绳索取心技术发展面临的问题及其发展潜力

李 艺 周红军

通过岩心钻探获取岩矿心地质资料,目前仍是最直观、最可靠的方法,而绳索取心技术以其优质、高效、低耗的显著特点已在我国地质岩心钻探生产中占主导地位,因此,研究此项技术的可持续发展问题对于提高我国的钻探生产水平具有重要意义。

1 历年来取得的主要成果

我国于 70 年代中期开始对绳索取心技术进行研究,经过 20 多年的研究推广,已在

钻具系列化、配套设备、钻进工艺和操作技术等方面达到了较先进的水平。

1.1 开发研制了各种不同用途的绳索取心钻具

附表列出了地矿部勘探技术研究所研制开发的不同用途的绳索取心钻具。

其他部门、系统亦研制了若干品种系列的绳索取心钻具,如冶金部门和有色金属总公司系统的 YS 系列和 TK 系列,煤炭部门的 SQ 系列等。

应用范围	型 号	规格/mm	特 点
固体矿产地质勘探	S 系列	46, 59, 75, 91	设计钻深 1000 m, 钻孔倾角 75° - 90°, 配有半合管、三层管和超前管等
复杂地层条件	增强型	75, 96	采用标准钻杆体, 接头内、外同时加厚, 钻杆强度高
水文水井钻探	SS130	130	采用现有 Ø89/69 mm 规格钻杆, 双管总成只需变换几个零件即可实现双管双动、双管单动和双管单动伸缩, 满足不同地层钻进需要
坑道钻探	KS 系列	46, 59, 75	可钻进任意倾角钻孔, 配备有泵送装置、孔口密封导流装置等
土体工程地质勘察	SG120	120	可进行原状土样的采取; 钻杆兼起套管作用, 可实现管内标贯试验。
破碎地层	S75DF	75	增设了一套喷射式反循环和横向振动机构, 减少岩心堵塞
坚硬、“打滑”地层	SC 绳冲系列	59, 75, 91	依靠冲击器不断地对岩石施以冲击负荷, 有效地提高钻进效率, 减少岩心堵塞, 防止孔斜
深、超深孔	SLB56/75	75	绳索取心—螺杆钻—不提钻换钻头“三合一”钻具, 综合三项技术特点于一体

1.2 配套设备、器具及钻进工艺得到完善

(1) 钻杆是实现绳索取心钻进条件的关键, 先后研制成功 27MnMoVB、45MnMoB、35MnMoVTi 等高强度合金钢钻杆材质, 并设计制造成功不同规格的具有锥形螺纹连接的内外平绳索取心钻杆。绳索取心钻杆有效使用寿命已超过 10000 m。

(2) 为满足绳索取心钻进需要, 研制了

适合不同施工现场条件的不同类型的绳索取心绞车, 主要有 S56J-1、JSJ-1000 和 SJ-X 型。其中 JSJ-1000 型绞车提升速度达 2.91 m/s。

(3) 为减轻工人劳动强度, 在人力操作夹持器、人力拧卸钻杆的基础上, 研制了可夹持外平钻杆的液压夹持器及液压拧管机。

(4) 研制了各种规格的多种钻杆、内管、

外管钳和卡簧扳手,还研制了 S75D 系列绳索取心专用事故处理工具,包括卡捞器、钻具打捞器、打捞公锥和水压割刀等。

(5)研制成功了多种不同类型的绳索取心钻头,基本上满足了绳索取心钻进不同地层的需要,而且钻头质量不断提高,平均使用寿命已接近世界先进水平。

(6)研究应用了多种适合绳索取心钻进的钻井液,目前主要有低固相、无固相和低密度 3 种类型。还研制成功了多种类型的除砂、除泥设备,有效地防止了钻杆内壁的结垢现象。

(7)摸索出一整套绳索取心钻进操作技术和钻进工艺,包括机具设备、钻头及钻井液选型、钻进工艺参数选择、钻具使用维护保养、钻孔结构确定、事故处理方式等。

1.3 绳索取心技术得到了广泛的推广应用

从 80 年代中期到 90 年代初期,绳索取心技术得到了广泛的推广应用,在 90 年代初,地矿部门绳索取心钻进工作量占总的金刚石钻进工作量的 32% 左右,1990 年台月效率达 507 m,比普通金刚石钻进(含绳索取心钻进)提高约 20%。而冶金部门固体矿产钻探绳索取心工作量已占总工作量的 80% 左右,由于大力推广金刚石钻进和绳索取心技术,1992 年冶金部门人造金刚石钻探台月效率达 824 m。有色、建材、水电、煤炭、核工业等部门也全面推广绳索取心技术,并取得了显著的社会效益和经济效益。

