

# 三河煤矿采空区地面塌陷地质灾害调查钻探技术

赵志杰, 刘永, 刘宪国, 宁少杰, 刘亚溪  
(河北省地矿局第二地质大队, 河北唐山 063000)

**摘要:**针对河北三河煤矿采空塌陷区内地层破碎、岩石软硬不均、钻进泥浆漏失严重、钻进效率低、岩心采取难等问题,采取了一系列钻探技术方法,在确保岩心钻探工程质量的前提下提高了钻进效率。为初步查明三河煤矿开采区地面塌陷范围、发育特征、危害程度等,提供了准确、翔实的地质资料;为开发利用煤矿采空塌陷区及下步勘查和城乡规划提供了依据。

**关键词:**煤矿采空塌陷区;岩心钻探;钻探工程质量

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)02-0077-04

**Application of Drilling Technology for Geological Disaster Investigation of Goaf Collapse Area/ZHAO Zhi-jie, LIU Yong, LIU Xian-guo, NING Shao-jie, LIU Ya-xi** (The Second Geological Team of Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources, Tangshan Hebei 063000, China)

**Abstract:** According to the problems of stratum broken, uneven rock hardness, serious drilling mud leakage, low drilling efficiency and difficult coring in Sanhe coal mine goaf subsidence area of Hebei, a series of drilling technical methods were adopted to improve drilling efficiency on the premise of ensuring the quality of core drilling engineering. The accurate and detailed geological data are provided for preliminarily ascertaining the scope of ground subsidence of Sanhe coal mining area, the development characteristics and harm degree, which can be the basis for the development and utilization of coal mine goaf subsidence area and the next exploration and urban & rural planning.

**Key words:** coal mine goaf subsidence area; core drilling; drilling engineering quality

## 1 概述

### 1.1 项目概况

最近几年,河北省三河市经济发展迅猛,招商引资力度逐年加大,投资环境日益改善。借京津冀一体化的东风,外埠和本地企业投资开发再创新高。下属齐心庄镇区位优势已日渐凸显,台湾民族风情园、中国燕郊物流城等一大批中大型项目纷纷落地。三河煤矿地处齐心庄镇,曾断续开采数十年,形成了采煤塌陷地质灾害。为确保周边居民生命财产安全及建设项目的顺利实施,开展三河煤矿采空区地面塌陷地质灾害调查与风险区划工作非常重要。

### 1.2 项目目的

通过钻探、物探、地形测量等一系列工作,初步查明原三河煤矿开采区地面塌陷范围、发育特征、危害程度等,为下一步勘查及城乡规划提供依据。

## 2 地质地层情况与钻探技术要求

### 2.1 项目工作区调查面积及位置

煤矿采空区位于河北省三河市西北齐心庄镇,北临北京市平谷、顺义两区,南距 102 国道约 5 km。工作区(采空区)分为一般和重点调查区,重点调查区以煤矿巷道及采空区的影响范围边界外延取四边形确定,面积 8 km<sup>2</sup>;一般调查区按重点调查区外扩 1.0 km<sup>2</sup> 确定面积 15 km<sup>2</sup>。

### 2.2 工作区地形、地貌及地层岩性

本区位于燕山南麓山前冲(洪)积平原上,西部为潮白河—鲍邱河冲(洪)积扇,东部为洵河冲(洪)积扇。总的地势为西北高东南低,向东南倾斜,海拔高程约 22~27 m,地表平坦。

工作区被第四系覆盖,下覆基岩为奥陶系、石炭系和二叠系地层。

地层由下至上为:

(1)奥陶系中统马家沟组,为煤系地层之基底,岩性为浅灰、灰白色及深灰色厚层石灰岩,岩性致密、质纯。下部含白云岩,顶部侵蚀面明显,裂隙发育且具溶洞。钻进护壁堵漏困难较大。

(2)石炭系中统唐山组,以深灰色和黑灰色粉砂岩和粘土岩为主,间夹3层石灰岩,本组地层厚36~76 m,平均厚48 m;上统开平组,地层由3个小旋回沉积构成,每个旋回始于粉砂岩终于浅海相粉砂岩或泥灰岩,含煤6层,顶部灰岩为深灰色—黑灰色泥灰岩,含黄铁矿结核较多,层位稳定平均厚64 m,岩石软硬不均;上统赵各庄组,为滨海湖泊相和沼泽相粉砂岩、泥岩、含炭泥岩,含煤2~3层,本组煤层底板多为灰色团块状粉砂岩,富含菱铁质结核和黄铁矿结核,顶板多为深灰色粉细砂岩,层位平均厚66 m。

