

钻井法施工大口径钢壁立井施工工艺

朱效中

(安徽省地质实验研究所,安徽 合肥 230001)

摘要:钻井法施工大口径钢壁立井因施工周期短、建井成本低、安全性能高等优点为小型国有企业、乡镇、集体、私营和个体企业的发展提供了重要支撑,但至今为止对钻井法施工大口径钢壁立井施工工艺的研究明显滞后于市场发展的要求,为探索解决这一问题,结合工程实例,从埋设井口定位管—锁口—泥浆循环系统—安装设备—钻孔—扩孔—洗井—下井筒—注浆止水(固井)—排浆—检查固井效果等方面介绍了钻井法施工大口径钢壁立井施工工艺。

关键词:钻井法;大口径;小型钢壁矿井;壁后注浆;施工工艺

中图分类号:TD265.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)02-0059-05

Construction Process of Large Diameter Steel Wall Shaft with Drilling Method/ZHU Xiao-zhong (Anhui Province Geological Experiment Reserch Institute, Hefei Anhui 230001, China)

Abstract: Drilling method is an important support in large diameter steel wall shaft construction for small state-run enterprise, township enterprise, collective enterprise, private enterprise and individual enterprise with its advantages of short construction period, low cost and high safety. But to now, the study on the construction technology of drilling method for large diameter steel wall of shaft obviously lags behind the market development requirement, the paper introduces the construction technology in wellhead positioning tube burying, wellhead locking, slurry circulation system, equipment installation, hole drilling, hole reaming, well washing, shaft casing, sealing by grouting (cementing), slurry discharging and cementing examination.

Key words: drilling method; large diameter; small-sized steel wall shaft; backwall grouting; construction process

0 引言

皖北、豫东和苏北地区储藏着十分丰富的煤炭资源,是我国重要的煤炭资源基地,数十对国有大型煤矿落户其中,但由于受地层断裂等复杂因素的影响,致使埋藏较浅、煤炭资源储量在100万t左右的块段因建井周期长、开采成本高而成为大型国有企业的盲区,为了提高煤炭资源利用率制定了多项优惠政策,给小型国有企业、乡镇企业、集体和私营企业提供了发展空间。传统的建井方法多采用沉井法和冻结法,这2种方法都存在着建井周期长、成本高、安全性差的缺点,给小型企业带来资金上困难和压力,而钻井法施工钢壁立井以施工周期短,建井成本低,安全性好而成为小型矿井建设的首选,也为钻探技术的应用和发展提供了平台。笔者曾亲自参加或主持了淮北永垌、牛庄等煤矿主、副井项目的施工,积极探索用钻井法施工 $\varnothing 800 \sim 1200$ mm的小型煤矿钢壁立井工艺,收到了较好的技术效果。现以淮北某煤矿直径为1200 mm的风井为例,介绍大口径钢壁立井钻井施工工艺,供同行们参考。

1 工程概况

1.1 钢壁立井的主要设计要求

钢壁立井井筒设计直径为1200 mm,长度76 m,壁厚12 mm,井筒轴线偏移 $< 0.2\%$,井筒内壁防腐处理,混凝土壁厚200 mm。

1.2 矿区地层情况

第四系覆盖层厚42.35 m,主要由粘土、亚粘土、粉砂组成,粘土层吸水易膨胀、缩径,粉砂层易坍塌;基岩厚33.65 m,主要岩层为泥岩、砂岩,吸水膨胀较弱,岩石较破碎,呈块状,薄片状,易掉块漏水。岩石可钻性级别较低,一般为3~4级,局部为5级。

1.3 矿区施工条件

矿区位于淮北市郊区,地势较为平坦,水资源十分丰富,电力充足,交通运输便捷。

2 井筒制作

2.1 井筒制作设备的选择与安装

由于设计使用的钢壁井筒为非标准件,必须靠自行加工,为了节约大量的运输成本,采用现场制

收稿日期:2012-07-19;修回日期:2013-01-18

作者简介:朱效中(1955-),男(汉族),安徽萧县人,安徽省地质实验研究所党委书记、高级工程师,钻探工程专业,从事钻探生产技术、基础施工和管理工作,安徽省合肥市芜湖路239号,dss1955@sina.com。

