98%左右。

第三发展阶段(从本世纪60年代至今) 进入本世纪60年代后,随着人造金刚石的应用,金刚石钻探的工作量迅速增加;轻质铝合金钻杆的使用;绳索取芯等钻进工艺方法的推广;液压技术及机械制造技术的进一步发展;加之飞速发展的生产需要,导致了第三代岩芯钻机——移动回转器式(俗称动力头式)岩芯钻机的产生。

移动回转器式岩芯钻机发展的初期主要为液压驱动移动回转器式。这种形式的钻机与第一、二代岩芯钻机相比,在总体布局和传动方式上有较大的变化。这种钻机的主要传动均为液压传动;采用移动式回转器;能实现长行程连续给进;可实现无级调速、仪器仪表监控;利用操作台实现远距离集中控制和操作。这类钻机生产效率和自动化程度高、劳动强度小;但采用液压传动的无功功耗比机械传动要大,液压件的加工、装配、维修都较困难,因此,其发展受到一定的限制。

目前,移动回转器式钻机还发展有机械传动、电驱动和气压驱动等形式。

移动回转器式岩芯钻机初期的代表机型有瑞典产的DIAMEC—250型和TORAM2×20型等。

近年来,随着电子技术的飞速发展,钻机自动化的进程也在加快。目前,俄、日、美等国已经研制出由电子计算机程序控制的全自动钻机;另外,有不少国家正在研究新式钻岩技术,如电子束钻、爆炸钻、高压水射流钻、激光钻、火箭喷射钻、射弹钻等等。一旦这些新的钻岩方法研究成功,钻机也将再次产生根本性的改变。

由钻机的发展过程可以看出,钻机的发展取决于两个因素:(1)钻探方法和钻探工艺的

发展；(2)冶金工业、机械制造和电子工业等科学技术的发展。

## (二) 我国钻机的发展概况

钻探技术虽然起源于我国，并在古代曾有一段兴盛时期，但后来由于经历了封建宗法社会的漫长岁月，一直停滞不前，到1949年解放时，我国仍没有自己的钻探机械制造业，旧中国遗留下来的各类钻机也不足百台。

新中国成立后，我国的钻探机械制造业从无到有、从小到大逐步得到蓬勃发展。40多年来，我国的钻探机械发展过程大致可分为三个阶段。

第一阶段为50年代，是初建时期。新中国刚诞生时，百废待兴。为了尽快恢复和发展生产，一方面从国外引进了部分钻机及配套设备，另一方面积极筹建自己的钻探机械生产厂和研究设计队伍。1953年在张家口市组建了我国首家探矿机械厂，以后又相继在无锡、衡阳、上海、重庆、武山等地建起了较大的部属探矿机械厂，而且成立了专业研究机构，使我国的钻探机械业初具规模。

在这一阶段，我国的钻探机械是引进钻机国产化，先后生产出XB—300、XB—500及XB—1000型等钻机。

第二阶段为60年代，是自行设计和研制阶段。经过解放后十年的艰苦奋斗，到50年代末，我国已逐步走上自行设计和制造钻探机械的道路。在这一阶段，我国不仅可以生产钻探工具和辅助设备，同时，在引进液压钻机的基础上，通过仿制和研制出一批具有我国特点的钻机。1958年地质机械司设计的跃进—600型油压钻机，1959年在张家口探矿机械厂生产。1965年定型为XU—600型钻机。它在全国范围内广泛使用。地质系统又于1964年研制出XJ—1型钻机；1965年研制出XU—300-1型钻机。冶金系统于1963年起研制出北京—200-1、北京—500-1、北京—800-1型转盘式岩芯钻机。煤炭系统于1964年研制出TXU—75型油压坑道钻机。1960年建工部门研制出红星—300型水井钻机。1965年地质系统研制出SPJ—300型水井钻机。这些钻机在我国的国民经济建设中发挥了极为重要的作用。从此结束了钻探机械依赖进口的时代。

