

福建马坑铁矿钻探野外基地建设的实践与体会

傅丛群

(福建省第八地质大队,福建 龙岩 364012)

摘要:马坑铁矿——福建龙岩野外基地是全国首次以深部钻探关键技术研究为课题的科研基地,是以“福建马坑外围——大田深泉全国47#整装勘查组之一”为依托,全面收集、消化吸收前人研究成果,综合应用国内外先进、成熟的钻探工艺技术,结合马坑矿区、石岩坑矿区钻探施工研究解决钻探技术难题,探索出深孔钻探技术组合优化的集成、创新性成果。建设具有科研、教学、培训和科普功能的深孔钻探技术应用示范与科研基地并建有应用示范与成果展示服务于社会。介绍了基地立项及建设情况,以及马坑铁矿钻探实践成果及技术创新。

关键词:基地建设;钻探技术;应用示范;成果展示

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)09-0158-05

Practice and Experience of the Establishment of Drilling Field Experimental Site in Makeng Iron Deposit/FU Cong-qun (No. 8 Geology Team of Fujian, Longyan Fujian 364012, China)

Abstract: Makeng iron deposit is a scientific research base in Longyan of Fujian Province where the research on key technologies of deep drilling is taken as subjects for the first time in China. It is an innovation achievement of integrated optimization by relying on Fujian Makeng peripheral which is one of Datianshenquan projects by whole mount exploration group 47#, with comprehensive collection and absorption of previous research results, the applications of advanced drilling technologies both in China and abroad and the solution of drilling difficulties in Makeng and Shiyankeng deposits. The paper introduces the field site about its setting up and the construction as well as the drilling practice and technical innovation in Makeng iron deposit.

Key words: base construction; drilling technology; application demonstrator; achievement exhibition

1 马坑铁矿——福建龙岩野外基地申报概况

马坑铁矿——福建龙岩野外基地是国土资源部批准命名的全国第一批野外观测科学研究基地,位于龙岩市东肖福建省第八地质大队东肖基地内。

福建马坑铁矿是国内著名的特大型磁铁矿床之一,马坑铁矿的发现与开发历经几代地质工作者几十年的不懈努力探索,目前已探明铁矿石地质储量4.34亿t,平均含铁品位37.99%,名列华东第一大铁矿。该矿床还伴生有可综合利用的钼矿资源(钼总金属量8万余吨)具有储量大、埋藏深、层位稳定、可选性好、矿井涌水量大等特点。经规划论证,可建设年产600万t以上的规模特大型矿山。

2010年,随着全国开展“攻深找盲,探边摸底”的新一轮地质找矿勘查工作,我局也开展了武夷山成矿带深部找矿工作,同时布局了马坑铁矿外围石岩坑深部铁矿勘查工作。2010年3月,经龙岩市国土资源局、中国地质大学(武汉)、中国地质科学院勘探技术研究所、福建省地矿局联合申报国土资源部公益性《福建马坑铁矿钻探技术应用示范与科研

基地建设》课题,2011年11月26日,国土资源部批准命名建设。

马坑铁矿野外科研基地,主要开展深孔钻探关键技术研究试验、新技术应用示范和中国地质科学院勘探技术研究所承担的部分地质大调查项目以及国家“863”项目的实施。目的是通过基地建设、提高钻探科技创新和促进人才培养,建成深孔钻探科研、应用示范、教学和科普为一体的综合性基地。其科学性和特色性主要体现在以下几个方面。

(1)充分利用马坑铁矿石岩坑勘查钻探现场,将深孔钻探工艺作为一个复杂的系统工程,针对钻探遇到的技术难题,全面总结、收集、消化和吸收前人研究成果,结合实际,综合应用国内外先进、成熟的钻探技术,以优化的理念不断探讨和开展深孔钻探关键技术研究,并创新性地开展钻探技术集成和优化组合,总结成果、提供示范、服务社会。