作。考虑钢板的厚度、长度、宽度、卷制井筒的直径、单体井筒的高度及现场卷制等因素,选择了W11-16×2500型卷板机。结合煤矿整体规划和安全等因素,浇铸2个6 m×6 m×0.25 m混凝土水平平台,一个平台安装卷板机和简易行吊,用以卷制井筒,另一个平台用以组合焊接井筒。

2.2 钢板选择

按照设计要求,考虑节约原材料及运输成本等因素,选择马钢厂生产的材质q235,规格:厚12 mm,宽度1.5 m,长度4 m普通钢板。

2.3 井筒卷制与焊接

沿钢板的纵向截取3.77 m,沿钢板的宽度(正反面)刻取30°坡面,沿钢板长度的内侧面刻取30°坡面,卷成圆筒后对接形成30°的焊接槽。

焊接工艺采用手工电弧焊,焊材选用J506、J507焊条,焊前将焊条置于烘箱内,在400℃的恒温下烘烤1 h,焊接电源采用旋转直流弧焊机,双面焊接成型。为确保焊接质量,避免出现漏焊、虚焊、夹渣等现象,宜由四级以上有经验的焊工承担焊接任务,并在焊接过程中加强检查工作。

2.4 井筒成型

为减少下井筒的时间和大量的焊接工作量,将3个单节的井筒组合焊拉成4.5 m长的单体井筒,在单体井筒的中间焊接一只钢制2 in 阀门并从井口起第2根单体井筒依次编号(参见图1);节与节之间用外径为1224 mm、厚度12 mm、高度220 mm的

接箍连接,连接时一定在水平平台上进行,找准接触面,做到吻合无误;节与节之间的焊缝以120°均布为宜,井筒的上部对称焊2个吊环,外径控制在1580 mm以内;井筒底部制作成锥形,并成120°均布焊接3个2 in 钢制逆止阀门,逆止阀的上部用正反接头与Ø50 mm 钻杆连接,逆止阀的下部分别用3根Ø50 mm 钻杆短管连接到井筒底部。

2.5 井筒的除锈与防腐

由于购置的钢板长期放置于室外,产生氧化锈蚀,直接影响后期的防腐效果,我们采用了机械打磨的方式,清除井筒内壁的氧化物,并选用RT-942高效除锈剂,用水稀释20倍以上,溶解清除井筒内壁氧化物、焊渣、泥土、油污和其它污染物质,使井筒内壁恢复原金属光泽。

煤矿井筒内壁长期处于高湿、高风速和酸碱侵蚀等恶劣的环境中,腐蚀现象十分严重,为延长钢壁通风井筒的使用年限,最大程度降低因腐蚀造成的经济损失,按设计要求采用环氧富锌漆对井筒内壁进行防腐外理,其工艺要求是先在井筒内壁刷2遍环氧富锌漆,使漆膜厚度达到60 μm 以上,再刷环氧青漆3遍,使漆膜的总厚度达到200 μm 以上。

3 钻井及井筒制作主要设备选择

GPS-15型钻机1台;BW850型泥浆泵1台;BW250型泥浆泵3台;75 kW 发电机1台;W11-16×2500型卷板机1台;QY12型吊车1台;BM-18B型剖口机2台;ZX7-500ICBT型电焊机3台;LGK-100LGBT型切割机2台。

4 施工工艺

钻孔法施工钢壁立井工艺流程为:根据设计要求确定井位,埋设井口定位管—锁口—泥浆循环系统—安装设备—钻孔—扩孔—洗井—下井筒—注浆止水—排浆—检查固井效果。

4.1 确定井位

(1)按照设计的坐标测放井位。

(2)井口管安装:沿井位中心点开挖直径为3 m的基坑,安放壁厚4 mm、长2.5 m、直径为2 m的井口定位管,并根据地层情况确认井口定位管嵌入粘土层0.5 m,确认井位中心点在井筒的中心后,回填粘土并用振动机逐层振实所填粘土。