第三阶段为70年代以后，是我国钻探机械蓬勃发展的时期。70年代以来，我国国民经济有了较大的发展。各种钻探工作量大大增加。钻探的领域也不断扩大。在这种形势下，我国的钻探机械制造业也得到迅猛的发展。现在，我国不仅可以成套生产各种钻探机械，而且有许多产品已形成具有我国特点的系列。产品的品种逐渐齐全、质量不断提高、性能也更加完善。某些产品已接近或达到国际先进水平，并开始进入国际市场。仅以地矿系统为例，到1990年累计生产各类钻机达数万台。机种有取样钻机、物探钻机、工程地质钻机、基础施工钻机、水文水井钻机、岩芯钻机、地热钻机、砂矿钻机、海洋钻机和特种钻机等十多种。

我国在1988年召开了全国第一次探矿机械、仪器学术会议。1990年又召开了全国性的钻探机械引进—消化—吸收及我国钻探机械发展方向的研讨会。两会的召开进一步推动我国钻探机械业的发展。

## 三、钻机的标准系列

工业产品的标准化是组织现代化生产的重要手段；是科学管理的重要组成部分；是沟通科研、生产和使用三者之间的桥梁。标准化目前已发展成一门综合性的学科。

标准化包括标准化、系列化和通用化，又称之为“三化”。

标准是经有关上级主管部门批准，在一定的范围内必须执行的有文字技术资料的统一技

术规定。标准分为国家标准、行业标准和企业标准三级。不同级的标准，有不同的执行范围。国家标准是在全国范围内实施。行业标准是在本行业实施。企业标准只在企业内部执行。标准按照成熟程度分为“强制性标准”和“推荐性标准”。两者具有同等效力。

系列化是把同类型的产品按技术参数规划出一定时期内社会发展需要的一组产品的型式尺寸。这组型式尺寸确定了该类产品的最大最小范围及各尺寸的合理间隔。系列化可以合理简化产品的规格，提高零部件的通用化程度，用最少的品种规格有效地满足各方面的要求。品种简化后，生产批量相对增大，从而可以组织成批、大量生产，不断提高生产技术水平，促使获得明显的技术经济效益。

通用化是指最大限度地扩大同一类型或不同类型的各种规格产品中通用件的使用范围，增大通用件的比例。通用件就是不同类型或不同规格产品中彼此可以互换通用的相同的零部件。产品中通用件的比例越高，通用件使用范围越大，则产品的通用化程度就越高。产品零部件的通用化可以简化设计和工艺，缩短试制和生产准备周期，节约人力物力；有利于机械化、自动化和专业化生产；有利于协作配套和维修；促进多品种发展，提高质量和效率、降低成本；能够促进和加快生产技术的发展。

标准化具有十分重要的意义。它不仅能产生巨大的经济效益，加快国民经济的发展，而且有利于国际间技术合作和交流，发展对外贸易及推动科学技术的发展。

#### (一) 地矿部钻机标准系列

地矿部对地质专用机械设备的标准化工作是在 60 年代着手的。真正大规模开展工作是在 1978 年地矿部召开标准化工作会议之后。经过多年的工作，标准化工作取得了较大的进展，已经逐步改变了过去产品无系列，品种杂乱；产品缺乏严格的技术标准；质量差及通用化程度低的局面。制订了一系列有关的标准；对产品的结构进行了调整；整顿了生产秩序；加强了部门间及生产厂家间的相互协作及配合；并对地质专业机械设备产品规划了标准系列，颁布了行业标准；产品的通用化程度也有所提高。

根据地矿部 DZ3--79 号文件规定，地质专用机械设备产品型号由类别标志、结构特征及主要参数或系列序号构成。类别标志、结构特征以汉语拼音字母表示，主参数及系列序号以数字表示，其间以“—”（一字线）相连。产品改型后加短横（半字线）并分别标以 1、2、3……表示第几次改型。钻机型号的具体表示方法见表 0-2。

