

中厚层～厚层状灰岩区高陡顺向边坡施工技术

王洪源，廖盛彦

(中国人民武装警察部队水电第一总队,广西 南宁 530021)

摘要:猴子岩水电站导流洞进口土石方开挖总量约54万m³,边坡开挖规模大,高约200 m,岩石边坡设6级马道,进口边坡岩体为顺坡向,岩体倾角为55°~70°,设计岩石开挖坡比为1:0.3,倾角73°,为典型的顺向边坡。边坡施工中出现了边坡变形、小规模表层垮塌等一系列工程问题。施工中通过采用小梯段微差爆破、分层开挖、分层支护、边坡预裂爆破、加密监测、及时支护等一系列工程措施,实现了高陡顺层向边坡如期安全施工,其施工关键技术可供同类工程参考。

关键词:猴子岩水电站;高陡顺向边坡;关键技术;施工

中图分类号:TV53;TV52 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2012)02-0102-06

1 工程概况

猴子岩水电站位于四川省甘孜藏族自治州康定县孔玉乡,是大渡河干流水电规划“三库22级”中的第9级电站。坝址控制流域面积约5 4036 km²,多年平均流量774 m³/s。水库正常蓄水位高程1 842 m,电站装机容量1 700 MW,单独运行年发电量69.964亿kW·h。

该工程初期导流采用断流围堰挡水、隧洞导流的导流方式。2条导流洞断面尺寸均为13 m×15 m(城门洞型,宽×高),同高程布置在左岸,进口高程1 698 m,出口高程1 693 m。导流洞进口位于色龙河坝,距色龙沟沟口约350 m。1#导流洞与2#泄洪洞结合布置(1#导流洞后期改建为2#泄洪洞),出口布置在下游围堰和泥洛堆积体之间,2#导流洞为避免大量开挖泥洛堆积体,将出口布置在泥洛堆积体中部(船头小学对岸)基岩出露处。1#导流洞长1 552.771 m(其中与2#泄洪洞结合段长624.771 m),平均纵坡为3.230 5‰,2#导流洞长1 979.238 m,平均纵坡为2.532 6‰。导流洞进水口采用岸塔式,塔顶高程1 745 m,塔体尺寸为25 m×25 m×51 m(长×宽×高),闸室分为2孔,单孔尺寸为6.5 m×15 m(宽×高)。1#、2#导流洞堵头段长度均为45 m,其桩号分别为(导1)0+883~0+928、(导2)0+950~0+995。

导流洞进口段轴线与河道主流方向的夹角约为55°,进口明渠为喇叭形,由1#、2#导流洞共用,闸室前设20 m长扭曲墙式渐变段。明渠底宽45

~55 m,沿水流方向长约150 m,渠底纵坡为1‰。渐变段采用1 m厚钢筋混凝土衬砌,覆盖层渠底和边坡采用1~2 m厚钢筋石笼保护。

进口边坡开口线高程约为1 870 m,最大开挖高度近200 m。覆盖层开挖坡比为1:1.5,基岩开挖坡比高程1 723 m马道以下为垂直边坡(闸室四周)或扭曲面(闸室与明渠连接段),高程1 723 m马道以上为1:0.3,每20 m设一级马道,马道宽2 m。

导流洞进口边坡地层岩性以泥盆系下统(D11)第11层的中厚层～厚层状白云质灰岩、变质灰岩为主,夹绢云母钙质石英片岩,岩层产状N40°~45°E/NW∠50°~52°,岩质致密,较坚硬,风化较弱,浅表部卸荷强烈。边坡高程1 835~1 860 m分布崩坡积块碎石土层(col+dlQ4),块碎石土层厚约5~15 m,崩坡积堆积体现状总体稳定,但可能会因导流洞工程开挖引起堆积体变形破坏,现已对该堆积体进行了部分清除和护坡处理。

