新型高效节能立轴岩心钻机的开发与应用

彭一江，韩兰新
(新疆地勘局第九地质大队，新疆 乌鲁木齐 830009)

摘　要：介绍了新型绳索取心钻杆及新型机械传动不停车倒杆立轴岩心钻机的特点及应用效果。分析了提高岩心钻探施工效率、降低成本、节能降耗的技术措施，同时提出了未来地质岩心钻机的发展方向及建议。

关键词：立轴钻机；全液压钻机；不停车倒杆；回转器；绳索取心钻进
中图分类号：P634.3+1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1672-7428(2008)10-0023-05

Research and Development on a New Spindle Coring Drill with High Efficient Energy-saving/*PENG Yi-jiang*, *HAN Lan-xin* (No. 9 Geology Team under Xinjiang Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Urumqi Xinjiang 830009, China)

Abstract: The paper introduced the characteristics and application effect of the new wire-line coring drill pipe and the spindle coring drill with mechanical transmission continuous drillpipe feeding, analyzed the technical measures to improve the efficiency of coring drilling construction, reduce cost, save energy and reduce consumption. The paper presented the development direction and put forward the suggestion on the geological coring drill.

Key words: spindle drill; fully hydraulic drilling machine; continuous drillpipe feeding; rotary apparatus; wire-line coring drilling

0　引言

近年来，我队煤田勘探任务日益增多，2006 年开动小口径岩心钻机 83 台，年完成钻探工作量达 17.26 万 m，2007 年达 28.32 万 m。从钻孔技术经济指标的统计发现，在采用金刚石绳索取心钻进工艺的钻机中，钻孔孔内事故率、钻孔报废率高于采用硬质合金钻进工艺的同型号钻机和采用相同钻进工艺的全液压钻机。其主要原因是：煤系地层岩石较软，易水化，泥浆在使用过程中受岩粉污染严重，净化较困难；对绳索取心工艺而言，泥浆质量不能保证，钻孔就会出现缩径、超径，以至引起各类孔内事故；发生孔内事故后，处理时不能连续循环和冲扫事故段(由于加减钻杆时需将主动钻杆提出)，给事故处理增加了难度。针对上述问题，我们在国内现有岩心钻机的基础上，通过技术改造，研制了新型双卡盘不停车倒杆立轴式钻机。

1　新型钻杆及钻机回转器的开发

目前国内外地质岩心钻探界普遍认为全液压动力头钻机是最先进的钻机，但是通过对全液压动力头钻机优缺点的分析及实际应用效果的总结，全液压动力头钻机的最终综合应用效果、性价比、使用和维修成本并不比常规机械传动立轴岩心钻机有明显的优越性。我队同苏州市新地探矿工具厂、无锡探矿机械总厂合作开发了无接头新型高强度绳索取心钻杆和大通孔、长行程、不停车倒杆连续给进的新型机械传动立轴钻机回转器，在生产实践中取得较好的效果。

新型钻杆采用钻杆体两端内、外加厚方式，并直接车公、母螺纹，钻杆两端外径与钻杆外径基本一致，为大通孔立轴钻机实现无主动钻杆、不移车、在机上加钻杆提供了可能。钻杆定尺长度 4 m，钻杆外径 73 mm，接头外径 74 mm，其抗拉强度比以往的内外镦粗钻杆提高了 35%，达到了 860 kN。

新型机械传动立轴钻机回转器的结构形式与现有的绝大部分立轴钻机相匹配，钻机具有立轴通孔直径大、给进行程长、不停车倒杆连续给进、卡盘采用液压胶囊夹持形式、卡瓦径向变化范围大及可靠夹持圆钻杆等特点。配备该回转器的钻机基本能实现全液压动力头钻机的工作过程及功能。