表 0-2 地质矿产部钻机型号标志

| 钻机类别 | 类别标志    | 结构特征     |        | 产品型号举例                                                                                                                                                         |
|------|---------|----------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |         | 第一结构特征   | 第二结构特征 |                                                                                                                                                                |
| 岩芯钻机 | X (岩芯)  | Y (液压给进) | C (车装) | XY—2<br>└─系列序号<br>└─特征代号 (液压)<br>└─类别标志 (岩芯)<br>全称：2 型液压岩芯钻机<br>SPC—300<br>└─主参数 (孔深)<br>└─第二结构特征 (车装)<br>└─第一结构特征 (转盘)<br>└─类别标志 (水井)<br>全称：钻深 300m 车装转盘式水井钻机 |
| 砂矿钻机 | SZ (砂钻) | D (动力头)  | S (散装) |                                                                                                                                                                |
| 水文钻机 | S (水文)  | P (转盘)   |        |                                                                                                                                                                |
| 工程钻机 | G (工程)  |          |        |                                                                                                                                                                |
| 坑道钻机 | K (坑道)  |          |        |                                                                                                                                                                |
| 浅孔钻机 | Q (浅钻)  |          |        |                                                                                                                                                                |
| 地热钻机 | R (地热)  |          |        |                                                                                                                                                                |

### 1. 立轴式岩芯钻机系列

目前,我国生产的岩芯钻机以液压给进立轴式钻机为主,其他类型钻机较少,故地矿部仅对立轴式岩芯钻机制定了标准系列。该系列以一定的钻杆直径的钢钻杆可钻进深度为主参数规划。具体的作法是,淘汰一批落后产品(如XB—500型、XB—1000型、XU—600-A、2、3型等),保留一部分较好的产品(如原XU—100型、JU—1000型、JU—1500型等)编入系列,并根据生产和技术发展需要,生产新的编入系列的产品。根据DZ19-82号文件规定,立轴式岩芯钻机定为XY系列,共有六个档次的产品。其主要技术参数和指标见表0-3。

表 0-3 地矿部立轴式地质岩芯钻机技术参数 (DZ 19-82)

| 参 数 名 称      | 单 位   | 型 号、参 数 和 指 标 |                  |                  |                  |                  |                    |
|--------------|-------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
|              |       | XY-1          | XY-2             | XY-3             | XY-4             | XY-5             | XY-6               |
| 钻进深度         | m     | 100           | 300              | 600              | 1000             | 1500             | 2000               |
| 夹孔钻头直径       | mm    | 46            | 46~59            | 45~59            | 59               | 59               | 59                 |
| 钻杆直径         | mm    | 43 (43)       | 43~53<br>(43~54) | 43~53<br>(43~54) | 53~60<br>(54~67) | 53~60<br>(54~67) | 53~63.5<br>(54~67) |
| 立轴通孔直径不小于    | mm    | 60            | 76               | 76               | 76               | 90               | 90                 |
| 可钻钻孔倾角       | (°)   | 15~90         | 65~90            | 65~90            | 75~90            | 80~90            | 90                 |
| 立轴正转级数       | 级     | 3~6           | 3~6              | 4~6              | 6~8              | 6~8              | 6~8                |
| 立轴正转最高转数不小于  | r/min | 1200          | 1200             | 1100             | 1100             | 1000             | 1000               |
| 立轴正转最低转数不大于  | r/min | 180           | 120              | 120              | 100              | 100              | 100                |
| 立轴反转最低转数不大于  | r/min | 100           | 100              | 100              | 100              | 100              | 100                |
| 给进行程         | mm    | 300~400       | 400~500          | 500~600          | 500~600          | 500~600          | 500~750            |
| 液压提升能力不小于    | kN    | 30            | 50               | 80               | 100              | 140              | 180                |
| 液压上卡盘卡紧拉力不小于 | kN    | 30            | 40               | 60               | 80               | 100              | 140                |
| 升降机单绳额定起重量   | kN    | 10            | 20               | 25               | 35~40            | 40~50            | 50~60              |
| 升降机单绳提升最低线速度 | m/s   | 0.3~0.7       | 0.3~0.7          | 0.3~0.7          | 0.3~0.7          | 0.3~0.7          | 0.3~0.7            |
| 升降机钢丝绳直径     | mm    | 8             | 12; 13           | 14; 15.5         | 15.5; 17         | 17; 17.5         | 18.5               |
| 驱动功率         | 马力    | 15            | 20~30            | 40~50            | 50~60            | 55~80            | 85~100             |
| 钻机质量与深度比不大于  | kg/m  | 4             | 3                | 2.6              | 2.4              | 2.3              | 2.4                |