开挖揭示边坡岩体中以层面裂隙为主,层面产状为N40°~45°E/NW∠50°~52°,层面走向与边坡走向呈小角度相交,为典型的顺向坡,层面多数为硬接触～岩块岩屑型,少数为顺层挤压构造带,为岩屑型。另外,边坡岩体中存在三组裂隙:①SN/E∠45°,②N15°~30°W/NE∠65°,③N30°~60°E/SE∠15°~30°;其中①、②两组长大,与边坡呈大角度相交,③组裂隙发育少,短小。

据SLPD1平洞揭示,导流洞进口边坡坡体内

收稿日期:2012-02-18

部共发育一条Ⅱ级结构面断层(Fs-1)、5条Ⅲ级小断层和9条挤压破碎带。断层Fs-1发育在SLPD1平洞桩号0+46.5~0+47.5,产状N25°E/NW∠65°,带宽1~1.2m,两盘影响带宽各1m,主要由破碎岩、碎粒岩、碎粉岩组成,中部见长度连续5~10cm的碎粉岩带,干燥。

边坡开挖揭示,在2#导流洞边坡高程1723m附近出露一条顺层挤压破碎带(gdj-1),产状为N30°E/NW∠50°,宽约3~5cm,主要为片状岩、碎粒岩,干燥,为岩屑型。

进口部位岩体强卸荷水平深4m,弱卸荷水平深51m,弱风化上段水平深4m,弱风化下段水平深81m。导流洞进口轴线方向上岩体强卸荷水平深0~2m,弱卸荷水平深45~62m,弱风化上段水平深0~2m,弱风化下段水平深85m。边坡岩体开挖后,主要由强卸荷、弱上风化上段岩体组成,为Ⅳ类岩体。

2 边坡稳定条件分析

2.1 边坡结构

边坡走向为N35°E,岩层走向为N40°~45°E,岩层与边坡呈小角度相交,岩层倾向坡外,且倾角(50°~52°)小于设计开挖坡度角(73°),为典型的顺向坡结构。随着边坡的开挖,顺坡向断层、层内挤压带临空出露,破坏了边坡岩体的整体性。

2.2 控制边坡稳定的边界条件分析

根据边坡岩体结构、次级断层、层内挤压带组合分析,岩层面、层内挤压带、断层Fs-1是控制边坡稳定的主导控制性结构面。在上述各组合模式中,由于断层Fs-1、fs-2以岩屑夹泥型为主,强度低,岩层面多为岩块岩屑型,少数岩层面为顺层挤压带,为岩屑型,这些结构面其抗剪断强度不高,在边坡开挖后,各组合模式形成的块体经设计计算其稳定性系数较低,在没有支护措施的情况下有失稳的可能。经计算,以断层Fs-1为后缘滑移拉裂面,以挤压带(gs-6、gdj-1)为底滑面的模式安全系数最低,是控制整个边坡稳定的组合模式,应加强边坡处理措施。

1#导流洞进口边坡工程地质剖面如图1所示。断层Fs-1在高程1763m、高程1743m处水平埋深分别为21m、19m。2#导流洞进口边坡断层Fs-1在高程1763m、高程1743m处水平埋深分别为30m、28m,其地质构造同1#洞进口

边坡。

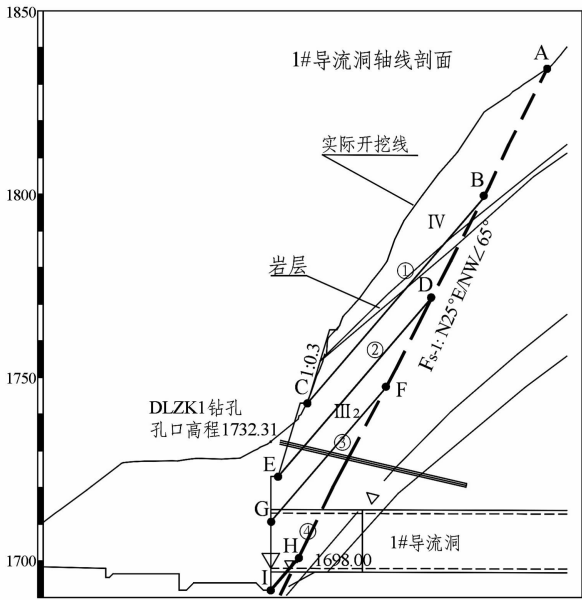


图1 1#导流洞进口边坡工程地质剖面图
(潜在不利组合模式)

