

藤州中学滑坡地质灾害治理工程施工实践

梁政林, 韦兴标, 徐桂平

(广西水文地质工程地质勘察院, 广西 柳州 545006)

摘要:结合广西藤县藤州中学滑坡地质灾害治理工程实例,介绍了滑坡地质灾害治理的施工工艺及其注意事项,重点介绍了后锚式抗滑桩和锚杆格构梁等施工技术。

关键词:滑坡;地质灾害;综合治理;质量控制;位移量

中图分类号:P642.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)03-0062-05

1 概述

藤州中学滑坡位于广西藤县藤州中学校园区内,该滑坡形成于 1996 年,1998 年再次发生滑动,之后滑坡堆积体处于基本稳定~欠稳定的蠕变变形状态,遇强持续降雨工况,可能引发整体失稳,已严重威胁该校师生的生命和财产安全,必须对其进行综合治理,以确保该校师生的生命和财产安全及正常教学秩序。

该滑坡治理工程的勘查设计工作由广西地质灾害防治工程勘查设计院完成,并在滑坡治理工程的施工过程中承担监理任务;治理工程的施工任务由藤县教育局实行邀请招标,我院中标,并于 2005 年 9 月 20 日进场施工,2006 年 1 月 22 日全部完工,共完成截排水沟 1630.90 m,土石方开挖 6948.30 m³,M7.5 浆砌石约 2434.0 m³,M10 水泥砂浆抹面 2625.20 m²;抗滑桩 28 根,累计进尺 504 m,钢筋混凝土(C30)浇灌量约 4807 m³;预应力锚索 28 根,累计进尺 1403 m;锚杆 234 根,累计进尺 3008 m,杆体钢筋质量 19.05 t;格构梁土方开挖约 688 m³,钢筋混凝土(C20)浇灌量约 230 m³;削坡、挂网喷射混凝土护坡约 4600 m²;桩间挡土板土石方开挖约 60 m³,浇灌钢筋混凝土约 58 m³;植树种草生物护坡约 8700 m²等。该滑坡治理工程竣工验收运行 1 年后,由广西区国土资源厅组织有关专家会同藤县教育局、勘查设计、监理、施工等单位进行防治效果验收,经过 1 年的滑坡体动态跟踪及治理工程防治效果的变形监测及 2006 年 6 月 8 日的特大暴雨的检验,治理后的滑坡稳定,各滑坡变形监测点位移量小,该校师生生命和财产安全得到保障,正常教学秩序有了

保障,同时校园绿化面积增加,校园环境美观了,深受建设单位好评。因治理工程施工现场管理规范,工程质量优秀,经济效益良好,该治理工程获得 2007 年度广西地矿局优秀工程施工类一等奖。

2 工程概况

2.1 工程地质与水文地质条件

2.1.1 滑坡区工程地质条件

滑坡区地层岩性的分布由新到老依次为:

(1)滑坡堆积层($Q^{col+del}$),棕红~棕黄色,滑体滑落后呈台阶状堆积,主要由残坡积碎石粘土、全风化砂岩、全风化花岗岩组成,土体湿,裂隙发育,呈可塑~软塑状,层厚 0~11.41 m。

(2)第四系残坡积层(Q^{dl+el}),主要由含砾粉质粘土组成,棕红~棕黄色,呈可塑~硬塑状,砾石含量 10%~60% 不等,母岩成分主要以砂岩、石英砂岩为主,呈中风化状,少量呈强风化状,层厚 1.20~7.50 m。

(3)寒武系黄洞口组上段(Eh^3),岩性主要为泥质砂岩、长石砂岩及石英砂岩,薄层~厚层状,岩体风化强烈,场区内主要分布有全风化、强风化层。全风化层呈棕红~棕黄色,岩体已风化成粉质粘土或粉土状,粘性低,土体裂隙发育,该亚层厚 2.30 m;强风化层呈灰黄色、灰褐色,岩体风化裂隙较发育,原岩结构大部分已破坏,局部含大量的石英砂岩块,冲击难以钻进,铲挖掘困难,该亚层厚 1.30~51.80 m。