注:表中括号内的数字表示新管材系列

### 2. 水文水井钻机系列

地矿部规划的水文水井钻机标准系列是根据水文水井钻探的特点及国内现有水文水井钻机情况制定的。该系列以转盘式钻机为基本机型,以 $\phi 73$ 钻杆的名义可钻进深度为主要参数,定名为SP系列。该系列共有六个档次产品,见表0-4。

### 3. 工程地质勘察钻机

地矿部系统工程地质勘察钻机是以机械移动回转器钻机为基本机型形成系列产品。该系列分三种规格,同一规格又有不同的装载方式,见表0-5。

表 0-4 地矿部水文水井钻机系列

| 型 号     | SP□—150 |     |      | SP□—300                         |     |      | SP□—600                       |      | SP□—1200 |      | SP□—2000 |      | SP□—3000 |      |
|---------|---------|-----|------|---------------------------------|-----|------|-------------------------------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| 钻杆直径 mm | 60      | 73  | 89   | 60                              | 73  | 89   | 73                            | 89   | 73       | 89   | 73       | 89   | 73       | 89   |
| 钻孔深度 m  | 200     | 150 | 100  | 400                             | 300 | 200  | 600                           | 400  | 1200     | 800  | 2000     | 1300 | 3000     | 2000 |
| 开孔直径 mm | 350     |     | 550* | 350                             |     | 550* | 350                           | 550* | 350      | 550* | 350      |      | 350      |      |
| 终孔直径 mm | 150     |     | 350  | 150                             |     | 350  | 150                           | 350  | 150      | 350  | 150      |      | 150      |      |
| 现有钻机型号  |         |     |      | SPC—300H<br>SPC—300G<br>SPJ—300 |     |      | SPC—500<br>SPC—600<br>SPC—600 |      | SPC—1200 |      | SPC—2000 |      |          |      |

注：\* 为水井开孔直径

表 0-5 工程地质勘察钻机系列

| 序 号    | 1   | 2    | 3   |
|--------|-----|------|-----|
| 公称钻深 m | 30  | 50   | 120 |
| 型 号    | G—1 | G—1A | G—2 |
| 装载方式   | 车 装 |      | 车 装 |

## (二) 国外的一些钻机系列

### 1. 美国长年公司钻机系列

美国长年公司按钻进深度规划的钻机系列为：

76 206 427 853 1219 m

250 675 1400 2800 4000 ft

### 2. 日本利根公司钻机系列

日本利根公司钻机系列以钻进深度划分为：

30~50 50~100 100~150 150~200

200~300 300~400 600~1000 800~1300 m

### 3. 瑞典克芮里乌斯公司钻机系列

该公司钻机系列按孔深分为：

75; 200; 500; 750; 1000; 1500; 2000 m

### 4. 罗马尼亚钻机系列

罗马尼亚岩芯钻机系列按孔深分为：

12.5~25 25~50 50~100 200~300 300~500;