2.3 实施中的边坡稳定情况

(1)边坡为顺坡不利结构,稳定条件较差;Fs-1顺坡断层、层内挤压破碎带、中陡倾角岩层面的不利组合是控制边坡稳定的控制性边界;顺坡切脚开挖是导致边坡稳定性降低的主要原因。

(2)边坡变形受层面或顺层挤压带与陡倾角断层的不利组合控制,施工过程中易发生平面蠕滑变形。

(3)结合工程开挖及变形监测资料分析,该边坡随着下挖坡高增大,加之切脚开挖,岩层与边坡相交处临空面增多,坡脚失去支撑性岩体,导致边坡稳定性降低。2009年11月底,当边坡挖至高程1743m、2010年9~11月进行闸室开挖期间曾发生了两次较为明显的变形过程,尤以第一次为甚,与开挖爆破密切相关。第一次大变形产生后,对该边坡采取了加固处理等一系列工程措施,确保了边坡的稳定和施工的安全。

(4)在按照专家咨询意见以及设计要求对边坡进行加固处理后,通过施工中采取一定的施工技术手段进行控制,虽然在进行了下部开挖时仍出现了变形,但在开挖结束后,边坡变形趋于收敛,变形得以抑制,边坡整体已处于基本稳定状态,实现了安全施工,同时也满足了工程的进度要求。

3 顺向边坡施工关键技术

3.1 小梯段微差爆破

3.1.1 主爆孔爆破的参数选择

石方开挖之初根据爆破试验结果选择了合理的爆破参数。开挖过程中,根据爆破效果、地质情况变化、边坡观测成果及时调整了爆破参数。实施过程中优选的梯段爆破参数如下:

- 钻孔直径:90 mm
- 钻孔间距:3 m
- 钻孔排距:2 m
- 梯段高度:5 m
- 钻孔深度:5~5.5 m
- 钻孔角度:垂直
- 超钻深度:0.5 m
- 装药结构:不耦合连续装药
- 堵塞长度:2 m
- 药卷直径:70 mm
- 单孔药量:14~16 kg
- 炸药单耗:0.4~0.45 kg/m³

3.1.2 爆破网络及药量控制

为控制单响药量,起爆网络采用孔内延期排间微差起爆,孔内采用非电毫秒雷管延期,最大单响药量150 kg。为控制总药量,一次爆破分区面积按200 m²、方量按1 000 m³进行控制。实施过程中,尽管进口地质条件较差,且两导流洞间距较小(间距20 m),但进口大洞径渐变段及闸室开挖过程中均未出现大的岩体垮塌现象,说明选取的爆破参数是合适的。

3.2 高边坡预裂爆破

3.2.1 深孔预裂爆破的参数选择

不耦合系数的选取:当药卷直径为 d ,孔径为 D 时,不耦合系数 $n = D/d$ 。试验表明:当 $n > 1$ 时,会降低孔壁所受的应力。选取合适的 n 值是预裂爆破的一个关键。水工建设经验数据: $n = 2$

~4。根据现有设备的实际情况及炸药品种,结合以往的施工经验,药卷采用 $\varphi 32$ 1#岩石乳化药卷,孔径为90 mm,不耦合系数为2.8。试验表明:孔径为90 mm时, $n = 2.8$ 能取得良好的爆破效果。

孔距的选取:水工建设的经验数据: $a = (7 \sim 12)D$ 。经试验并结合钻孔费用、预裂质量等因素确定孔径为90 mm的孔距为90 cm。线装药密度的选取:在选取 n 值、 a 值后,选择恰当的 Δ 线尤为重要。根据岩石物理力学特性并参考已建工程的经验数据,试验采用的预裂爆破线装药密度为275~300 g/m,底部1 m范围内加大装药量为800~1 000 g。按“试选参数”进行试验,并对其结果实施宏观观测、微观检测,不断调整,直至符合实际情况。预裂孔试验参数详见表1。

