

雅中换流站大件运输道路小关沟段 滑坡特征及治理措施分析

黄建平¹ 朱军² 任泽³ 郭松林³ 孔韬⁴ 王林³ 胡国强¹

(1. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610041;

2. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041;

3. 国网四川省电力公司建设工程咨询分公司, 四川 成都 610021;

4. 四川省通川工程技术开发有限公司, 四川 成都 610041)

摘要: 道路堵塞点的临时整治对确保大件运输道路的通畅性和安全性, 甚至是对确保雅中—江西 ±800 kV 特高压直流输电工程如期投运至关重要。以雅中换流站大件运输道路小关沟段滑塌整治为例, 介绍并分析了该滑坡体总体状况及病害现状, 结合大件运输要求对比各设计方案在滑坡体处治效果、施工周期等方面的优缺点, 确定了滑坡最终的临时整治方案, 以为同类工程提供参考。

关键词: 换流站; 大件运输; 滑坡; 临时整治措施

中图分类号: TU42 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2020)04-0070-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.04.016

Analysis on Landslide Characteristics in Xiaoguangou Section for Large-scale Equipment Transportation Road of Yazhong Converter Station and Its Control Measures

Huang Jianping¹, Zhu Jun², Ren Ze³, Guo Songlin³, Kong Tao⁴, Wang Lin³, Hu Guoqiang¹

(1. State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan, China; 2. State Grid Sichuan

Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China; 3. State Grid Sichuan

Construction Engineering Consultation Branch Company, Chengdu 610021, Sichuan, China;

4. Sichuan Tongchuan Engineering Technology Development Co., Ltd., Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: The temporary renovation of road blocking points is very important to ensure the road accessibility and safety for large-scale equipment transportation, and even to ensure the scheduled operation of Yazhong-Jiangxi ±800 kV HVDC project. Taking the landslide renovation in Xiaoguangou section of large-scale equipment transportation road of Yazhong converter station for example, the overall situation and hazard status of the landslide mass are introduced and analyzed, and the advantages and disadvantages of each design scheme in landslide renovation effect, construction period, etc., are compared according to the requirements of large-scale equipment transportation. And finally, the final temporary renovation scheme for landslide is determined, which can provide a reference for the similar projects.

Key words: converter station; large-scale equipment transportation; landslide; temporary renovation measures

0 引言

雅中—江西 ±800 kV 特高压直流输电工程于2019年8月正式取得核准批复文件, 该工程建成后, 将满足四川水电丰期外送需求, 基本解决弃水问题^[1-2]。对于换流变压器、电抗器等直流换流站关

键高压电气设备, 因其价值贵重且为超限超重大件, 属于电网工程大件运输范畴^[3-4]。上述关键高压电气设备的安全准时运抵, 对整个特高压直流输电工程如期投运至关重要。因此, 在大件模拟运输之前, 必须对运输沿线的路桥进行改造、加固; 同时, 由于边坡失稳形成突发性滑坡、掩埋公路路基而形成的道路堵塞点, 必须采取措施及时治理, 以确保大件运

输道路的通畅性和安全性。

目前,边坡防治研究与应用已在国内外工程建设中得到了发展与完善;国内工程边坡加固以直接加固为主、辅以间接加固^[5-8]。直接加固是指在边坡外部设置原位挡墙和重力挡墙支挡土压力,或在边坡土体内设置土钉、锚杆等措施改善边坡受力以达到加固目的^[6-7];间接加固包含排水防水、地面截水、削坡减载和钻孔疏干等措施^[8]。在实际边坡治理工程中,通常应在明确边坡稳定性影响因素的基础之上,采用多种加固措施的综合治理方案,以加强边坡稳定性,而不是采取某种单一加固措施的处治方案。

下面以雅中换流站大件运输道路小关沟段滑塌整治为例,介绍并分析了该滑坡体总体状况及变形现状,结合大件运输要求研究确定滑坡最终的临时整治方案,以期同类工程提供参考。

1 工程概况

1.1 小关沟段滑坡概况

雅中换流站大件运输道路小关沟段在2019年上半年有零星滑坡,经实地查勘,认为不影响大件运输通行。2019年7月,由于该地区连续暴雨,造成该处上体大面积滑坡,将道路全部覆盖,经地方交通部门紧急清理后,仅能保障半幅通行,如图1所示。在图1(a)中,所标注的实线即为原路基位置。2019年12月初,地方交通部门明确该滑坡体整治已列入2020年立项计划,因暂不影响社会车辆通行,整治最早将在2021年实施。2019年12月底,经实地查勘,道路路面宽仅3.2m(如图1(b)所示),大件运输车辆通过至少需道路宽5.2m,路面已无法满足大件运输车辆通过。2020年3月初,经航拍确认,小关沟滑坡体已进一步向下塌方,滑坡体与山体间已形成较明显裂缝且边缘清晰可见。

1.2 地形地貌

如图1所示,该滑坡场区属构造剥蚀中高山—深切峡谷地貌,地形起伏较大,高差多在300~800m,地形坡度大,自然坡度多在30°~60°,水土流失严重,斜坡植被稀疏,以零星灌木和农作物为主。

