

Nam Khan 2 水电站厂房后边坡变形体监测 及处理方案探讨

王抗, 刘慧芳, 吴智勇

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: Nam Khan 2 水电站厂房后边坡高程 400 m 以上岩体为变形岩体, 开挖前处于稳定状态。施工过程中, 对岩体状态实施了实时监测, 出现裂缝后采取了框格梁 + 锚索加固方案, 取得了较好的成效。

关键词: Nam Khan 2 水电站; 厂房边坡; 锚索; 框格梁; 变形体监测

中图分类号: TV52.TV522; TV51; TV7; TV547.5

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2015)02-0031-04

1 概述

Nam Khan 2 水电站位于老挝琅勃拉邦市东南方向约 30 km 的 Nam Khan 河与湄公河汇合口上游 68 km 处, 为二等大(2)型工程。坝址以上流域面积为 5 167 km², 坝址多年平均流量 67 m³/s。水库正常蓄水位高程 475 m, 相应总库容 6.862 亿 m³, 死水位高程 465 m, 调节库容 2.291 亿 m³, 电站装机容量为 130 MW。

枢纽主要建筑物由混凝土面板堆石坝、右岸副坝及溢洪道、右岸放空洞、右岸引水系统和岸边地面厂房等建筑物组成。

地面厂房主要由主厂房(主机间、右端安装间)、上游副厂房、上游主变室及 GIS 开关站、下游尾水平台、尾水渠及进厂交通洞等建筑物组成。

2 地质情况

Nam Khan 2 水电站厂房后边坡岩体为变形岩体, 平面投影面积约 7 万 m²。据钻孔揭露, 变形岩体夹泥破碎, 呈碎裂结构, 性状较正常风化的强风化带略差, 岩层面产状由上游的 N30°~50°E/SE∠30°~40° 逐渐过渡到下游边界一带的 N20°~40°E/SE∠50°~70°, 枢纽区正常岩层产状为 N0°~30°E/NW∠70°~90°, 变形体岩层走向与枢纽区正常岩体岩层走向有一定夹角, 倾向(倾上游)刚好相反, 倾角变缓。变形岩体平均深度为 30 m 左右, 靠近变形岩体中部最深可达 51 m, 变形岩体方量约为 210 万 m³。天然状态下, 厂房后边坡变形岩体处于整体稳定状态, 厂房基坑开挖后, 将造成变形岩体前缘切脚, 进而可能导致

变形岩体变形失稳。为了便于厂房后边坡的处理并减少对该变形体的影响, 设计人员将厂房布置于变形岩体下游边界附近。

3 厂房后边坡开挖情况

Nam Khan 2 水电站项目于 2011 年 3 月 26 日开工, 2012 年 2 月 1 日厂房开始开挖; 2012 年 6 月正值雨季, 厂房后边坡高程 460~480 m 处出现垮塌和变形, 工程在清除垮塌和变形部分后按原设计重新支护。为进一步了解厂房后边坡“变形体”的具体深度及边界条件, 在厂房后边坡高程 410 m 钻设了探洞; 2012 年 7 月 27 日, 探洞发生垮塌, 垮塌长度为 5 m, 遂于当日停止了探洞施工; 自 2012 年 8 月起, 厂房后边坡监测各测点变形数据呈增大趋势, 遂立即增加了监测频率, 并于 2012 年 9 月 13 日召开了三方(监理、设计、施工)会议对监测数据进行分析后一致决定将厂房靠上游侧高程 480 m 平台外侧边坡顶部边坡削缓, 并将高程 460 m 以下靠上游侧边坡开挖坡比放缓, 将高程 460 m 以下边坡马道由 20 m 高调整为 15 m。另外, 将厂房靠溢洪道侧高程 460 m 以下的突出椎体挖除, 并将开挖坡比放缓成 1:1.5。2012 年 10 月 11 日, 厂房后边坡出现了较大裂缝, 2012 年 11 月 17 日, 厂房框格梁、锚索开始施工, 2013 年 2 月 5 日, 厂房框格梁、锚索施工全部完成。

4 监测数据分析

4.1 厂房后边坡表面监测

为了监测厂房后边坡开挖过程中边坡表层的变形情况, 2012 年 6 月 19 日, 开始在厂房后边坡

收稿日期: 2015-02-15

高程 480 m 马道布置了 2 个表面变形监测点 ISCF1-1、ISCF2-1; 高程 460 m 高程马道布置了 2 个表面变形监测点 ISCF1-2、ISCF2-2; 在厂房后边坡上游自然边坡布置了 5 个表面变形监测点

