

岩心钻探设备的现状与发展*

刘跃进

(中国地质装备总公司,北京 100085)

摘要:介绍了国内外岩心钻机的发展现状,并结合目前我国的实际应用状况,分别就机械传动钻机、液压传动钻机与当今主流钻探工艺的适应性进行了分析比较,认为全液压岩心钻机是发展方向。但是,两种传动型式的钻机会在较长时期内共存,全液压岩心钻机的系列研发与机械传动岩心钻机的改型、改进应处于并重的地位。并指出在产品研发和产业化制造过程中需关注的问题。

关键词:岩心钻机;液压传动;机械传动;开发思路;产业化制造

中图分类号:P634.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)01-0039-05

Present State and Development of Core Drilling Machine/LIU Yue-jin (China Geo-Equipment Corporation, Beijing 100083, China)

Abstract: The paper introduces the developing status of core drilling machine both in China and abroad. Analysis and comparisons are made on the adaptability between mechanic & hydraulic driving drilling machine and mainstream drilling technology nowadays, full hydraulic core drilling machine is considered as developing direction. But these two kinds of driving type will be in co-existence in a long period, equal stress should be laid on serial development of full hydraulic core drilling machine and the retrofit and improvement of core drilling machine driven by mechanic. Some problems that should be concerned in development and production procedure are put forward.

Key words: core drilling machine; hydraulic; mechanic transmission; developing thought; industrialized manufacture

1 概述

岩心钻探是固体矿产资源勘探工作中不可缺少的重要技术手段。在岩心钻探施工中,岩心钻机是关键设备,通过向地层钻进不同深度的钻孔,将钻孔中切削(破碎)形成的岩心(岩屑)从地层深部取出供分析研究,以便最终确定矿床的储量和品位,为固体矿产资源的开发和利用提供可靠依据。

回顾岩心钻探和岩心钻机的发展历程,可以得出这样的结论:岩心钻探设备的发展是与工业技术的发展和钻探工艺技术的进步密切相关的。动力传输与控制技术影响和制约着岩心钻机的结构型式;岩心钻进工艺的每一次重大进步都孕育着新一代岩心钻机的诞生。

固体矿床钻探领域已经形成以金刚石绳索取心钻探技术为主体和辅以连续取样钻探技术的复合钻探技术体系。

结合目前我国的实际应用状况,本文将重点介绍适用于金刚石绳索取心钻探工艺的地表岩心钻探设备。

2 岩心钻机的发展现状

2.1 国外现状

全液压动力头式岩心钻机已经成为欧美市场的主流机型,该类机型大多采用如下的结构型式:液压力头式回转机构、长行程的给进系统、液压绞车组成的提升系统、能做大范围钻孔角度调整的桅杆机构。近年来国外产品的发展主要表现在以下几个方面。

2.1.1 适应市场需求变化,逐步完善产品系列

阿特拉斯公司的地表取心钻机在完善系列的同时还调整了型号,新老型号及钻深能力对照见表 1,产品外形见图 1。

表 1 阿特拉斯公司地表取心钻机新老型号对照表

新型号	老型号	NQ 钻深能力/m
CS10	1000“P4”	610
CS10	1000“P6”	762
CS14	1000“P6L”	1200
CT14	1500(车装)	1200
CS3001	CS3000	1700
CS4002	CS4000	2000

* 本文为“2006 中国(上海)国际地质科技论坛”报告之一

收稿日期:2006-11-25

作者简介:刘跃进(1958-),男(汉族),河北蠡县人,中国地质装备总公司副总工程师、教授级高级工程师,勘探机械专业,从事岩土钻掘设备开发工作,北京市 2853 信箱 7 分箱,(010)64843702,yuejin@cgeg.com.cn。

