

国家“863”计划项目

◎ 何清华 著

# 旋挖钻机 研究与设计

XUANWAZUANJIYANJIU YU SHEJI



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn



● 何清华 著

# 旋挖钻机 研究与设计



XUANWAZUANJI YANJIU YU SHEJI



中南大学出版社

[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

## 图书在版编目(CIP)数据

旋挖钻机研究与设计/何清华著. —长沙:中南大学出版社,2012.3  
ISBN 978-7-5487-0471-3

I. 旋... II. 何... III. ①钻机-研究②钻机-设计 IV. P634.3  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 020176 号

---

## 旋挖钻机研究与设计

何清华 著

---

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷厂

---

☐开 本 880×1230 1/32 ☐印张 13.25 ☐字数 336 千字 ☐插页 12

☐版 次 2012 年 3 月第 1 版 ☐2012 年 3 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0471-3

☐定 价 48.00 元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换

# 序

旋挖钻机是机电液高度集成、主要用于大直径深孔灌注桩成孔施工的高端设备。随着我国铁路、公路和高层建筑等基础设施建设的快速发展,桩基础尤其是大直径、大深度成孔的桩基础工程量巨大,使得旋挖钻机的市场需求日益扩大。自21世纪初,我国开始进行旋挖钻机的研究与开发,由于其工况复杂、施工对象从泥土到硬岩地质条件多变、运动部件惯量大、系统耦合性强、精准高效作业的控制难度大,且对施工效率、安全、环保的要求越来越高,一直以来没有形成自主的工程理论设计方法,在大惯量装置与强耦合系统的控制、整机结构和关键机构设计等核心技术上未取得突破。

何清华教授及其研究团队十余年来在国家“863”计划和“国家重点产业振兴”等项目的支持下,对高性能旋挖钻机的相关基础理论、关键技术和产业化进行了深入而卓有成效的研究。《旋挖钻机研究与设计》一书正是何清华教授多年从事此方面研究工作的总结及理论成果和经验的沉淀,是一本系统而深入的专著。本书的主要创新工作如下:

1. 进行了旋挖钻机钻进阻力和回转阻力矩的理论设计与试验研究,提出了旋挖钻机工作载荷的理论计算方法。
2. 分析了旋挖钻机工作装置的力学行为,建立了变幅、钻进和提钻等典型工况下工作装置的力学模型并分析了其力学特性,提出了旋挖钻机变幅机构的优化设计方法。
3. 研究分析了旋挖钻机液压系统及泵控、主卷扬、动力头、行走和回转等回路的工作特点,以SWDM20型旋挖钻机为例,详述了旋挖钻机液压系统的设计方法。

4. 深入研究钻桅、回转平台等大惯量装置与强耦合系统的运动控制技术,提出一种广义预测自适应控制策略和降速预制动方法,分别实现了钻桅垂直度的自动控制和 大惯量回转平台精确平稳自动复位,解决了大惯量装置与强耦合系统的控制难题。

5. 深入分析了钻孔作业系统各环节不同工作工况的能量损失,针对不同工作阶段与工况条件,研究了负荷敏感功率模式控制、极限负荷控制的功率设定、全局协调发动机、变量泵与负载间的功率匹配等节能控制策略,提出一种旋挖钻机功率匹配与节能控制方法。

本书还针对旋挖钻机机电液集成控制系统、工作装置能量回收的混合动力技术及其作业施工工法的节能高效途径进行了深入系统的研究。

作者在该领域科学研究方面具有深厚的积累与沉淀,且在工程实践上经验丰富。本书不仅对旋挖钻机的一系列关键技术进行了深入的理论研究,而且形成了较为完整的设计体系,具有很强的理论指导意义和较高的工程应用价值。

特别难能可贵的是,作者及其团队利用其研究成果,开发出自身特色鲜明的系列化旋挖钻机,并成功批量应用于中国及世界数十个国家的基础工程之中。在国内产品同质化现象严重的今天,在高端装备制造领域能够开发出从关键部件、控制系统到外观造型都有别于世界同行的产品,充分表明他们在由中国制造到中国创造的道路上迈出了坚实的一步!