(3)井位中心点复核:为防止安放井口定位管过程中发生位移,用垂线法再次确认井位中心点,确保井口定位管垂直,井位中心点处于井口定位管的

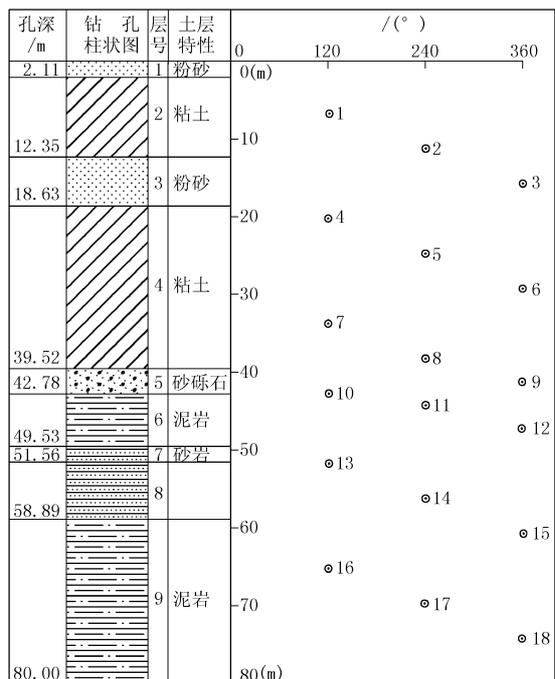


图1 钻孔柱状及检查点分布

中心位置。

4.2 锁口

从钻探施工角度考虑,由于风井井位所处位置地层的上部为砂层,为避免井口坍塌造成井斜,需要进行锁口,其目的:一是保证设备安装水平和垂直;二是确保在施工过程中钻机不发生位移和变形;三是防止泥浆流动冲刷造成的定位管和设备的倾斜等。

以井位坐标为中心点,浇铸 $6\text{ m}\times 7\text{ m}\times 0.3\text{ m}$ 钢筋混凝土平台,浇铸前将地基夯实,钻机的轴心与井筒中心重合,按此要求设定并将固定钻机机座的螺栓预先埋入混凝土中,待混凝土固化1周后安装钻井设备。

4.3 铺设泥浆循环系统

为避免混凝土平台下砂层因水浸液化或砂层与导向管下部联通而引起钻机倾斜,采用封闭式泥浆循环系统。

循环槽和2个 $2\text{ m}\times 2\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的沉淀池采用厚 3 mm 钢板焊制。

混凝土平台边缘与泥浆池的安全距离最好保持 15 m 以上,以便及时清理从井中返上砂粒及岩屑。

考虑砂层、砂岩、破碎带有漏水及下井筒溢浆等因素,泥浆池的设计储浆量为 96 m^3 ,泥浆池的规格为 $8\text{ m}\times 8\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 。

4.4 设备安装

将钻机机座与预先埋入混凝土中的螺栓连接,确认钻机机座安装处于水平状态后紧固螺栓,并再次确认钻机机座是否处于水平状态。调整钻机,使转盘中心、天车与井筒轴心线在一条直线上后固定钻机。

泥浆搅拌机与泥浆泵安装在泥浆池边。

4.5 钻孔

4.5.1 泥浆配制及性能指标

配方(1 m^3 水加量):山东高阳膨润土粉 $40\sim 50\text{ kg}$,纯碱 $2\sim 2.5\text{ kg}$,HPAN(由本单位生产的水解腈纶废料、浓度 10% 、水解度 55%) $15\sim 25\text{ kg}$,腐植酸钾 5 kg (也可预先配制 10% 浓度加入 50 kg),生石灰 $2\sim 3\text{ kg}$,用NaOH调节pH值至 10.5 左右。以此配方配制的泥浆性能为:密度 $1.05\sim 1.12\text{ g/cm}^3$,失水量 $5.5\sim 9\text{ mL/30 min}$,泥皮厚 0.5 mm ,表观粘度 $16\sim 22\text{ mPa}\cdot\text{s}$,塑性粘度 $13\sim 19\text{ mPa}\cdot\text{s}$,动切力 $4.5\sim 6.0\text{ Pa}$,动塑比 $0.33\sim 0.35$ 。开钻前一次性配制泥浆 35 m^3 ,随着钻孔的不断延伸,泥浆和各种处理剂的消耗,每班测控泥浆性能的变化,及时补充和