目前,绳索取心最大使用孔深记录在金属矿床为 1500 m,煤田为 1800 m,钾盐矿床为 2505 m。

2 面临的困难及问题

2.1 地质勘探钻探工作量骤减

随着市场经济的启动并受其影响,地质勘探钻探工作量(特别是计划内钻探工作量)大幅度削减。80 年代初期,地矿部门预算内地质勘查工作量年进尺在 250 ~ 300 万

m 之间,而到了 80 年代中后期,地质工作体制发生了一系列变化,预算内工作任务大幅度下降,年进尺仅为 150 万 m 左右,特别是进入 90 年代以后,各部门、系统的岩心钻探工作量骤减,地矿部预算内探矿工程总成本由 1990 年的 3.80 亿元降至 1994 年的 1.6 亿元,冶金部门岩心钻探工作量由 1990 年的 23.75 万 m 下降至 1995 年的 1.40 万 m。现在有的一个省局的工作量还不到前些年一个队的工作量。

2.2 缺乏思想上的足够重视,管理松懈

这些年,大家都在为调整产业结构而奔忙。由于面临的实际困难,很多单位顾此失彼,往往舍不得将资金和技术人才投入到有限的地质勘查岩心钻探工作中,也就更谈不上推广和完善绳索取心这样主要用于地质矿产勘查的技术。因此,管理在削弱,机台作业条件普遍下降,设备陈旧失修,管材残缺不齐,护孔材料和工具短缺,只能凑凑合合施工,造成事故多、质量差、工期长,使生产水平受到了严重影响,1994、1995 年地矿部门固体矿产岩心钻探生产台月效率仅有 350 m 左右,低于“六五”、“七五”期间的水平。

2.3 科研工作中存在的问题

(1)研究开发钻具时,只注重规格、品种齐全,而忽视其推广应用。在科技人员的努力下,我国的绳索取心钻具已有从 $\varnothing 46 \sim 130$ mm 多种规格,在品种上有适用于固体矿产勘探、坑道不同倾角、土体工程勘察、水文水井、石油钻井等工况条件的各种系列绳索取心钻具以及派生产品,可以说,在数量上并不亚于一些先进国家,但是得以较广泛应用并取得显著效益的只有用于固体矿产地质勘探的绳索取心钻具,而其它的钻具在研制试验过程中也取得了较好的效果,但却没有得到进一步的推广和完善,原因是我们的科研工作缺乏持续性,科研与生产脱节,片面地把通过技术鉴定看成科研工作的完

成,没有在进一步完善产品性能、将科研成果转化为生产力上再投入较大的人力和财力。

(2)配套设备和器具的研制落后于钻具的研制工作。近年来,坑道钻绳索取心钻具、绳索取心冲击回转钻具已实现了系列化,而且,绳索取心钻进技术与不提钻换钻头、螺杆钻定向钻进技术的结合也取得突破性进展。但在配套设备方面,现在常用的几种型号夹持器、拧管机等均为70、80年代产品,近年来没有性能更优、更可靠的配套设备问世,这在很大程度上制约了该技术的发展。

(3)对操作工艺的研究不够深入。在研究试验和实际生产中,往往片面地把钻进效果的好坏统统归结为钻具结构性能的影响,采用的操作工艺也仅仅是凭经验,而对操作工艺缺乏深入、定量的分析研究。

3 绳索取心技术具有强大的发展潜力

绳索取心技术为我国地质找矿事业作出过巨大贡献,在当今形势下,它仍具有强大的发展潜力,具体表现在以下几个方面。

3.1 为地勘主业作出新的贡献

尽管工程勘察施工业现已成为地矿部门的支柱产业,但地质勘探仍为地矿部门主业。当前,在我国经济发展的关键时期,矿产资源形势十分严峻,地质找矿工作重新受到重视,地质钻探生产开始缓慢回升,1995年地矿部门固体矿产岩心钻探(预算内)工作量比1994年增加了约50%,且有迹象表明,未来几年内地矿部门固体矿产岩心钻探(预算内)工作量可能回升到90~100万m的水平。而绳索取心技术具有不可取代的优势,仍将在这一领域中占主导地位。

3.2 在工程勘察市场中有所作为

用于土体工程勘察的SG120型绳索取心钻具为一种可在土体工程勘察中实现不提钻采样的新型钻具,该钻具设计了不同结

构的取土器,包括普通、活塞、拦簧和双动取土器,可在不提钻的情况下根据不同地层条件更换任意一种取土器。该钻具的另一个特点是设计了差动机构,其作用之一是可使活塞取土器在提断土样之前在其顶部形成一定的负压,防止土样脱落,二是使拦簧取土器在钻头及内管未动之前将土样托住。该钻具还可实现管内标贯,提高标贯的准确性。钻具在广东汕头建设大厦工地的试验中取得了较好效果。