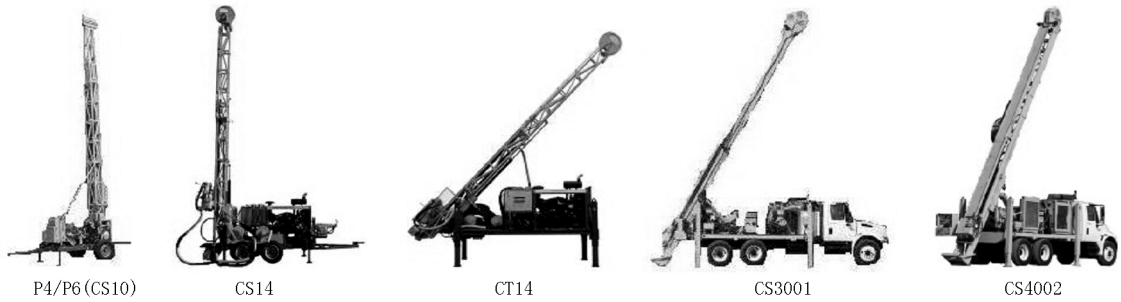


图 1 阿特拉斯公司岩心钻机

长年公司 LF 系列产品也已经扩展为 4 个规格, 分别是 LF70、LF90、LF140、LF230, 其钻深能力 (NQ) 分别为 705、940、1700、2300 m。

2.1.2 新型中深孔钻机多为多功能钻机

随着金刚石绳索取心钻探、空气反循环连续取样钻探、空气潜孔锤取样钻探在同一钻孔中使用的钻进工艺的普遍应用, 适用于该复合钻进工艺的多功能钻机得到了快速发展。典型机型如澳大利亚的 UDR 系列钻机, 该系列钻机可以在很短的时间内完成不同钻进工艺的转换。UDR 系列钻机型号及对应不同钻进工艺的钻深能力见表 2。

表 2 UDR 系列岩心钻机不同钻进工艺的钻深能力表

型号	绳索取心钻深 /m	旋转式潜孔冲击钻深 (3½ in 钻杆)/m
UDR650 MK2	870 (NQ)	300
UDR1000 MK6	1500 (NQ)	400
UDR1200	2035 (NQ)	1000
UDR1500 MK3	2600 (CHD76)	950

2.1.3 新型“飞运”钻机

真正的小模块拼装式, 适用于难进入地区采用人力或飞运搬迁。例如加拿大的 HYDRACORE4000 型钻机(见图 2), 将动力机和液压站也设计为拼装式, 钻机动力为 200 马力, 以绳索取心钻进工艺为主, NQ 钻进深度达到 1067 m。



图 2 HYDRACORE4000 型钻机

2.1.4 在产品自动化和智能化方面取得了长足进展

比较典型的机型如阿特拉斯公司 Diamec U8 (见图 3、4), 属于第三代计算机控制 (APC), 其计算机控制系统的特点是:



图 3 U8 钻机



图 4 U8 的触摸屏控制面板

(1) 提供了完善的自检功能可以轻松检查故障, 该控制系统具有的灵活性能在以后轻松添加选项和配件;

(2) 触摸屏控制面板操纵杆和旋转编码器相结合, 可轻松输入和调整控制参数, 为便于查看自动或手动控制钻孔情况, 该面板可提供所有钻孔资料;

(3) 视窗环境提供了一个灵活的系统, 并可运用多种特性, 通过因特网进行远程故障诊断和连接

记录及手册和部件清单的屏幕显示;

(4) 阀的 PLC 控制拥有单独的备用电池,当计算机发生故障时钻杆回拉和冲洗可受控,定时自动完成和停机。

2.1.5 已有产品仍在不断改进

我们不妨拿长年公司的 LF70、LF90 举例,来说明这样一些细微的变化:

- (1) 卡盘的夹紧由螺旋压缩弹簧变为氮气弹簧;
- (2) 动力头的最终传动由链传动变为齿轮传动;
- (3) 发展了可选配更长给进行程的机型;
- (4) 配置更大容量的液压油箱,有利于系统散热;
- (5) 动力头的润滑、密封与散热的改进设计;

(6) 液压泵驱动取消带传动等等。

2.2 国内现状

我国在岩土钻掘设备的设计、制造方面已具备一定的实力,并且已开发出从地质岩心钻探设备到水文水井、工程勘察、工程施工钻凿设备、非开挖导向钻机、旋挖钻机等多种产品,无论机型品种到系列化程度都基本满足了国内的需求,为国民经济建设做出了巨大贡献。立轴式岩心钻机在基本性能、技术水平上与国外基本接近,由于其维修方便,造价低,目前仍然是国内地质岩心钻探的主力设备。而在欧美市场的主流机型——全液压岩心钻机,在国内的开发应用尚处于起步阶段。

