

# 地质钻探技术与装备 21 世纪新进展

张金昌

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**21 世纪初,我国地质钻探技术处于立轴钻机普遍使用、国产绳索取心钻杆只能满足 1000 m 以内孔深钻进要求、钻探器具相对落后、硬岩地层钻进效率低、复杂地层取心效果差的落后局面。近 10 多年来,在多个国家重大科学工程项目、国家科技支撑计划、“863”计划、地质大调查专项等科技项目支持下,通过产学研联合攻关,形成了硬岩深井科学钻探技术体系和 2000 m 以内地质岩心钻探技术体系,浅层取心(取样)钻探技术、新能源勘探开发钻探技术、地质灾害调查和防治钻探技术、定向钻探技术、基础工程施工钻掘技术等取得了飞速的发展和进步。本文对 21 世纪我国地质钻探技术与装备、关键器具新进展进行了阐述,并对经济新常态下的发展方向进行了展望。

**关键词:**地质钻探;钻探技术;钻探装备;钻机;钻具

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)04-0010-08

**New Development of the 21st Century Geological Drilling Technology and Equipment/ZHANG Jin-chang** (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** At the beginning of the 21st century, shaft drilling rig was commonly used in China and China manufactured wire-line core drilling pipe could only satisfy the operation of drilling depth less than 1000m, which resulted in low drilling efficiency and poor coring rate in hard formations. In the past decade, with the support of a number of major national science and technology projects, the national science and technology support program, 863 plan and the special geological survey as well as some other technical projects and by the joint efforts of enterprise-university-institute, hard rock and deep well scientific drilling technology system and geological core(2000m) drilling technology system have been formed; rapid development and progress have been made in drilling (tunneling) technologies for shallow coring (sampling), new energy resources exploration and development, geological hazards investigation and prevention, directional drilling and foundation engineering construction. The drilling development direction of “new normal of China” economy is also prospected in this paper.

**Key words:** geological drilling; drilling technology; drilling equipment; drilling rig; drilling tool

## 1 春天的脚步声

1998 年国土资源部成立后随即于 1999 年成立了中国地质调查局,并于同年开始实施地质大调查专项。从此,经过了 20 世纪 80 年代末至 90 年代地质勘探工作严冬后,广大地质勘探工作者感觉到了春天的脚步。

20 世纪八九十年代西方发达国家地质岩心钻机就完成了从立轴式钻机到全液压动力头钻机的更新换代,绳索取心钻进技术普遍应用。而我国 21 世纪初地质岩心钻探技术状况是:(1)立轴钻机还在普遍使用,新一代全液压动力头钻机需要花重金进口;(2)国产绳索取心钻杆由于管材质量问题只能满足 1000 m 以内钻进,超过 1000 m 时钻杆折断事故频发;(3)钻探器具也相对落后,硬岩地层钻进效

率低,复杂地层取心效果差;(4)事故处理工具简单,处理孔内事故能力差。这种落后局面严重制约了我国深部地质勘探工作的发展,急需研发新设备、新器具<sup>[1]</sup>。

地质大调查专项开始实施初期,规模比较小,年总经费仅 10 亿元左右,钻探专业立项的研究项目还不多,全国的岩心钻探工作量也很少,不足以支撑整个行业的发展。恰在这时,经过 10 余年的立项论证和工程筹备工作(1991 年—2001 年 6 月),国家重大科学工程项目“中国大陆科学钻探工程”终于在江苏省东海县坚硬的结晶岩中开始实施了。工程的成功实施极大地推动了我国地质岩心钻探技术的发展。

在“中国大陆科学钻探工程”的实施过程中,针对硬岩深井连续取心钻进的技术难题,先后设置了

收稿日期:2016-02-26

基金项目:“十二五”国家高技术研究发展计划(863 计划)“4000 米地质岩心钻探成套技术装备”(编号:2014AA06A607)