(2)按照标准化、规范化的要求,在钻探现场开展新技术、新工艺、新方法、新机具、新材料等科技成果的试验、检验、评价,加快钻探科技成果的形成,加

收稿日期:2014-06-30

作者简介:傅丛群(1956-),男(汉族),福建长汀人,福建省第八地质大队副队长,探矿工程专业,从事探矿工程技术工作,福建省龙岩市东肖镇, zuohai@126.com。

速钻探科技成果转化为一线生产力。

(3)通过课题抽调技术骨干参加基地钻探科研与试验实践,加速急需钻探技术人才和骨干工人的培养,促进钻探技术工艺水平的提高,保障找矿钻探效率高、事故率少、质量好、成本低等目标的实现。

(4)钻探野外科研基地的建设与开放,也将使科研产出的集成和创新性的成果服务社会,构建深孔关键技术研究,探矿科技成果试验、检验、钻探教学与培训实践,钻探技术科学普及的共享平台。

2 马坑铁矿勘查历程简述

马坑铁矿区内矿产资源丰富。据记载矿区开展地质工作始于1913年,前期主要集中在龙岩-坎市一带早二叠世煤系地层分布区。矿区中矿段太保林地表受到F1断层影响,地表矽卡岩褐铁矿发现早,据说百年以前已有小型的人工采矿和冶炼遗迹。1956~1957年先后有冶金806队、华东地质局378队,安溪地质队、有色金属309队进行普查或者踏勘,开展少量山地工作,未能发现隐伏铁矿(均认为地表矿规模小,远景有限给予否定)。1957年10月,华东地质局403物探队在矿区进行1:10000磁测,发现有长×宽达4000m×1000m的磁异常,从而揭开了探索本矿区深部隐伏磁铁矿的序幕。1958~1982年,在大量地质及科研工作的基础上,开展了3个阶段矿区勘查钻探工程,完成钻探工作量141998.65m,探明铁矿储量4.79亿t,伴生钼矿8.29万t,是华东最大的铁矿床。矿区具有储量大、埋藏深、层位稳定、可选性好、矿井涌水量大等特点。经规划论证,可建设年产600万t以上的规模特大型矿山。

福建马坑铁矿是国内著名的特大型磁铁矿床之一,具有一百年的勘查历史,矿区钻探工程的开展主要分4个阶段。

第一阶段:普查和初步勘探钻探。

1958年3月~1962年3月,福建省地质局第四地质大队对马坑矿区进行普查和初步勘探,共施工钻孔39个,计9524.97m。证实深部为一较大的隐伏磁铁矿体。

本次初步勘探主要在71~87线间(即中矿段)海拔+170m标高以上,用400m间距进行控制,求得级C₁+C₂铁矿储量5139万t,其中C₁级储量849万t,伴生钼金属量6617t。对71线以西(西矿段)也有少量钻孔控制;87~91线(东矿段)钻孔也已见矿。

第二阶段:中矿段勘探、西矿段普查评价钻探。

1971年4月~1976年3月,福建省地质局地质一团对马坑中矿段(71~87线)进行勘探,施工104个钻孔,计36064.69m;对马坑西矿段(71线以西)进行普查评价,施工11个钻孔,计4596.53m。

本次勘探主要是对中矿段矿体用100m×100m与200m×(100~150)m进行控制,共求得B+C₁+C₂铁矿储量1.15亿t,其中B级储量1652.78万t,C₁级储量6824.18t,辉钼矿总量12160.35t。

第三阶段:西矿段详查-勘探钻探。

1976年3月~1982年4月,福建省地质八队对马坑矿区西矿段进行了详查-勘探工作,完成钻探工作量101337.43m/163个孔(含水文孔)。

本阶段详查-勘探工作,提交了《福建省龙岩市马坑矿区西矿段铁矿详细勘探地质报告》,求得铁矿A+B+C级储量44673.17万t,其中A级储量5906.96万t;B级储量26138.18万t;C级储量12628.03万t;钼矿金属量74761.73t。

