

高陡岩质料场边坡稳定性与支护设计研究

赵建军^① 唐茂颖^② 巨能攀^① 霍宇翔^① 黄润秋^①

(^①成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室 成都 610059)

(^②国电大渡河流域水电开发有限公司 成都 610041)

摘要 水电站料场高边坡具有高度大、坡度陡、卸荷速度快等特点,因多按临时边坡进行设计,故施工期变形破坏事例频发。基于这一现状,依托瀑布沟水电站两岩质料场边坡,通过两年多跟踪施工过程的支护设计工作,总结出一套操作性强的料场高边坡稳定性及支护设计方法。针对料场边坡存在的受软弱结构面控制的边坡整体稳定性、浅表层块体稳定性、碎裂岩体稳定性三种工程地质问题,在跟踪施工过程开展岩体结构调查的基础上,按照先整体后局部的稳定性评价思路,开展高边坡稳定性评价。施工期动态支护设计按照“保证整体稳定,控制局部变形,顾全潜在失稳区域”的理念,通过定性评价确定不稳定区域并优先设计提交施工;针对施工中最易出现的块体变形和碎裂岩体变形,建立了合理的支护设计原则和严格的施工规定;对稳定性差、施工风险高、支护造价大的潜在不稳定区域,应及时地调整开挖方案,减少工程造价。实践表明,这套方法保证了料场高边坡的快速施工安全,减少了工程投资。

关键词 料场边坡 稳定性评价 支护设计 岩体结构

中图分类号:TU457 文献标识码:A

STUDY ON STABILITY EVALUATION AND SUPPORTING WORK DESIGN FOR HIGH AND STEEP ROCK SLOPE IN MATERIAL DEPOTS

ZHAO Jianjun^① TANG Maoying^② JU Nengpan^① HUO Yuxiang^① HUANG Runqiu^①

(^①State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

(^②Dadu Hydropower Development CO., LTD, Chengdu 610041)

Abstract Slope in material depots for hydropower station construction is generally characterized by great height and great slope angle. Considering its usage, this type of slope is usually designed as temporary slope with, therefore, temporary supporting scheme. Due to the rapid unloading caused by rock exploration, large deformation and failure happen frequently within such slope. Two slopes in material depots for the construction of Pubugou hydropower station in Sichuan Province, China, were taken as examples in this study. The supporting scheme were of dynamic design, that is, the design of supporting work was kept updated according to the monitoring of deformation in the progress of rock exploration. This paper concludes the dynamic design method and flowchart employed for these two slopes and puts forward a practical methodology for stability evaluation and supporting work design for such slopes. Firstly, three engineering geological problems about the selected slopes are summarized: (1) overall instability controlled by particular combination of weak discontinuities; (2) block instability; and (3) instability of cataclastic rock masses. Secondly, the overall slope stability is evaluated followed by local stability evaluation on the basis

* 收稿日期: 2009-02-08; 收到修改稿日期: 2010-01-20.

第一作者简介: 赵建军, 主要从事工程地质和岩土工程教学科研工作. Email: zjjtc@126.com

of dynamic investigation of rock mass during excavation. Dynamic design for slope supporting works during rock exploration obeys a general rule, "ensuring overall stability, controlling local distortion and paying attention to potential instable zone". The instable zones, which could be determined and delineated by qualitative analysis were designed and constructed prior to others. Rules for the design of supporting works and standard for construction are stipulated for the blocks and cataclastic rock masses susceptible to deforming during rock exploration. To ensure security of construction and reduce the cost for slope supporting, the excavation scheme was adjusted from time to time for potential distortion zone. The practice in slopes at Pubugou hydropower station shows that the proposed method can fasten excavation of high slope and reduce the cost for slope stabilization.

Key words Slope in material depots, Stability evaluation, Supporting design, Structure of rock mass

1 引言

20世纪80年代以来,我国堆石坝的数量达100多座,且大多数高坝位于西南地区^[1,2]。堆石坝建设需要大量填料,以瀑布沟水电站为例,石料场开挖方量1200万m³,每天20,000m³以上,开挖形成的边坡往往高度大、坡度陡、卸荷速度快,开采过程中形成的料场边坡,多为临时性边坡^[3~5]。各单位对这种边坡的稳定性和支护设计研究重视程度相对不足,支护投资也相对较少^[3~6]。在快速开挖条件下料场边坡发生破坏威胁施工安全的事件时有发生^[6]。料场边坡与枢纽区永久性边坡相比,具有一定的特殊性,主要表现在:

(1)前期勘察投入不足,有的甚至没有进行专门的边坡勘察便开始开挖,因此边坡设计资料严重匮乏;

(2)边坡开挖支护多由施工单位自行完成设计和施工,由于施工单位支护设计经验不足,在一定程度上造成支护针对性不强;

(3)大坝填筑工期一般较紧,料场开挖速度快,造成开挖和支护严重脱节,在这种快速开挖卸荷条件下对边坡稳定性极为不利;