作者简介:张金昌,男,汉族,1959 年生,所长、党委书记、教授级高级工程师,中国地质科学院研究生院硕士生导师,中国地质大学(北京)外籍教授,国土资源部科技领军人才,探矿工程专业,工学硕士,从事钻探技术研究、钻探装备设计和科技管理工作,河北省廊坊市金光道 77 号, zjinchang@mail.cgs.gov.cn。

23项钻探技术研究项目,并在钻探工程的实施过程中进行了验证与完善,取得了一系列工程技术成果,包括硬岩深井取心钻进技术、扩孔钻进技术、泥浆技术和井斜控制技术,形成了一整套新型的、具有国际先进水平的硬岩深井科学钻探技术体系。研制的螺杆马达-液动锤-金刚石取心钻进系统,世界首创,居国际领先水平,兼具高效、优质、安全和经济的施工效果,是取心钻探技术的重大突破。依靠这一套先进的方法技术,胜利地完成了深度5158 m的“科钻一井”<sup>[2]</sup>(参见图1~3)。



图1 中国大陆科学钻探工程施工现场

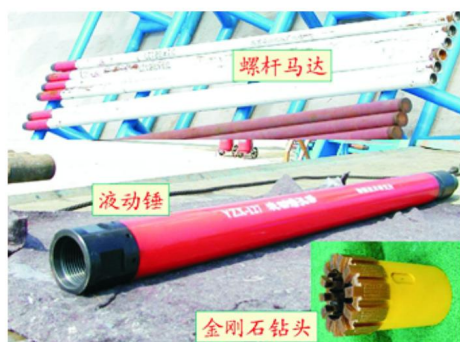


图2 螺杆马达-液动锤-金刚石取心钻进系统



图3 在4732 m深处钻取的4.25 m长岩心

## 2 春天来了

2006年国务院《关于加强地质工作的决定》出台后,地质勘探工作的春天真的来了。为此,在“十

五”末期中国地质调查局科技外事部新技术处组织召开探矿工程界老中青专家研讨会,研讨以什么课题带动探矿工程专业的全面发展问题。经过讨论,与会专家一致认为,要以新一代钻探装备研制和新型钻探技术集成研究带动全行业发展的认识。在这一思想的指导下,经过10余年的努力,我国地质岩心钻探技术与装备得到了飞速发展。

### 2.1 建立了2000 m以内地质岩心钻探技术体系

在认识统一后,中国地质科学院勘探技术研究所(以下简称勘探所)从“十五”计划开始联合多家单位,在国家科技支撑计划、“863”计划、地质大调查专项等科技项目支持下,对全液压岩心钻机及地质岩心钻探关键器具进行了全面技术攻关,取得了系列全液压岩心钻机、高强度钻探管材和绳索取心钻杆、高效液动锤、新型事故处理工具、新的钻探器具标准制定等5个方面的创新性成果。解决了严重制约我国地质勘探工作发展的技术“瓶颈”,建立了我国2000 m以内地质岩心钻探技术体系,使我国由全液压岩心钻机、高钢级薄壁钻杆进口国成为出口国,带动相关企业获得了显著的直接经济效益和社会效益,推动了我国钻探技术的进步。与此同时,我国多家企业还自主研发成功了多个系列的全液压岩心钻机并对传统的立轴钻机进行了升级改造,形成了立轴钻机和全液压岩心钻机共同服务地勘市场的局面,具体表现在以下几个方面。

(1)研制成功了20余个型号全液压岩心钻机(钻深能力400~2000 m),2000 m以内全液压岩心钻机形成了完整的系列(参见图4),可满足多种高效钻探工艺方法,使我国先进钻探工艺技术得到快速推广应用,满足了我国地质勘探工作需要,并批量出口。

在钻机部件、钻机结构与传感器、液压系统与液压理论等方面获得18项专利:设计发明了智能排绳液压绳索取心绞车,中空高转速动力头,新型孔口液压夹持器,新型液压支腿,动力头侧滑机构,桅杆伸缩装置,一种测量钻机动力头线位移、速度、加速度和方向的传感器,一种在拧卸钻杆扣时保护钻杆螺纹的钻机动力头浮动结构,一种全液压岩心钻机动力头马达油路结构,一种全液压履带底盘钻机用液、电双控制行走切换系统等。此外,在国内首次将氮气弹簧用在钻机卡盘上;首次应用大行程双油缸直给、长立根桅杆、电子无线控制液压驱动履带行走;首次对下放钻杆过程中液压系统热平衡进行理论分析,