第四阶段:马坑外围石岩坑的铁矿区深部钻探。

2010年3月~2013年12月,随着“攻深找盲、探边摸底”为重点的新一轮地质找矿工作的开展,福建省第八地质大队在马坑外围石岩坑铁矿区开展深部钻探,完成钻探工作量9544.23m/11孔,初步探求铁资源量1.14亿t,远景资源量2亿多吨。

由于马坑铁矿勘查历史相对较长,有些资料收集难度大。我们通过请教当年实施找矿勘查的老一代勘查工作者,系统收集、整理再现福建马坑铁矿勘查钻探技术方法研究与应用的文字资料、照片与实物资料,全面总结钻探技术在马坑矿区找矿中的作用、应用、价值等情况。研究发现,马坑铁矿各勘查阶段应用的钻探技术手段,反映了当时全国钻探的技术水平,具有较高的保留和传承价值。这一成果,为基地开展钻探科研、培训与科普积累了基础素材。马坑铁矿各阶段主要钻探设备及方法见表1。

3 实践成果及技术创新

(1)在系统总结福建马坑铁矿各勘查阶段钻探技术的基础上,进一步分析和明确马坑铁矿地层特性与钻探技术难题,为开展深孔钻探集成式创新研究提供了工作方向,为基地开展培训与科普积累了基础素材。

(2)系统开展了提高深孔钻进效率的研究。通过SYZX系列绳索取心液动锤的推广应用,进行金刚石钻头优选和钻进工艺优化,确定了绳索取心

表1 马坑铁矿各阶段主要成果——钻探设备及方法

阶段	第一阶段	第二阶段	第三阶段	第四阶段
时间	1956~1962.03	1971.04~1976.06	1976.03~1982.02	2010.05~2013.12
主要工作区域	71~87线(中矿段)	中矿段、西矿段	西矿段(51~68线)、中矿段(71线补孔)会战	马坑外围石岩坑铁矿深部勘查
钻探工作量	12898.19 m/49个孔	40661.22 m/115个孔(7个废孔1792.51 m)	101337.43 m/163个孔(水文孔6069.83 m/16个)	9544.23 m/11个孔
探明矿产储量	C ₁ +C ₂ 级磁铁矿5139万t, 钼金属量6617 t	磁铁矿B+C ₁ +C ₂ 级3.42亿t, 钼金属量12160.35 t	铁矿B+C+D级44673.17万t, 钼金属量74761.73 t	铁333+334资源量1.14亿t
钻机	XB-300、XB-500型手把式给进钻机(前苏联)	XB-600、XB-1000型手把式(张家口探矿厂)	XB-1000型。平均开动12台,最多开动16台	XY-5、XY-6、XY-44型钻机为主
泥浆泵	100/30型	TBW250-40型(衡阳探矿厂)	BW250/50型	BW-250型变量泵
钻塔	三角塔、四角塔	17.5 m四角角钢钻塔(煤田探矿机械厂)	SG-23直塔	SG-18、SG-23直塔
动力设备	柴油机20匹双缸(前苏联)	柴油机	4135柴油机	电动机
钻孔结构	开孔Ø150、130、110 mm,穿矿口径91 mm	一般开孔为Ø171 mm,终孔Ø91 mm	开孔Ø171、150、130 mm,终孔Ø91 mm	开孔Ø171、150 mm,终孔Ø75、59 mm
钻进方法	硬质合金钻进、铁砂钻进	硬质合金钻进、钢砂钻进	硬质合金钻进、钢砂钻进为主	金刚石钻进为主
钻具	Ø150、130、110、91 mm单管钻具	Ø150、130、110、91 mm单管钻具	同左	Ø150、95 mm普通单、双管钻具,S95、S77绳索取心钻具及其液动锤钻具等
钻杆	Ø70、50 mm	Ø70、50、42 mm	同左	S89、S71绳索取心钻杆,Ø50 mm钻杆等
套管	Ø146、127、108、89 mm	铁管、钢管、竹管	Ø146、127、108、89 mm	Ø146、127、108、89、73 mm