(4)允许局部破坏,但不能出现影响大坝填筑进度和施工安全的事。

因此,在上述条件下,如何在保证快速开挖条件下防止边坡失稳事故,又最大限度地减少工程投资,成为水电站料场边坡建设中的重大难题。本文以瀑布沟水电站两岩质料场为例,通过两年多跟踪施工的地质调查和支护设计,提出了一套岩质料场高边坡稳定性研究和支护设计方法,取得了较好的效果。

2 瀑布沟水电站岩质料场边坡概况

瀑布沟水电站位于大渡河中游,为砾石土心墙

堆石坝,坝壳块石料采用花岗岩,由两个料场提供。卡尔沟料场位于大坝下游右岸1km的卡尔沟右岸,坡高300m,坡比1:0.3,每级坡高15m,存在三个临空面。卡尔沟料场岩体总体上较完整,呈次块状—块状结构,岩体中发育两组贯通坡体的软弱结构面及多组倾坡外节理,结构面组合不利于边坡稳定,边坡开挖初期即发生过较大规模滑坡,潜在不稳定块体严重威胁施工安全。

加里俄呷料场位于大坝上游4km,坡高240m,坡比1:0.3,每级坡高15m,岩体中发育与临空面直交的陡倾辉绿岩脉。开挖面呈直线型,上游侧受罗多沟影响岩体总体上呈强风化强卸荷,岩体破碎呈碎块状结构,施工中出现三级边坡整体变形,严重威胁施工安全;边坡中部岩体坚硬较完整,但受开挖爆破及卸荷影响,节理裂隙普遍张开,出现多处崩塌。

3 料场边坡稳定性及支护设计研究

研究的料场边坡高陡,开挖边坡长度大(卡尔沟550m,加里俄呷800m),同时开挖的工作面大,整体支护滞后于开挖进程,不稳定块体数量多分布广。针对这些特点,建立了如图1所示的料场高边坡支护设计体系,遵循以下流程:跟踪开挖过程岩体结构调查^[7]→整体稳定性评价→局部稳定性评价→边坡动态支护设计。总体上料场岩质高边坡稳定性及支护设计研究可以分为三个过程。