YDX-2型钻机

YDX-3型钻机



YDX-4型钻机



YDX-5型钻机

图4 YDX系列全液压岩心钻机

提出了系统剩余热量与时间的函数关系,为全液压钻机设计提供了理论依据<sup>[3-4]</sup>。

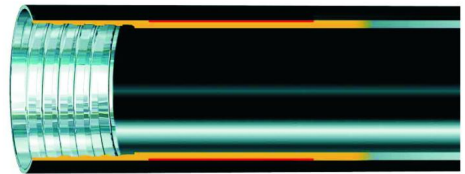
(2)研制成功了XJY850 高钢级冷拔无缝合金管材、高强度绳索取心钻杆及批量生产制造工艺,使我国绳索取心钻探技术应用深度超过了2000 m,最深达到4000多米,大大提高了钻探取心效率。研制成功的无缝钢管和绳索取心钻杆除了满足国内需要外,还销往国外10多个国家,使我国由高钢级薄壁钻杆进口国成为了出口国。

在大深度小直径薄壁绳索取心钻杆加工工艺、薄壁管材热处理工艺、无缝钢管制造方法、调质工艺、加工装置、传动装置、下料装置、工装等方面取得了9项专利。研制成功的大深度绳索取心钻杆用XJY850 高钢级冷拔地质管材(见图5),屈服强度 $\geq 850$  MPa,几何尺寸、机械性能均达到或超过国际产

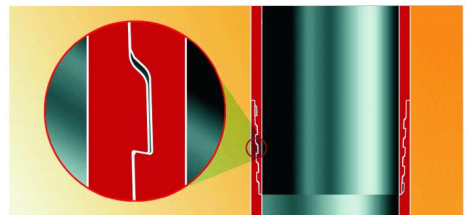
品标准,属世界领先水平,而生产成本仅为进口同级产品价格的50%左右。研制的大深度小直径薄壁绳索取心钻杆(见图6),使用深度超过4000 m,改变了我国钻杆制造的落后面貌<sup>[5-6]</sup>。



图5 XJY850冷拔无缝钢管



绳索取心钻杆



绳索取心钻杆及倒梯形扣

图6 薄壁绳索取心钻杆

(3)研制成功的高效系列液动潜孔锤,与常规回转钻进相比时效提高30%~360%,回次进尺提高18%~200%,取心率提高10%,钻头寿命提高30%~80%,生产成本降低15%以上,多次创造液动冲击回转钻进世界纪录(最深应用深度超过4000 m),达到国际领先水平,成为我国地质岩心钻探技术的主要特色<sup>[7-9]</sup>。

在液动潜孔锤研究方向取得了4项专利。成功解决了制约液动潜孔锤工作稳定性的“瓶颈”问题;通过表面处理技术和结构参数的优选,大幅度提高了液动潜孔锤工作寿命;掌握了液动潜孔锤背压影响机理,提高了液动潜孔锤的深孔应用能力;简化了液动潜孔锤的结构,实现了与绳索取心技术高度整合(见图7)。

(4)研制成功了系列地质岩心钻探事故处理工具。可利用多种方法处理孔内事故,改变了以往处理孔内事故处理工具简单,处理方法单一,处理效果差的局面,大幅度提高了对各类复杂孔内事故的处理能力。





图 7 高效系列液动潜孔锤

研制的系列地质岩心钻探事故处理工具,大大提高了各种孔内事故处理效率,主要表现在 3 个方面:利用液压和机械震击原理对严重的卡钻、埋钻事故进行孔内震击,达到解卡的目的;深入到事故钻具内孔任何部位进行打捞或切割,打捞无效时可退出,不会造成新事故;建立了岩心钻探孔内事故处理工具实物库和数据库,方便施工人员,并出版了我国第一部《岩心钻探孔内事故处理工具手册》<sup>[10-11]</sup>。