其工作过程简述如下。

由于钻机卡盘能可靠地夹持圆钻杆，所以钻进过程中不需使用六方主动钻杆(常规立轴钻机通孔直径小，一般靠六方套传扭，所以必须配六方主动钻

收稿日期：2008-09-03；**改回日期**：2008-09-23
基金项目：新疆地勘局技术改造革新研究项目(编号：XGMB2007026)
作者简介：彭一江(1962-)，男(汉族)，江苏镇江人，新疆地勘局第九地质大队副队长、工程师，探矿工程专业，从事钻探生产及管理工作，新疆乌鲁木齐市西山路 67 号；韩兰新(1968-)，男(汉族)，河南许昌人，新疆地勘局第九地质大队探矿科科长，财务电算化专业。

万方数据

杆才能可靠地正常钻进),完全按照全液压动力头钻机的钻进过程,即钻进过程中每一根钻杆都充当一次"主动钻杆",在钻机每完成一个立轴行程之后,无需象常规立轴钻机那样将钻机停止回转后进行倒杆。由于该新型钻机立轴回转器采用上下 2 个液压卡盘,所以在钻进一个行程长度后,钻杆在连续回转的同时实现不停车倒杆。由于本钻机回转器的给进行程加长到 800 mm,钻杆加长到 4 m,在完成 4 m 的进尺钻进过程中,立轴回转器只需倒杆 4 次,根据钻机回转器的倒杆速度,每次倒杆的时间约 20 s,完成 4 m 进尺需要倒杆 4 次,即完成 4 m 进尺倒杆的辅助时间为 80 s。在钻进完 4 m 一根钻杆之后,需要加接钻杆时,无需像常规立轴钻机那样提出孔内主动钻杆、无需后移钻机,在水龙头下端卸开水龙头与钻杆的连接,接上新钻杆即可。对于绳索取心钻进,也是在机上将绳索打捞器投放到孔内。为了防止绳索打捞过程中孔内泥浆滴落到钻机上,在投放打捞器之前,将事先准备好的简易漏斗安装在立轴上端的钻杆上,当绳索打捞器提升时,被打捞器带出的泥浆顺着"漏斗"下出口流入孔内。按照上述过程,不断重复下去即可完成取心钻进施工。

新型回转器安装在我队已有的 XY-5 型立轴岩心钻机上,并在我队煤田施工矿区进行了钻探生产应用试验。

不停车倒杆立轴钻机上、下液压卡盘回转器见图 1。

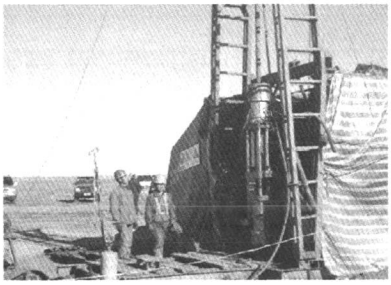

图 1 不停车倒杆上、下液压卡盘回转器

2 生产试验应用情况

2.1 试验工区地质情况

2.1.1 地理位置、地形地貌、气候及交通条件

试验工区位于准噶尔盆地腹地。海拔 660 ~ 728 m,相对高差一般在 50 m 以内。地貌形态均为残丘状的剥蚀平原。试验工区为准北煤田,位于奇台县城东北,该地区共 4 个工区。

试验工区交通较为方便,从奇台县城出发 50 ~ 90 km。试验工区均有纵横穿越的简易公路,区内地形平缓,除火烧区、盐渍化地段外,汽车均可通行,交通便利。

试验工区属大陆干旱荒漠气候,年温差和昼夜温差很大,绝对最高气温达 41.2 ℃。绝对最低气温达 -49.8 ℃。年平均降水量 106 mm,年蒸发量 1202 ~ 2382 mm,5 ~ 8 月偶有雷阵雨,冬季积雪稀少。区内常年多风,风力一般 4 ~ 5 级,经常有 7 ~ 8 级大风,最大可达 10 级,多以西北风为主。

2.1.2 地层条件与施工质量要求

试验工区内的地层为侏罗系和上第三系,侏罗系分为下统八道湾组(J_1b)和三工河组(J_1s)、中统西山窑组(J_2x)及中 ~ 上统石树沟群($J_{2-3}sh$),上第三系见上新统独山子组(N_2d),另外有第四系和煤层。工区岩石以砂岩、泥岩为主,根据《新疆维吾尔自治区地质勘查工程标准》可钻性级别划分为:砂岩、泥岩划分为Ⅳ级,中、粗砂岩、砾岩划分为Ⅴ级;煤层为Ⅳ级。地层构造均为宽缓的向斜、背斜,岩层倾角 3° ~ 15°,局部有断层和火烧区。