(4)全风化花岗岩(γ_s),棕黄色,褐黄、白、黑色等组成斑状色,岩体风化强烈,原岩结构已破坏,岩

收稿日期:2007-11-07

作者简介:梁政林(1968-),男(汉族),广西容县人,广西水文地质工程地质勘察院副总工程师、高级工程师,水文地质工程地质专业,从事岩土工程勘察、设计、地质灾害治理等工作,广西柳州市东环路 12 号,LZL681213@tom.com;韦兴标(1967-),男(汉族),广西荔浦人,广西水文地质工程地质勘察院高级工程师,探矿工程专业,从事地质灾害治理、软土地基加固、深基坑支护等施工技术指导与现场管理工作。

体风化成土状,粘性低,呈硬塑状,局部呈可塑状,土体裂隙发育,裂隙面被黑色铁质侵染,裂隙面光滑。该层土遇水极易软化,沿裂隙面崩解,滑坡的滑床大部分由该层组成,厚 4.60~24.10 m。

(5) 强风化花岗岩(γ_5),黄绿、黄褐色,岩体风化强烈,原岩结构大部分已破坏,岩心呈碎石混砂状,层厚 0.60~8.00 m。

2.1.2 滑坡区水文地质条件

滑坡区地下水类型主要为孔隙裂隙潜水,主要赋存于滑坡体的土层孔隙及裂隙中,水量小~中等,涌水量一般为 2.12~8.49 m³/d。滑体土渗透系数 $5.52 \times 10^{-5} \sim 2.52 \times 10^{-2}$ cm/s,属弱~强透层;下部滑床地层主要由全风化花岗岩组成,渗透系数 $3.79 \times 10^{-4} \sim 1.40 \times 10^{-5}$ cm/s,属弱~微透层。地下水主要受大气降水补给影响,运移于孔隙和风化裂隙中。地下水化学类型为 HCO³⁻-Ca²⁺型,pH 值 5.66,对钢结构及钢筋混凝土结构无腐蚀性。

2.2 滑坡基本特征及治理设计方案

该滑坡体位于藤州中学教学楼南侧挂榜岭山坡上,东起变电站旁老冲沟,西至该校园足球场陡坡边,南起挂榜岭山坡中部(滑坡后壁),北至学校食堂楼、教学楼(距教学楼约 6~10 m)。滑坡区地形呈南高北低,高程在 121.27~64.00 m 之间,东西宽约 330 m,南北长约 150 m,滑坡形态以条带及圈椅状为主,滑坡体平均厚约 8 m,面积约 3.84 万 m²,规模约 32 万 m³,属中型滑坡。滑坡主滑方向近似正北方向,最大水平位移达 20 m,滑坡后壁高 1~20 m,倾角 70°~80°,滑坡台阶、鼓丘等滑坡要素迹象明显,滑坡体及后缘拉张裂缝发育,宽几厘米至 1 m,并大致与滑坡壁平行,部分裂缝已闭合或充填;滑体中部可见雁行排列的拉张剪切裂缝。该滑坡属牵引式滑坡,坡脚失稳后坍塌、滑动,引起上部坡体递进式失稳和滑落,因此滑动后形成了几级堆土平台。

设计单位对该滑坡进行详细勘查后,设计采用地表截排水沟+后锚式抗滑桩(抗滑桩+锚索)+锚杆格构梁+挂网喷射混凝土护坡+支挡桩板+裂缝夯填和生物护坡的综合治理方案对其进行治理。

3 滑坡地质灾害治理工程施工技术

3.1 截(排)水沟施工

3.1.1 截(排)水沟施工工艺流程

测量定基槽轴线→基槽土石方开挖→基槽底夯实→砌筑浆砌石→勾缝、抹灰→伸缩缝内嵌沥青→

回填沟侧墙土方。

3.1.2 测量放线

根据设计图纸,结合实际地形及征地情况,采用 TOPCON 全站仪测量放样,确定截排水沟基槽轴线,每隔 10~15 m 设置木桩,标识轴线位置;再根据水沟宽度,用双飞粉标出水沟需要开挖的具体位置。

3.1.3 水沟基槽开挖

采用反铲挖掘机进行开挖,用推土机平整场地,基槽宽度和深度应满足设计图纸和有关规范要求。

3.1.4 浆砌石砌筑

水沟基槽开挖、清底夯实后,由施工现场工程技术人员会同监理工程师对其进行检查验收。验收合格后,用 M7.5 水泥砂浆打厚 8~10 cm 垫层,砌筑浆砌石。砌筑要求:毛石大面朝下,分层砌筑,上下错缝,内外搭砌,砂浆要求饱满(水平灰浆饱满度≥80%)。