表1 猴子岩水电站导流洞进口预裂爆破初设参数表

项 目	预裂孔爆破参数
钻孔直径/mm	90
孔距/cm(直线段)	90
钻孔深度/m	20.88
预裂爆破孔装药长度/m	19.88~19.38
堵塞长度/cm	100~150
预裂爆破孔线装药密度/g·m ⁻¹	275~300

3.2.2 深孔预裂爆破的实施

按设计确定的爆破参数每次试爆后,对其爆破后的外观效果进行了检查,检查的主要内容有:预裂表面缝宽、开挖轮廓面残留炮孔痕迹的分布和保存率、平整度、炮孔壁是否有大量的爆破裂隙、保留岩体的破坏程度等。经检查,预裂爆破效果较好,半孔率均在80%以上,爆破试验段的半孔率为90%,取得了良好的经济效益和社会效益。最终确定的中厚层~厚层状灰岩区高陡顺向边坡经试验取得的爆破参数如表2所示。

3.3 边坡支护

表2 爆破参数设计表

类别	孔径/mm	梯段高度/m	孔距/m	排距/m	单耗药量/kg·m ⁻³	线装药密度/kg·m ⁻¹	堵塞长度/m	超钻深度/m	单响药量/kg
主爆孔	90	5	3	2	0.4~0.45		>2	0.5	
缓冲孔	90	5	2	2	0.4~0.45		>2.5	0.5	大于150 kg
预裂孔	90	20	0.9	1.5		0.3	1.5	0	

3.3.1 支护设计

进口边坡采用系统锚喷支护,支护参数如下:喷C25混凝土10 cm,挂 $\varphi 6.5$ 、15 cm×15 cm的钢筋网;系统锚杆 $\varphi 32$, $L = 9$ m,间排距3 m,系统

锚杆 $\varphi 25$, $L = 4.5$ m,间排距3 m,两种锚杆均呈梅花形交错布置;每级马道布置3排200 t(或150 t)预应力锚索,长45~55 m,间排距6 m,梅花形布置;排水孔为 $\varphi 50$,深5 m,间排距3 m。

3.3.2 支护施工

边坡采用分层开挖、分层支护的方法,每5 m台阶边坡开挖完成后,经监理验收合格后即开始一般浅层喷锚支护,边坡搭设5 m高双排脚手架。支护完成后拆除排架,进行下层5 m高台阶开挖。在每一级马道开挖完成后,重新搭设每级马道的锚索施工排架(排架垂直高度约20 m),进行深层的锚索支护施工。待深层锚索支护完成后进行下层边坡开挖。

3.3.3 破碎岩层锚索施工技术

(1) 锚索施工工艺流程。

锚孔定位编号——钻机就位——造孔——遇破碎岩层——超前固结灌浆——待凝——重复钻进至原孔深——造孔——遇破碎岩层——超前固结灌浆——待凝——重复钻至原孔深——造孔——往复循环直至原孔深——达设计深度——清孔——锚索体制作——下锚——注浆——锚墩浇筑(待凝)——张拉——超张拉——封锚。

(2) 锚索灌浆中采用的主要技术措施。

由于破碎地层经常为带状,故在破碎地层中进行锚索施工时,经常会出现造孔窜风、灌浆窜浆的现象。若在同一破碎带内多孔道已安装锚索并开始灌浆,窜浆如至锚固段则会堵塞内锚段灌浆管。既使未堵塞灌浆管,也会因有二次灌浆,锚固段水泥结石的强度将受到很大影响;孔内灌浆如窜至张拉段,则使预应力锚索锚固段增长而张拉段变短,都将使锚索降低或失去其应有的锚固力。