本书的出版,将大力提高旋挖钻机的技术水平,有力促进旋挖钻机的研发和推广应用。因此,我非常欣喜地将本书推荐给各位读者。

石 生 佳

2012 年 2 月于同济大学

# 前 言

旋挖钻机是一种灌注桩成孔施工的工程设备，可以配置回转斗、短螺旋钻头等装置实现多功能作业。和其他成孔钻机相比，旋挖钻机具有诸多显著优点：机电液一体化程度高、地质适应性强、成孔质量好、机动灵活、操作便利、施工效率高、节能环保，是理想的成孔作业施工设备，是桩工机械的技术排头兵产品。

作为机电液高度集成的关键工程装备，旋挖钻机在国外已有几十年的研发和应用历史，技术比较成熟。目前，在日本和欧洲国家中，旋挖钻机已成为大直径钻孔灌注桩的主要施工设备。而我国对旋挖钻机的研发尚处于起步阶段，技术创新性不足，工程设计缺乏理论指导，导致产品技术特色不明显。为了提高国产旋挖钻机的技术水平，需要对旋挖钻机进行全面、系统的研究，为旋挖钻机的设计提供理论指导。

本书作者及研究团队十余年来进行了大量的旋挖钻机研究与设计工作，现本着理论化、系统化和工程化的思想，将其整理成书，以期抛砖引玉，为旋挖钻机的发展贡献一份力量。书中大部分资料和数据来源于作者及团队的研究成果，并在实际产品设计中进行了实践和完善。全书共分为八章，主要包括旋挖钻机的机械、液压、控制和混合动力技术四大部分内容。第1章回顾了国内外旋挖钻机的发展历史；第2章为旋挖钻机总体设计技术，包括钻进阻力和回转阻力矩的计算、主卷扬提升力及速度的计算；第3章建立了各种典型工况下旋挖钻机工作装置的力学模型，并重点分析了各种工况下的力学特性，在此基础上进行了变幅机构

的动力学优化设计；第4章主要阐述了旋挖钻机底盘设计技术；第5章以SWDM20型旋挖钻机为例，介绍了旋挖钻机液压系统的设计方法；第6章介绍了旋挖钻机机电液一体化的控制原理与系统组成，对桅杆垂直度调节和上车回转自动定位进行深入研究，结合其工作特性，对旋挖钻机节能控制策略进行了深入研究；第7章分析了旋挖钻机液压系统典型工况下的能量损耗，进行了混合动力应用研究，并设计出了主卷扬系统的能量回收系统；第8章对模块化设计和高效施工工艺方法进行了研究。

中南大学副教授郭勇、谢习华、龚艳玲、周宏兵、作者指导的博士研究生张大庆、康辉梅和硕士研究生丁曲等为本书的撰写做了大量工作，中南大学教授陈欠根、朱建新审阅了全书，在此一并表示感谢！

本书的研究工作获得了国家“863”计划和“国家重点产业振兴”等项目的支持，藉此致谢！

每部分内容既包括了基础理论研究，也包括了工程设计研究，可供机械设计及理论、液压传动与控制、机械电子工程等学科的科研人员、工程技术人员参考。

限于作者学识和阅历，书中内容难免存在不当之处，望读者批评指正！

作者  
2012年2月

# 目 录

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 第 1 章 绪 论 .....                    | (1)  |
| 1.1 国外旋挖钻机的发展概况 .....              | (1)  |
| 1.2 国内旋挖钻机的发展概况 .....              | (3)  |
| 1.3 旋挖钻机的基本类型及特点 .....             | (4)  |
| 第 2 章 旋挖钻机的总体设计 .....              | (7)  |
| 2.1 旋挖钻机的作业流程和工作原理 .....           | (7)  |
| 2.2 旋挖钻机作业的标准工况 .....              | (9)  |
| 2.3 旋挖钻机钻进进尺阻力和回转阻力矩的计算 .....      | (9)  |
| 2.3.1 旋挖切削阻力理论 .....               | (10) |
| 2.3.2 旋挖钻机钻进阻力矩分析 .....            | (14) |
| 2.3.3 进尺阻力计算 .....                 | (25) |
| 2.4 旋挖钻机主卷扬提升力及主卷扬提升、下放速度<br>..... | (26) |
| 2.4.1 主卷扬提升力分析与计算 .....            | (27) |
| 2.4.2 主卷扬提升速度分析与计算 .....           | (28) |
| 2.5 旋挖钻机的稳定性 .....                 | (35) |
| 2.5.1 提钻工况下的稳定性计算 .....            | (35) |
| 2.5.2 回转卸渣工况下的稳定性计算 .....          | (37) |
| 2.5.3 运输状态稳定性计算 .....              | (42) |
| 第 3 章 旋挖钻机的工作装置 .....              | (44) |
| 3.1 旋挖钻机工作装置的力学建模与特性分析 .....       | (44) |