ISCF3-1、ISCF3-2、ISCF3-3、ISCF4-1、ISCF4-2, 如图 1 所示。

根据《混凝土坝安全监测技术规范》(DL/

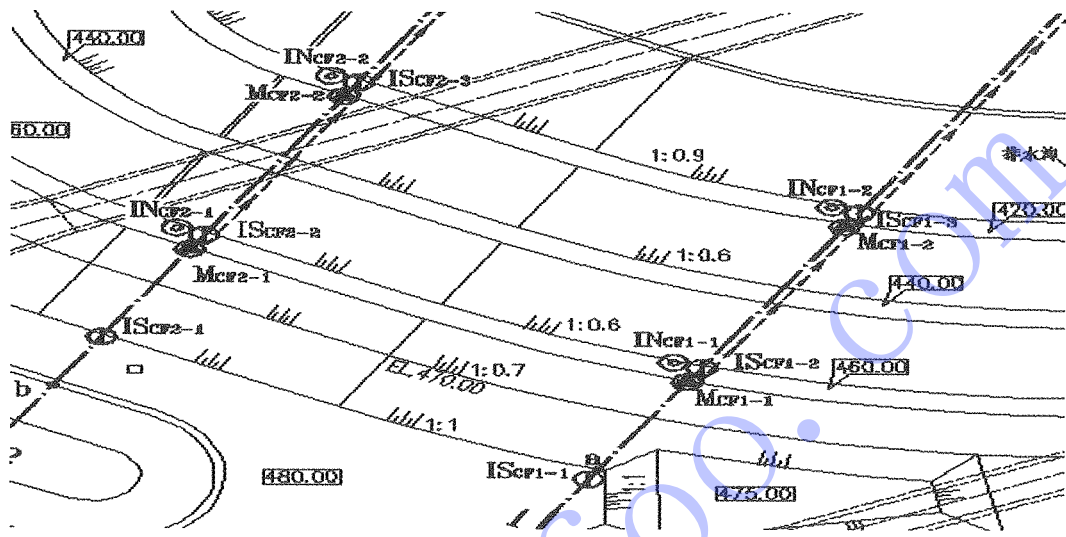


图 1 变形监测点布置图

TS178-2003)第七章之变形监测规定,两期位移变化量应小于 ± 5 mm,两期沉降变化量应小于 ± 3 mm。

监测数据显示,ISCF1-1、ISCF2-2 发生了较大的水平位移及沉降变化,水平位移量分别为 17.4 mm、34.8 mm,方向为边坡倾向及河流流向的矢量方向;沉降量分别为 -15.2 mm、-45.4 mm,超过了规范要求。

4.2 岩体深层监测

为了监测厂房后边坡岩体深层的变形,在厂房后边坡高程 461 m 埋设了多点位移计用以监测岩体的竖向变形,埋设测斜管监测岩体的径向变形。

多点位移计 MCF1-1 自 2012 年 8 月 19 日至 2012 年 10 月 9 日的监测数据显示 C2(17 m)、C3(8 m)、C4(2 m)测点发生了变化,方向与边坡倾向相同,C2 测点自起测时一直成增大趋势,最大变形量为 16.65 mm、C3 测点自 2012 年 9 月 22 日开始发生变化,最大变形量为 8.34 mm、C4 测点自 2012 年 9 月 23 日开始发生变化,最大变形量为 1.4 mm。

多点位移计 MCF2-1 自 2012 年 8 月 23 日至 2012 年 10 月 11 日的监测数据显示 C2、C3、C4

测点发生了变化,方向与边坡倾向相同,C2 测点自起测时一直成增大趋势,最大变形量为 16.65 mm、C3 测点自 2012 年 9 月 22 日开始发生变化,最大变形量为 8.34 mm、C4 测点自 2012 年 9 月 23 日开始发生变化,最大变形量为 1.4 mm。

4.3 测斜孔

测斜孔监测数据显示:INCF1-1 在 12 m 以上朝着与边坡倾向相同的方向发生了变形,2012 年 9 月 9 日至 2012 年 9 月 14 日之间的数据发生了突变,突变量约 4 mm;观测至 2012 年 10 月 10 日,最大变形量为 16.14 mm。INCF2-1 在 22 m 方向朝着与边坡倾向相反的方向发生了变形,2012 年 9 月 4 日至 2012 年 9 月 7 日观测的数据发生了突变,突变量约 3 mm,观测至 2012 年 9 月 13 日最大变形量为 11.5 mm。

