

依靠科技进步,着力提高煤炭地质钻探技术及装备水平

孙升林, 武喜尊, 李生红

(中国煤炭地质总局, 北京 100039)

摘要:概要介绍了煤炭(田)钻探技术半个多世纪以来的发展情况,并对今后煤炭地质钻探技术及设备的发展提出了设想。

关键词:煤炭地质;钻探技术;装备;发展

中图分类号:P634 **文献标识码:**C **文章编号:**1672-7428(2007)S1-0019-04

1 煤炭工业地质勘查钻探技术发展回顾

我国煤炭资源丰富,开发利用历史悠久,可追溯到我国西汉的时期。到1903年我国已有用英国蒸汽钻机进行煤矿老窖钻探施工的记录。1946年9月30日,地质专家谢家荣应用日本利根RL-150型钻机,在安徽淮南煤田布孔进行钻探施工。但直到新中国成立之际,煤炭(田)地质勘探工作仅有工人400余名,技术人员十几个,以及日伪时期留下的57台破烂不堪的手把给进式钻机。

新中国成立后,煤炭(田)地质勘探工作得到飞速发展,先后在全国29个省区建立100多个勘探队,年开动钻机近千台。统计至1995年,累计完成钻探工作量74088729 m,探明煤炭储量超过10000亿t,钻月效率由解放初的87 m提高到400余米,煤心采取率由35.7%提高到90%以上,为我国煤炭工业发展提供了可靠资源保证。

1.1 煤炭(田)地质钻探技术起步阶段

20世纪50~70年代间,煤田钻探主要采用普通硬质合金和铁砂、钢粒分层钻进工艺。50年代前期采用的钻进参数为:轻压、慢转、少给水,钻孔开孔直径大,一般为150 mm,终孔直径为91或75 mm,其钻探效率低、质量差、事故多。随后曾在软地层采用过“高压大水无岩心快速钻进测并解释法”,无心钻进比例一度上升到70%~80%,曾创单机日进尺1140 m、月进尺10335 m记录,钻探效率显著提高,但是无论是钻探质量还是地质报告质量直线下降。

1.2 煤炭(田)地质钻探技术发展阶段

20世纪70~90年代是煤炭(田)地质钻探技术大发展的阶段。从1985~1995年,在“以绳索取心、金刚石钻进技术为主导,因地制宜地推广多种工艺

相结合”的钻探技术方针指导下,总局对钻探技术工作投入了相当大的人力、物力与资金,取得一批水平很高的科研成果,对有效推动煤炭(田)钻探新技术、新工艺、新设备的发展和提高起到至关重要的作用。期间主要取得了以下几个方面的技术成果。

1.2.1 金刚石、绳索取心钻进技术快速发展

从1969年起步,煤炭(田)地质系统开始了人造金刚石、金刚石钻头、金刚石钻进技术的研究、制造与应用,先后建成西安、石家庄2个人造金刚石合成和钻头制造车间。至20世纪90年代,针对不同岩层,对天然、人造、聚晶、复合片等类型的金刚石钻头进行了研制应用,取得良好效果,钻头平均寿命得到了极大提升,基本满足生产需要。

煤炭(田)地质系统于1980年前后开展了绳索取心钻进技术研究工作,先后选择在多个队伍进行金刚石绳索取心钻进技术生产试验。为了充分发挥绳索取心金刚石钻进工艺优势,紧扣配套、完善、发展、提高这一关键环节,以钻探施工中急需解决的生产、技术难题为目标,以科研项目为突破口,二者有机结合,在金刚石绳索取心钻进开展得较早的福建煤田地质局,先后完成7项Ⅱ类、13项Ⅲ类科研项目,近30项小改小革。到1990年8月,福建煤田地质局的岩心钻探全部实现绳索取心化并使用至今。

1.2.2 因地制宜发展多种先进钻进工艺

在20世纪90年代初期,煤田钻探施工便遇到了在干旱缺水地区需要穿过老窿、空巷等严重漏失地层的生产技术难题。如在山西大同的同忻勘探区施工中要穿过2~3层的采空区,采用水介质循环的常规钻进工艺困难极大,仅技术护壁套管就要下数层。通过开发应用空气泡沫钻进工艺,不仅有效解