(5) 制定了 1 项国家标准——《地质岩心钻探钻具》(GB/T 16950—2014)和 2 项行业标准——《地质岩心钻探金刚石钻头》(DZ/T 0277—2015)及《地质岩心钻探金刚石扩孔器》(DZ/T 0278—2015)。

全液压岩心钻机已在全国 30 余个省区市广泛应用,出口 20 多个国家和地区;XJY850 钢管大部分制造成 Q 系列钻杆销往国内外应用;系列液动潜孔锤、事故处理工具在我国得到广泛应用。所生产销售的产品塑造了中国民族品牌,提升了我国国际市场地位和知名度。

此外,国内钻探行业不同企业还研制成功了其它型号的全液压力头地质岩心钻机,主要有:连云港黄海机械厂的 HYDX-4、HYDX-5、HYDX-6 型,钻深能力分别为 700、1300 和 1600 m;山东省地质探矿机械厂的 XD-3、XD-5 型,钻深能力分别为 700 和 1200 m;以及其它一些厂家研制的不同型号的全液压力头钻机。进入“十二五”以来中国地质科学院探矿工艺研究所(以下简称工艺所)联合中国地质装备集团公司研制成功了 3000 m 电动直驱顶驱钻机,勘探所研制成功了 3500 m 地质岩心

钻机(YDX-6 型,见图 8)、400 m 轻便钻机、浅层取样钻机和 600 m 反循环钻机等。至此,我国的地质岩心钻机系列延伸到了 3500 m。在国家科技计划的支持下,4000 m 地质岩心钻机也在研制过程中。北京探矿工程研究所(以下简称探工所)研制成功了超高胎体二次镶焊双层水口金刚石钻头,使金刚石钻头寿命从几十米延长到 100 余米。探索研制了 3000 m 永磁电机驱动的地质岩心钻机(见图 9)。探工所、中国地质大学(武汉)研制的各类泥浆满足了不同地层钻进需要。吉林大学建设工程学院对仿生金刚石钻头进行了有益探索,研制了“地壳一号”钻机。工艺所对不提钻换钻头钻具进行了新的研究,取得了下孔实钻实验效果。对跟管钻进技术进行了攻关研究,取得的技术成果在地质灾害防治工程钻探实践中发挥了作用。



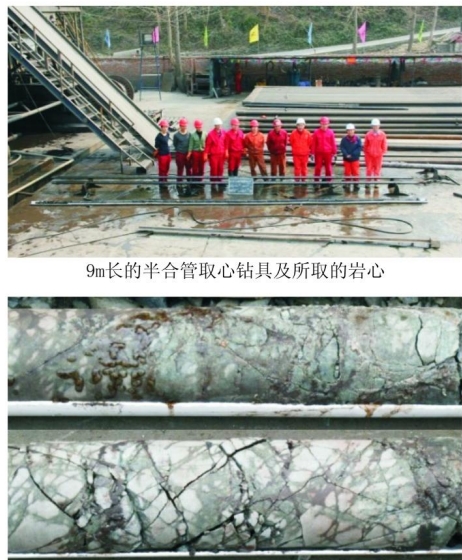
图 8 YDX-6 型岩心钻机



图 9 3000 m 电动直驱顶驱钻机

### 2.2 科学钻探技术不断进步

汶川地震科学钻探工程为攻克松软复杂地层钻探难题<sup>[12]</sup>,研发成功了螺杆马达-液动锤-长半合管取心钻进方法,由液动锤和螺杆马达提供孔底动力,采用9 m长的半合管取心钻具,显著提高了钻进效率和回次进尺长度,并获取了高质量原状性的岩心<sup>[13]</sup>(见图10)。研制成功的KZ30DB型多功能深孔取心钻机<sup>[14]</sup>(见图11),其高转速顶驱/转盘、主绞车、绳索取心绞车等全部为交流变频驱动,适合于硬岩金刚石绳索取心钻进。研发成功的双心钻进/双心扩孔两步成孔法,采用双心钻进施工直径较小的超前孔,然后采用双心扩孔方法扩孔,大大降低了强缩径地层施工中发生缩径卡钻的可能性(见图12)。