3.1 工程地质条件研究

开挖前及开挖初期首先进行工程地质条件调研,查明坡体内发育的主要结构面特征,边坡变形破坏模式,为边坡整体稳定性评价提供基础。

施工过程中,跟踪开挖进程进行岩体结构调查、开挖面变形破坏迹象巡视、钻孔异常现象分析,

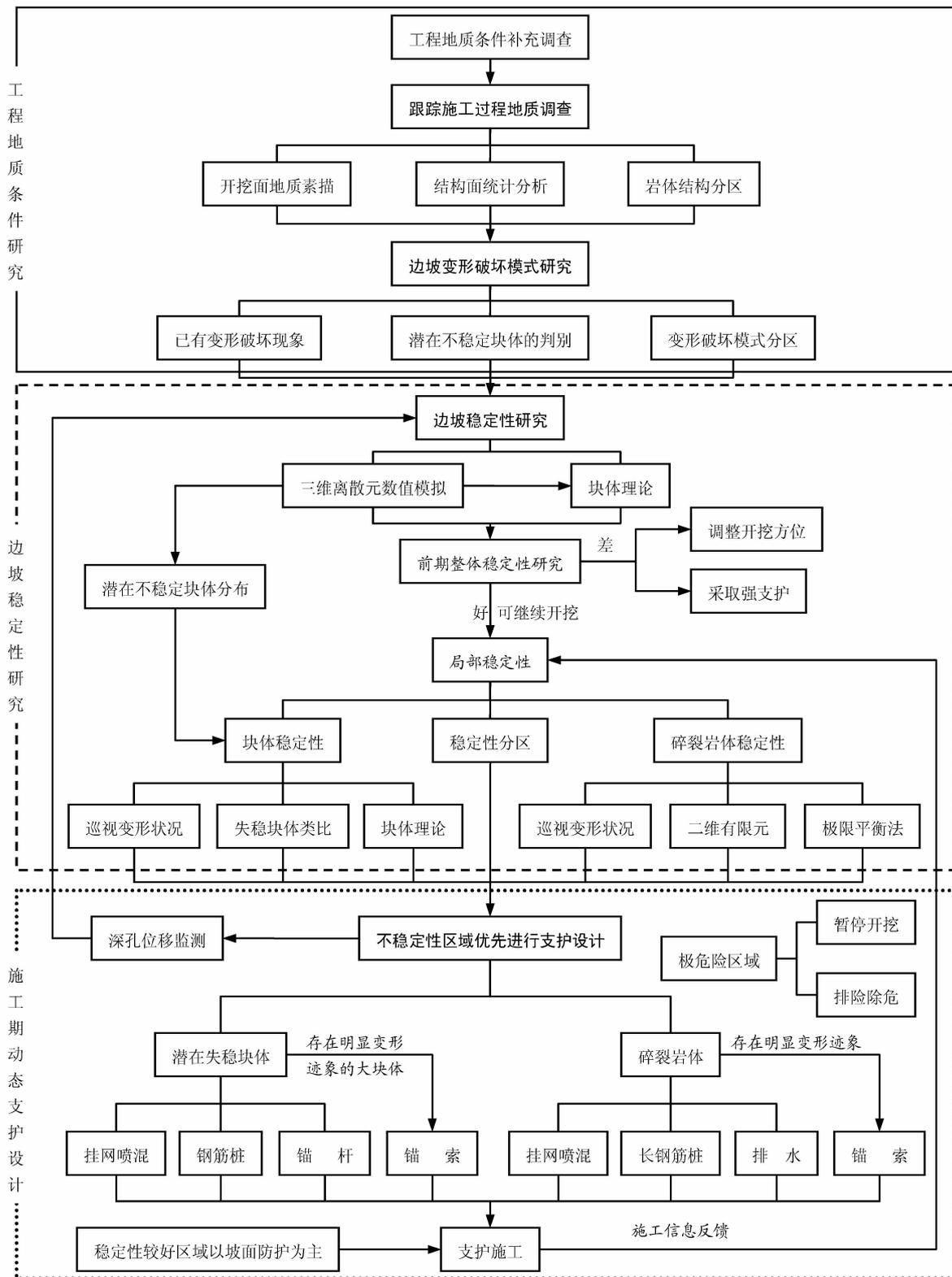


图1 高陡岩质料场边坡支护设计流程

Fig. 1 Flow diagram of supporting design for high and steep rock aggregate slopes

查明控制边坡变形破坏模式和稳定性的主要结构面类型、特征,同时根据岩体结构类型对开挖边坡进行分区,定性评价边坡变形破坏模式,建立边坡

地质模型,为边坡稳定性评价及支护设计提供依据。

3.2 边坡稳定性动态评价

边坡稳定性研究分为开挖初期的整体稳定性评价和开挖过程中的局部稳定性评价,目的是为边坡支护设计和开挖方式的动态调整提供依据。

硬质岩岩质边坡稳定性问题主要表现为三个方面^[8-14]:(1)受软弱结构面控制的边坡整体稳定性,直接决定了料场是否能够正常开挖以及治理工程投资;(2)浅表层块体稳定性,存在多组软弱结构面时块体规模可能较大,块体失稳威胁施工人员安全和下部料场运输的安全,也不容忽视;(3)局部碎裂岩体稳定性,受地形、风化、卸荷、爆破等作用影响,边坡局部尤其是边坡顶部和两侧可能分布一定范围的碎裂结构岩体,这类岩体结构面普遍张开充填次生泥,可能产生一定规模的失稳,影响范围可能达到3级(45m高)以上。

针对上述问题,边坡稳定性研究采取以下思路:

(1) 整体稳定性评价

在开挖初期,采用三维离散元数值模拟结合块体理论^[15,16],研究边坡整体稳定性状况,并确定潜在不稳定区域的分布范围,提出边坡开挖过程中应重点注意的位置和开挖建议。研究表明,按照预定方案开挖,瀑布沟水电站两料场边坡整体稳定性较好,稳定性问题突出的主要是局部块体和加里俄呷料场上游侧碎裂岩体。

(2) 浅表层块体稳定性

在软弱结构面组合不存在形成控制边坡整体稳定性的大规模不稳定块体的情况下,边坡的主要工程地质问题就表现为浅表层块体的稳定性问题。由于开挖速度快,对支护设计工期要求紧张,评价时,首先根据岩体结构调查结果确定潜在失稳块体,根据已失稳块体的类比分析结合重点块体的数值计算进行稳定性评价。

(3) 碎裂岩体稳定性

加里俄呷料场上游侧由于受罗多沟影响,两面临空,岩体风化、卸荷强烈,沿开挖面400m长度范围内存在大范围碎裂结构岩体,岩体中结构面普遍张开,充填大量次生泥,且地下水特别发育,开挖过程中地下水呈面流、股状流出。碎裂岩体边坡稳定性一般受最大剪应力面控制,追踪岩体中结构面形成近圆弧形滑面,针对这种碎裂结构岩体采用二维有限元数值模拟,研究开挖后坡体内应力、变形分布特征,结合钻孔情况确定潜在破坏面位置,然后采用极限平衡法分析边坡稳定性状况。

3.3 施工期动态支护设计

由于开挖面范围大,两个料场边坡同时开挖长度达1000余米,支护设计难以完全跟上开挖进度,因此设计时,首先定性确定不稳定区域优先设计提交施工,主要包括产生明显变形、失稳可能性大的块体和存在碎裂岩体部位,极危险严重威胁施工安全的应采用爆破方法先排除危险。

为加快支护设计进程,研究工作中及时总结经验,针对料场边坡存在的两种主要稳定性问题,按照“保证整体稳定,控制局部变形,顾全潜在失稳区域”的支护设计理念,以施工过程中不出现变形破坏事故为目标^[17-20]。

(1) 块体变形破坏的防治^[17,18]

块体的支护设计按照以下原则进行:

①由倾坡外结构面(倾角 30° 以上且夹泥)控制且产生明显变形迹象的小型块体应及时清除,尤其是每级边坡坡肩部位,以清除后不影响周边岩体稳定性为原则。

②产生明显变形迹象,清除后可能影响上部岩体稳定的较大规模块体(一般受软弱结构面控制,块体分布范围可涉及一级边坡以上),应采用锚索加固。

③稳定性较差、可能产生块体失稳的区域宜采用“挂网喷混+钢筋桩或锚杆”的方案进行支护,剖面上结构面深度大于8m、块体体积大于 200m^3 时,宜采用钢筋桩,钢筋桩和锚杆长度设计超过15m时应采用锚索。

④随机块体可采用“挂网喷混+短锚杆”进行支护。

⑤受软弱结构面控制、块体分布范围超过两级边坡、稳定性差的较大规模块体,支护工程量大的区域,应在下部软弱结构面揭露前,在保证料场石料供应量的前提下,合理调整开挖方案,减少支护工程量。

(2) 碎裂岩体边坡变形破坏防治^[21-23]

加里俄呷上游侧碎裂岩体开挖坡度较陡(73°),稳定性较差,开挖过程中暴雨作用下出现两次浅表层坍塌破坏,由于预报及时未形成灾害事故。这种坡度陡、稳定性差的碎裂岩体边坡,设计上制订了严格的施工规定:

①开挖后立即清除危石后实施挂网喷混及仰斜排水孔施工;

②降雨天及雨后一天不进行该部位开挖及支护

施工;

③一次最多开挖两级,完成支护后方可开挖下一级;

④定期安排施工人员巡视马道及坡面变形状况,发现裂缝等迹象及时通知。

在严格控制施工的同时,按照以下原则进行支护设计:

①每隔2~3级边坡布置一套多点位移计进行坡体内部位移监测;

②在“挂网喷混+排水”的基础上,采用长度12~15m、间距3~4m的系统钢筋桩进行支护;

③出现明显变形迹象的边坡,应进行应急治理设计,根据监测结果采取锚索和钢筋桩相结合的方案进行设计。

4 卡尔沟料场边坡支护设计研究

4.1 基本地质条件

卡尔沟料场高边坡开挖面三面临空呈折线形,(图2),分为尼日河侧、转折段和卡尔沟侧。每级边坡高15m,高程1020m以上坡比1:0.5,以下1:0.3,马道宽2m。原开口线高程1080m,由于前期开挖三级后,坡顶部位出现大范围滑塌破坏,实际开口线高程1110m,终采高程810m,实际开挖边坡坡高300m。边坡出露较完整的块状一次块状结构花岗岩,岩体总体上弱风化,局部岩体较破碎呈碎裂结构。岩体中发育3组优势结构面(表1),此外,还发育多组倾坡外节理,对边坡稳定性不利。边坡开挖初期坡顶部位出现较大规模块体破坏,尼日河侧