由 2012 年 8 月至 10 月厂房后边坡监测数据可知,厂房后边坡在这段时间内累计变形量超过了规范要求,虽然采取了削坡减负、放缓坡度、降低马道高度等措施,但未取得明显效果,2014 年 10 月 11 日,厂房边坡出现了较大裂缝。针对这种状况,经三方讨论、计算后,决定采取框格梁+锚索方案进行加固。

5 处理方案

5.1 框格梁施工

5.1.1 锚杆施工

锚杆采用“先插杆后注浆”的施工方法,钻孔采用手风钻造孔,清孔采用高压风或高压风水枪联合冲洗孔内的岩粉和积水,锚杆在钢筋场制作后运至施工现场,采用人工安装锚杆,注浆采用锚杆注浆机边拌和、边注浆。水泥砂浆的施工配合比严格按工程师批准的配合比执行。

5.1.2 框格梁浇筑

钢筋在加工场加工成型后由8 t平板车运至现场,人工绑扎焊接,趾板混凝土模板主要采用木模板,混凝土浇筑采用8 m³混凝土搅拌车运至现场,主要采用溜槽入仓。混凝土入仓后,人工及时平仓,采用 $\phi 2$ in(1 in=2.54 cm)软管振动棒振捣。振动棒应垂直插入,振捣间距不应大于振动棒激振力范围的1.5倍,采取“快插慢拔”的方式进行振捣;振捣时,振捣器应插入下层混凝土5 cm左右,距离边模板10 cm左右。混凝土终凝后,及时采用铺盖麻布片(采用细铁线连接成片)等方法进行遮盖,人工洒水养护,以保持混凝土表面湿润,连续养护时间不宜少于28 d或至被覆盖为止。

5.2 锚索施工

厂房后边坡锚索分为A型及B型,A型锚索长30 m,B型锚索长25 m。锚索分布如下:A区及B区为高程460 m以上断层影响带及边坡较破碎区域,上游侧锚索应延伸至断层影响带上游较完整基岩大于2 m处;C区为高程445~460 m断层影响带。

5.2.1 钻孔

锚索孔造孔施工所采用的钻机为地质钻机,终孔孔径为130 mm,采用金刚石钻头。为提高工效,必要时采用了风动钻具进行钻进。锚索孔深度以内锚固段进入弱风化岩体为原则,设计深度根据现场钻孔取芯复核。钻孔时对25%的锚索孔进行了取芯,取芯孔按锚索竖向排间隔跳开布置。为确定锚索孔内锚固段深度及岩体质量,所有锚索孔内锚固段均需取芯,以便为锚索孔质量缺陷处理提供依据。

5.2.2 预应力锚索的加工与组装

1 000 kN级预应力锚索由7根 $\phi 15.2$ 的带皮钢绞线组装而成。组装前,对钢绞线进行了质量

检查、下料,将检查合格的钢绞线按“孔深+外锚墩高+千斤顶工作长度+工具锚高+0.3 m”的长度截断、理顺放齐,将 $\phi 20$ 的聚乙烯注浆软管与锚索并排放置。内锚固段注浆管伸入到距孔底0.2 m,回浆管穿过止浆环0.2 m;将二次张拉段注浆管末端伸入到止浆环处,回浆管预埋在锚墩内伸入锚索孔并在锚墩外留出口。钢绞线包围着注浆管捆扎,要求注浆管能上下活动在张拉段与内锚固段的交接处并用铅丝捆牢。在内锚固段,每隔1 m布置一架线环,架线环之间应用铅丝捆紧;端头装上导向帽,使整个内锚固段呈枣核状。在张拉段每隔2 m布置一隔离架。组装好的锚索应大体上呈一直线,为此,要求在固定架线环和隔离架时,扭直钢绞线的自然弯曲,所有钢绞线不得互相交叉。

5.2.3 预应力锚索的安放

锚索推送在牢固的脚手架上进行。为防止机械起吊而损坏钢绞线或致使注浆管破裂,采用人工运输和安装。

5.2.4 预应力锚索内锚固段注浆及外锚墩浇筑

为防止堵管,水泥和砂浆均应过筛。筛孔径为2.5~3 mm。注浆量按钻孔体积准备或通过试验确定。

内锚固段砂浆强度等级为M40,水灰比为0.45~0.5,要求浆液3 h后的泌水率小于2%且具有微膨胀性。注浆压力一般为0.3~0.5 MPa,待内锚固段注满浆后(一次回浆管持续返浆且返浆浓度与进浆浓度相同)进行屏浆,屏浆压力宜为0.3~0.4 MPa,屏浆时间为20~30 min。孔口混凝土外锚墩浇筑前,应先清除孔口周围的碎石及泥土,固定好定位钢管,使之与锚索的方向一致,然后立模、浇筑。