9m长的半合管取心钻具及所取的岩心

用半合管取心方法获得的高质量岩心

图10 采用9 m长半合管取心钻具获取的连续无扰动长岩心



图11 KZ30DB型高转速交流变频顶驱钻机

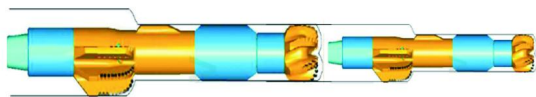


图12 双心钻进/双心扩孔两步成孔法示意

设计深度为6400 m的“松科二井”于2014年4月13日开钻,充分采纳“松科一井”和汶川科钻技术成果并在原有基础上进行了创新,成功实现了311 mm大口径同径取心,取心管长度也由原来的10 m左右加长到30 m<sup>[15]</sup>。

### 2.3 浅层取心、取样钻探技术

为满足难进入地区开展地质填图和化探采样的需要,研制了钻进深度分别为1、5、10、30、75和300 m的系列轻便取样钻机及配套钻具,开发了车载式和履带自行式取样钻机,解决了难进入地区、特殊浅覆盖地层取样的技术难题;配套的浅层取样钻进工艺方法,提高了浅层取样钻进施工效率和质量<sup>[16]</sup>。

### 2.4 新能源勘探开发钻探技术

勘探所积极开展天然气水合物钻采技术的研究与攻关。2000年,在国内首次研制出了绳索打捞电子制冷主动保温保压钻具和提钻被动保温保压天然气水合物取样钻具,并在陆地进行了下井实钻试验(见图13)。



图13 保压取心钻具试验现场及球阀关闭情况

2004年开发了一整套适合高原及高寒冻土区陆域天然气水合物资源调查评价的钻探取样设备及器具。2008年,在海拔4200 m的青海省祁连山脉木里高原冻土区进行了我国第一口“祁连山冻土区天然气水合物DK-1科学钻探实验孔”钻探施工,并在孔深133.5~165.5 m孔段之间先后3次取出天然气水合物样品(见图14)。使我国成为第一个在高海拔和中低纬度发现冻土水合物的国家。



图14 钻获的冻土水合物实物样品



2010—2011年,开展了冻土水合物开采装置、降压及加热开发方法、参数记录装置等的研究与试验,并取得了成功(见图15)。



图15 冻土天然气水合物试采现场及试燃情况

## 2.5 地质灾害调查和防治钻探技术

工艺所研发的潜孔锤取心跟管钻进技术将潜孔锤钻进和普通取心钻进技术结合,研究出了一项滑坡地质勘查的全新岩心钻探技术,具有钻进速度快、取样质量好、对滑坡稳定性无影响等技术优势。研究形成了以KL植物胶为主体的新型环保泥浆体系,解决了复杂地层钻进中的护心与取心问题,确保地质灾害防治勘察的地质资料的准确性和完整性。开展了复杂地层预应力锚索快速施工、高强预应力混凝土结构抗滑桩、小口径钻孔组合抗滑桩等新技术研究,取得了大直径长孔段潜孔锤跟管钻具等重要成果<sup>[17]</sup>。

系统总结滑坡防治的有效工程技术方法和工程手段,开展不同类型滑坡防治工程新技术新方法的试验研究,编制滑坡防治工程技术指南,指导今后我国滑坡地质灾害防治工作,推动我国滑坡防治工程技术进步。

## 2.6 定向钻探技术

勘探所研发的高精度定向连通井技术,可以使两井或多井在地下实现贯通,主要用于水溶性矿藏、地热能、煤层气、石油、天然气以及地下铀矿的开采。该技术的推广应用,不但大幅降低了矿产资源开发成本,而且有利于环境保护和安全生产。尤其是2007年开发出具有独立知识产权的“慧磁”高精度中靶系统,极大地提高了对接井的精度,成为世界第二家国内第一家掌握该技术的单位,实现了水溶性矿产开采对接井的重大技术突破。通过后续不断研