3.1.5 勾缝、抹灰等工作

完成水沟浆砌石后,及时进行勾缝、抹灰以及在伸缩缝内充填沥青麻丝等工作。勾缝、抹灰采用 M10 水泥砂浆进行,勾缝饱满,抹灰厚度≥20 mm,抹灰均匀;为预防水沟产生裂缝,每隔 10~40 m 设置 20 mm 宽的伸缩缝,伸缩缝用沥青麻筋止水,并做成齿墙。

3.2 后锚式抗滑桩(抗滑桩+锚索)施工

3.2.1 施工流程

测量定桩位→孔桩土石方开挖→终孔检查验收→钢筋笼桩内绑扎→浇灌 C30 钢筋砼→桩身砼养护→锚索机械成孔→锚索制安→注浆、养护→张拉锁定→二次注浆→锚头保护座。

3.2.2 测量放线,确定抗滑桩桩位

根据设计图纸,采用 TOPCON 全站仪测量放样,用铁钉标识抗滑桩中心位置,测量允许偏差控制在 20 mm 以内。

3.2.3 孔桩开挖

采用人工开挖、手摇辘轳提土、潜水泵降水的方法进行施工。正常情况下,以土石方开挖 1 m 深浇筑钢筋混凝土护筒 1 节为主;如遇易坍塌孔段,多以开挖 0.5 m 深浇筑钢筋混凝土护筒 1 节。桩孔开挖桩位允许偏差控制在 50 mm 以内。

当桩孔开挖至设计深度且满足桩端进入嵌固段的设计要求后,应及时通知监理(勘查设计)单位检查验收,以确保桩端进入嵌固段的有效长度。

3.2.4 钢筋笼制安

桩孔终孔后,应及时进行桩孔内钢筋笼的制作

安放(因现场位于坡上,吊车无法到位,且上空有高压输电线);绑扎好后,应及时对绑扎的主筋规格及数量、搭接长度、箍筋间距和锚索预埋管设置情况(预埋管倾角、位置、直径等)进行检查验收。

3.2.5 灌注桩身混凝土

钢筋笼等验收合格后,应及时浇灌桩身混凝土。混凝土采用机械现场搅拌,要求搅拌均匀,和易性好。混凝土浇灌采用串筒分层浇筑法进行,串筒底部应控制在离桩底 2 m 范围内,分层厚度控制在 0.3~0.5 m 以内,每层应采用振动棒振捣密实。

3.2.6 预应力锚孔成孔技术

采用 MGJ-50 型钻机跟管钻进,土层采用螺旋钻干作业,基岩采用空气潜孔锤冲击回转钻进;锚孔直径 150 mm,锚孔与水平线的夹角为 30°,锚固段必须进入中~微风化花岗岩 3 m。锚孔深度满足设计要求后,应及时进行检查验收;验收合格后应及时安放锚索。

3.2.7 锚索加工制作

根据设计图纸和锚孔实际终孔深度,确定锚索长度。单束锚索体由 7 ϕ 15.24 mm 钢绞线组成,钢绞线选用武钢集团钢丝绳厂生产的低松弛预应力钢绞线,强度等级为 1860 MPa。加工制作好后应及时安放入孔内,并应及时对锚固段进行注浆。

3.2.8 锚固段注浆

采用注浆泵抽送搅拌好的 M30 水泥砂浆经注浆管自下而上进行,依据锚固段与自由段之间的止浆环和锚固段理论注浆量对锚固段注浆进行控制;考虑水泥砂浆析水凝结硬化时体积收缩,液面应适当高出锚固段 1~2 m。

3.2.9 锚座制作

将锚孔附近的桩身混凝土凿毛,将 7 ϕ 15.24 mm 钢绞线的自由端穿过 ϕ 150 mm PVC 管作为预埋管,并在管外安放 ϕ 8@100 的螺旋筋,现场浇筑制作 700 mm \times 700 mm \times 500 mm 的钢筋混凝土 C30 锚座,锚座与桩身混凝土固结一体,在浇筑混凝土时,应在锚索轴线的垂直方向上安装一块 500 mm \times 500 mm \times 30 mm 的钢板作承压板。