煤心及煤层顶底板长度采取率 > 75%,质量采取率 ≮ 60%,岩心采取率 > 65%,孔斜每 100 m 控制在 2°以内(斜孔为 3°),简易水文观测不得低于应测次数的 80%,孔深误差 < 0.15%,钻进中的原始记录要准确、清楚完整,终孔层位必须达到设计要求,终孔后对各孔进行静止水位观测,要求全孔段水泥封闭,孔口做水泥桩标记。

2.2 简单施工过程及施工情况统计对比

新型立轴钻机生产试验工作选在我队 4 个煤矿勘查工区,因为我队在周边相同地层已施工了近 200 个钻孔,对本次试验工作有很好的指导作用,试验数据也能较好地对比。

从 2007 年 10 月 25 开始试验应用,到 2008 年 8 月 13 日,采用新型不停车倒杆立轴岩心钻机共计完成 8 个钻孔,总进尺达 4281.59 m。施工过程中采用的工艺参数和以往相同地质条件下的工艺参数基本一致,施工过程采用了无主动钻杆、机上投放和打捞内管总成、不移车机上加接钻杆和常规立轴钻机提下钻杆工艺过程。新型钻机完成的 8 个钻孔的施工情况初步统计见表 1。为了更好的进行效率及其他优点的比较,我们列出了相邻工区以往及 2008 年常规立轴钻机和全液压动力头钻机钻进效率的统计数据,分别见表 2、表 3。通过对新型钻机施工效果同其他钻机在相同条件下施工效果统计对比可以看出,新型不停车倒杆钻机的台月效率比其他钻机明显提高,事故发生率和钻孔报废率明显下降。统计

万方数据

对比不难看出,新型不停车倒杆立轴钻机及绳索取心钻杆、钻具及工艺方法的优点。新型不停车倒杆立轴钻机钻探生产试验现场及取出的岩心见图 2 ~ 5。

表 1　新型不停车倒杆立轴钻机钻进施工情况统计

工区名称	钻孔编号	开钻日期	终孔日期	孔深/m	台效/m
火烧山		07.10.25	07.11.06	350.05	807.8
石钱滩		07.11.23	07.12.01	366.00	1220
南黄草湖	ZK0502	08.03.04	08.03.19	510.00	1020
西黑山	ZK0212	08.03.27	08.04.07	490.00	1336.36
奥塔乌格日什	ZK1307	08.04.14	08.04.27	481.97	1112.24
呼图壁石梯子西沟	ZK403	08.05.11	08.05.29	610.85	1018.08
昌吉阿苏萨依矿区	ZK202	08.06.05	08.06.19	480.72	1030.11
西庙儿沟	ZK701	08.06.24	08.08.13	992.00	595.2
平均				535.20	1017.47