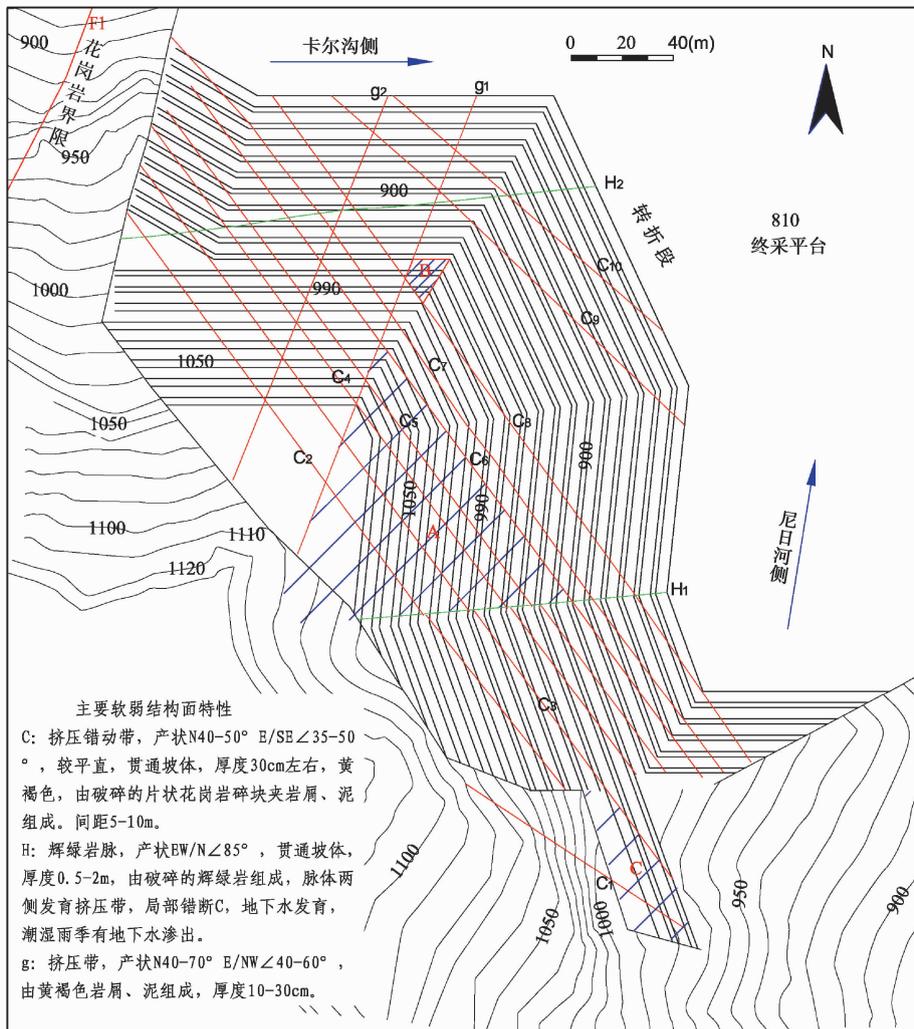


图2 卡尔沟料场高边坡开挖面及主要结构面分布平面示意图

Fig. 2 Schematic plan of excavated surface and main discontinuities of Kaergou aggregate slope

945~990 边坡沿挤压错动带 C 向尼日河上游侧产生块体失稳,开挖过程中也出现多处浅表层块体失稳,威胁施工安全。课题组进场时已完成高程 990 ~ 1110m 以上边坡的开挖和支护,为保证边坡施工期安全,按照上述研究思路开展高边坡支护设计研究,保证了开挖安全并最大限度地节约了工程造价。

表 1 边坡发育的优势结构面

Table 1 Major planes of Kaergou aggregate slope

编号	产状	性质
①	N41°E/SE39°	挤压带、节理
②	N63°E/NW54	挤压带、节理
③	SN/近直立	硬性节理

4.2 边坡整体稳定性研究

卡尔沟料场发育多条软弱结构面(图 2),这些软弱结构面组合控制边坡整体稳定性。按照研究思路,采用离散元方法建立三维地质模型研究边坡整体稳定性状况及块体变形特征,模型主要考虑软弱结构面(图 3)。结果表明^[15]:(1)开挖边坡的变形主要集中在尼日河侧和转折段,位移指向尼日河侧临空面;(2)尼日河侧边坡高程 1032m 以上最大位移达 11cm,出现破坏,与实际情况相符;(3)转折段浅表层块体出现明显变形,向坡外的位移达 4.4cm;(4)由尼日河侧夹泥破碎带 C、辉绿岩脉 H 和卡尔沟侧 g 组合形成的块体控制边坡的整体稳定性,大块体内部存在多级块体,随边坡开挖块体产生向临空方向的位移变形自上而下逐渐增大,最大达 1.6cm。

如图 4 所示,尼日河侧 900 以上块体体积约 33 万 m³,该块体由 C₆ 与 H₁ 组合形成滑面,g₁ 与 H₁ 形成侧切割面,可能沿 C₆ 与 H₁ 的交线产生滑动,见

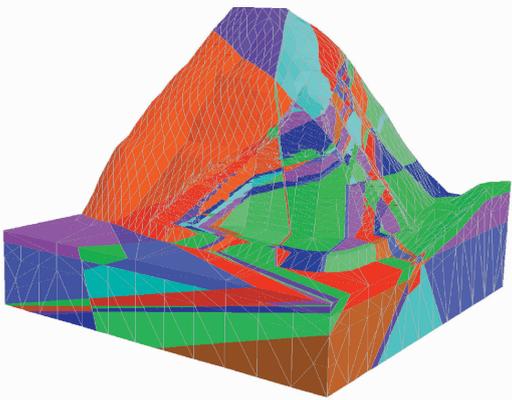


图 3 卡尔沟料场边坡 3DEC 模型

Fig. 3 3DEC model of Kaergou aggregate slope

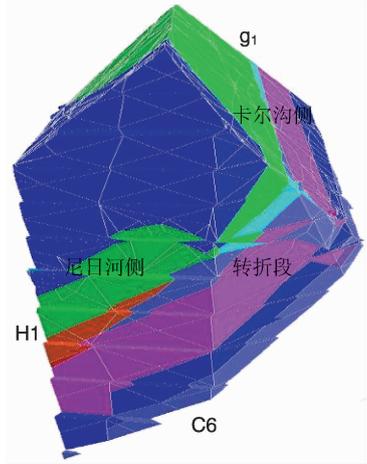


图 4 尼日河侧 900 以上块体形态

Fig. 4 Shape of block located above elevation 900m beside Niri river

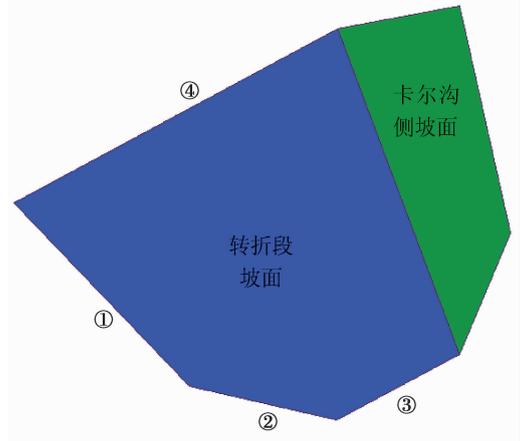


图 5 转折段 960~990 边坡变形块体形态

Fig. 5 Shape of distorted block located on elevation form 960m to 990m at turning zone slope