收稿日期:2007-05-30

作者简介:孙升林(1957-),男(汉族),河北沧州人,中国煤炭地质总局副局长、高级工程师,地球物理勘探专业,博士,北京市丰台区靛厂路299号。

决了钻孔严重漏失和护壁的技术难题,还大幅度提高了钻探效率。泡沫钻进孔深达601 m。

对空气潜孔锤钻进工艺开展了较为深入的研究,先后在3个钻孔进行了生产性试验,孔深分别为342.20、363.01和410.33 m,达到国内潜孔锤钻进深度先进水平。潜孔锤钻进工艺用于大口径水文水井钻进也取得较好效果。

开发使用了气动潜孔锤钻进工艺。针对玄武岩、细粒砾岩等坚硬岩层进行了气动潜孔锤钻进工艺研究,较常规工法时效提高17倍,钻月效率提高23倍。随后,这项技术在河南、江苏、湖南、贵州等省煤田勘探中推广应用。值得一提的是应用此工艺,在河南钻进平顶山砂岩,无论时效还是钻效均得到大幅度提高,成本直线下降,成为该地区浅部地层突破该岩层的首选工艺。

针对煤田勘探施工中较深地层的强研磨性坚硬岩石,开发应用了液动冲击回转钻进工艺,以取代钢粒钻进。研制出射流式冲击器及其配套钻头和生产工艺。在3个队42个钻孔的试验中,累计进尺6774.52 m,与回转钻进比较,其机械钻速提高25%以上,材料消耗大幅度下降,孔斜率降低。

对于南方一些地区煤层赋存构造复杂,常规钻进工艺无法满足地质设计要求的施工项目开发应用了受控定向钻进技术。通过该项技术的应用,很好地解决了四川、江西等省在陡直地层找煤勘探的技术难题,中靶率高,特甲级孔率达到80%以上,完全满足地质设计要求,取得良好的社会效益。

1.2.3 改进采煤工具和工艺,保证采心质量

针对松散、破碎、膨胀、瓦斯量大的煤层,先后研制了多种类型的取煤器,它们单动性能好,内管为半合管自锁,可以合理调整钻井液在钻头部分的分流高度、流量、流向,卡簧或爪卡簧卡心。在采心操作工艺方面突破了过去传统——轻压慢转小水量,而是采取尽快使煤心钻入容纳管的方法,减少磨损和冲蚀,提高煤心采取率和完整度。

1.2.4 提高钻井液性能,保障安全生产

为保证安全快速钻进,针对煤系地层水敏性强、孔壁稳定性差的特点,先后研制和推广了多种性能优良的泥浆处理剂和泥浆,较好地解决了钻孔护壁问题。如早期的煤碱剂、钙处理泥浆,后来的双聚泥浆、人工钠土、田菁粉、ST-1防塌剂等。还大力推广应用低固相、无固相钻井液,采用191、高吸水树脂、水泥等材料进行护壁堵漏。通过建立3级泥浆管理体系及制度,极大地提高了泥浆管理水平,有效

降低了孔故率,实现了安全生产。

1.2.5 计算机、微电子技术研究应用初获硕果

由总局立项、山东煤田地质局承担研究的I类科研项目“钻井参数监测系统的研制与应用”的完成,标志着煤炭(田)钻探技术在计算机、微电子技术方面的应用有了重大突破,系统总体技术性能居国内领先水平,部分主要性能达到国际先进水平。该项目的研究应用成功,为定量监测、人机结合、优化设计、科学打钻的模式提供了现代化的技术手段。