液动锤阀最佳自由行程、不同工况下钻头方案和马坑矿区绳索取心钻进技术参数组合。

(3)成功应用定向钻探技术进行马坑铁矿深部矿体勘探。通过编制定向孔轨迹倾斜平面设计法Excel程序,综合应用4LZ-65-3型螺杆钻具、JTL-40GX型光纤陀螺测斜仪等先进的钻探机具、仪器,成功完成ZK8321分支孔和ZK7525定向孔施工,保证了地质勘查目标的实现。在地质条件特别复杂的马坑矿区施工定向钻孔,造斜段为多溶洞破碎地层,在国内属于首例。

(4)探寻了优选护壁堵漏技术工艺及其组合的方法。

①根据有关研究成果及实践经验,总结、归纳了各类不稳定地层钻探特征及其泥浆对策、钻孔漏失类型与治理对策、判明漏失层情况的工作程序和方法、各类堵漏方法的工艺要点。

②提出了深孔护壁堵漏技术及其组合的优选思路、原则和评价指标。选择一个较佳的护壁堵漏方案及其组合,应从工艺措施、应用效果、安全预期、综合费用等4个方面进行优选评价。

③研究提出优选护壁泥浆、堵漏工艺的评价指标与实施方法。

④通过深孔护壁堵漏技术组合优选程序与方法的探讨和多个钻孔应用实践,制定了“优质泥浆—有效堵漏、旋喷水泥浆固结、多层次套管等复合护

壁”技术。该技术作为马坑铁矿深孔钻探护壁原则与工艺要点,有效地保证了钻进的顺利进行。

(5)成功研究并应用了高压旋喷水泥浆护壁技术(国内首创)。

高压旋喷水泥浆护壁技术是一项国内首创的成果。该技术吸收高压旋喷加固软土地基的精髓,通过机具的研制和工艺的研究,以高压旋喷水泥浆的方式进行复杂地层固结护壁。通过多个钻孔的应用实践,旋喷水泥浆可以在复杂地层孔段形成有效的护壁“水泥套管”,解决采用泥浆护壁、普通方法灌注水泥均无效,且受口径限制也无法下入套管隔离的护壁难题,如:中、深部孔段钻遇松散、破碎、易水化分散坍塌等复杂夹层,任意孔深的坍塌超径孔段、溶洞地层等有、无充填物中、小孔洞或溶洞群等地层护壁。该成果为小口径深孔复杂地层护壁增添了一项有效的护壁技术和手段,已成为机台深孔钻探主要和必备的护壁方法。

(6)开展了灌注水泥浆护壁堵漏方法的深化研究。

①在深入分析、总结护壁堵漏水泥浆材料、配制与灌注方法的基础上,提出利用钻杆泵灌水泥浆应特别注意的水泥浆可灌期调节、钻杆下入孔内位置、一次灌注孔段长度、替浆水量控制、候凝时间、扫水泥工艺等问题与对策。

②探讨提高水泥浆堵漏效果的对策,提出了具

体的思路、途径与方法,总结了封闭式压浆堵漏、岩溶裂隙压力注浆封闭、水泥砂浆灌注法、纤维水泥堵漏等工艺要点。

(7)完成了BH114套管钻进技术在马坑铁矿复杂地层中的应用试验。

2012年9月,在马坑矿区ZK9501孔25.84~183.18 m孔段进行国内最新钻探技术成果BH114套管钻进技术(中国地质科学院探矿工艺研究所)生产试验,实现了随钻下套管保护孔壁。试验总结了套管钻进工艺要点、钻进参数与注意事项,为该技术的进一步完善提供了宝贵的试验数据。

(8)研究了长孔段、多特征易塌、漏失复杂地层裸眼钻进技术。该技术以优质植物胶泥浆护壁、多种材料复合堵漏维持孔内泥浆柱压力为主体,实现了长孔段复杂地层裸眼钻进,较好地解决了马坑矿区护壁难题。