(3)二叠系下统大苗庄组,岩性以滨海相、湖泊相、沼泽相粉砂岩为主,三角洲相砂岩较为发育,含煤5层,是本区主要含煤地层之一,本组平均厚为114 m;下统唐家庄组,由深灰、浅灰、灰紫色粉砂岩、灰至灰白色细粒砂岩、中砂岩等交互沉积组成,下部一般发育3~4层浅灰—灰白色鲕状粘土岩,平均厚216 m;上统古冶组,主要为厚层中粗粒砂岩或巨粗不等粒砂岩,含砾夹薄层紫色粉砂岩,本组平均厚225 m。

(4)第四系厚150 m左右,岩性为粘土、亚粘土、砂卵石等冲积层。上部45~65 m主要为粘土、亚粘土组成夹薄层中、粗砂;中部和下部为卵砾石层。个别钻孔有严重漏水现象,给正常钻进带来护壁堵漏困难。

### 2.3 钻探工程量设计

依据可控源音频大地电磁测量成果和收集到的采空区资料,确定布设4个钻探验证孔,东翼井底车场布设1个钻孔,西翼开拓开采区布设3个钻孔,完成钻探工程量为1267.1 m/4孔;钻孔100 m以浅取原位土工试验样、扰动样各120件,共计240件;50 m以浅遇大于1.5 m厚的砂层或土层均做标准贯入试验;基岩段共计取9组岩石力学试验样并做声波测井。

### 2.4 钻探技术要求

(1)第四系段孔径 $\geq 110$  mm,基岩段孔径 $\geq 91$  mm。钻进时钻遇目标层(采空区)发生掉钻现象,准确记录掉钻深度以便确定采空区高度;经过对采空区处理后,才能继续钻进。

(2)全孔取心,第四系覆盖层岩心采取率:粘性土 $\geq 85\%$ ,砂类土 $\geq 70\%$ ,卵砾石层 $\geq 60\%$ 。基岩采取率:完整岩石 $\geq 85\%$ ,风化带和破碎带 $\geq 65\%$ 。粘

性土无岩心间隔 $> 1$  m,其他不超过2 m(采空区除外)。

(3)孔深校正及钻孔弯曲度:第四系底面、终孔或每钻进50 m均应校正孔深和测量钻孔弯曲度,孔深允许误差为1%,超差时应予修正;钻孔弯曲度允许偏差 $< 2^\circ/100$  m。

(4)简易水文地质观测:在以清水为冲洗液的孔段中,提钻后、下钻前各测量一次水位,间隔时间应 $> 5$  min;同时每4 h测量一次冲洗液消耗量。钻孔终孔后要测定静止水位,在测定静止水位后采取水样与测水温,对掉钻、卡钻、埋钻、水位突变、涌水、漏水等异常情况进行详细记录。

(5)原始班报表应按统一格式由记录员在现场随钻进及测试工作进行,必须做到真实、齐全、准确、整洁。终孔后,原始记录应经机长和地质员校准签字后归档。

(6)钻孔封孔:全孔用325以上的普通硅酸盐水泥、水灰比0.5:1的水泥净浆封孔,采空区顶板处下塞进行封闭钻孔,封孔完毕后在孔口立桩,标注孔号、终孔日期。

## 3 影响钻探工程质量的主要问题

### 3.1 岩心采取困难

本区主要揭露地层为由砂岩泥岩互层构成的二叠系下统大苗庄组地层,厚度114 m,该层可采煤层3层,最下可采煤层9煤为本区开采煤层,采空段塌陷严重,由于塌陷造成的地层结构破坏和地下水侵蚀,该层段岩石物理力学特性发生了较大变化,岩石破碎、软硬不均,给岩心的采取增加了极大难度。同时,岩心采取率的高低将直接影响地层层位判定的准确性,更是影响钻探工程质量的主要问题。

### 3.2 钻孔严重漏失,护壁堵漏困难

所有钻孔在钻遇目的层(可采煤层)前30~70 m时,钻孔漏失严重,尤其是ZK21-1孔在施工第四系地层时,卵砾石致密且卵石较大,致使钻孔严重漏失,孔内掉块、孔壁坍塌而产生的卡、埋钻事故时有发生。