电力部成都勘测设计研究院在“八五”科技攻关中,形成了一套适合于河床砂卵石覆盖层的绳索取心钻进工艺,这套钻进工艺包括研制了机上捞心易拆装式防抽吸水龙头、顶挂双作用弹卡机构、磨光内管内壁、设计加工了适用于较浅孔深的新型夹持器和提引器等,在锦屏电站的勘查工作中,用该套绳索取心工艺在砂卵石覆盖层中钻进,取得了很好的效果,其中一孔平均岩心采取率达95.5%,最大提钻间隔达27.86m,实现了在2~3个提钻间隔内揭穿30m厚的覆盖层,减轻了工人劳动强度,减少了孔内事故。值得一提的是,他们所设计的顶挂双作用弹卡机构,缩小了传统绳索取心钻具为可靠收拢必须有的7~10mm上间隙(弹卡与弹卡挡头的间隙),该机构的上间隙可 < 2 mm,因此,保证在钻进过程中钻头内台阶至卡簧座底面的间距 < 4 mm,可使岩(土)样免遭冲洗液的冲刷,保证了岩样的质量。

3.3 水平孔钻进中采用绳索取心技术

在地矿部、煤炭部等10个部委组织专家撰写的《九十年代发展地勘工作关键技术》中,把“高精度定向孔钻进技术”列为探矿工程领域的关键技术之一。可见水平孔钻进技术在国民经济中将占有重要地位。水平孔钻进是当前国内外钻探(井)界关注的热点,但配套技术还不很成熟。除了要解决高水平的孔底马达、导向接头和测量系统之外,还要考虑:第一,在水平孔段之前必

然有一段斜度很大($-10^{\circ} \sim -45^{\circ}$)的定向斜孔,无论是从地表开孔还是从地下坑道中开孔,都必须解决好倾斜状态下快速升降钻具的问题;第二,为了提高钻效和岩矿心的采取质量,往往应用绳索取心钻具钻进,因此,进一步完善坑道钻绳索取心技术及“三合一”(绳索取心、螺杆钻、不提钻换钻头)的配套技术,保证岩心内管、测斜仪等在水平孔中投放和回收的可靠性,可使绳索取心技术在这一领域中得到广泛应用。

3.4 煤层气绳索取心技术应用取得新成果

华北石油地质局第五普查勘探大队与中国石油天然气总公司合作,使用大口径绳索取心工具,在钻探陕西吴堡、河北大城两地区深达1450 m的煤层气井中,创下了煤层取心84.77%的国内先进水平,从而首次使这两个地区煤层气井获得满足地质评价要求的取心效果。由于采用了绳索取心技术采取煤心,从1700余米井深中取心只需17 min,装心筒采用半合式,使煤心装罐时间只需7 min,最大限度地保护了煤心,减少了煤气散失,满足对煤层气含量的地质评价要求,从千余米井深中提取煤心比使用常规取心工具缩短时间1.5 h以上。

3.5 水域钻探中可大力推广绳索取心钻探

在水域钻探中采用绳索取心钻探,具有以下优点:钻具外管不从钻孔内提出,可当作套管;不提钻取心,中深孔以致200多米钻孔,能一钻完孔,缩短工期,有利于争取在海况良好时作业完毕;回转钻进改为冲击内管钻进,也可采取原状样;钻孔结构简单,钻探成本低。

3.6 科学钻探中采用绳索取心技术

中国大陆科学钻探的前期准备工作已全面展开,有关专家提出,在结晶岩中施工5000 m取心科学钻孔的取心钻进系统方案采用以绳索取心为基础并结合其它一些先进的孔内钻具的组合式钻进系统。

3.7 应用领域可进一步拓宽

绳索取心技术还可开拓应用于地热钻探、石油钻探、基础桩墙与坝体抽样钻探等。

3.8 已有一定的技术储备

(1)钻具方面:根据实际生产中存在的问题,近年来对S系列绳索取心钻具作了改进设计:①加快了内管总成的打捞与投放速度,减少液流损失;②设计了可转动、旋转的铰链式矛头,减少打捞过程中事故的发生;③针对原钻具内管到位报讯机构性能不可靠、结构复杂的缺点,设计了简单、可调的内管到位报讯机构;④将原螺旋机械式岩心堵塞报讯机构改为压缩阀垫式机构,阀垫材料选用聚醚型聚胺脂橡胶。改进后的钻具结构更简单,性能更可靠。