表 2　以往相邻工区常规立轴钻机钻进施工情况统计

工区名称	钻机编号	进场日期	开钻日期	终孔日期	终孔孔深/m	台月效率/m	备注
	505	4.20	4.24	5.17	424.14	553.24	
	103	5.21	5.24	6.10	626.20	1105.06	
	104	5.23	5.26	6.4	241.65	557.65	事故排除
	105	4.22	4.25	5.20	483.80	580.56	事故报废
	107	5.20	5.23	6.1	249.73	832.53	
	104	4.18	4.21	5.20	472.89	489.20	事故报废
	105	5.25	5.27	6.17	494.68	706.69	
奇台大	107	4.21	4.24	5.16	520.10	709.23	
井预查	103	4.22	4.24	5.16	636.62	868.12	
	107	6.6	6.9	6.25	487.69	914.42	
	104	6.7	6.10	7.1	666.66	952.37	
	604	4.18	4.21	5.14	636.40	830.09	
	105	6.23	6.25	7.11	596.02	1117.54	
	606	4.19	4.21	5.13	620.41	846.01	
	103	7.6	7.9	7.28	616.00	972.64	
	604	6.21	6.24	8.22	697.44	360.74	
奇台将	601	5.8	5.11	6.5	495.07	606.21	
军庙	900	5.17	5.19	6.2	265.29	589.53	
	601	4.1	4.5	5.5	581.40	581.40	
奇台二	604	5.22	5.27	7.29	830.74	392.48	事故报废
道沙梁	SD1	8.1	8.4	9.13	729.30	540.22	
	SD5	8.29	9.2	10.29	830.30	433.20	
黄草湖	504	3.18	3.21	4.8	468.00	758.92	
西黑山	906	4.9	4.11	5.1	648.30	672.59	
	505		10.28	12.11	664.23	447.80	事故报废
	506		10.18	11.23	671.57	583.97	
	503		11.6	12.1	674.42	793.44	
	605		10.16	11.10	654.20	769.65	事故报废
	604		9.11	10.21	755.99	559.99	事故报废
奇台大	8006		9.20	10.22	696.94	643.35	
井普查	8005		11.9	12.9	568.00	558.69	事故排除
	8005		10.1	11.1	665.48	633.79	
	604		10.27	12.7	720.08	520.54	事故报废
	606		10.20	12.31	833.02	347.09	事故报废
	8006		10.28	11.24	700.88	764.60	
	909		9.14	10.18	829.48	721.29	

续表 2

	919	9.20	11.10	748.49	499.10	
	501	9.12	10.25	827.08	570.40	
	1106	10.2	10.30	794.10	835.89	
	402	11.9	12.1	716.23	954.57	
	501	11.3	12.6	683.73	612.30	
	902	10.11	11.10	770.20	733.52	
	1106	11.7	11.27	647.93	925.61	
	909	10.24	11.13	591.61	865.77	
	202	9.20	10.30	666.05	493.37	
奇台大	900	9.13	10.18	740.04	625.39	事故报废
井普查	908	9.19	10.6	562.01	963.45	
	908	10.12	11.1	565.34	827.33	事故报废
	908	11.12	12.24	604.19	421.53	事故报废
	906	10.11	11.2	623.99	831.99	
	902	11.21	12.8	436.65	748.54	
	906	9.13	10.3	620.80	908.49	事故报废
	902	9.14	10.6	676.80	902.40	
	206	10.16	11.30	485.15	316.48	事故报废
	906	11.07	12.9	555.05	512.35	事故排除
	900	10.22	12.8	688.67	434.95	事故报废
平均					655.33	

注:采用的钻机为 XY - 5 和 XY - 4 型常规立轴钻机,采用工艺方法均为金刚石绳索取心钻进工艺。

图 2　不停车倒杆钻机正常钻进

图 3　机上投放打捞器和打捞内管总成

2008 年我队还开动了其他 6 台岩心钻机,其中 901 号钻机为 HYDX - 6 型全液压动力头钻机,其余 5 台为我队改造的大通孔、圆卡瓦常规立轴岩心钻机。截至 2008 年 8 月 28 日,我队其他 6 台钻机共完成钻探进尺 18564.40 m。其他 6 台钻机钻探施工情况统计见表 3。

万方数据

图 4 不移车机上加接钻杆

图 5 打捞出的岩心并放入岩心箱

表 3 2008 年其余 6 台钻机钻进施工情况统计

机号	完成钻孔/个	单机平均台效/m	单机总进尺/m
900	4	755.81	2684.06
901	8	628.45	3075.71
904	7	916.26	2970.54
906	5	886.02	2348.74
908	17	1101.86	4506.79
909	7	872.07	2978.56

由表 1、表 2 对比可见,在相邻地层施工的 56 个钻孔平均台月效率为 655.33 m,而新型不停车倒杆立轴钻机采用同样工艺施工的 8 个钻孔平均台月效率为 1017.48 m,台月效率提高 55.26%。同时,钻孔事故率和钻孔报废率明显降低。另外,新型不停车倒杆立轴钻机由于省去了停车"倒杆",人工手动松、紧卡盘,不仅效率明显提高,而且燃料消耗、劳动强度都明显降低,受到了施工操作人员的好评和欢迎,我队其他机台也都纷纷向队领导提出配备不停车倒杆回转器的要求。