目前国内岩心钻机的主导产品仍然是立轴式钻机,占据了 90% 以上的市场份额和保有量,几个典型产品的主要技术参数见表 3,外形见图 5。

表 3 国内岩心钻机典型产品技术参数表

钻机型号	XY-6B	XY-5	XY-4	XY-2	CD-3	CD-2	
钻孔深度/m	2000、1500	1500、1000	1000、700	530、385	1000	500	
钻杆直径/mm	50、60	50、60	42、50	42、50	55.5	55.5	
回转器	立轴转速/(r·min ⁻¹)	8 挡 80~1000	8 挡 85~1232	8 挡 101~1191	8 挡 65~1172	12 挡 67~1180	8 挡 69~1235
		反转	62、170	65、225	83、251	51、242	72、166
	给进行程/mm	600	500	600	600	450	400
	起拔能力/kN	200	132.8	78.4	58.8	120	70
	立轴通径/mm	96	80	68	76	76	76
卷扬机	单绳提升力/kN	60	39.2	34.2	28.8	40	30
	第三层绳速/(m·s ⁻¹)	6 挡 0.66~4.0	6 挡 0.89~6.08	4 挡 1.09~4.18	4 挡 0.52~1.95	6 挡 0.69~5.31	4 挡 0.56~2.12
	钢丝绳容量/(mm×m)	Ø20×140		Ø16×52	Ø14×45	Ø15.5×75	
动力机	型式	电动/柴油	电动/柴油	电动/柴油	电动/柴油	电动/柴油	电动/柴油
	功率/kW	55/73.5	55/58.8	30/35.1	22/24.3	37/36.7	22/20
	转速/(r·min ⁻¹)		1470/1500	1470/1500	1470/1500	1480/1500	
钻机外形尺寸/mm	3450×1500 ×2250	3190×1495 ×2140	2640×1190 ×1750	2150×900 ×1690	2780×1200 ×1980	2250×950 ×1850	
钻机最大部件质量/kg			218	140			
钻机质量/kg	3800	3500	1500	950	2500	1200	
生产单位	张家口探矿厂	张家口探矿厂	黄海机械厂	重庆探矿厂	张家口探矿厂	重庆探矿厂	

随着国外全液压岩心钻机的引进,国内有关机构的研发工作也取得了可喜的进展,国产新型全液压岩心钻机正在陆续走进市场,并引起业内人士的关注。目前已经应用到生产的机型有中国地质科学院勘探技术研究所的 YDX-3 型和山东地质探矿机械厂的泰山 XD-5 型(见图 6)。YDX-3 和 XD-5 型的钻深能力均为 S75 钻具 1000 m。

3 机械传动、液压传动钻机与钻探工艺适应性分析

岩心钻机采用机械传动还是液压传动方式虽然是一个老话题,但是面对当今我国的国情现状,尤其

是基础工业环境的变化、操作者的技能状况以及目前已普遍采用的绳索取心钻探工艺,我们还是有必要作一些简单的分析比较。

为了方便起见,我们只就机械立轴式岩心钻机和全液压动力头式岩心钻机来做对比。但需要说明:机械传动钻机有多种结构形式,未必一定是立轴式,液压传动钻机也不一定都是动力头式。

3.1 机械立轴式岩心钻机的优点

- (1) 制造成本较低;
- (2) 消耗功率小、传动效率高;
- (3) 对操作技能要求较低,维修方便;