究,其系统耐温性能和承压能力得到大幅度的提升,已在3000 m深井中成功应用,使我国目前的可溶性固体矿产开采技术达到国际先进水平,促进了我国的定向钻进施工设备及技术的进步<sup>[18-19]</sup>。

开发了系列的水平导向钻进非开挖铺设管线技术及成套设备,取得了令人瞩目的成绩,目前已形成7~320 t系列GBS非开挖铺管钻机,满足了城市建设与国家管网建设的各种需求,为国家经济建设提供了技术先进的产品。

## 2.7 基础工程施工钻掘技术

勘探所开展了大口径无循环旋挖、全套管冲抓等多种基础工程施工技术与装备的研究,包括江河堤坝防渗加固高压旋喷注浆技术、全套管冲抓施工技术、大口径无循环基础工程施工技术、气动夯管锤施工技术、岩石非开挖铺管技术、大直径潜孔锤钻进技术、锚固钻孔技术,形成了成套的现代基础工程施工系列装备。这些成果在多项国家重大交通工程、城市建设、矿山开发、灾害治理、矿山抢险和环境治理等工程中发挥了重要作用,为我国经济建设提供了技术支撑。

## 3 钻探新技术广泛应用

(1)随着钻探新技术新装备的发展进步,地质岩心钻探孔深记录屡次被打破。

使用YDX-5型动力头钻机完成的山东乳山金顶山矿ZK43-1钻孔。该孔于2009年8月1日开钻至2010年4月10日完钻,终孔深度2212.8 m,终孔口径77 mm,开孔顶角10°,终孔顶角38.05°。创造了当时的国内N规格口径最深记录。

使用FYD-2200型分体式全液压力头钻机完成的安徽省霍邱县周集铁矿深部勘查项目ZK1725地质岩心勘探孔。该孔自2009年5月20日开钻至2010年6月28日止,终孔深度2706.68 m,终孔口径77 mm,终孔顶角13°。使得2212.8 m的孔深记录在两个多月后被刷新为2706.68 m。

随后这一孔深记录于2013年5月29日又被打破。由山东黄金集团地勘公司设计,山东省第三地质矿产勘查院负责施工的“中国岩金勘查第一深钻”——山东莱州三山岛西岭金矿区ZK96-5孔,设计孔深4000 m,于2010年9月18日开钻,2013年5月29日终止钻进,历时985天,终孔孔深4006.17 m,终孔口径75 mm<sup>[17]</sup>。创造了全国小口

径地质岩心钻探新纪录,至今仍保持着国内最深记录。据考证这一孔深记录位居世界第三、亚洲之首。该孔应用了国产绳索取心钻杆、新型高效绳索取心液动潜孔锤,提高了破碎复杂地层中钻进回次进尺和钻进时效,延长了钻头寿命。

(2)针对硬岩深井连续取心钻进的技术难题,研究开发出了一整套具有国际先进水平的科学钻探技术体系,完成了深度 5158 m 的中国大陆科学钻探“科钻一井”、汶川科学钻探群钻和“松科一井”等科学钻探工程,并将其技术结合正在实施的松辽盆地资源与环境深部钻探工程进行完善和应用,对我国已实施的大陆科学钻探项目地学目标的实现起到了关键作用,使我国在大陆科学深钻施工领域进入了世界前列。

(3)研发的 3500 m 以内系列岩心钻机和 SDC 系列大口径车载水井钻机现代化的地质钻探装备,已经迅速批量开发投入市场,替代了进口设备并部分出口,为国家节约了大量的外汇,相关产品的国内市场占有率达到了 70% 以上。SDC 大直径车装水井钻机样机已经完成各类钻孔 50 多口。