---

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| 3.1.1 | 变幅工况下工作装置的力学建模与特性分析 | (45)  |
| 3.1.2 | 钻进工况下工作装置的力学建模与特性分析 | (65)  |
| 3.1.3 | 提钻工况下工作装置的力学建模与特性分析 | (80)  |
| 3.2   | 旋挖钻机变幅机构优化设计        | (88)  |
| 3.3   | 旋挖钻机工作装置主要结构件的设计    | (97)  |
| 3.3.1 | 动力头                 | (97)  |
| 3.3.2 | 钻桅                  | (98)  |
| 3.3.3 | 动臂                  | (101) |
| 第4章   | 底 盘                 | (105) |
| 4.1   | 回转平台布置              | (105) |
| 4.1.1 | 旋挖钻机上车布置特点分析        | (105) |
| 4.1.2 | 液压油箱的布置             | (106) |
| 4.1.3 | 柴油机的布置              | (107) |
| 4.1.4 | 主卷扬的布置              | (107) |
| 4.1.5 | 司机室的布置              | (107) |
| 4.1.6 | 回转机构的布置             | (107) |
| 4.2   | 行走底架的结构             | (108) |
| 4.3   | 回转支承的选型计算           | (110) |
| 4.3.1 | 回转支承零件结构形式          | (112) |
| 4.3.2 | 连接螺栓计算              | (114) |
| 4.3.3 | 回转小齿轮参数确定           | (116) |
| 4.4   | 回转机构的参数选择           | (117) |
| 4.4.1 | 回转阻力矩计算             | (117) |
| 4.4.2 | 回转启动力矩和制动力矩         | (120) |

|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| 4.5 行走装置参数计算 .....                         | (121)        |
| 4.5.1 承载能力计算 .....                         | (121)        |
| 4.5.2 行走装置的牵引力计算 .....                     | (126)        |
| <b>第5章 旋挖钻机液压系统 .....</b>                  | <b>(137)</b> |
| 5.1 旋挖钻机工况特点对液压系统的要求 .....                 | (137)        |
| 5.1.1 旋挖钻机的工况特点 .....                      | (137)        |
| 5.1.2 旋挖钻机对液压系统的要求 .....                   | (138)        |
| 5.2 旋挖钻机液压系统的主要组成回路 .....                  | (139)        |
| 5.2.1 泵控回路 .....                           | (140)        |
| 5.2.2 主、副卷扬回路 .....                        | (148)        |
| 5.2.3 变幅回路 .....                           | (158)        |
| 5.2.4 行走回路 .....                           | (160)        |
| 5.2.5 回转液压回路 .....                         | (163)        |
| 5.2.6 动力头回转回路 .....                        | (165)        |
| 5.2.7 加压回路 .....                           | (170)        |
| 5.2.8 先导操纵回路 .....                         | (173)        |
| 5.2.9 履展回路 .....                           | (176)        |
| 5.3 旋挖钻机液压系统分析 .....                       | (177)        |
| 5.3.1 山河智能 SWDM20 型旋挖钻机液压系统<br>.....       | (177)        |
| 5.3.2 CASAGRANDE B125 型旋挖钻机液压系统分析<br>..... | (189)        |
| 5.3.3 BAUER BG-22 型旋挖钻机液压系统回路分析<br>.....   | (195)        |
| 5.4 液压系统的设计和计算 .....                       | (202)        |
| 5.4.1 明确系统设计要求和负载计算 .....                  | (203)        |
| 5.4.2 系统主要技术参数的确定 .....                    | (203)        |