(9)分析、总结了取心难地层的特征与取心对策。在分析岩矿心采取率低的原因基础上,综合取心技术成果,结合实践经验,总结了主要地层特征及其取心技术对策和防冲刷、防磨损、防堵塞、防脱落等各种提高岩心采取率的方法,并从取心钻具和取心工艺两个方面研究、优化复杂地层单动双管钻具取心技术。

(10)研制了多功能孔底反循环单动双管取心钻具(创新性成果)。

该取心钻具在破碎无胶结性的碎石及无胶结性流砂层中钻进的采取率可达85.17%,比绳索取心钻进采取率(40.3%)提高1倍多。

(11)研究提出了复杂地层钻进取心技术工艺优化的评价指标、程序和方法,并优化确定了马坑铁矿勘查不同地层的钻探取心方法。

(12)研究了以长、刚、直的绳索取心、绳索取心液动锤钻具为主,严格控制钻压(较低钻压为主)的钻进规程,并加大测斜监控频率的预防控制对策,有效解决了矿区孔斜超标的问题。结合局部孔段孔斜超标的治理,总结了类悬垂式纠斜钻具、偏心楔、螺杆钻具等纠斜工艺。

(13)根据钻探技术经济学理论,开展深孔钻探技术工艺方法优化研究(创新性成果)。

总结了深孔钻探技术难题的解决思路,确定了钻探技术设计、钻孔结构设计、护壁与堵漏对策、取心方法等优化选择、评价及其指标体系,按先进、可行、有效、经济的原则,对所采取的各种技术工艺方法进行优化选择与评价,并以质量好、钻速高、事故

少、成本低为指标确定其最佳组合。研究提交了《深部矿体勘查钻探技术工艺方法优化研究》专题报告,制定了《马坑铁矿钻探技术规程》。

(14)进一步探讨了深孔复杂地层钻进孔内事故的预防与处理。在深入分析复杂地层钻进孔内事故主要类型与原因的基础上,结合相关成果,提出了预防与处理孔内事故的基本思路与对策,研制了插口式加厚型绳索钻杆锁接头、水力割刀等孔内事故的预防与处理机具,总结了典型重大孔内事故的处理经验,提出了强化孔内事故预防与处理措施的6点建议。

(15)综合应用课题钻探科研成果,创新性地开拓了矿山投料孔、通风孔、避难孔等施工业务,填补了福建省类似工程采用大口径钻探法施工的空白。

(16)先后开展了改进型双向电磁波随钻测量系统、新型钻头、新型泥浆材料、新型堵漏材料等钻探新技术的应用研究、示范、试验。

(17)组织编写了《地勘钻探技师培训教材》,于2013年9月由地质出版社出版,该教材填补了国内地勘钻探工技师培训教材的空白,使停滞多年的福建省钻探技师定级考评工作得以恢复开展。

4 具有科研、培训和科普功能的钻探技术应用示范与科研基地建设

基地位于著名的矿产资源地、重要红色旅游胜地的龙岩市。基地设施由钻探科研试验场所和成果展示与培训科普场馆2部分组成(图1),主要场馆设在交通便利、环境优美、物业管理服务完备、安全保障措施周全的福建省第八地质大队大院。2011年

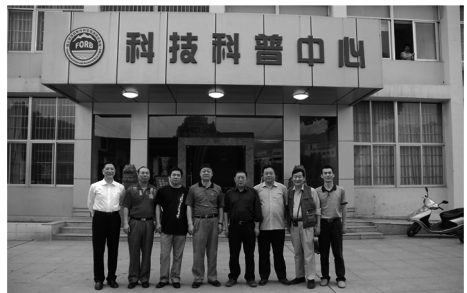
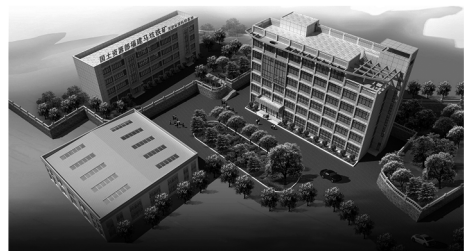