(4)研究开发出了深孔绳索取心钻探管材、深孔井底动力钻具、新型金刚石钻头碎岩工具、新型冲洗液材料和工艺,在钻探工程领域应用取得显著效果,提高了我国的深孔地质钻探技术水平,增强了钻探技术在矿产资源勘查领域的技术支持和服务能力。其中,新型高效液动潜孔锤及其配套产品已经广泛应用于国内地质钻探、水文水井钻探、基础施工以及国家重点科学钻探工程等领域,2011—2014 年累计销售超过 1650 台套,销售收入 1500 万元,利润超过 650 万元。累计进尺超过 380 万 m,使用单位获得直接经济效益超过 3.5 亿元。

(5)开发出的多种系列高效、快速的浅层取样钻探施工装备和工艺技术,在化探取样、地质填图、物探打孔等领域,实现了以钻代槽,以钻代井,大大提高了取样的效率,降低了取样的成本。

(6)勘探所自 2008 年以来,先后在我国的祁连山、西藏羌塘、青海南部、东北漠河盆地完成了冻土水合物资源调查评价及开采试验钻孔 26 口,钻探工作量 1.1 万 m,形成了一整套冻土天然气水合物钻探取样设备、钻具、技术方法体系,为我国冻土天然气水合物资源调查评价、开发应用、环境监测提供了保障和技术支撑。

(7)开展了地质灾害调查和防治钻探技术研究,为地质灾害调查、防治抢险提供了强有力的技术手段。大直径长孔段潜孔锤跟管钻具等重要成果,在三峡库区、丹巴滑坡、重庆武隆铁矿乡鸡尾山特大滑坡抢险等地质灾害和边坡治理工程中等到了广泛应用;配套潜孔锤跟管钻具已实现销售收入 1000 多万元。

(8)利用升级的“慧磁”高精度完成的陕西榆林、湖北沙市 2 对近 3000 m 深井对接井,为国内对接最深、难度最大的工程。勘探所利用该技术累计完成国内对接井百余口、土耳其贝帕扎里天然碱对接连通井 163 口,直接创产值 18240 万元。依托技术领先优势,还签订了土耳其贝帕扎里天然碱对接连通井 33 个井组 102 口井、卡赞天然碱对接连通井 74 个井组 222 口井的合同。高精度磁中靶系统——“慧磁”在土耳其对接井工程中成功应用,创造性的设计并实现了多井组的连通(见图 16),真正实现了地下“穿针”技术,使勘探所的地下对接连通井技术在国内外处于主导地位。

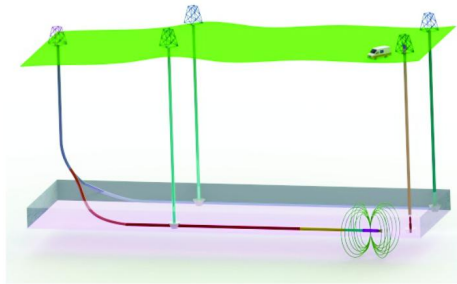


图 16 多井组连通示意

#### 4 进入新常态下钻探技术的发展与建议

在 2016 年全国地质调查工作会议上,国土资源部姜大明部长讲话要求要准确把握“十三五”时期地质调查工作面临的形势要求。他指出,当前我国经济发展进入“三期叠加”和速度变化、结构优化、动力转换的新常态。新常态下,地质工作面临前所未有的机遇和挑战,长期向好的基本面没有变,但工作内容和要求正在发生深刻变化。

我国经济发展模式由单纯追求 GDP 增长改变为更加健康的绿色经济发展模式(新常态),既注重 GDP 增长又注重环境保护的发展。新的发展模式对地质工作最直接的影响是传统矿产资源的勘探开发力度降低了,相应的钻探工作量减少了。国民经

济的发展对钻探工作量的需求可能有所减少,但对钻探技术的要求反而更高了。主要表现在:(1)大宗矿产品价格持续下跌,需求减少了,相应的勘探工作量少了,但新型能源资源勘探工作量增加了;(2)随着国家经济实力的增强,对地学研究力度加大,科学钻探工作量增加了;(3)经济发展对各类工程钻探工作需求增多了;(4)绿色发展理念对钻探技术要求更高了等等。在此大背景下钻探技术发展大有前途。