|       |                                    |       |
|-------|------------------------------------|-------|
| 5.4.3 | 液压系统方案的拟订 .....                    | (205) |
| 5.4.4 | 拟定液压系统工作原理图 .....                  | (207) |
| 5.4.5 | 系统的初步计算和液压元件的选择 .....              | (207) |
| 5.4.6 | 液压系统的验算 .....                      | (212) |
| 5.4.7 | 编写技术文件 .....                       | (218) |
| 5.4.8 | 某型旋挖钻机液压系统(变量泵驱动系统)<br>的初步计算 ..... | (219) |
| 第6章   | 旋挖钻机的机电液一体化控制技术 .....              | (235) |
| 6.1   | 电液控制系统的总体功能 .....                  | (235) |
| 6.2   | 电液控制系统的组成 .....                    | (238) |
| 6.2.1 | 电源 .....                           | (238) |
| 6.2.2 | 发电机 .....                          | (238) |
| 6.2.3 | 蓄电池 .....                          | (238) |
| 6.2.4 | 控制器 .....                          | (239) |
| 6.2.5 | 显示器 .....                          | (239) |
| 6.2.6 | 传感器 .....                          | (239) |
| 6.2.7 | 远程监控 GPS .....                     | (241) |
| 6.2.8 | 开关与电手柄 .....                       | (242) |
| 6.3   | 机电液一体化控制原理 .....                   | (243) |
| 6.3.1 | 旋挖钻机工作过程 .....                     | (243) |
| 6.3.2 | 运动控制原理 .....                       | (244) |
| 6.3.3 | 远程监控工作原理 .....                     | (246) |
| 6.3.4 | 发动机功率控制原理 .....                    | (248) |
| 6.4   | 旋挖钻机的运动控制技术 .....                  | (249) |
| 6.4.1 | 旋挖钻机钻桅垂直度的控制 .....                 | (249) |
| 6.4.2 | 回转自动定位控制 .....                     | (259) |
| 6.5   | 旋挖钻机节能控制技术 .....                   | (264) |

|       |                                    |       |
|-------|------------------------------------|-------|
| 6.5.1 | 国内外旋挖钻机节能控制技术的研<br>究与应用现状 .....    | (265) |
| 6.5.2 | 钻孔作业系统能量损失分析<br>.....              | (266) |
| 6.5.3 | 钻孔作业节能控制策略 .....                   | (282) |
| 6.5.4 | 钻孔作业系统发动机-变量泵功率匹配的研究<br>.....      | (287) |
| 6.5.5 | 钻孔作业系统变量泵-负载功率匹配的研究<br>.....       | (296) |
| 6.5.6 | 节能控制系统的建立 .....                    | (304) |
| 6.6   | 控制系统软件开发 .....                     | (306) |
| 6.6.1 | 远程监控与故障诊断系统 .....                  | (306) |
| 6.6.2 | 车载控制系统 .....                       | (312) |
| 第7章   | 旋挖钻机混合动力技术研究——主卷扬下放的<br>能量回收 ..... | (328) |
| 7.1   | 混合动力技术概述 .....                     | (328) |
| 7.1.1 | 混合动力三种形式 .....                     | (329) |
| 7.1.2 | 混合动力在国内外工程机械中的应用<br>.....          | (330) |
| 7.1.3 | 能量回收系统的研究和应用 .....                 | (331) |
| 7.2   | 旋挖钻液压系统典型工况的能耗分析 .....             | (334) |
| 7.2.1 | 主卷扬下放过程分析 .....                    | (334) |
| 7.2.2 | 主卷扬下放过程中释放势能的计算 .....              | (336) |
| 7.2.3 | 钻杆钻斗下放过程受力分析 .....                 | (340) |
| 7.3   | 主卷扬系统的能量回放方案设计 .....               | (344) |
| 7.3.1 | 主卷扬的能量回收方案分析 .....                 | (344) |
| 7.3.2 | 势能回收系统方案与原理分析 .....                | (346) |

|       |                             |       |
|-------|-----------------------------|-------|
| 7.3.3 | 势能回收系统控制策略 .....            | (348) |
| 7.4   | 主卷扬节能系统的建模和分析 .....         | (351) |
| 7.4.1 | 液压仿真介绍 .....                | (351) |
| 7.4.2 | 主卷扬液压系统的简化仿真 .....          | (353) |
| 7.4.3 | 仿真结果分析 .....                | (357) |
| 7.4.4 | 混合动力方案的建模与仿真 .....          | (361) |
| 第8章   | 旋挖钻机研究与设计专题(地质适应性) .....    | (368) |
| 8.1   | 提高旋挖钻机效率的策略及高效施工研究 .....    | (368) |
| 8.1.1 | 提高作业效率的控制策略 .....           | (368) |
| 8.1.2 | 旋挖钻机施工效率数学模型 .....          | (370) |
| 8.1.3 | 案例分析 .....                  | (374) |
| 8.2   | 模块化设计 .....                 | (382) |
| 8.2.1 | 模块与模块化概念 .....              | (382) |
| 8.2.2 | 桩工机械小批量多品种特点——工法分析<br>..... | (383) |
| 8.2.3 | 旋挖钻机的聚类模块化分析 .....          | (383) |
| 8.2.4 | 旋挖钻机模块化实例 .....             | (397) |
| 参考文献  | .....                       | (403) |