1.3 煤炭(田)地质钻探技术快速拓展阶段

20世纪80年代末至今,煤炭(田)地质队伍实施“大地质、大市场”战略,迅速从原计划体制下单一的煤炭(田)资源勘探拓展到现在的岩土基础工程、油、气、地热、盐井工程,环境、灾害、工程地质治理工程全方位的资源、地质工程勘查施工。由最初的老千米钻机改造,迅速发展发展到以大型专用桩机为龙头,大中小专用机械设备齐备,各种施工工艺俱全,能够满足各类工程施工要求的局面。近几年,更是引进了一大批国外先进的地下连续墙、锚杆、旋挖、水平定向、车装多功能钻机等施工设备。施工项目从楼房基础到道路桥梁,从工程地质到环境地质灾害治理等,如工程地质勘查、井筒冻结、帷幕注浆、深水井、盐井、地热井、浅层石油、煤层气、边坡锚固、钻孔灌注、旋喷、挤密基础桩等的工程施工。

以广州中煤江南基础工程公司的“长江重要堤防加固工程江永坝标段防渗墙工程”、江苏长江机械化基础工程公司的“南京地铁玄武湖隧道防护桩工程”、中煤地质总公司的“南京地铁鼓楼车站连续墙防护工程”、安徽两淮地质基础工程公司的“上海联合广场基础桩工程”、湖南基础工程公司的“广东珠海淇澳大桥大口径嵌岩桩工程”等一批品牌项目为代表,充分展示了煤炭(田)地质系统在岩土钻掘基础工程施工方面的水平与技术优势。

大口径硬岩钻进与卵砾石钻进是钻孔桩施工的两大难题。湖南煤田地质局通过科研攻关,研究、摸索出一套行之有效的施工工艺、钻头加工维护工艺,在大口径桥梁桩施工市场中打出了效率,树立了形象,赢得了信誉,占领了市场,获得了效益。产值逐年上升,1993~1999年,7年间累计创造产值29129万元。

河南煤田地质局为了适应陕北石油开发市场的激烈竞争,以现有设备为基础,积极进行完善、配套、改造,并深入开展丛式井钻井技术的研究与开发,形成独具煤田特色的丛式井施工工艺。丛式井施工钻

机从1997年的1台发展到2002年的11台,钻月效率从1997年的900 m提高到2001年的2800 m,钻井施工产值从1997年的60多万元提高到2001年的2660万元,取得了良好的经济效益和社会效益。

安徽煤田地质局两淮地质基础工程公司第一工程处的地鼠工程公司自1996年立项研究、开发、应用非开挖钻进技术以来,至今已为热力、电力、通讯、煤气、自来水等部门施工完成非开挖地下管线铺设工程数百项,获得良好经济效益。

中煤地质工程总公司大地技术开发公司依靠其快速机动的钻探施工装备和先进的精确定向、快速钻进技术积极参加煤层气开发和煤矿抢险。他们参加的陕西省铜川矿务局陈家山煤矿瓦斯爆炸事故抢险,成为矿山抢险的成功范例。他们先后参加了郑煤集团超群煤矿突水事故、宁煤集团汝其沟煤矿灭火以及邢台矿务局东庞煤矿突水事故的抢险、治理等多项工程,在煤矿抢险救灾中发挥了重要作用,获得了良好的经济效益与社会效益。为此,国家安全生产监督管理局也将大地公司作为矿山抢险救灾的指定单位。

2 煤炭工业地勘队伍发展所面临的形势与任务

2.1 国家能源战略为煤炭(田)地质勘查带来了发展机遇

煤炭是我国主体能源,是能源安全的基石。煤炭(田)地质勘查是煤炭工业健康发展的基础,贯穿于煤炭工业和国民经济发展的始终,它既担负着为煤炭工业发展提供资源保障的重任,又担负为煤炭开发、利用、安全和环境保护提供地质服务的责任。钻探工程作为矿产资源勘查的手段之一,是不可或缺的,也是其它任何手段不能替代的。

在国民经济持续快速增长的同时,我国能源供给也面临巨大的挑战,能源安全问题日益突出。据预测,到2010年和2020年,我国煤炭需求将分别达到25~26亿t和29~30亿t以上。对此,党和国家给予了高度的重视,确定了“煤为基础”的能源可持续发展战略,明确了煤炭的主体能源地位。同时加强加快煤炭、煤层气资源勘查,包括与煤炭资源开发相适应的水资源勘查评价、环境地质调查评价、加强矿山地质勘查等是煤炭(田)地质工作“十一五”的重要任务,为煤炭(田)地质勘查带来了发展机遇。