### 3.3 松散层钻进取样困难

钻孔上部第四系松散层含有各种矿物质碎屑,尤其是泥包砾型地层,石英质砾卵石硬度大而包裹的泥质胶结物硬度小,软硬不均影响钻进效率,更增加了取样施工难度。

## 4 采取的主要施工方法与措施

### 4.1 钻探设备的选择

根据钻孔地层条件、钻孔类型及设计孔深、地质技术要求等,选用的钻机型号为DPP-100型汽车钻机、XY-44型岩心钻机;泥浆泵型号为BW-250、BW-200型;钻塔采用SGX13型四角塔。

### 4.2 主要技术方法与措施

#### 4.2.1 钻进方法

第四系土砂、卵砾石地层采用单管硬质合金或复合片、金刚石钻头正循环泥浆护壁钻进工艺,钻遇坚硬岩层、卵砾石岩层采用细分散低固相泥浆钻进;不易取心的砂、卵砾石岩层采用特制取心钻具确保岩心采取率;基岩、破碎岩层及煤层采用绳索取心钻具,岩心采取率能够满足地质技术要求;第四系地层(50 m以浅)采用DPP-100型汽车钻机按照工程地质勘查施工方法进行施工,严格按照工程地质勘查规范采取土样和原状样。

#### 4.2.2 钻孔结构

按照终孔直径 $\leq 90$  mm的地质技术要求,考虑第四系土、砂、卵砾石及破碎岩层影响,开孔孔径150 mm,一般钻遇砂、卵砾石岩层后下入 $\varnothing 146$  mm套管护壁,下入深度一般为40~50 m;然后换 $\varnothing 110$  mm进行钻进,钻进至基岩段3~5 m下入 $\varnothing 108$  mm技术套管护壁,隔离卵砾石岩层;中间预留 $\varnothing 130$  mm口径作为备用;基岩段及煤层采用S95 mm绳索取心钻进至终孔。由于煤矿开采量不大,钻遇煤层采空区不厚(3~5 m),直接采用优质低固相泥浆(加入成膜剂)即可钻穿采空塌陷区至煤层底板。

#### 4.2.3 护壁堵漏措施

(1)第四系土、砂及一般岩层采用广谱护壁剂加膨润土泥浆,配方为:5%~10%广谱护壁剂、4%~6%膨润土;泥浆性能参数为:密度1.10~1.15 kg/L、粘度18~25 s、失水量5~10 mL/30 min、含砂量 $< 4\%$ 。卵砾石岩层加大膨润土的加入量增大泥浆粘度,防止发生孔壁坍塌现象。钻进煤层采用北京探矿工程研究所研制的成膜护壁体系泥浆,配方为:1 m<sup>3</sup>水+2~3 kg包被剂(BBJ)+7~15 kg抗盐共聚物(GTQ)+3~10 kg成膜护壁剂(GCMJ-2);钻进地层破碎或渗透性强(泥浆消耗量较大)时,再加入10~30 kg防塌型随钻堵漏剂(GPC);岩层极其破碎漏失严重时,采用投粘土球堵漏。

(2)钻穿第三、第四系地层入基岩3~5 m后下入 $\varnothing 108$  mm套管护壁,换用S95 mm绳索取心钻进至终孔。钻遇松散破碎及煤层时,采用北京探矿工程研究所研制的成膜护壁体系泥浆进行钻进,能够确保顺利钻穿煤层及塌陷采空区至设计孔深。

#### 4.2.4 确保岩心采取率的技术措施

(1)采用单管钻进时,采取单管钻头加卡簧的措施,严格控制回次进尺长度,不打懒钻,不使用弯曲的粗径钻具。

(2)对于砂卵砾石岩层,采取钻头内壁焊接钢丝绳的措施,岩心只能进不能出,确保了回次岩心采取率,平均岩心采取率达75%。

(3)针对砂砾石岩层,采用无泵(水)轻微干烧的方法,即钻进回次终取心时投放弹子,禁止泥浆冲刷岩心,确保岩心采取率。

(4)针对松散、破碎及煤层取心,采用S95 mm绳索取心钻具,视岩层破碎程度及煤层厚度配底喷金刚石钻头和爪簧取心,确保了岩心采取率。基岩及松散破碎、煤层平均岩心采取率达90%,回次最高采取率达96%,回次最低采取率85%。岩心图片如图1所示。