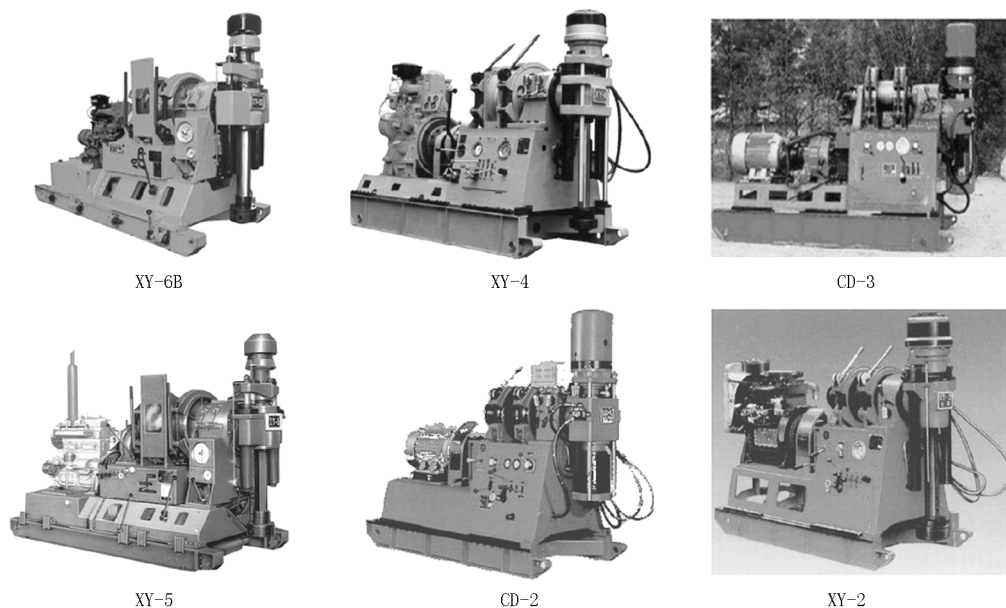


图 5 国产立轴钻机

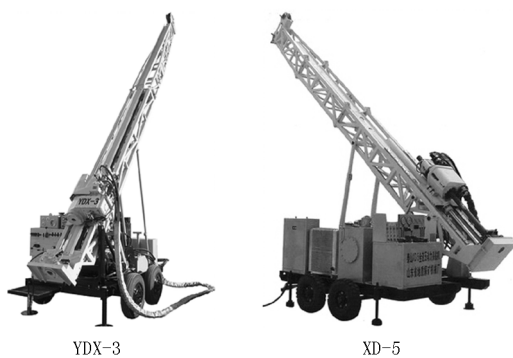


图 6 国产全液压岩心钻机

- (4) 可靠性较高;
- (5) 提下钻辅助时间短;
- (6) 处理事故能力强。

3.2 机械立轴式岩心钻机的缺点

- (1) 给进行程短;
- (2) 工作平稳性差,包括回转器启动、停车的特性;
- (3) 一般要使用主动钻杆、实现机上加杆困难;
- (4) 不易实现斜孔钻进;
- (5) 采用四角钻塔,搬迁工作量大;
- (6) 转速不能无级调节,对金刚石钻探工艺适应性较差。

3.3 全液压动力头式岩心钻机的优点

- (1) 给进行程长;
- (2) 工作平稳;
- (3) 孔上钻杆柱导向性好、采用机上加接钻杆;
- (4) 易于实现斜孔钻进;

- (5) 搬迁方便;
- (6) 钻进工艺适应性好。

3.4 全液压动力头式岩心钻机的缺点

- (1) 目前造价较高;
- (2) 动力消耗大、传动效率低;
- (3) 提下钻辅助时间长;
- (4) 保养维修技能要求高、备件价格高;
- (5) 处理事故能力较差。

3.5 两种机型的共性分析

我们还应该注意到机械传动立轴式岩心钻机和全液压动力头式岩心钻机有很多共性的东西,或者说全液压动力头式岩心钻机在开发过程中继承了许多机械传动立轴式岩心钻机的成熟结构与成熟部件。从总体技术路线上讲,都采用了中心通孔回转机构、常闭式液压卡盘,采用卷扬机滑轮装置作为钻机的主升降系统;从模块来说,甚至采用同一卡盘部件。

4 岩心钻机产品开发思路的探讨

面对新形势下的岩心钻探设备市场,全液压岩心钻机肯定是主要的发展方向,机械传动钻机与液压传动钻机会在较长时期内共存,在孔深 300 ~ 1500 m 范围内全液压钻机会逐渐取代部分机械钻机,全液压岩心钻机的系列研发与机械传动(立轴式)岩心钻机的改型、改进应处于并重的地位,研发过程中需关注的主要问题有以下几个方面。