2.2 国家经济形势和产业政策有利于煤炭(田)地质单位主业发展

当前我国国民经济继续保持平稳快速发展,经

济总体形势良好。良好的经济社会环境,为煤炭(田)地质单位深化改革、加快发展创造了条件。目前,国际能源矿产市场风云变幻,出于对我国能源战略安全的需要,以及煤化工技术、洁净煤技术的发展与推广应用,使煤炭的主体能源地位更加突出,为煤炭(田)地质工作提供了前提和不可或缺的战略需要。不久前国务院召开的常务会议研究当前经济工作的突出问题时强调,要继续加强和改善宏观调控,并就我国当前及今后一个时期产业发展提出了明确的政策要求:“大力发展能源产业,继续提升原材料产业,急需发展装备制造业,积极发展创新技术产业,大力发展服务业,规范房地产业。”按照国家宏观经济调控政策导向,煤炭(田)地质单位的主业发展方向,非常符合国家产业发展政策精神,属于国家大力发展和政策扶持的产业。

2.3 国务院《关于加强地质工作的决定》进一步明确了地质工作任务

《决定》明确指出了地质工作的六项主要任务。一是能源矿产勘查。决定把能源矿产提为重要的战略资源,并强调必须放在地质勘查的首要位置。对煤炭地质工作就是要加快神东、陕北、晋北、鲁西、两淮等大型煤炭基地普查和必要的详查,加强南方缺煤省区和边远地区的煤炭勘查,为煤炭地质工作提出了明确的工作方向和重点。二是要加强非能源重要矿产勘查。三是要做好矿山地质工作。矿山地质工作对合理开发利用资源、延长现有矿山服务年限意义重大。加强矿山生产过程中的补充勘探,指导科学开采。加快危机矿山、现有资源枯竭城市接替资源勘查,大力推进深部和外围找矿工作。四是要提高基础地质调查程度。五是要强化地质灾害和地质环境调查监测。实施地质环境保障工程,全面提高地质灾害防治和地质环境保护水平。全面推进农业地质、城市地质、矿山环境地质调查工作。六是要推进地质资料开发利用。这些就是我们地质工作的基本服务领域,如何来适应应对这些工作,需要我们积极想办法,以满足国家对地质工作的要求。

3 努力提高钻探技术水平,促进煤炭工业地勘技术进步

地质工作是经济社会发展的先行性、基础性工作。煤炭(田)地质工作贯穿于煤炭资源规划、煤炭生产、安全、科学利用、环境保护的全过程,服务于矿业开发的各个环节。钻探技术作为主要勘探手段,将需要继续发挥重要作用。煤炭(田)地质单位,拥

有一批行业知名的钻探专家;拥有一支能征善战的队伍;拥有一批高新设备;拥有50多年来的丰富工作经验和优良的光荣传统。所有这些雄厚的技术积累和强大的技术力量,必将促进煤炭(田)地质单位核心竞争力的增强,为煤炭(田)地质事业发挥更大作用。关于钻探技术发展我们重点要做好以下几个方面的工作。

3.1 继续着力推广使用绳索取心钻探技术

随着勘探成果对钻孔质量的要求越来越高,为了满足对高煤岩心采取率的要求,尽量保持煤岩层的原生结构,必须大力推广使用绳索取心钻探技术。用常规取心工具取心收获率较低,岩心破碎,成心困难,提心时间长,易使煤层气在井筒内严重散失,影响准确测定煤层各项参数,很难适应煤层气勘探的需要。绳索取心钻进具有煤心采取率高、出心速度快、气体散失少、采用半合管时对煤心的原生结构无破坏等优点,非常符合煤层及煤层气井对采取煤心质量的要求。这项技术在南方省区使用效果非常好,但是如何在北方地区推广应用需要进一步研究。