1.3 地层岩性

据现场技术人员踏勘调查及自然断面揭示:滑坡覆盖层以碎石土和块石土组成,大小不一,级配较差,呈灰黑色、黄褐色为主,结构松散至稍密,土质稍湿至中湿;下伏基岩为中厚层状砂岩夹炭质页岩。覆盖层

厚度5~10m,在斜坡坡脚或山脊地带出露,岩层风化严重,构造作用明显,节理裂隙发育,表层呈裂隙块状、镶嵌碎裂状结构,岩层产状为236°∠47°,属切向坡体结构。



(a)



(b)

图1 小关沟滑坡区域地形地貌

1.4 滑坡灾害变形特征

图2为小关沟滑坡区域示意图,如图所示,通过地质勘探确定小关沟滑坡分为H1滑坡和H2滑坡。H1滑坡前缘直抵小关沟左岸,长约150m,平均宽约56m,滑体平均厚度5~8m,后缘高5m,方量约6万方,为小型土质滑坡;H1滑坡时常有小规模碎块石溜滑现象发生,但目前对G348国道影响较小。H2滑坡位于H1滑坡右侧,为危害G348国道的主要滑坡,目前前缘已掩埋G348国道3~5m,并导致以前公路内侧采用的挂网喷浆+锚杆的边坡发生失稳破坏。H2滑坡下部出现局部垮塌现象,特征如下:局部失稳坡体坡长约80m,宽约28m,平均厚度8~10m,方量约20000m³,为小型土质滑坡;后缘下挫最大高度约为10m,后缘壁近于直立,主要由碎石、块石和粉质黏土组成,滑床中下部横坡坡度约25°~35°,上部近直立,坡表多见松散堆积物浅表层开裂。H2滑坡后缘发育多条裂缝,最大长度约15~20m,宽度10cm,可见深度0.5~1.0m,并伴有下挫现象。滑坡稳定性结果显示,在天然工况下,H2滑坡处于欠稳定状态;在暴雨工况下,H2滑坡处于不稳定状态。

H1滑坡虽为此滑坡面的主要滑坡,但该滑坡直抵小关沟左岸河道方向,并未威胁到G348国道,从

当前情况来看,不会对雅中换流站大件运输造成影响。H2 滑坡虽然滑体方量较少,但其目前已掩埋 G348 国道部分道路,导致车辆半幅通行;同时由于其在雨季处于不稳定状态,很可能因雨水冲刷、渗透诱发更大崩塌。综上所述,H2 滑坡为影响雅中换流站大件运输的主要滑坡,在模拟大件运输之前,急需对其进行整治。



图2 小关沟滑坡区域

2 大件运输道路整治设计方案

2.1 整治设计方案及分析

1) 设计方案1 如图3所示。该方案不处治已掩埋部分 G348 国道路基的 H2 滑坡边坡,采取在靠近河道的路基外侧设置浸水衡重式挡墙加宽路基,以使路面宽度达到大件运输车辆要求。



图3 设计方案1

2) 设计方案2 如图4所示。该方案在坡脚位置附近设置三排钢管桩对松散堆积体进行临时加固防护,并在钢管桩前缘设置挡墙加固;清除堆至路基的松散堆积体,恢复原有路基宽度,以使路面宽度达到大件运输车辆要求。

3) 设计方案3 是在坡脚位置附近设置抗滑桩对松散堆积体进行加固防护,清除堆至路基的松散堆积体,恢复原有路基宽度,以使路面宽度达到大件运

输车辆要求。



图4 设计方案2

2.2 设计方案比选确定

对于设计方案1,采用靠近河道的路基外侧设置浸水衡重式挡墙加宽路基的方法。一是由于挡墙前端接小关沟桥线形不好,不易接顺,无法满足大件运输对道路线形的要求;二是外侧加宽路基会影响河道泄洪,对公路有严重的安全隐患;三是加宽路基并未解决滑坡问题,滑坡继续发展会掩埋新加宽路基,也会影响大件运输通行性。因此,建议不采用方案1。

设计方案2、设计方案3 均可满足大件运输需求,两方案对比如表1所示。对比设计方案2和设计方案3 在滑坡体处治效果、施工周期等方面的优缺点,并考虑到2020年5月底进行模拟大件运输而导致的小关沟段滑塌整治施工周期较短的情况,建议采用方案2。

表1 设计方案2、方案3 对比

| 方案 | 优点 | 缺点 | 预计工期/月 | 估算造价/万元 |
|-----|----------------------|----------------------|--------|---------|
| 方案2 | 施工工艺相对简单,施工周期短 | 仅能作为临时性加固措施,耐久性较差 | 1 | 100 |
| 方案3 | 作为永久性处治措施,加固效果更好、更安全 | 施工工序多,工艺复杂,工期较长,费用较高 | 3 | 600 |