添加原浆和处理剂,始终保持泥浆良好的性能和携粉能力。

4.5.2 钻头设计

综合考虑煤系地层岩石可钻性级别较低及分级扩孔等因素,钻头直径设计为 250 (刮刀式)、 250 (10 in 牙轮钻头)和 550 、 850 、 1150 、 1450 、 1600 mm (组装式牙轮)。组装式牙轮钻头是将 10 in 牙轮钻头的3个牙轮体用氧气割下,焊在相应口径的扩孔钻头体上,考虑孔径和转动平稳等因素, $\varnothing 550$ 、 850 mm 镶焊3个牙轮, $\varnothing 1150$ 、 1450 、 1600 mm 镶焊6个牙轮,并从钻头中心杆上接通水管,对准牙轮进行冷却和冲洗岩屑。镶焊牙轮时,要注意牙轮的外径与角度要保持一致,确保牙轮克取岩石和冲击岩石平稳。

4.5.3 钻具结构

主动钻杆+ $\varnothing 219\text{ mm}$ 钻杆+ $\varnothing 219\text{ mm}$ (扩孔用 $\varnothing 500\text{ mm}$)加重器+导正管+钻头(不同规格)+导正钻头(不同规格)。

4.5.4 导向孔施工

为保证主井筒净深 76 m ,每次扩孔时预留 1.2 m 导向钻头的长度,经计算,导向孔施工深度为 82 m ,才能满足5次扩孔的需要。全程减压钻进。 $2.5\sim 42.5\text{ m}$ 采用 $\varnothing 250\text{ mm}$ 刮刀式钻头钻进,钻具级配为:主动钻杆+ $\varnothing 219\text{ mm}$ 钻杆+ $\varnothing 219\text{ mm}$ 加重器+ $\varnothing 250\text{ mm}$ 刮刀钻头;钻进参数为:转速 $30\sim 80\text{ r/min}$,泵量 250 L/min ,钻压 $2\sim 8\text{ kN}$,钻速 $\geq 3\text{ m/h}$ 。钻进至 10 、 20 、 30 及 42.5 m 时各测孔斜一次,在测孔斜时,在钻杆上每间隔 5 m 镶焊与钻孔同径导正环一副,以确保所测孔斜的准确性;钻进至 42.5 m 时,更换 $\varnothing 250\text{ mm}$ 牙轮钻头,钻压可控制在 $6\sim 15\text{ kN}$;钻进至 50 、 70 、 82 m 各测孔斜一次。

4.6 扩孔

为减少钻机负荷,有效防止钻孔偏斜,及时清理岩屑,保持第四系孔壁稳定,采用分级扩孔方式。

钻头的上下均带有相应口径的导向,下部导向因不克取岩石且受多向弯曲应力的影响,极易在与钻头连接处断裂,因此必须焊牢,并定期提钻检查,以防掉入孔内;为保证泥浆流动时的携屑能力, $\varnothing 850\text{ mm}$ 以下口径扩孔时泵量应保持在 850 L/min ,基岩钻进时钻压宜控制在 $8\sim 18\text{ kN}$,钻速宜控制在 $2.5\sim 3\text{ m/h}$;超过 $\varnothing 850\text{ mm}$ 口径扩孔时,泵量应达到 $1100\sim 1350\text{ L/min}$,基岩钻进时钻压宜控制在 $10\sim 20\text{ kN}$,钻速宜控制在 2 m/h 左右;第四系扩孔时严防钻速过快而形成螺旋孔,钻速宜控制在 $2\sim 3\text{ m/h}$,尽可能做到匀速钻进。

4.7 洗井

钻孔达到预定的口径和深度后进行冲孔洗井,排除泥浆中的沉渣,冲洗孔壁泥皮,进一步优化泥浆性能,以利于下井管与注浆止水。

缓慢旋转大口径钻头,泵送逐渐稀释的优质泥浆,禁止使用清水或性能差异较大的泥浆洗井,以防止第四系孔壁坍塌、缩径和残渣沉积过快过多;基岩段洗井尽量放慢洗井的速度,最大程度清洗掉孔壁上的泥皮,以便于注浆后水泥与孔壁的胶结;清洗到预定的深度后,继续调整孔内泥浆性能,使其达到均质且具有良好的流动性;缓慢提钻,避免快速提钻形成抽吸作用而影响孔壁的稳定。