500~800 900~1200 1200~2000 2000~3000 m

### 5. 原苏联岩芯钻机系列

原苏联国家标准《固体矿产地质勘探岩芯钻探设备》规定了八个档次的岩芯钻机，见表 0-6。并按照装载形式规定了 25 种改型钻机，见表 0-7。

## 四、钻机的特点及钻机设计的要求

### (一) 钻机的特点

钻机与其他机械有某些共同之处，但钻机具有独特的生产对象和使用条件，因而形成了

表 0-6 原苏联固体矿产地质勘探岩芯钻探用设备

| 指 标             |          | 各 类 定 额       |              |              |              |              |              |              |              |      |
|-----------------|----------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
|                 |          | 1<br>(YKB-1)  | 2<br>(YKB-2) | 3<br>(YKB-3) | 4<br>(YKB-4) | 5<br>(YKB-5) | 6<br>(YKB-6) | 7<br>(YKB-7) | 8<br>(YKB-8) |      |
| 钻进深度,<br>m      | 硬合金      | 12.5          | 50.0         | 200.0        | 300.0        | 500.0        | 800.0        | 1200.0       | 2000.0       |      |
|                 | 金刚石      | 25            | 100          | 300          | 500          | 800          | 1200         | 2000         | 3000         |      |
| 杆孔直径,mm         |          | 93,59*        | 132,93*      |              | 151,112*     |              | 151          | 214          | 295          |      |
| 钻进时终孔<br>直径,mm  | 硬合金      | 76            | 93           |              |              |              |              |              |              |      |
|                 | 金刚石      | 36            | 46           | 59           |              |              |              |              |              |      |
| 夹钩起重重量<br>不小于,T | 额 定      | 0.12          | 0.63         | 2.00         | 3.20         | 5.00         | 8.00         | 12.50        | 20.00        |      |
|                 | 最 大      | 0.25          | 1.20         | 3.20         | 5.00         | 8.00         | 12.00        | 20.00        | 32.00        |      |
| 驱动用电动机功率,kW     |          | 3*            | 11           | 15           | 22           | 30           | 45           | 55           | 75           |      |
| 钻具转速,<br>r/min  | 回转       | 最低            | 250          | 160          |              | 120          | 100          | 80           | 60           |      |
|                 |          | 最高            | 1200         | 1500         |              |              |              |              |              | 1200 |
|                 | 冲击<br>回转 | 最低            | —            | 25           |              |              | 18           | 15           | 12           |      |
|                 |          | 最高            | —            | —            | 230          |              |              |              |              |      |
| 回转器倾角(°)        |          | 70~90(0~360)* |              |              |              | 70~90        | 75~90        |              | 90           |      |
| 钻具提升速度,m/s      | 最 低      | —             | 0.80         | 0.55         | 0.45         | 0.40         | 0.32         | 0.30         | 0.25         |      |
|                 | 最 高      | —             | 1.6          | 2.0          |              |              |              |              |              |      |
| 钻杆立根长度,m        |          | 1.6           | 4.7          | 9.5          | 9.5          | 14.0         | 14.0;18.6    | 18.6         | 18.6;24.0    |      |

注: \* 地下坑道用

表 0-7 钻探设备运输能力改型

| 设备改型    |                           | 设 备 类 别      |              |              |              |              |              |              |              |
|---------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|         |                           | 1<br>(YKB-1) | 2<br>(YKB-2) | 3<br>(YKB-3) | 4<br>(YKB-4) | 5<br>(YKB-5) | 6<br>(YKB-6) | 7<br>(YKB-7) | 8<br>(YKB-8) |
| 固 定 式   | 组件式(B)                    | —            | —            | —            | +            | +            | +            | +            | +            |
|         | 地下条件<br>为了运<br>输拆成部<br>件的 | +            | +            | +            | +            | —            | —            | —            | —            |
|         | 地表工作<br>用(P)              | +            | +            | +            | +            | +            | —            | —            | —            |
|         | 自行式(C)                    | +            | +            | +            | +            | +            | —            | —            | —            |
| 移动式(II) |                           | —            | +            | +            | +            | +            | +            | +            | —            |