针对造孔窜风采取的技术处理措施:由于进口边坡高陡,边坡支护所采用的材料为两台小型缆车运输。为加快进度,针对孔内窜风采用了3SNS螺旋注浆泵灌注水灰比为0.4:1的水泥浆进行孔内裂隙封闭,灌浆材料均设在无需二次转运材料的临时施工场地内,利用灌浆泵的压力进行高边坡锚索孔内灌浆。

针对灌浆窜浆采取的处理措施:对于无粘结锚索亦采用分段灌浆的方式,在锚固段设置止浆包,以保证锚固段的可靠性;对张拉段,采用PVC花管(每2~5 m开一豁口,成梅花形布置)作为进浆管,根据现场实际采用间歇灌浆;对难以进行堵漏的锚索孔且不能改变浆液性质时,从改变灌浆工艺方面入手,采用分时段间隔灌浆:即在破碎地层先灌浆,待灌到一定时间或一定水泥量时停

止,浆液初凝后将孔内裂隙闭合一部分,然后再灌注,依次重复,直到把孔内裂隙全部堵塞,并保证浆液灌满。具体做法:在灌浆管底部按一定间隔割开几个小豁口并用胶布缠住,缠胶布处受到一定压力能压破。第一次灌浆时,浆液从灌浆管底端流出,待浆液初凝时灌浆管底端被浆液堵塞,再次灌浆时,灌浆压力将压破灌浆管上缠胶布的豁口薄弱处,浆液从豁口处流出。依此类推,直到把空隙堵住,把孔灌满。这样灌浆仅需使用一根灌浆管,最终即可将孔灌满且节约灌浆量。但是,灌浆时的控制须严格,灌浆时间也因此延长。

大耗灰量孔段的处理措施:由于在风化卸荷带及块碎裂结构的岩石内进行固结灌浆,其可灌性极强,因此,在灌浆过程中,应根据孔内浆液升压情况决定采用限流或浓浆或间歇灌浆。当灌入水泥1.5~2 t不起压时,应立即采用浓浆、限流的办法进行处理,限流量一般控制在60 L/min左右;当灌入水泥4~5 t仍不起压时,则采用间歇灌浆的方式进行处理,间歇时间一般为30 min。

3.4 安全监测

3.4.1 监测布置

(1) 变形监测。

①为监测边坡开挖施工期间岩体的深层变形,监测设计图布置了I-I、II-II、III-III 3个多点位移计监测断面,其中:I-I断面位于边坡上游侧、II-II断面对应2#导流洞进口轴线、III-III断面对应1#导流洞进口轴线,3个监测断面按不同高程共布置多点位移计11套。其中I-I断面5套,II-II断面3套,III-III断面3套。

②为掌握边坡开挖期间表面的变形情况,在边坡顶部开口线附近区域1 833~1 846 m高程布置了6个外部变形观测点;在边坡1 763 m高程马道布置了3个外部变形观测点。

(2) 应力监测。

①按3个监测断面布置的原则,在多点位移计部位同时布置了锚杆应力计组,以掌握边坡各施工时段系统锚杆的支护强度及受力情况。

②在锚索支护区域,选取13束有代表性锚索安装锚索测力计,用以掌握不同锚固区域的锚索力变化情况,以判断边坡锚固强度是否满足边坡稳定要求。

(3)临时监测。

①考虑到 1#、2#导流洞进口区域地质条件差,变形明显,在 1#、2#导流洞进口洞脸 1 724 m 高程及中隔墩平台区域临时增设了外部变形观测点 3 个,用以了解该区域后期开挖变形情况。

②在出现主要裂缝的部位,敷设砂浆条带,了解裂缝后期发展情况。

3.4.2 监测措施的实施

(1)监测数据采集工作严格按照规定的监测项目、测次和时间进行,并保证做到“4 无”(即无缺测、无漏测、无不符合精度监测、无违时监测)。在出现异常数据时以及现场发生异常事故时根据实际情况适当调整监测测次,以保证监测资料的精度和连续性。

(2)根据施工进度和工程情况,不定期开展巡视检查工作,以满足工程要求。

①日常巡视检查:应有专门记录,发现问题及时上报监理人员,必要时附照片或简图。其检查频率为:施工期每周一次(与观测同步进行);首次蓄水期每天一次;运行期至工程移交前每月两次以上。