4.8 下井筒

4.8.1 井筒下入方法的选择

采用全封闭浮力下管,主要理由有2点,一是下井管后需要进行壁后注浆,防止注浆时水泥浆进入井筒内;二是整个井筒和注浆管道自重30多吨,浮力下管可减轻钻机与钻塔的负荷,有利于安全生产。

4.8.2 井筒下入具体步骤

(1)将预先焊接成长度为4.5 m的底部全封闭的单体井筒吊起下入孔内;

(2)用 $\varnothing 50$ mm 钻杆插入井筒两侧的吊环中,架在特制的水平的孔口平台上;

(3)分别用 $\varnothing 50$ mm 钻杆接头与逆止阀上部 $\varnothing 50$ mm 钻杆接头连接,并用圆环固定在井筒内壁

上;

(4)再吊起第二根井筒与第一根井筒对接;

(5)对接成功后,请有经验的焊工将内外接口焊牢并不得出现虚焊和漏焊现象;

(6)冷却10~15 min,经质检员检查确认无误后用钢丝绳吊起下入孔内,在下管过程中,由于浮力大,下管时需向井筒内注入孔内返出的泥浆,尽量减小井筒内外的泥浆密度差,使井筒缓缓下降;设计时已考虑吊环可以作为导正块使用,不必割去,可随井筒下入孔内;

(7)下入最后一根井筒时,更要精心操作,井筒底部不得触及孔底,防止井筒受外力变形或堵塞注浆管道。

4.8.3 检查井筒下入后的效果

由于施工工艺选择得当,泥浆性能,孔斜得到较好控制,整个下管过程顺利;用手轻推既可转动井筒,经2 h观察,井筒内水位无任何变化,说明井斜控制和井筒焊接密封良好。

4.9 注浆固井与止水

主要是固结钢壁井筒,防止第四系和岩层水沿井筒外壁导入井筒或坑道。

水泥浆配制:选用425免检水泥,按0.5水灰比配制水泥浆,加入适量缓凝剂延长水泥浆液的初凝时间,为下入井筒提供更多的时间,加入适量的膨胀剂,使水泥浆固化时有一定的膨胀性,提高水泥与第四系地层和岩石的固结程度,从而达到更佳的隔水效果。

注浆是从井筒底部3个注浆口向环状间隙注入水泥浆液。具体操作方法是:将3台水泵高压管分别与井筒内3根 $\varnothing 50$ mm 钢制注浆管连接,依次启动水泵,搅拌均匀的水泥浆通过注浆管流向井筒底部,当泵压达0.8~1.0 MPa时逆止阀打开,水泥浆汇聚井筒底部后向上环状间隙缓升,在整个注浆过程中,做到平稳连续,随着水泥液面的不断上升,水泥浆对井筒的浮力不断增加,使井筒缓慢上移,应及时向井筒内注浆,平衡因水泥浆密度大于泥浆密度而产生的浮力,待均质水泥浆流出井口后停止注浆,停止注浆后,泵压消失,逆止阀应自动复位,逐渐打开水泵与注浆管连接处,观察水泥浆流出时是否有压力,如无连续或间断压力说明逆止阀关闭良好,则可结束注浆,打开接头返出注浆管;水泥浆凝固后与井筒外壁和孔壁固结,从而阻断第四系和基岩水进入采煤巷道,达到注浆固井和止水之目的。

4.10 排浆

4.10.1 水泥候凝时间的选择

水泥浆凝固质量的好坏决定注浆止水效果,根据地面取样观察及以往实践经验,选择候凝时间为36 h。

4.10.2 排浆方法

用 0.5 m^3 自动开启封闭式提斗提出井筒内泥浆,每降深10 m观察井壁变化情况,如无变化则继续提取井筒内泥浆,直至结束。

4.11 检查止水效果

4.11.1 检查阀门

为保证安全从上至下依次打开井壁上焊接的2 in 阀门,观察有无渗水渗浆现象,如无渗水渗浆现象应及时关闭所打开的阀门,再检查下一阀门。

经检查18个阀门,仅发现5号、9号两个阀门持续喷出浑浊的浆液,但流量和水压力逐渐变小,浑浊的浆液渐清,经分析,5号点处于粘土层,9号点处于接触带,漏浆的原因是粘土层局部缩径和接触带探头石引起,后用特制的小型电动取样器取样证明分析是正确的。