多年来,地质调查钻探技术的研究主要是针对行业宏观层面的发展需求进行布局,对带动行业的进步起到了重要的推动作用,且保证了钻探技术行业的总体水平与国际基本同步。但是在前阶段开发的新技术成果的基础科学研究深度、与现代科技的结合程度以及技术应用的成熟度和适应性方面还有一定的差距,尤其在地质调查专项的实施中应用程度非常低。未来还应该结合各类地质调查工作的组织实施,密切结合区域、领域的公益性地质调查需求,强化相关技术成果在地质调查工作中的应用,进行新技术成果的应用与完善,实现对地质调查工作水平的提升真正发挥作用。

新时期新阶段,仍要坚持以新型钻探装备研制和新型钻探技术集成研究带动全行业发展的共识。继续研发深部新型全液压、电驱动的动力头(顶驱)系列岩心钻探设备,开展自动化、智能化钻进系统的研究。针对各类地质条件和地质调查及研究工作的需要,开发更为先进、可靠、适用的多功能、多工艺取心钻具及工艺。重视高强度钻探管材、新一代超硬材料及岩石破碎工具、钻井液技术体系等的研究。针对煤层气、油页岩、油砂、干热岩等非常规能源矿产资源的勘查和开发利用需求,开展适用的专用钻探技术、欠平衡和近平衡钻进技术、高温泥浆技术、定向井和高精度定向中靶技术等的研究。开展超深孔钻进方案及装备的研究,为深部探测作好前期技术准备。总之,新常态下地质工作面临前所未有的机遇和挑战,地质钻探技术发展仍可大有作为。

## 参考文献:

- [1] 张金昌.地质岩心钻探技术及其在资源勘探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):1-6.
- [2] 王达,张伟,张晓西,等.中国大陆科学钻探工程科钻一井钻探工程技术[M].北京:科学出版社,2007.
- [3] 张金昌,等.2000 m地质岩心钻探关键技术与装备[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):3-6.
- [4] 张金昌.深部找矿关键钻探技术问题与对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):1-6.
- [5] 况雪军,孙建华.XJY850高强度精密地质管材的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(6):28-30.
- [6] 张丽君,彭莉,吕红军.深孔绳索取心钻杆质量控制措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):33-36.
- [7] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等.系列高效液动锤的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):27-31.
- [8] 王建华,苏长寿,左新明.深孔液动潜孔锤钻进技术研究与运用[J].勘察科学技术,2011,(6):59-64.
- [9] 董海燕.绳索取心液动锤在中国岩金勘查第一深钻的应用和最新进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):9-12.
- [10] 罗永贵,王年友,王红阳,等.水力内割刀与可退式捞矛在打捞深孔事故钻杆中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):60-63.
- [11] 马汉臣,余伟,王年友.可退式捞矛在重庆鱼泉锰矿ZK1010号孔孔内事故处理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(2):15-18.
- [12] 张伟.科学深孔复杂地层钻进技术难题与对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):7-12.
- [13] 张伟,樊腊生,吴金生.汶川地震断裂带科学钻探项目中取心钻进方法应用的演变[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):61-64,68.
- [14] 朱江龙,张伟,黄洪波,等.深孔取心钻进用高速顶驱式钻机[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):114-119.
- [15] 王稳石,张恒春,闫家.科学超深井硬岩取心关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):9-12.
- [16] 卢猛,何远信,宋殿兰,等.草原浅覆盖区浅钻取样技术的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(11):1-6.
- [17] 本刊编辑部.2013年探矿工程十大新闻[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):1-2.
- [18] 张伟.套管钻进及其在地质勘探中的应用前景[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7):1-3.
- [19] 胡汉月,向军文,刘海翔,等.SmartMag定向中靶系统工业试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):6-10.
- [20] 陈剑壶,胡汉月.SmartMag定向钻进高精度中靶系统及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(4):10-12.