4.1 全液压岩心钻机开发须认真面对的问题

(1)降低制造成本与售价。要实现全液压岩心钻机的普遍采用,必须降低其造价与售价。整套设备售价一定要控制到立轴式钻机成套售价的 2 倍左右。

(2)保证钻机的可靠性。应选用工程机械大行业成熟的基础元件,尤其关注专业核心部件,如动力头、液压卡盘、卷扬机等。

(3)维修保养要简单、方便。充分考虑我国国情、使用者的技能状况和使用条件现状。

(4)拥有自主知识产权。

4.2 全液压岩心钻机的设计思路

中深孔主流机型应确定为使用 S75 钻具钻深 300~2000 m 为好,应该会有一些的批量,适于产业化制造。拟采用模块组合设计,以绳索取心钻进工艺为基本工艺方法,把对复合钻探工艺的适应性、灵活变换的装载方式有机的结合起来。

要做到在同一钻孔中就能方便快捷的变换钻探工艺方法,实现主机设备的多功能化;在制造不同装载方式的相同能力钻机时做到大多数部件(模块)的通用、互换;装载方式多样化——滑橇或拖车、履带、车装。

4.3 新型机械传动钻机开发和传统立轴钻机的改进

可以看出目前的全液压钻机继承了许多立轴钻机的优点,那么我们完全可以从现在的全液压钻机的结构中吸取其优点,应用到机械传动岩心钻机的开发与改进中,如果我们做到了,那么这种新型的机械传动钻机将在一定时期内具有很强的市场竞争力。需要解决的问题主要有以下 3 点。

(上接第 38 页)

的天然降雨经过多层次的岩土层过滤渗流,会补给被开采的深层地下水位,水源补给网面积广阔、浩大,且不易受地表水的污染入侵,开采后,不需处理,可马上使用;同时深层地下水距地表较远,其间夹杂着多层次的岩层结构,使得地表水仍能留在地表松散层间,不会发生地表沉降,这些都充分说明了开采深层地下水的长远优点。我国也已开始向这一方向发展,尤其进入 20 世纪 90 年代,随着全球环境保护意识的增强,除大力开展深水井钻探技术和装备的研究外,地热开发与直接利用已兴起新的高潮,市场前景广阔,海内外投资者愈来愈多,在商业发展的同

(1)合理加大给进行程,将现在给进行程 500 mm 左右加大到 1700 mm 左右,实现一根钻杆只倒一次杆。

(2)钻塔提升轴线能与回转器轴线在重合的状态下绕另一与其垂直的轴线同步旋转,以方便斜孔的就位与施工。

(3)能安排较方便的操作位置在卡盘上加接钻杆,实现钻具不提高孔底加接钻杆。

4.4 关于产业化制造

关于“地专产品”的产业化制造过程,在这里提出几个需要重点关注的问题,供同行讨论。

(1)充分认识“地专产品”的特殊性。如批量小、可靠性要求高、恶劣的使用环境等。

(2)在机械大行业中“寻找”、“筛选”适用于“地专产品”的基础部件和零件是提高产品可靠性、降低制造成本的有效途径。

(3)对有一定批量的“主流产品”的专用核心部件、专用附属设备、专用工具,建立“专业”生产线,做到行业配套。如液压卡盘、动力头、卷扬机、夹持器、水龙头、泥浆泵、履带行走装置等等。

(4)针对产品升级步伐的加快,要重视新型钻探设备装配条件的技术改造和测试条件建设。

参考文献:

- [1] 王达. 探矿工程(地质工程)未来 20 年科技发展战略研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(1).
- [2] 左汝强. 钻掘工程国内外发展水平与差距及建议(上)[J]. 探矿工程, 2003, (1).
- [3] 左汝强. 钻掘工程国内外发展水平与差距及建议(下)[J]. 探矿工程, 2003, (2).

时,也推动了全国范围内地热勘探开发工作。气举反循环钻进技术与泥浆正循环钻进技术、潜孔锤空气钻进技术三者联合使用,构成了多工艺水井、地热井钻探技术方法,必将在水资源开发方面创立新的贡献。

参考文献:

- [1] 耿瑞伦. 应用空气钻进技术钻采地下水[A]. 严重缺水地区地下水勘察论文集[C]. 北京:地质出版社, 2003.
- [2] 杨惠民,等. 钻探设备[M]. 北京:地质出版社, 1988.
- [3] 杨为智. 水文水井钻机系列[A]. 地质矿产部科学技术司. 探矿工程科技进步 100 例[C]. 北京:地质出版社, 1998.