打开阀门,用特制的小型电动取样器打穿已经凝固的水泥,释放孔壁与井筒间压力,如释放过程中压力逐渐减小,说明水力与第四系(基岩)含水层联系较弱,补注水泥浆量小;反之,补注水泥浆量会增加。检查后,关闭阀门并连接注浆管注入加入速凝剂和膨胀剂的水泥浆,其中,从5号阀门注入水泥浆 0.22 m^3 ,9号阀门注入 0.13 m^3 ,泵压急剧升高,则说明水泥浆充满间隙,达到了补注水泥浆的目的,随后关闭阀门拆除注浆管道。

待补注水泥浆48 h后,打开5号和9号阀门查,均无漏水漏浆现象。

4.11.2 取样检查

从18个检查点中抽取4个点进行取样分析,检验凝固后的水泥强度和厚度,并观察凝固后的水泥有无蜂窝状,以判断水泥井壁的透水性。经抽检取样分析,水泥强度达到设计要求;3号样厚度为223 mm,8号样厚度为208 mm,系第四系粘土超径形成,12号样厚度为202 mm,16号样厚度203 mm,均符合设计要求。经取样观察,水泥样结构密实,可以判定水泥井壁不具透水性。

5 结语

采用钻井法施工小型矿山主、副井是钻探工艺

技术在矿山建设中新的探索与拓展,拓宽了钻探生产技术为社会发展的服务领域。淮北某小型煤矿副井采用钻井法施工成功的实践,证明该方法效率高、时间短、质量好、费用低而受到市场的认可与肯定,也进一步证明钻探工艺技术服务矿山建设有着广阔的发展前景。但钻井法施工小型主、副井还存在着设备配套不够优化、生产工具配置不合理、技术服务不够全面等不完善的地方,严重影响工作效率和工程质量,值得我们在以后的工作中进一步探索和完善的。

参考文献:

- [1] 刘广志,汤凤林.特种钻探工艺学[M].上海:上海科学技术出版社,2005.
- [2] 李世忠.钻孔冲洗液与护壁堵漏[M].北京:地质出版社,1989.
- [3] 丁同福.望峰岗矿井一副井井筒地面预注浆堵水技术应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(7):41-42,45.
- [4] 钟世超.浅析煤矿井筒装备防腐蚀[J].建井技术,1999,(4).
- [5] 徐快群.钻井法在硬岩中开凿立井[D].上海:中国科学院上海冶金研究所,2000.
- [6] 赵国富.基岩大口径垂直钻孔施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):49-51.
- [7] 屈龙良.基岩中高精度钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(6):53-56.

(上接第58页)

5 结语

(1)煤矿瓦斯抽排立眼工程,成孔工艺应进行优化,压缩成孔时间,控制坍塌、掉块等孔内事故。对第四系松散层,宜采用人工挖孔的方式进行,可省时间、降成本,当遇较厚流砂层或较大含水层时,再采取稠泥浆护壁、钻进成孔的方法。引导孔钻进,宜采用空气潜孔锤钻进工艺,有利于提高钻进效率、确保钻孔垂直度。扩孔钻进,宜使用反井钻机,施工工期短、事故率低、成井质量好。

(2)套管安设要进行有效的受力情况测算,既要考虑套管自重产生的拉力对套管的损坏,更要考虑套管内外浆液压力差而形成的挤压力对套管的危害,同时还要收集类似工程的失败教训及成功经验,措施得当,谨慎操作。

(3)水泥固井用时要短、过程要连续,要确保水泥对套管与孔壁环状间隙的有效充填,关键还要掌握好套管内外液体的压力平衡问题,防止固井过程中出现套管事故。

参考文献:

- [1] 李世忠.钻探工艺学[M],北京:地质出版社,1988.
- [2] 韩光德.中国煤炭工业钻探工程学[M].北京:煤炭工业出版社,2000.
- [3] 杨宗仁,张新华,张西坤.煤矿瓦斯抽排井施工孔与巷道串通的治理及成井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11):15-17.
- [4] 袁志坚.大口径特殊工程钻孔套管事故原因及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):46-48.
- [5] 耿建国,彭桂湘,袁志坚,等.煤矿瓦斯抽排井套管强度校核计算方法探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(10):78-81.