图 6 尼日河上游侧不稳定块体示意图

Fig. 6 Potential unstable block located at slope upstream side beside Niri river

图2中A区,潜在滑移线方位 $63^\circ \angle 9^\circ$ 。采用块体理论对该块体进行稳定性评价,降雨+爆破条件下,块体的稳定性系数为1.12。块体整体稳定性稍好,可不加固,但应加强变形监测。监测数据显示,开挖条件下,块体的深部位移没有出现明显增大趋势,满足边坡快速开挖要求。

4.3 转折段浅表层变形块体支护设计

转折段960-990边坡产生明显的块体变形(图2中B区),后缘结构面张开,沿底部结构面出现炮孔错位迹象。该块体由4条结构面和两个临空面组成(表2),①形成侧裂面及后缘切割面,④为上部切割面,②、③组合形成滑动面,滑移线方位 $82^\circ \angle 32^\circ$,形成图5所示的六面体,块体体积约 710m^3 。块体稳定性评价结果表明,天然状况下块体稳定性较好,降雨条件下,稳定性系数1.01,处于极限平衡状态。

表2 转折段960-990边坡变形块体结构面特征

Table 2 Character of boundary discontinuities of distorted block on slope form 960m to 990m

序号	产状	性质
①	$N66^\circ W/NE \angle 65^\circ$	节理张开最大达10cm,局部充填岩块
②	$N34^\circ W/NE \angle 35^\circ$	缓倾坡外节理,有顺坡向擦痕
③	$N40^\circ E/SE \angle 43^\circ$	挤压带由花岗岩片石夹岩屑组成,厚度5~10cm
④	$N55^\circ E/SE \angle 40^\circ$	软弱结构面,厚5~10cm

由于该块体处于卡尔沟侧边坡和转折段边坡交界部位,块体一旦失稳可能引起上部块体的整体变形甚至破坏,设计采用6根2000kN预应力锚索和钢筋桩进行支护。

4.4 尼日河上游侧潜在不稳定块体处理

尼日河上游侧边坡受冲沟影响,岩体风化卸荷强烈,出露挤压破碎带 C_3 ,厚度达2~4m,性状极差。边坡开挖至900高程时软弱结构面以上揭露一出现明显变形的块体(图2中C区、图6)。以 C_3 为底滑面,与坡面近平行的陡倾卸荷裂隙为后缘,945以上边坡前期即出现过较大规模滑移破坏。945以下边坡产生这种大规模破坏的可能性极大,若继续向下开挖,破碎带的出露范围增大,再开挖三级破碎带将完全被揭露,届时块体体积至少达3万 m^3 ,不仅支护成本高,且施工安全风险高。针对这种情况,提出以下处理方案:

(1)尽快封闭已开挖的边坡,尤其是破碎带处

素喷10cm,防止降雨入渗弱化破碎带性能。

(2)块体上布置6排1500kN的锚索,长度40m、45m。

(3)为保证施工安全,减少支护投资,高程900m以下调整开挖面方位,在该部位保留至少10m宽平台,防止块体失稳威胁施工安全。调整后开挖面形态如图2所示。

5 结 论

本文结合瀑布沟水电站料场边坡支护设计实践,针对岩质料场高边坡的特点,提出了料场边坡稳定性评价及支护设计的工作思路,对快速开挖的料场高边坡建设具有一定的指导意义,主要要点如下:

(1)岩质边坡稳定性主要受结构面组合控制,表现为三个方面,即受软弱结构面控制的边坡整体稳定性、浅表层块体稳定性、局部碎裂结构岩体稳定性问题。

(2)提出了“工程地质条件调研→边坡稳定性研究→边坡动态支护设计”的料场高边坡支护设计工作思路,其中跟踪施工过程的岩体结构调查是开展稳定性评价和支护设计的基础。

(3)针对岩质料场边坡稳定性问题,开挖初期首先评价边坡整体稳定性,根据评价结果确定支护方案或调整开挖方案,然后根据结构面组合和岩体结构特征研究局部稳定性状况,进行分区支护设计。

(4)施工期动态支护设计按照“保证整体稳定,控制局部变形,顾全潜在失稳区域”的支护设计理念,针对施工中最易出现的块体变形和碎裂岩体变形,建立了支护设计原则和严格的施工规定。

根据本文提出的研究方法在瀑布沟水电站开展了为期两年的料场高边坡施工期支护设计,保证了料场的正常开挖安全。

致 谢 本文工作得到国电大渡河流域水电开发有限公司瀑布沟分公司、葛洲坝集团瀑布沟水电站工程施工项目部、武警水电四支队等单位两年多大力支持和配合,在此表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 周建平, 宗敦峰, 冯炜. 中国大坝协会系列丛书: 现代堆石坝技术进展—2009[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.
Zhou Jianping, Zong Dunfeng, Feng Wei. Technic Advancement of