2.3 钻探施工成本统计及经济效益分析

按照我队目前的每机台人员编制及配置、管理方式,施工过程总的主要成本构成包括:人员工资、油料消耗、运输、设备租凭、折旧、泥浆材料、其他材料、管理费等。初步统计正常钻进施工的每天的直接支出约 1800 ~ 2060 元(包括工资总额为 800 元、油料费为 650 ~ 910 元、其他费用 350 元)。

目前我队常规立轴钻机平均台效为 600 m,新型不停车倒杆钻机为 1018 m,即同深度的钻孔,新型不停车倒杆钻机可节约 12 天,按每天上述直接支出计算,新型不停车倒杆钻机与常规立轴钻机相比,完成相同钻孔,可节省成本 21600 元。全年如完成 5000 m 进尺,每台新型不停车倒杆钻机每年与常规立轴钻机相比可节省成本 18 万元。

按我队改造的大通孔、圆卡瓦、无主动钻杆立轴钻机平均台效 860 m 推算,每台新型不停车倒杆钻机每年完成 5000 m 进尺,新型不停车倒杆钻机每年可比我队自己改造的大通孔立轴钻机节省成本 13.5 万元。

同我队购置的 HYDX - 6 型全液压动力头钻机相比,新型不停车倒杆立轴钻机的台月效率明显高于全液压动力头钻机,虽然没有进行详细的成本对比分析,但考虑购置成本、折旧、油料消耗、施工效率、使用及维修等,新型不停车倒杆钻机的综合效益要比全液压动力头钻机高得多,因为 HYDX - 6 型全液压动力头钻机的购置成本要比新型不停车倒杆立轴钻机多 80 万元,按照上述两种钻机的实际钻进效率以及每年每台钻机完成 5000 m 工作量计算,不难看出两者的综合效益差别是十分明显的。

3 应用效益分析及几点体会

从上述的初步应用效果不难看出,新型钻机及绳索取心钻杆及工艺方法同常规立轴钻机相比,钻进效率明显提高,成本和钻孔报废率明显降低。我们通过分析可以更清楚的得知取得良好效果的原因:新型不停车倒杆立轴钻机的钻进过程与现有的全液压动力头钻机过程完全一致,所不同的只是全液压动力头钻机一次可以钻进 3 m,而本新型立轴钻机完成 3 m 进尺中途需要倒杆 3 次,3 次倒杆的时间只须 60 s。也就是说,完成 3 m 的进尺,新型不停车倒杆立轴钻机比全液压动力头钻机慢 60 s,虽然同全液压动力头钻机相比在完成 3 m 多用了 60 s 时间,但本钻机配备的钻杆为 4 m,完成相同孔深加接钻杆的次数比现有全液压动力头钻机减少了 25%,因此,同全液压动力头钻机相比,新型不停车倒杆钻机加接钻杆的辅助时间完全可以抵消钻进过程中倒杆所增加的辅助时间。在购置成本、燃料消耗、维修成本、提下钻杆的辅助时间等方面,无需对比分析说明,凡是用过全液压动力头钻机的用户不难看出全液压动力头钻机同这种新型不停车倒杆钻机在上述的差别。同现有常规立轴钻机的工作过程相比,不停车倒杆立轴钻机及工作过程最明显的优

万方数据

点就是:倒杆时无需停止回转钻杆,降低了常规立轴钻机停车倒杆时必须停止回转而容易造成岩心堵塞及损伤钻头的几率;去掉了原有主动钻杆,在加接钻杆时无需移车和提出孔内的主动钻杆及提离孔底钻头一定高度,这可以大大降低孔内由于孔壁不稳定坍塌、掉块等引起的新钻杆不能加接到位的弊端,以至减少了钻头扫孔次数和时间,同时将会降低其他孔内事故隐患,毫无疑问对延长钻头寿命具有好处,两者钻进效率的差别从上述统计表可以充分体现和证明。