3.2 努力提高定向钻进技术与工艺

瓦斯是与煤炭共同伴生的优质洁净能源,瓦斯是一种宝贵的资源,但是在煤矿开采过程中,极易引发瓦斯突出、爆炸、燃烧等恶性事故,是煤矿安全生产的大敌。国家高度重视煤矿瓦斯治理工作,2006年2月,国务院决定成立煤矿瓦斯防治部际协调领导小组,整合各方面力量,采取综合措施,努力遏制煤矿重特大瓦斯事故发生,并且初步制定出了我国煤矿瓦斯防治主要目标及措施。

地面钻孔抽采是煤矿治理瓦斯事故的重要手段之一,它可以在矿井建设前或煤层开采前进行预抽采,以降低煤层瓦斯含量,为矿井建设和生产消除瓦斯隐患。地面煤层气井主要有垂直井和水平井2种,钻井工艺方式也有所不同。除了常规煤层气钻井技术外,目前定向羽状水平井是最新的技术,羽状水平井开采技术的优点有:增加有效供给范围,提高了导流能力;对煤层的伤害减少;单井产量高,采出程度高;井场占地面积小,环境影响小,地面集输设施少;经济效益好。资料显示,定向钻井的纵向深度一般在600~1200m,横向煤层钻井长度可达到400m。据美国某钻探公司的个例统计,采用横井采气比传统的单一竖井采气的初期产量可高出10倍,气井的生产寿命也会增加。煤层气开发市场潜力巨大,需要我们加大攻关力度,尽快消化吸收这项先进技术,提升我们整体钻探技术水平。

3.3 积极发展非开挖水平定向钻进技术

随着经济建设的发展,城市通信、电力、热力管道、燃(煤)气、各类水管道、输送各种化工产品的地下管线的铺设及现有陈旧管线修复和更换的任务逐渐增多。为满足日趋强盛的城市化进程,结合市场需求,工作效率高、省时、节能、社会效益明显的非开挖技术得到了迅猛发展。这些年来有些单位做得比较好,取得了很好的经济效益,为城市建设做出了重大贡献。我们还应继续努力加大技术开发力度,不断提高效率与能力,满足社会日益增长的需要。

3.4 努力提高桩基施工装备与技术水平

桩基施工已成为钻探技术应用的另一大领域,是大部分煤炭(田)地质单位的重要支柱产业,为国家基础设施建设发挥了很大作用,同时为各单位经济建设做出了重大贡献。但是不可否认,我们的桩机装备水平还有待提高,还不能完全满足国民经济基础建设的需要,还需要不断总结和提高基础施工技术 with 工艺水平,还需要不断更新装备,还需不断提高我们的服务能力,这样才能提高我们的市场竞争力,满足社会与市场需求。

3.5 加快技术更新力度,努力提高钻探效率

由于市场的推动及技术的进步,当前地质勘查工作进入了新的快速高效勘探新阶段。主要勘探模式是:利用遥感等技术进行大比例地质填图,利用地震勘探技术查清地质构造,最后利用岩心钻探、测井及化验测试技术查清煤层、煤质、储量及开采技术条件等。一方面大大缩短了勘探周期,另一方面节约了勘探资金,大幅度提高了勘探的效率和效果。这样不仅满足了矿井规划设计的要求,同时满足了矿井建设、生产的要求,减少了矿井投资、建设、生产的风险。这就需要调整我们的工作策略,满足适应市场的需求。鉴于以上原因,在技术装备上应根据目前勘探发展趋势及市场需求,重点鼓励支持更新一批技术先进,效率高,有影响力、带动力、提升力,代表行业最先进水平技术装备。对于钻探技术装备我们要大力推广使用效率高、多功能、机动性强的全液压钻机金刚石绳索取心岩心钻探装备以及适合于煤层气开发用的多功能定向钻井技术装备。通过“质的变化”,即技术、效率、功能的提高与变化,引起“量的变化”,即工程质量、数量及经济数量的提高和变化。全液压钻机具有:高转速、长行程、大通孔、质量轻、无级变速、自动化程度高、操控方便、可

(下转第27页)