图1 所采取的岩心

#### 4.2.5 防斜措施

(1)钻探施工场地平整,钻塔底梁水平周正。

(2)钻机安装做到周正、水平稳固,三心一线。

(3)钻具组合合理,采用粗、重、直的粗径钻具。

(4)对于绳索取心钻具除在钻具上设置两个扩孔器外,还要在钻杆立柱上加扶正接手,防止钻杆立柱摆动过大而增大钻孔弯曲度。

(5)对于不同的岩层和钻具分别采用合理的钻进技术参数,杜绝盲目加压钻进。

(6)严禁使用弯曲的钻具和钻杆进行施工。

(7)钻孔换径时,钻具必须佩带长度 $\leq 6$  m的同径导向管。

通过采取一系列技术措施,按计划施工完的钻孔弯曲度 $2^\circ/100$  m,满足了地质技术要求。

## 5 取得的主要成果

### 5.1 主要工作量

本钻探工程依据现有规范、规程施工,完成4个钻孔、钻探工程量1267.1 m,全部达到地质设计目的;采取原状土样91件、采取岩石力学样9组、标准贯入试验79次。

### 5.2 岩样质量及岩心采取率

(1)钻孔终孔直径91 mm,保证了岩石样的采集,满足了岩石力学试验对岩心直径的要求。(2)松散破碎岩层、煤层采用绳索取心钻具,岩心采取率高达90.24%、岩心采取质量好,为准确判定地层提供了翔实的资料;砂卵砾石岩层采用特制钻具,岩心采取率平均达66.91%,满足了地质技术要求。(3)钻孔其他指标符合规范、规程要求,为地质技术人员准确判定岩层情况提供了可靠的资料。

### 5.3 钻孔封闭质量好

各钻孔根据封孔设计书的要求进行了全孔封闭,对采空段采取架桥隔离封闭的措施,对封孔水泥浆进行了取样检测,浆液密实度、强度符合规范要求,封孔质量合格率100%。

### 5.4 土样物理力学性质试验

由于钻孔50 m以浅均采用DPP-100型汽车钻按照工程地质勘察施工规范进行施工,所以原状土样采集、标准贯入试验等工序工程质量好;原状土样采集按《原状土取样技术标准》(JGJ 89—92)进行施工,对不符合标准的钻孔在钻孔终孔后进行了移位补采;力学性质试验按照《土工试验方法标准》(GBT 50123—1999),有具有检测资质的检测单位进行测试,满足了《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)的要求。

本钻探工程合理选择钻探设备和施工方法,采取了行之有效的施工措施,通过岩心钻探、工程地质钻探技术的综合应用,提高了钻探工程质量,钻孔各项经济指标满足了地质技术要求,钻孔综合质量评定合格率100%,优良率达95%,为优良工程,达到了预期的钻探工程质量目标。

## 6 体会与建议

(1)煤矿采空塌陷区钻探施工,钻孔泥浆漏失严重,增大了护壁、润滑困难,泥浆材料消耗量大,降低了钻探施工效率,增大了施工成本。

(2)针对煤矿采空塌陷区的地层受力变形、岩石软化破碎、软硬不均等特点,需进一步研究提高该类地层岩心采取率的工艺措施和机具,需进一步研制新型冲洗液进行护壁堵漏,以提高钻探施工效率,确保施工质量。

(3)煤矿采空塌陷区的地质构造比较复杂,在钻探施工过程中应充分收集和利用已有的相关资料,加大钻探密度,提高钻探精度,为开发利用煤矿采空塌陷区的规划设计提供准确翔实的地质资料。

## 参考文献:

- [1] 郭淑娟,邢云虎,康智鹏,等. 高风压潜孔锤钻进在阳蟒高速公路采空区治理中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(11): 89—92.
- [2] 徐学军. 钾铵基聚合物泥浆在大同煤田复杂地层钻进中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(12): 45—48.
- [3] 郑英飞,王茂森. 栾川钼矿采空区钻探技术试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(2): 22—25.
- [4] 靳双喜,陈震,靳慧洁. 提高煤矿采空塌陷区勘探工程质量的方法与措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(S1): 87—89.
- [5] 于志山. 煤矿采空区探测方法探究[J]. 科技创新导报, 2013, (11): 89.
- [6] 刘清江. 栾川县孔子沟钼矿多层采空区钻探技术应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2015, (36): 393, 1210.
- [7] 汤振清,王永丰,张洪信. 煤矿采空区钻探技术[C] //李增学,等. 矿井地质与资源环境——2004年全国矿井地质学术会议全国矿井地质学术会议. 北京:地质出版社, 2004.
- [8] 李本军,翟立娟,杨艳涛. 采空区钻探验证分析[J]. 地质论评, 2013, 59(S1): 960—962.