通过对新型绳索取心钻杆、新型不停车倒杆立轴钻机回转器的研发及应用,我队取得了十分明显的经济技术效益,所以我队又添置了一台新型不停车倒杆钻机,我队还将陆续把所有现有的常规立轴钻机更换成新型不停车倒杆钻机。

在当前石油价格大幅飙升,人类都在设法节能降耗、减排高效的背景下,地质岩心钻探设备及钻探施工技术也必须面对节能降耗、减排高效的挑战。因此,我们建议,我国钻探技术科研人员、有关主管机构、各有关钻探器具制造厂商,从用户及国家利益出发,开发出具有节能降耗、减排高效、低制造及维修成本、实用可靠的钻探设备及施工技术。从我们本次应用改造的钻机及施工技术方法看,我们认为,将全液压动力头钻机及机械传动立轴钻机的优点有机地结合起来,应该成为未来地质岩心钻机的发展方向,这种钻机及无主动钻杆工作方式的优点及效率都明显高于常规立轴钻机及全液压动力头钻机。将现有的常规立轴钻机都改造成不停车倒杆立轴钻机,同时采用无主动钻杆、不移车机上投放和打捞内管总成及加接钻杆的工作过程将更现实、更实用,这将大大提高我国地质岩心钻探技术水平、综合效益,并将产生巨大的经济和社会效益。

通过这次技术革新,将不断提高我队的地质找矿取心钻探技术水平及市场竞争能力。

参考文献:

[1] 王江,彭一江.提高立轴岩心钻机绳索取心钻探效率的技术革新[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,(S1).

[2] 张永勤.论提高我国地质找矿钻探综合效益的措施[J].地质与勘探,2007,(6).

编后语:关于岩心钻机的形式孰优孰劣的问题,一直是钻探行业内争论的焦点。特别是当前正处于地质岩心钻机更新换代的时期,大家无疑都希望看到很有说服力的文章。以前我刊曾经发表过关于钻机形式的讨论文章,现在新疆地勘局第九地质大队彭一江等同志又以自己的试验探讨了立轴式钻机改型的效果,参加了这场讨论。全液压钻机在发达国家是普遍的发展趋势,无疑有它的道理,而立轴式钻机在我国拥有其雄厚的技术基础和自身的优势,也是不乏先例的。希望大家多用自己的实践和数据来发表意见,参加我们的讨论,共同为我国地质岩心钻机的发展建言献策。

(上接第 15 页)

5 实施效果

DP3 井三开于 2007 年 8 月 19 日开钻,2007 年 9 月 29 日完钻,历时 42 天,顺利钻达完钻井深 4086.00 m(斜深),水平段长 1201 m。通过采用低密度无固相钻井液体系,很好的解决了水平井段的携带岩屑、固相控制、润滑防卡、井壁稳定、储层保护等技术难题。在 3805 m 以浅,较低的钻井液密度,基本实现了欠平衡或近平衡钻井,达到了良好的气层保护效果:起下钻,气测后效果明显,点火火焰高 2~6 m,最长持续时间达 36 min。

6 结论和建议

(1)低密度无固相钻井液体系能达到欠平衡的目的,但是当水平段较长,钻进周期长,减轻剂破损严重时,钻井液密度也就难以控制。如要控制就需要更大量的玻璃微珠,从经济效益角度考虑可能就得不偿失了。

(2)目前井队的固控系统针对普通钻井液的净化是完全足够的,也是有效的。但用于 Ø216 mm 井眼中的低密度无固相钻井液,就显得净化能力不足,难以有效清除无用的有害固相,不能抑制钻井液密度的持续上涨。

(3)如在以后井的开发中仍使用低密度无固相钻井液,且减轻剂仍用玻璃微珠时,建议用 HGS6000 型的,效果会更好些。

参考文献:

[1] 樊世忠,鄢捷年,周大晨,等.钻井液完井液及保护油气层技术[M].北京:中国石油大学出版社,1996.

注:本文在编写过程中还参考了赵舒等编写的《塔巴庙地区山一气藏保护储层的钻井完井技术研究》专题成果报告。

万方数据