- Modern Rockfill Dam (2009) [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2009 (in Chinese).
- [2] 蒋国澄, 赵增凯. 中国混凝土面板堆石坝的近期进展[J]. 贵州水力发电, 2004, **18**(5): 1~4.
Jiang Guocheng, Zhao Zengkai. Recent development of concrete face rockfill dam of China[J]. Guizhou Water Power, 2004, **18**(5): 1~4.
- [3] 肖万春. 洪家渡水电站工程高边坡综述[J]. 贵州水力发电, 2006, **20**(2): 11~14.
Xiao Wanchun. Summary of engineering high sides of hongjiadu hydropower station[J]. Guizhou Water Power, 2006, **20**(2): 11~14.
- [4] 赵欣, 田斌, 朱文锋, 等. 雅碧江官地水电站料场人工开挖高边坡的失稳模式研究[C]. 第三届全国岩土与工程学术大会论文集, 2009, 348~351.
Zhao Xin, Tian Bin, Zhu Wenfeng, etc. Study on failure model of artificial aggregate slope at guandi hydropower station beside yalong river[C]. Symposium of GeoEng China 2009, 2009, 348~351.
- [5] 赵欣, 田斌, 郭成. 官地水电站竹子垌料场高边坡的失稳模式研究[J]. 湖北水力发电, 2009, (81): 16~18.
Zhao Xin, Tian Bin, Guo Cheng. Research on instable mode of high side slope of Zhuziba quarry of Guandi hydropower station [J]. Hubei Water Power, 2009, (81): 16~19.
- [6] 钟才良, 高贵华. 戈兰滩水电站白云岩料场的开采施工[J]. 云南水力发电, 2008, **24**(增): 89~91.
Zhong Cailiang, Gao Guihua. Exploration of dolostone aggregate at gelantan hydropower station [J]. Yunnan Water Power, 2008, **24**(S1): 89~91.
- [7] 巨能攀, 赵建军, 邓辉, 等. 公路高边坡稳定性评价及支护优化设计[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, **28**(6): 1152~1161.
Ju Nengpan, Zhao Jianjun, Deng Hui, etc. Study on expressway high slope stability and optimization of support design[J]. 2009, **28**(6): 1152~1161.
- [8] 黄润秋. 岩石高边坡发育的动力过程及其稳定性控制[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, **8**(8): 1~21.
Huang Runqiu. Geodynamical process and stability control of high rock slope development [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, **8**(8): 1~21.
- [9] 王在泉, 张黎明, 贺俊征. 岩石边坡工程块体系统稳定性预测、监测与控制[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, **23**(10): 1658~1661.
Wang Zaiquan, Zhang Liming, He Junzheng. Stability prediction, monitoring and control of key block system in rock slope engineering [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, **23**(10): 1658~1661.
- [10] Gorka Uribe-Etxebarria, Toma's Morales, Jesu's A. Uriarte, etc. Rock cut stability assessment in mountainous regions[J]. Environ Geol, 2005, **48**: 1002~1013.
- [11] 周德培, 钟卫, 杨涛. 基于坡体结构的岩质边坡稳定性分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, **27**(4): 687~695.
Zhou Depei, Zhong Wei, Yang Tao. Stability analysis of rocky slope based on slope structures [J]. 2008, **27**(4): 687~695.
- [12] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理 [M]. 北京: 地质出版社, 2008.
Zhang Zhuoyuan, Wang Shitian, Wang Lansheng. Fundamental Analysis of Engineering Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008.
- [13] 黄润秋, 张倬元, 王士天. 高边坡稳定性的系统工程地质研究 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1991.
Huang Runqiu, Zhang Zhuoyuan, Wang Shitian. System study of engineering geology in stability of high-splcoe [M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology of Chengdu Press, 1991.
- [14] 孙玉科, 等. 中国露天矿边坡稳定性研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999.
Sun Yuke. Slope of strip mine stability of China [M]. Beijing: Chinese Science and Technology Publishing House, 1999.
- [15] 白永健. 瀑布沟水电站卡尔沟料场高陡边坡稳定性评价及支护对策研究 [D]. 成都理工大学硕士学位论文, 2009.
Bai Yongjian. Study on stability excavation and support methods of the kaergou high steep slope for pubugou hydroelectric power station. [Master D. Thesis] [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009.
- [16] Riccardo Fanti. Slope instability of San Miniato hill (Florence, Italy): Possible deformation patterns [J]. Landslides, 2006, **3**(4): 323~330.
- [17] 沈俊, 张勇, 王胜利. 失稳岩石边坡加固处理实例 [J]. 岩石力学与工程学报, 2007, **27**(增2): 4545~4551.
Shen Jun, Zhang Yong, Wang Shengli. Case of an unstable rock slope reinforcement [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, **27**(S2): 4545~4551.
- [18] 王恭先. 高边坡设计与加固问题的讨论 [J]. 甘肃科学学报, 2003, **15**(8): 5~9.
Wang Gongxian. Discussion on design and reinforcement of high slopes [J]. Journal of Gansu Sciences, 2003, **15**(8): 5~9.
- [19] 徐国民, 杨金和. 边坡支护需考虑的因素与支护结构形式的选择 [J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2008, **33**(4): 51~58.
Xu Guomin, Yang Jinhe. Influencing factors and structural choices for slope supporting [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology, 2008, **33**(4): 51~58.
- [20] 张金龙, 徐卫亚, 金海元, 等. 大型复杂岩质高边坡安全监测与分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009, **28**(9): 1819~1827.
Zhang Jinlong, Xu Weiya, Jin Haiyuan, etc. Safety monitoring and stability analysis of large-scale and complicated high rock slope [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2009, **28**(9): 1819~1827.
- [21] 徐青, 陈胜宏, 汪卫明. 岩石边坡稳定性与支护的数值分析及综合比较 [J]. 岩石力学与工程学报, 2008, **27**(增2): 3692~3698.
Xu Qing, Chen Shenghong, Wang Weiming. Numerical analysis and comprehensive comparison of stability and reinforcement of