自身的一些特点。其主要特点反映在以下几方面:

## 1. 钻进方法和钻进工艺的多样性

钻探生产采用的钻进方法和钻进工艺是多种多样的。就钻进方法而言,按破碎岩石的方式可分为冲击、回转、振动、复合式几种;按采用的破岩材料分为:钻粒钻进、硬合金钻进、金刚石钻进、超硬材料钻进;按是否取芯又分为取芯钻进和全面钻进。就钻进工艺而言按照冲洗液循环方式可分为正循环钻进,局部反循环钻进及全孔反循环钻进。全孔反循环钻进工艺又分为水力反循环、气举反循环;按照取芯方法可分为常规提钻取芯、连续取芯、绳索取



芯等等。而且随着钻探生产的发展,科技的进步,会出现更多的钻探方法和钻进工艺。对于某一种具体的钻机,不可能实现所有的钻进方法和钻进工艺。这就产生了能实现不同钻进方法和钻进工艺的各种类型的钻机。

## 2. 使用条件的复杂性

钻机工作的区域广泛,从平原到山区,从陆地到海洋,从地面到地下,从热带到寒带,几乎地球上的每个地方都可能是钻机工作的地方。不同地区有不同的环境、气候条件,这就带来了钻机使用条件的复杂性。加之钻机属露天作业机械,作业对象为岩石,一般使用易产生污染的泥浆作冲洗液,这进一步造成钻机工作条件的恶化。为适应这些条件,钻机必须满足一些特殊的要求。

## 3. 类型与结构的多样性

由于钻机需要完成不同类型、不同目的的钻孔,加之钻进方法和钻进工艺的多样性,使用条件的复杂性,要求钻机有多种类型和不同的结构形式。根据不完全统计,目前世界上各种类型的钻机达上千种之多,而且有很多类型差异很大。例如,冲击钻机与回转钻机,小的取样钻机与大的石油钻机,无论是总体布局,还是结构形式都有很大的差别。

## 4. 生产小批量性

钻机相对交通运输、建筑、轻工等机械生产的批量小,特别是一些特殊用途的钻机生产数量更少。如超深井钻机,特大口径钻机,水平孔钻机等。由于生产批量小,不便于组织自动化生产,产品的成本相对高;另一方面产品的更新换代周期长,不利于及时应用先进技术。

## (二) 钻机设计的要求

钻机是直接用于钻孔的机械,设计钻机时,首先应以保证设计的钻机能高效、优质、安全、低耗完成钻孔为前提,使设计的钻机技术先进、经济合理,具有良好的经济技术指标。在进行具体设计时,应以满足下述的要求为依据。

(1) 钻机的性能及其参数应具有广泛的适应性,能根据不同地层,不同钻进方法及不同的钻头类型和结构实现合理的钻进规程参数。

(2) 要配备必要的检测及指示仪表,以便于及时掌握和控制钻机的运转和孔内钻进情况。

(3) 钻机应能传递足够的动力,保证各工作机构正常工作及短时间的超载。

(4) 应具有较强的处理孔内事故的能力和完成特种工作的性能。

(5) 运转平稳,震动小,钻进时对钻杆的导向性好。

(6) 自动化、机械化程度要高;钻进过程中最理想的是钻机能根据孔内情况自动调节和控制钻进参数;及时选择、调整 and 保持最优钻进规程。

(7) 为提高钻机生产可靠性,应设置必要的过载保护装置和互锁机构;重要机构要配备重复装置。

(8) 钻机还应满足机械设备的一般要求;

a. 具有足够的强度、刚度和耐久性;

b. 传动效率高、能耗少;

c. 对使用环境条件适应性好,能在恶劣的环境条件下正常工作;

d. 结构简单、制造容易、成本低;

e. 拆装方便、搬迁容易、便于维修;

f. 标准化、通用化、系列化程度高;

g. 操作简便、劳动强度小;