3.2.10 锚索张拉锁定

待锚索砂浆强度满足设计要求、锚座混凝土强度达到设计强度的 75% 时,根据《岩土锚杆(索)技术规程》(CECS 22:2005)和设计张拉锁定力进行张拉锁定。

3.2.11 自由段二次注浆

锚索张拉锁定后,应及时对自由段进行二次注

浆,以避免预应力损失。

3.3 锚杆格构梁施工

3.3.1 施工工艺流程

测量定锚杆孔位置→搭设施工平台,安装锚杆钻机→机械螺旋钻干作业成孔→锚杆加工制作安装→锚孔灌浆→格构梁基槽开挖→钢筋绑扎,支模板,浇筑混凝土→养护混凝土,锚杆张拉锁定→锚头保护座。

3.3.2 测量放线,确定锚杆孔位

根据设计图纸,采用 TOPCON 全站仪测量放样,用木桩上的铁钉标识锚孔位置,测量允许偏差控制在 20 mm 以内。

3.3.3 施工平台搭设

采用 ϕ 48 mm \times 3.5 mm 钢管进行搭设满堂红扣件式脚手架,作为锚杆钻机施工用平台,平台宽度大于 6.0 m,设十字剪刀撑、扫地杆及防护栏杆等,平台高度与机台高度相适宜。施工平台应水平、稳固、周正,保证在施工中不发生变形或移位。

3.3.4 机械成孔

采用 MGJ-50 型钻机跟管钻进,土层采用螺旋钻干作业,基岩采用空气潜孔锤冲击回转钻进;锚孔直径 150 mm,锚孔与水平线的夹角为 25°,锚固段长度 4~5 m。滑坡中后部单根锚杆长度 \geq 16 m,滑坡后缘壁处单根锚杆长度 \geq 10 m。锚孔深度满足设计要求后,应及时进行检查验收;验收合格后应及时安放锚索。

3.3.5 锚杆制作

每束锚杆由 1 ϕ 32HBB335 钢筋组成,锚杆钢筋采用焊接接长,焊接应满足有关规范要求。锚杆制作前,应对钢筋进行除锈、防腐处理;锚固段杆体钢筋清污除锈,水泥砂浆保护层厚 \geq 25 mm;自由段杆体钢筋采用双层防腐措施,一次涂挂抹润滑油,缠绕塑料薄膜,再在塑料薄膜上涂抹润滑油,最后装入塑料管中。

3.3.6 锚孔注浆

锚杆制作好后,应及时安放入孔内,并自孔底注入 M30 水泥砂浆,采用锚固段、自由段同步注浆,孔口溢浆为止。

3.3.7 格构梁基槽开挖

根据锚孔位置和设计图纸,采用拉线确定基槽轴线,基槽土石方采用人工开挖;开挖深度、宽度满足设计要求后,应及时清底夯实。

3.3.8 格构梁钢筋绑扎

纵向主筋:4 ϕ 16HBB335 钢筋,采用绑扎接长,

其搭接长度为 $35d$ (d 为主筋直径)且 ≥ 80 cm;箍筋 $\Phi 8@200$ 。

3.3.9 支模与混凝土浇筑

格构梁钢筋绑扎好后,应及时支模、浇筑 C20 钢筋混凝土。在浇筑混凝土时,选用 $\Phi 150$ mm PVC 管作为预埋管,在管外安放 $\Phi 8@100$ 的螺旋筋,现场浇筑截面 300 mm \times 300 mm C20 钢筋混凝土格构梁,同时在锚索轴线的垂直方向上安装一块 200 mm \times 200 mm \times 20 mm 的钢板作承压板。

3.3.10 锚杆钢筋张拉锁定

当格构梁混凝土强度达到设计强度后,采用 OVM 穿心千斤顶按设计要求进行张拉锁。

3.3.11 锚头钢筋保护

锚杆钢筋张拉锁定后,在锚头制作 200 mm \times 200 mm \times 200 mm C20 混凝土保护层,防止锚杆钢筋生锈。

3.4 挂网喷射混凝土护坡

3.4.1 施工流程

人工清坡 \rightarrow 挂钢筋网 \rightarrow 喷射混凝土 \rightarrow 混凝土养护。

3.4.2 人工清坡

人工清除坡面上的浮石、浮土、杂物,修整坡面。

3.4.3 挂钢筋网

钢筋网采用 $\Phi 8$ mm 和 $\Phi 16$ mm 的钢筋,通过绑扎方式连接,钢筋纵向、横向间距均为 $\Phi 8@250$ mm,搭接长度 ≥ 240 mm;从坡顶起,在锚孔附近每隔 2 m 埋设 1 根长 1 m $\Phi 16$ 钢筋,以固定钢筋网。