在外锚墩浇筑完成后的12~18 h内开始养护,养护时间为14 d。

5.2.5 锚索张拉

先进行单股钢绞线的预紧。单股钢绞线的最大预紧应力取锚索设计张拉力的10%,且锚索各单元体的预紧应力值应一致。

待全部单根钢绞线预紧后进行整体张拉。锚索张拉时,加载速率要平缓,该速率每分钟不超过设计预应力值的10%,卸载速率每分钟不超过设计预应力值的20%。锚索张拉荷载要分级、逐步

施加,不能一次加至锁定荷载。

5.2.6 张拉段注浆

将锚索超张拉锁定后,即可进行张拉段的注浆,张拉段注浆采用的砂浆强度等级为 M35(其余与内锚固段注浆用砂浆要求相同),灌浆前应冲洗孔道,排干孔内积水。

张拉段注浆可采用注浆管孔底注浆(注浆管伸到止浆环处)、回浆管孔口返浆法施工,最大压力不超过 0.5 MPa,注浆直至二次回浆管返浆且返浆浓度与进浆浓度相同。注满浆后应按照内锚固段注浆要求进行屏浆。

张拉段注浆时,二次进浆管插入到止浆环处,要求以浆排水,不扰动浆液。

5.2.7 对孔口的防护处理

张拉锚定后,应对孔口部位的锚索及外锚头进行保护。

锚索张拉及张拉段注浆结束后,应对锚墩外的钢绞线刷油进行防锈保护,并根据边坡变形情况确定是否进行二次张拉。

当边坡变形情况较稳定并确定不需要进行二次张拉时,可对外锚墩外多余的钢绞线实施剪断(留 20 cm)并浇筑封锚混凝土。浇筑前,应对外锚墩混凝土进行凿毛、冲洗、湿养处理,同时应对锚板及预留的钢绞线洗刷干净。

6 边坡处理成效

厂房后边坡锚索施工于 2013 年 2 月 5 日完

=====
(上接第 27 页)

量要求、安全防护等问题。

通过毛尔盖水电站调压井工程旋转楼梯的安装使用,其施工经验可以很好地解决旋转楼梯的架设问题。旋转楼梯系统的使用节约了投资,增加了安全裕度,技术先进、经济合理。该旋转楼梯技术可广泛应用于各类大型竖井的施工中。

=====
(上接第 30 页)

的钻进,从而减少了卡钻的时间。针对锚索孔小范围内的破碎岩石若具备先行固结的条件,应先对破碎岩石实施固结处理,然后再进行钻孔施工;其二,在场地条件允许的情况下,锚索制作的场地最好尽量离锚索施工区近些(最好是在施工现场

工。厂房边坡监测数据显示,2013 年 11 月至 2013 年 12 月,厂房后边坡表面变形观测点 ISCF1-1-N、ISCF1-2-N、ISCF2-1-N、ISCF2-2-N 最大位移量为 4 mm,最大沉降量为 2 mm,多点位移计 MCF1-1-N(原 MCF1-1 破坏后重设点)、MCF2-1 测点本期最大变形量为 1.1 mm,测斜孔 INCF1-1-N、INCF2-1-N(原 INCF1-1、INCF2-1 破坏后重设点)与边坡倾向相同方向的变形量为 2.24 mm,与河流方向相同的方向变形量为 0.58 mm。监测数据显示:变形符合规范要求,厂房边坡已趋于稳定。

7 结 语

施工期对厂房后边坡变形岩体实施的变形监测,使项目部及时掌握了岩体的变形状况,为变形岩体处理方案的制定提供了依据。此外,对变形岩体采取的框格梁+锚索处理方案使厂房边坡趋于稳定,为同类边坡裂缝处理方案的选择积累了经验。

作者简介:

王 抗(1974-),男,四川资阳人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
刘慧芳(1987-),女,湖南益阳人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
吴智勇(1981-),男,四川内江人,助理工程师,从事水利水电工程技术及管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

作者简介:

樊 路(1974-),男,湖北孝感人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
郑道明(1955-),男,重庆市人,教授级高级工程师,从事水利水电工程施工技术及管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

=====
布置),只有这样,才能尽可能地减少锚索的污损和碰损。

作者简介:

张 健(1963-),男,四川南江人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)