由原来的 48 ~ 72 h 缩短到 6 h,且地层的渗透系数有较大比例提高。

2.2.7 钻探机组配电及自动控制技术研究

运用成熟的机电调控技术对钻探机组进行技术改造,使钻机、泥浆泵等设备处于高效节能的经济运行,提高钻探有效台时,降低故障率。同时,实现了泥浆泵的无级调速,满足了松散砂岩的取心需要。

3 “十一五”钻探生产的重点工作

“十一五”铀矿地质钻探工作总体思路是统筹规划、强化责任、严细认真、力求高效,不断提高钻探工程的管理水平和技术水平,确保年度钻探生产任务顺利完成。“十一五”末期钻探工作目标是:钻探优质孔率应保持在 92% 以上,地浸砂岩型铀矿钻探台月效率稳定在 1600 m 以上,力争突破 2000 m,南方硬岩钻探台月效率突破 1000 m,总体钻探技术达到国内同行业先进水平。

2006 年中国核工业地质局共安排带钻地质项目 47 项,比 2005 年增加 16 项。下达钻探工作量 40 万 m,比 2005 年提高近 1 倍。开动钻机超过 106 台,比 2005 年增加近 3 倍。2007 年安排带钻地质

项目 53 项,工作量 50 万 m,18 个单位开动钻机 120 台。

在“十一五”期间,钻探技术研究工作主要是集中优势力量,借助社会资源,对钻探施工中的关键理论、技术和方法进行攻关,加强技术引进和技术创新,提交在同行业中有影响和实用价值的科研成果,提高生产效率,提高找矿效果。技术工作的主要方向是:绳索取心钻进技术推广应用研究、经济型“双护”(护壁、护心)作用冲洗液技术研究、卵砾石层钻进技术研究、定向钻进技术应用研究、高耐磨性可靠性的取心钻具研究、钻探机组快速搬迁技术、自动化控制技术 & 孔内事故预警系统研究等。通过这些研究和成果的推广,确保“十一五”期间铀矿地质钻探任务的顺利完成。

我国是铀资源较丰富的国家,有良好的找矿前景。中国核工业地质局作为国家铀矿勘查的主力军,将认真贯彻落实《国务院关于加强地质工作的决定》和《我国天然铀资源发展规划纲要》的精神,统筹规划,科学部署,认真组织实施铀矿勘查工作,为满足国防建设和核电发展的需要贡献力量。

(上接第 22 页)

定向施工斜孔等特点。近些年来,随着金刚石绳索取心、潜孔锤、空气反循环、泡沫泥浆等钻进工艺不断发展,大家对以上钻进工艺的优、缺点有了一个较为全面的了解。通过比较、分析发现,各种工艺的特点突出,即具有很强的针对性。但在实际施工中,由于所遇到的情况是复杂多样的,采用单一的钻进工

艺显然不能获得最佳的效果,只有采用具备多种工艺组合的钻机才可能获得预想的效果。多功能钻机也就应运而生,它实现了在一台钻机上能够有效完成多种钻孔方法。只有技术装备的进步才能满足生产和市场的需要,只有装备的进步才能保证技术与工艺的进步和勘探效果效率的提高。

(上接第 24 页)

产资源新一轮的找矿地质勘查工作。为了适应新的形势和单位的发展,推进地勘单位进一步深化改革,在“十一五”期间,建材地勘中心将根据国家矿业政策导向和市场需求,积极创造条件,开拓地质市场和矿种领域,争取矿权。在综合研究和深入分析的基础上,科学布置资源勘查工作,通过加强对重点成矿区带的研究,择优选择找矿靶区,加强找矿工作,尤其是要加强对老矿山外围及深部的找矿工作,以求发现和探明国家和市场急需的矿产资源。为实现上述目标,“十一五”期间,我中心探矿工作的重点如

下:

- (1) 重视探矿新理论、新技术、新方法的推广应用,提高勘查技术水平;
- (2) 加大探矿技术设备的投入力度,积极寻求国家和部门的资金支持,努力提高探矿技术装备水平;
- (3) 加强探矿技术的培训和人才的培养,并引进专业人才;
- (4) 在立足现有建材非金属矿产勘查优势的基础上,不断拓宽业务范围,提高市场竞争力,保证我中心的稳定持续发展。