3.4.4 混凝土喷护与养护

在空压机风压作用下,现场搅拌好的混凝土拌合料经喷枪机、输送管与供水管的水在喷枪处混合形成混合物,直接喷射到坡面上,喷护厚度 ≥ 100 mm。一般情况下,喷枪应与坡面保持垂直,且距离控制在 1 m 左右为宜。为减少混凝土的喷射回弹率和增加速凝效果,可适当掺入速凝剂。混凝土喷护次日开始淋水养护,养护时间不得少于 10 天。

3.5 支挡桩板

3.5.1 施工流程

测量定基槽轴线 \rightarrow 基槽开挖 \rightarrow 绑扎钢筋 \rightarrow 支模板 \rightarrow 浇筑混凝土 \rightarrow 拆除模板 \rightarrow 肥槽回填。

3.5.2 基槽轴线确定

挡土板设计布置在抗滑桩的南侧,凿除抗滑桩南面的护壁和部分桩身混凝土,露出桩主筋,使挡土板和抗滑桩牢固连接,测量放线确定其轴线。

3.5.3 基槽开挖

以抗滑桩地坪线为基准,开挖深度 1.70 m,宽 0.75 m,清除浮土后夯实地基。

3.5.4 钢筋绑扎

横向钢筋 $\Phi 16@150$ mm,纵向钢筋 $\Phi 8@250$ mm,钢筋保护层厚度 ≥ 50 mm。

3.5.5 伸缩缝及泄水孔设置

挡土板沿长度方向每隔 24 m 设置一道伸缩缝,且伸缩缝设置在相邻两桩的中间位置,缝隙宽 25 mm,内嵌沥青麻丝或沥青木板。挡土板每隔 2 m 呈品字形布置 $\Phi 50$ mm PVC 的泄水孔。

3.6 裂缝夯填

(1)清除坡面上的腐植土和掉入裂隙中的树叶等杂物。

(2)分层回填、分层夯实,正常情况下分层厚度为 20 cm。

3.7 生物护坡

生物护坡以满足坡面防护、蕴养水源、保持水土等要求和美化校园环境为目的,在适当位置植树种草,共完成生物护坡约 8700 m²。

4 滑坡防治效果监测

该滑坡地质灾害经综合治理后,在远离滑坡的居民楼顶、学生食堂楼顶及滑坡附近的教学楼、教二楼顶部建立 5 个基准网点。在滑坡体及支挡结构上设置变形观测点 11 个(抗滑桩 4 个,滑坡体上 7 个),对滑坡防治效果进行监测。滑坡防治效果监测分为水平位移和垂直位移监测两部分。

4.1 水平位移监测

水平位移监测是滑坡变形监测最重要的部分,因全观测网最长边长 358.6 m,最短边长 46.5 m,平均边长仅为 162 m,故水平位移监测网按《工程测量规范》(GB 50026-93)水平位移监测三等精度进行施测,基准网采用边角网形式,变形观测点采用前方边角交会法测定。水平位移监测网使用检定合格的日本产拓普康 GTS-602 型全站仪进行,水平角按方向观测法观测 6 个测回、斜距对向观测各 2 个测回、基准网点垂直角采用中丝法对向观测 4 个测回测定。

4.2 垂直位移监测

因各监测网点均位于楼顶或滑坡体上,各点间相对高差较大,无法采用几何水准进行施测,故垂直位移监测网只能按四等光电测距高程导线的精度进行施测。垂直位移和水平位移观测同步进行,垂直角用 GTS-602 型全站仪按中丝法对向观测 4 个测

回测定。

4.3 监测结果

经对变形观测数据进行平差及整理后,最大水平位移量 5.1 mm,各变形观测点位移量详见表 1。

表 1 位移观测数据表

| 点号 | 位移量/mm | 移位方向 | 观测日期 |
|----|--------|---------------|--------------------------|
| G1 | 4.1 | 往 165°58'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| G2 | 5.0 | 往 143°08'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| G3 | 4.5 | 往 206°34'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| G4 | 2.8 | 往 315°00'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| G5 | 1.4 | 往 135°00'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| G6 | 3.6 | 往 146°19'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| G7 | 2.2 | 往 153°26'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| K1 | 5.1 | 往 348°41'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| K2 | 5.1 | 往 348°41'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| K3 | 5.0 | 往 0°00'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |
| K4 | 2.2 | 往 333°26'方向移位 | 2006.3.30/9.30/2007.3.30 |