rock slope[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(S2): 3692~3698.

- [22] 霍宇翔, 黄润秋, 巨能攀, 等. 高陡岩质碎裂结构临时边坡抢险治理方法研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(10): 64~67.

Huo Yuxiang, Huang Runqiu, Ju Nengpan, etc. Emergency treatment of temporary slope with high and steep rocky cataclastic structure. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and

Tunneling), 2009, 36(10): 64~67.

- [23] 霍宇翔, 黄润秋, 巨能攀, 等. 碎裂结构边坡变形机理及治理对策研究[J]. 工程地质学报, 2009, 17(3): 317~321.

Huo Yuxiang, Huang Runqiu, Ju Nengpan, etc. Deformation mechanism and stabilization measures of broken granitic rock slope that experienced wenchuan earthquake. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(3): 317~321.

2010年全国工程地质学术会议 (第二号通知)

会议主办单位

中国地质学会工程地质专业委员会

会议承办单位

福州大学(环境与资源学院、紫金矿业学院)
福建省土木建筑学会

会议主题及议题

会议主题:工程地质与海西建设

具体议题包括:

- 工程地质环境与城市发展
- 风化岩残积土及软土的工程性质及处理
- 隧道、地铁等地下空间开发中的工程地质问题
- 复杂气候环境下地质灾害及其防治
- 边坡与基坑工程
- 工程地质勘察、测试、监测与物探新技术
- 资源能源开发的工程地质问题
- 工程地质教育与人才培养

大会议时间与地点

会议将于2010年11月17日~11月19日在福州怡山大廈(福州大学学术交流中心)召开。

其中:11月17日全天报到(工程地质专业委员会委员、IAEG会员请于11月16日报到,17日开专委会及IAEG联席会议);11月18日~11月19日学术大会;11月20日~22日会后工程地质考察。。

大会学术报告初步议程

最终议程在会议注册时确定。大会特邀学术报告,每人报告25分钟。分组报告请作者踊跃报名,每人报告15分钟。

会议费用

1、会议代表注册费800元(含会议全部资料及大会期间活动内容),在校学生400元(凭学生证)(仅包括会议论文集、参加大会和各分会,含餐费),陪同代表400元(含宴会等)。

2、住宿费:福州怡山大廈(三星级)、福州凤凰假日酒店(三星级)、福州空军招待所可供选择。标准双人间250~300元/间/天,以及150~180元/天左右。

会议考察路线

线路一:武夷山丹霞地貌考察(世界自然遗产及世界文化遗产)

线路二:土楼工程建筑考察(世界文化遗产)

线路三:厦门海岸地貌及漳州滨海火山地质考察

线路四:台湾海岸地貌考察(报名及相关咨询:报名截止日期9月30日,自行办理通行证,务必在10月30日之前用EMS把通行证及相关资料寄至福州东大路73号(原东湖宾馆内)陈菁(收)。报名及咨询负责人陈菁 电话0591-87664125,13905929557)

(注:报名时请说明“福州工程地质会议代表”,组织与费用由会务组联系旅行社具体组织和安排,费用根据当时的情况确定,费用自理)。

会议交通

(1)飞机:福州长乐国际机场乘机场大巴至终点站阿波罗大酒店,票价约20元,行程约1h。到阿波罗大酒店出租车直接可达怡山大廈,路程约5km。如果直接在机场打的直接到达怡山大廈,费用约120元。

(2)火车:出火车站可直接打的至怡山大廈,路程约9km,费用约25元。

(3)公交车:5路(火车站-洪山西客站)、55路(火车站-省中医学院新区)22路(火车站-农林大学)均到茶园山小学站下车,下车后往前走30m至工业路口左拐,再走100m达怡山大廈。

会议秘书组及联系方式

大会秘书组联系方式:

福建省福州大学旗山校区环境与资源学院资源与城乡建设系 邮政编码:350108

联系人:樊秀峰(13960883269)

王浩(13850112066)

电子信箱:geo2010@126.com

geo2010@163.com

传 真:0591-22866070

大会网站:<http://er.fzu.edu.cn/Geo2010.jsp>

会议回执

会议回执请于2010年11月5日前反馈大会秘书处。

中国地质学会工程地质专业委员会
福 州 大 学
福 建 省 土 木 建 筑 学 会

2010年8月10日