图1 福建马坑铁矿深部钻探科研基地

“马坑铁矿——福建龙岩野外基地”荣获国土资源部野批准命名和建设(国土资发〔2011〕183号),2013年4月申报了“科研实验类国土资源科普基地”。基地的科研特色是深孔钻探技术集成式创新性研究与示范,培训与科普主要内容是地质钻探技术。

钻探科研试验场所由标准化建设的钻探机台现场与科研实验室组成,场地面积1110 m²。按标准化、规范化要求,组建了2台套设备精良、机具配套齐全的生产钻机,在福建马坑铁矿勘查中持续开展深孔钻探关键技术集成式创新性研究试验与新技术应用示范,并承担钻探培训和科普观摩活动的现场展示等,如图2、图3所示。



图2 主要钻探设备展示



图3 各类钻探机具展示

成果展示与培训科普场馆由找矿与勘探成果展示馆、地质岩矿石标本展示馆、钻探知识与机具展示馆、资料与网络室(含查阅室)、多媒体影视厅等组成,建筑面积2775 m²。场馆内科学、系统、规范地保存并展示马坑铁矿勘查技术方法的应用成果和可为类似找矿提供应用、借鉴的课题研究成果,安排了安全、可靠、方便的参观通道、场所和参观路线,设置有能让公众实际参与的演示装备或仪器设备,并具有完备的标示说明系统和易于公众理解的图、文、影视等科普宣传材料等,基本能满足培训与科普需求。承办了福建省地矿局钻探技术研讨培训班742人

次/4期、钻探技术交流会141人次/2次;主办了全国“第二届探矿工程学术论坛(EEF China 2012)”(参会领导、专家268人);开展了科普活动1603人次/19场;接纳了院校学生实习等。

目前,基地成员单位按照各自责任与分工为基地积极开展持续有效的野外科学观测、试验、示范,完成“七项主要任务”提供全面的支持和支撑。

5 基地建设认识与体会

该基地的建设,促进了钻探新技术、新工艺、新方法的推广应用和我局钻探技术工艺水平的提高,为地层复杂的马坑铁矿勘探提供了有力的技术支撑。本课题的实施,建成具有科研、培训和科普功能的深孔钻探技术应用示范与科研基地,对加速探矿科技的形成和转化为钻探生产力、加快急需钻探人才的培养、促进全民了解矿山钻探技术知识、弘扬国土资源文化等都具有重大的现实和深远的意义。本课题应用和总结的解决深孔钻探主要技术难题和钻探技术工艺优化选择的思路、程序、方法及其产出的集成式创新性成果,既可在固体岩心钻探方面直接推广应用,也可供类似科研和钻探项目参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 福建省第八地质大队,福建省第二地质勘探大队. 深部矿体勘查钻探技术工艺方法的优化研究[R]. 2011.
- [2] 刘广志. 对中国大陆科学钻探5000m深孔钻探工艺的建议[J]. 西部探矿工程,2000,(3):1-8.
- [3] 王达. 深孔岩心钻探的技术关键[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):1-4.
- [4] 傅丛群,彭金灶. SYZX75型绳索取心液动锤在福建武平银多金属矿的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6):33-34.
- [5] 舒智. 复杂地层深孔钻进关键技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):161-166.
- [6] 胡继良,陶士先,纪卫军. 破碎地层孔壁稳定技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):30-32,64.
- [7] 李粤南. 深孔复杂地层护壁堵漏技术组合的优选研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,29(S1):157-162.
- [8] 陶建华,李粤南,陈惠明,等. 高压旋喷水泥浆护壁技术的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(3):11-17.
- [9] 隆威,莫志柏,张忠永. 单管高压旋喷扩体技术与植筋旋喷桩技术的研究与应用[J]. 探矿工程,2003,(1):46-48.
- [10] 崔高汉,胡仲杰,方勇,等. 高压旋喷成桩机理分析及其对设备的要求[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(9):24-27,31.
- [11] 王建华,苏长寿,左新明. 深孔液动潜孔锤钻进技术研究与应用[J]. 勘察科学技术,2011,(6):59-64.