5 工程质量控制要点

(1) 施工前必须对进场的原材料质量严格控制,对材料进行“双控”,确保材料质量合格。水泥、钢筋、钢绞线必须有出厂合格证或质量检验报告,同时对进场的材料现场验证取样送检,试验合格后方可使用。

(2) 严格各工序质量检查验收制度,确保各工序质量合格后才能进行下一工序施工,以工序质量保分项工程质量。

(3) 混凝土、砂浆的配合比必须现场取样送有资质的试验室进行试配后确定,现场混凝土、砂浆的搅拌必须严格按试验室提供的配合比投料拌合,且要求搅拌均匀,和易性好。

(4) 抗滑桩桩身混凝土浇灌必须采用串筒或溜槽进行,且串筒或溜槽底部离桩底不得超过 2 m,避免产生混凝土离析现象。同时应分层浇筑、分层捣实,分层厚度控制在 0.3 ~ 0.5 m。

(5) 锚索制作前,应对钢绞线进行除锈、防腐处

理。锚固段锚索清污除锈,砂浆保护层厚度 ≥ 25 mm;自由段锚索采用双层防腐措施,即对杆体表面除锈,二次涂抹润滑油,缠绕塑料薄膜,再在塑料薄膜上涂抹润滑油,后装入塑料管内。

(6) 本工程设计锚索为预应力锚索,必须按设计要求和现行国家施工规范要求要求进行施工,必须先对锚固段进行注浆。待锚固段水泥砂浆达到设计强度要求后,方能进行锚索张拉锁定,再对自由段进行二次注浆,禁止一次性满孔注浆。

(7) 预应力锚索张拉锁定前,应先对单根钢绞线逐一进行张拉,张拉力应为设计轴向拉力值的 20%,使每根钢绞线拉直后放张;再整体(7 根)按设计张拉锁定值进行张拉锁定。

(8) 格构梁混凝土施工缝应设置在相邻两锚杆中间部位,施工缝不得设置在锚杆附近。

6 结语

(1) 本滑坡地质灾害治理工程是我院由岩土工程勘察转型后第一个大型地质灾害治理工程项目,得到领导大力支持,领导亲临施工现场指导;施工现场管理有条不紊,施工管理人员到位,工程质量优秀,同时为院创造了良好的经济效益。

(2) 本工程抗滑桩采用 $\varnothing 2000$ mm 的圆桩,桩护壁稳定性较好,且施工方便,但抗剪能力不及方桩,在滑坡剩余下滑力较大时,建议采用方桩可提高或较充分发挥其滑动的支挡能力且工程成本较低。

(4) 本工程因征地、迁坟等问题,工程设计变更更多,应及时做好工程量施工现场签证工作,减少不必要的经济损失。

(5) 总体规划,合理布局,可获得良好的效果。合理布置分部分项工程流水施工和搭接施工,有计划安排施工机械设备、人力和材料用量,既可减少资源过于集中造成的浪费,又可缩短工期。

(上接第 53 页)

6 预防措施

为防止井筒产生裂缝、变形,可采用以下几种处理方案。

(1) 在井筒经过采空区、厚度大于 1.2 m 以上的煤层,特别是周围情况不明的老、空巷时,在采空区上部 5 m 处开始加厚井筒壁厚度,到采空区下部 5 m 处恢复到正常设计壁厚。

(2) 增加井筒壁厚时,应增加不小于 $\varnothing 20$ mm 的

双层钢筋。增加及恢复井壁厚度时,要有过渡区,防止因尖角效应产生应力集中,对井筒强度不利。

(3) 增加的壁厚为原设计厚度的 1 ~ 1.5 倍,可根据具体情况设计。

(4) 较大面积的采空区可在井筒周围砌筑料石或壁后注浆充填,注浆深度距井筒外壁不低于 10 m。

(5) 井筒近距离不得放炮,特别不得放大炮,避免对井筒产生损坏。