②年度巡视检查:安排在每年汛期、汛后及高水位、低气温时进行,检查结束向监理人员提交简要报告,内容包括发现的问题和拟采取的措施。

③若遇特殊情况,如大暴雨、大洪水、汛期、地下水位长期持续较高、库水位骤降、强地震以及建筑物出现异常或损坏等情况应进行特别巡视检查。

(3)原始监测资料的整理和初步分析。

①随时进行各监测物理量的计(换)算,填写记录表格,绘制监测物理量过程线图或监测物理量与某些原因量的相关图,检查和判断测值的变化趋势。

②每次巡视检查后,随即对原始记录(含影像资料)进行整理。巡视检查的各种记录、影像和报告等均按时间先后次序整理编排。

③根据所绘制图表和有关资料及时作出初步分析,分析各监测物理量的变化规律和趋势,判断有无异常值。如有异常,需及时分析原因,先检查计算有无错误和监测仪器有无故障,经多方比较判断,若发现确有不正常现象或确认的异常值,立即口头上报监理人,并在 24 h 内提交书面报告。

3.5 加固措施

加固设计采用平面极限平衡下限解法计算。猴子岩水电站导流洞为 3 级临时水工建筑物,根据《水电水利工程边坡设计规范》(DL/T5353-2006),导流洞进口边坡为 A 类(枢纽工程区边坡)Ⅱ级边坡。鉴于该边坡距离大坝等枢纽永久建筑物较近,设计按 B 类Ⅰ级边坡对持久运行工况及偶然工况(地震、水位骤降等)进行复核,最终确定加固处理方案。

3.5.1 导流洞进口边坡级别及抗滑稳定安全标准

猴子岩水电站导流洞为 3 级临时水工建筑物,根据《水电水利工程边坡设计规范》(DL5353-2006),导流洞进口边坡为 A 类(枢纽工程区边坡)Ⅱ级边坡。边坡最小抗滑稳定安全系数按该规范的相关规定取值,详见表 3。

表 3 边坡最小抗滑稳定安全系数表		
设计工况	抗滑稳定安全系数	备注
持久设计工况	1.15 ~ 1.25	基本组合
短暂设计工况	1.05 ~ 1.15	施工期情况
偶然设计工况	1.05	基本组合 + 地震情况

注:导流洞属临时水工建筑物,可不考虑偶然工况。

3.5.2 边坡加固处理方案

闸室向前平移 5 m,1 723 m 高程马道增宽至 7 m;1 763 m 高程以下锚索加密为 3 m×3 m,即每两级马道间布置 6 排,在 1#、2#导流洞轴线两侧各 15 m 范围、高程 1 763 ~ 1 723 m 边坡锚索加密为 3 m×3 m,即每两级马道间布置 6 排,将新增的 162 根锚索调整为 3 000 kN;1 743 m 高程以下部分新增锚索锚墩间增设混凝土框格梁加强支护。在 1#导流洞进口闸室下游侧边坡布置 5 排、共 16 根 2 000 kN 预应力锚索。

3.5.3 加固后边坡监测情况

加固完成后,在 2010 年 9 ~ 11 月进行闸室开挖期间发生了一次较为明显的变形过程,在爆破开挖完成、进水塔浇筑完成后进口边坡监测观测值逐渐趋稳,位移计测值已基本稳定,锚杆应力不大,大多在 100 MPa 以内,锚索受力趋于平稳,进口边坡处于稳定状态。

4 结 语

从猴子岩水电站导流洞进口边坡开挖后揭示的地质条件看,该部位岩石为厚 ~ 薄层状变质灰岩,顺层挤压破碎带发育,层间粘结力弱,且岩体

顺坡倾角略小于设计开挖坡度,岩体为顺坡向,岩体倾角为 $55^{\circ}\sim 70^{\circ}$,设计岩石开挖坡比为 $1:0.3$,倾角为 73° ,边坡开挖后对上部岩石形成切脚现象,易产生顺层滑移拉裂现象。由于边坡不利的结构组合以及断层的影响,施工期间,2009年11月底边坡挖至高程1 743 m、2010年9~11月闸室开挖期间曾发生两次较为明显的变形过程,尤以第一次为甚。同时,施工中受表层风化、岩体块度以及软弱结构面的影响,边坡还产生了2次小规模局部崩塌破坏。