# 第 1 章 绪 论

多功能全液压旋挖钻机(后文简称为旋挖钻机)是一种以成孔为基本功能的机械设备,可以配置回转斗、短螺旋钻头或其他作业装置,可以分别采用干法和静态泥浆护壁两种工艺钻进。和其他成孔钻机相比,旋挖钻机具有以下诸多优点:机、电、液一体化高度集中,操作便利;输出扭矩大且轴向加压力大,地层适应范围广;机动灵活、施工效率高;成孔质量好;环境保护性能好,是理想的成孔作业施工设备,代表着桩工机械的发展方向。

## 1.1 国外旋挖钻机的发展概况

旋挖钻机是结合回转斗钻机和全套管钻机的优点发展起来的。回转斗钻机于二次世界大战以前在美国的卡尔维尔德公司率先研制成功。20 世纪 50 年代,法国 BENOTO 公司尝试采用全套管钻机进行桩基础施工。这两种工法被欧洲一些国家引进后,在使用过程中进行了一些合并和改善,现代旋挖钻机初具雏形。但是,这种旋挖钻机的动力头的位置是固定的,地层适应范围较窄。1960 年,可动式动力头同时在德国的维尔特公司和盖尔茨盖特公司研制成功,极大地提高了其施工便利性。受钻桅长度限制,旋挖钻机的钻杆长度难以满足钻孔深度的需求。德国的宝峨公司于 1975 年研制出了伸缩式钻杆,并将其安装在 BG7 型旋挖钻机上。此外,该旋挖钻机的钻进扭矩在原有基础上增大了许多,配置的伸缩式钻杆通过凸台设置实现了加压钻进,从而使得

地层适应范围进一步被拓宽。

1960年,日本从美国引进了卡尔维尔德旋挖钻机。同年,加藤制作所开发出了可配置摇管装置和抓斗的钻机。1965年,装有液压加压装置的旋挖钻机在日立建机研制成功,该旋挖钻机直接安装在通用挖掘机底盘上。接着,该公司又于1974年研制出了安装在通用起重机底盘上的旋挖钻机,驱动方式改为由液压马达驱动。1981年日立建机与意大利土力公司合作开发出了为提高单桩承载力的扩底钻头,随后日本车辆也研制出了此类钻头。从此,旋挖钻机进入了钻孔扩底灌注桩的施工领域。目前,旋挖钻机在国外的主要生产厂家有:德国的BAUER, LIEBHERR, DELMAG, WIRTH, MGF;意大利的SOILMEC, MAIT, CMV, IMT, CASAGRANDE, EN-TEGO;西班牙的LLAMADA;芬兰的JUNTAN;英国的BSP;美国的APE, INGERSOLLRAND;日本的日本车辆,住友,加藤,日立等。

从欧洲国家和日本的旋挖钻机的发展历史可知,他们在引入早期旋挖钻机后,都根据本国国情特点进行了相应的改进,研制出了新的类型的旋挖钻机。经过长达几十年的发展,国外旋挖钻机主要形成了两大类,一类是源于欧洲的独立式旋挖钻机,另一类是源于日本的附着式旋挖钻机。独立式旋挖钻机的主要特点为:①采用机电液一体化设计,自动化程度高。②底盘有多种形式,较为常见的有旋挖钻机专用底盘、通用起重机底盘、通用挖掘机底盘。③钻桅一般采用箱形结构,在保证刚度的同时达到质量轻量化。其支撑机构主要有3种形式:平行四边形连杆机构加小三角机构、以宝峨公司旋挖钻机为代表的大三角机构、以西班牙拉马达公司、意大利安特高公司旋挖钻机为代表的大三角机构。④自身可近距离移动,可自行竖立钻桅,工作装置可以360°回转,这些特点使得旋挖钻机对孔灵活。⑤能进行多工艺钻进,可以满足不同地层以及不同桩基础施工工艺的需要。附着式旋挖