(2)钻杆方面:“八五”期间,列题对“新型等强度摩擦焊钻杆及摩擦焊工艺”进行了研究,并取得成果,新型等强度摩擦焊钻杆其强度性能及连接副的密封性能均优于普通丝扣连接钻杆,此外,还研建了ZP-1型钻杆疲劳试验台,为新型钻杆的研制提供了一个完备、可靠的中间试验环节。

(3)配套钻探设备:新近研制成功的CD-3型岩心钻机,具有双卡盘,可实现不停钻倒杆,扭矩大,变速范围宽,整体性能优良,能实现长行程连续给进,增大立轴通孔等特点,可满足以金刚石绳索取心钻进为主体的多种钻探工艺的需要,此外,钻机还配备了完善的钻探仪表,在钻进过程中能准确地提供各种钻进信息,有利于实施优化钻进。

此外,不少单位在科研、生产中不断探索,在完善钻进规程、操作技术、提高效率、加强管理等方面积累了丰富的经验,为绳索取心技术的进一步发展打下良好的基础。

4 今后努力的方向

(1)在当前形势下,片面地用工作量、开动绳索取心钻机台数等指标来衡量绳索取心技术的发展程度是不现实的,也是不必要的。笔者认为,发展绳索取心技术,是在追

求高效率的同时,更应注重提高其应用质量,更好地解决生产中的疑难问题。

(2)今后地质勘探的变化趋势是有些地区钻孔越来越深,取心难度越来越大,这就更能显示绳索取心钻进的优越性,因此建议有关部门增加经费,组织科研、生产单位的有关人员积极推广绳索取心技术,把已有的科研成果尽快地转化为生产力。

(3)研制具有合金钢螺纹接头的铝合金轻型钻杆,满足日益增长的深孔钻探要求。

(4)进一步提高绳索取心技术配套水平,研制和完善具有排绳机构和单独驱动的绳索取心绞车、适合不同钻孔角度的孔口液压夹持器、具有施加预扭矩功能的拧管机等。

(5)研制坑道钻绳索取心冲击回转钻

具,解决水平孔及上斜孔钻进中钻进压力不足、钻孔偏斜问题。

(6)对操作工艺作更深入的、定量的研究,并将研究成果推广到实际生产中,加强生产管理,提高操作者技术素质。

4 参考文献

- [1] 张春波,刘峰.中国绳索取心钻探技术现状及展望.探矿工程,1996,(4).
- [2] 孙建华,刘志方.积极采用先进技术,提高地矿部门钻探生产水平.探矿工程,1996,(6).
- [3] 吴樟华.回顾冶金地质钻探的发展和今后的展望.地质与勘探,1997,(1).
- [4] 刘广志.特种钻探工艺学.中国地质大学出版社,1992.
- [5] 崔金海.河床砂卵石层绳索取心钻进工艺.探矿工程,1997,(3).

(上接第 109 页)

灌卡塞或磨蚀冲击器内部零件。②消除“空打”现象。“空打”是指冲击器在钻孔内未接触孔底而处于悬吊状况下,送入冲洗液时仍产生有效冲击。“空打”现象属孔内事故隐患,并且不利于正常钻进前的全泵量冲孔排粉。③大直径液动冲击器应消除运动副上的“积砂死区”,减少密封副、弹簧等易损零件,从设计和制造工艺两方面着手,延长零件的使用寿命。④大直径液动冲击器质量大,承受的回转扭矩亦很大,螺纹副拆卸十分困难。同时大直径液动冲击器应用的工作介质较差,易出现零部件磨损、阻卡现象,拆检是经常性的。从设计角度降低大直径冲击器螺纹副的拆卸扭矩是非常必要的。降低螺纹副拆卸力矩的措施有:选择传动效

率较高的螺纹齿型;提高螺纹尺寸加工精度;降低螺纹表面粗糙度;理化处理螺纹表面;采用不同锥度公差的锥度螺纹等。

4 结语

完成大直径液动冲击器结构完善及性能优化,大幅度提高单次冲击能量输出是今后大直径液动冲击回转钻进技术研究的重点。同时建议应当提高现有大排量往复泵产品的设计输出压力,以满足大直径中深钻孔液动冲击回转钻进的需要。大直径冲击回转钻进使用的钻头、取心钻具等尚未完全配套,钻进工艺、规程还有待探索。认真做好这些工作,将会有助于大直径液动冲击回转钻进技术的成熟和普及应用。