虽然在导流洞进口边坡施工过程中产生了一系列工程问题,但由于参建各方对边坡工程安全问题的高度重视,能够及时协商制定相应对策,商讨确定边坡综合施工方案。通过施工中的严格实施,采取小梯段微差爆破、分层开挖、分层支护、边坡预裂爆破、加密监测、及时支护等措施确保了工程安全和施工进度。工程实践表明,顺向边坡开挖区的梯段开挖高度不宜过大(应控制在5 m左右)(上接第3页)

器、数据处理和分析软件系统、无线传输装置、客户端计算机等组成,混凝土内部温度和对应的冷却通水数据通过无线方式传输至数据库服务器并存储,数据处理和分析软件系统负责对数据进行处理和分析并生成通水调整方案和日计划,用户通过客户端计算机对系统进行管理、决策并发出通水调整指令。

3.6 施工信息管理系统

锦屏一级水电站大坝施工项目多,工程量大,工期紧,强度高,对施工组织与管理提出了非常高的要求。为加强右岸大坝施工组织和管理,进一步提高管理水平,保证工作效率和质量,确保大坝施工高效、有序进行,我们研究开发并建立了“锦屏一级水电站右岸大坝施工信息管理系统”,该系统于2010年10月投入运行,为大坝施工赶工发挥了重要作用。

锦屏一级水电站右岸大坝施工信息管理系统是一个集混凝土生产(拌和系统)管理、大坝施工管理(进度计划、质量安全、设备物资、混凝土温度控制)、视频监控于一体的综合性管理系统,主

右),对于预裂爆破后的永久边坡开挖出露应及时支护,对浅表层的支护应控制在7~10 d方能够在保证边坡体型的同时有效控制顺向边坡的局部垮塌;深层支护应在下层马道爆破开挖前完成。同时,实施中应高度重视边坡的安全监测工作,在观测仪器发生较大变化时,应及时对边坡稳定性进行科学分析,加密监测,针对监测情况有针对性地采取相应的边坡加固工程措施,避免发生边坡垮塌等灾难性事故。通过笔者的介绍,其目的是为中厚层~厚层状灰岩区高陡顺向边坡施工提供参考,为同类工程的高边坡施工提供依据,同时,促进顺向高陡边坡施工技术的发展。

作者简介:

王洪源(1975-),男,山西宁武人,四支队副总工程师,工程师,学士,从事水电工程施工技术及其管理工作;
廖盛彦(1970-),男,湖北监利人,四支队副支队长,工程师,学士,从事水电工程施工技术及其管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

要包括混凝土生产信息监测与管理、大坝混凝土施工管理、视频监控、网络与数据库等四个子系统,各系统间可实现数据共享。

4 结 语

锦屏一级水电站是世界级的工程,其施工难度世界罕见。为加快施工进度,确保工程质量和安全,葛洲坝集团第二工程有限公司在施工中始终坚持技术先行,通过技术创新解决工程中的施工难题。以上介绍的仅为我们在锦屏一级水电站右岸大坝施工中创新工作的一部分,在其它方面,比如基础处理、金属结构等也有诸多创新。

锦屏一级水电站对我国水利水电工程建设是一个严峻的挑战,更是对葛洲坝集团第二工程有限公司的挑战,我们将在后续工程的建设中继续践行葛洲坝集团“创世界品牌,铸世纪丰碑”的企业精神,努力将锦屏一级水电站建设成优质工程、精品工程。

作者简介:

马金刚(1972-),男,河南南阳人,总工程师,高级工程师,工程硕士,从事水电工程施工技术及其管理工作。

(责任编辑:李燕辉)