钻机的主要特点为：①以起重机为基础，在其上加装一个支架，动力头安装在该支架上，动力头的行程较短，一般为1 m左右，钻杆和钻头的安装采用自身的主卷扬进行。②由于使用扩底桩可节省一半混凝土的使用，在日本，扩底桩的比例高达95%，与之相应的液控钻具和扩底钻具已标准化和系列化。③和独立式旋挖钻机相比较而言，附着式旋挖钻机的动力头扭矩要小而主卷扬提升力则大得多。日本之所以研制出附着式旋挖钻机，主要原因是其早已进入工业化时代，且山多平原少，建筑物密度大，施工场所狭窄，因此工地一般不再配备吊车来配合下钢筋笼，而直接由旋挖钻机的主卷扬完成。

## 1.2 国内旋挖钻机的发展概况

1993—1994年，上海浦东八百伴大厦的建设过程中，其基础灌注桩的施工成功采用旋挖成孔法引起了人们对旋挖钻机的关注。作为国家重点工程的青藏铁路的施工中，格拉段的地层多为较厚的冻土层，有的冻土层厚度深达百余米。经过多方论证和考虑后，中铁集团决定采用旋挖成孔法进行桩基础施工。2002年3月开始，旋挖钻机大举挺进青藏铁路的施工区域。到同年8月中旬止，经统计在青藏铁路上施工的旋挖钻机已超过100台，但主角是进口旋挖钻机，国产旋挖钻机尚不足10台。但是，青藏铁路建设过程中大量使用旋挖钻机这一信息引起了施工单位和生产企业的关注和重视，这无疑促使各工程机械公司加快了旋挖钻机的研发和生产步伐。此外，原建设部在2001年关于高速公路施工资质文件中明确规定：“甲级资质必须具有2台以上扭矩为200 kN·m的旋挖钻机；乙级资质必须具有1台以上扭矩为200 kN·m的旋挖钻机。”这两方面的因素使得旋挖钻机拥有了一个空前巨大的市场需求空间，对国内专业厂家研制、生产旋挖钻

机起到了积极的推动作用。

相比国外半个多世纪的发展历史,我国在旋挖钻机的研究方面尚处于起步阶段。1984年,天津探矿机械厂从美国 RDI 公司引进了车载式旋挖钻机。1988年,以意大利土力公司的旋挖钻机为样机,北京城建工程机械厂开发出了履带起重机附着式旋挖钻机。1994年,郑州勘察机械厂在多番市场调研后,引进了英国 BSP 公司的附着式旋挖钻机的生产技术。总的说来,我国在旋挖钻机的早期研发过程中虽经历了以上多次尝试,但均未能形成批量生产。1992年,德国宝峨公司率先发现了中国这一潜在的巨大市场,在北京设置代表处以开展对华业务。1995年,该公司在天津成立了独资子公司,组装符合中国市场需求的 BG20 型旋挖钻机。1998年,宝峨在上海成立了中德合资企业,生产组装 BG15 和 BG24 两种型号的旋挖钻机。1999年,哈尔滨四海工程机械公司研制出了附着式旋挖钻机,徐州工程机械股份公司研制出了独立式旋挖钻机。2003年起,三一重工、山河智能、中联重科等多家国内大型工程机械公司研制的旋挖钻机陆续下线。2005年以后,国内旋挖钻机市场从进口品牌为主转变为国产品牌为主。目前,国内旋挖钻机的生产厂家主要有:山河智能、三一重工、徐工科技、中联重科、北京经纬巨力、连云港黄海机械、郑州勘察、石家庄煤机、天津宝峨、宇通重工、福田雷沃重工、哈尔滨四海工程、上海金泰、内蒙古北方重汽、杭州天锐等。

### 1.3 旋挖钻机的基本类型及特点

旋挖钻机可以按照多种方式进行分类。

#### (1) 按规格大小分类

旋挖钻机的主要参数包括动力头扭矩、钻孔直径以及整机质量等三项。根据行业共识和市场习惯,可以按表 1-1 进行分类。