3 小关沟段滑塌临时整治方案实施

3.1 施工期间的滑坡监测

通过调查发现,H2 次级滑坡后缘斜坡发育多条裂缝,最大长度约15~20 m,宽度10 cm,可见深度0.5~1.0 m,并伴有下挫现象,如图5所示。为了保障施工期间人员、设备及过往车辆的相对安全,应对裂缝及附近边坡是否有进一步变形等进行动态监测,并根据监测数据动态调整施工方案。



(a) 主裂缝 (b) 山体下挫

图5 H2次级滑坡后缘山体形态

3.2 最终的临时整治措施

小关沟段滑坡临时整治措施如图6所示,拟在裂缝附近安装裂缝计、位移监测等装置进行自动或人工监测,具体为在裂缝位置布置裂缝计、在裂缝附近布置位移监测点(可用水泥桩进行定点固定),其数量具体由施工单位在现场施工过程中根据监测需要而自行确定。自动监测装置每天定时将数据传输到终端,人工监测频率为每天至少监测一次,雨季每天至少监测两次;结合自动和人工监测数据进行分析判断边坡稳定性、是否存在进一步变形等,动态调整施工组织方案。若裂缝或变形增大明显,应立即停止施工进行分析原因,加强现场管控,待确定安全后方可进行下一步施工。

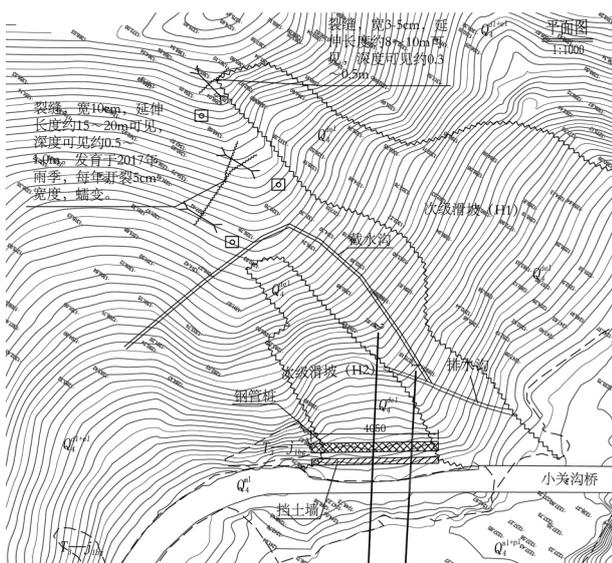


图6 小关沟段滑坡临时整治

为了恢复原有路基宽度,满足车辆大件运输需求,对H2滑坡采用临时加固措施。具体为:在坡脚位置附近设置3排钢管桩,钢管桩共84根,140mm管径的钢管1680m,180mm孔径钻孔1722m,普通热轧带肋钢筋6.7t,C30混凝土117.9m³,跟管钻进共840m,M30水泥砂浆32.9m³,回填黏土约3m³;

在钢管桩前缘设置挡墙防止桩间土流出,清除堆至路基的松散堆积体,并在坡口线外设置截水沟加强坡表排水,并对后缘裂缝采用黏土回填封闭处理,挡土墙采用C20混凝土712.6m³,挖基(土方)共1500m³,回填砂砾石200m³,泄水孔采用5mm管径的PVC管50m,截水沟采用C30混凝土66.5m³,清方(土方)共500m³。

3.3 施工顺序

首先应安装裂缝计等监测仪器,安装完毕后应在钢管桩位置简单清理平整(少开挖、少扰动)出施工平台。挖除的土石方不能随意丢弃,应堆弃在钢管桩施工平台下方作反压,以提高边坡稳定系数。注浆应至少灌满松散体土层,待砂浆强度达到75%以上时,开始施工系梁;待钢管桩施工完成,且砂浆强度、系梁砼强度达到75%以上后,再在下方开挖施工挡土墙,采用跳槽分段施工,分段长度约10m。在施工挡墙时可同步施工截水沟。

3.4 施工注意事项

在施工中,应严格贯彻国家和地方政府关于环境保护方面的方针、政策及有关规章制度,加强环境保护,最大限度减少施工给自然环境带来的负面影响。为保障施工期间人员、设备及过往车辆的相对安全,还应注意如下事项:

- 1) 施工前平整场地清除表层松散物质时,应少开挖少扰动。
- 2) 应提前准备些沙袋堆于坡脚,一是可以隔离交通和施工两个区域,二是也起到一定的反压作用。
- 3) 施工过程中应配置专职的安全员、交通疏导员,在施工时对交通进行全程管控,提前预警,保证安全通行。在进行比较危险的施工环节时应采取临时中断交通,保证安全。
- 4) 钢管桩施工完成之后,在开挖施工挡墙时,应时刻加强动态观察,避免开挖过程中钢管桩桩间土流出以及表层松散物质垮塌或溜塌,威胁工作人员人身安全。
- 5) 钢管下孔时应根据现场情况采取必要的措施,使其缓慢放置孔底就位,防止钢管连接处破坏和对孔周围岩土体造成过大扰动。
- 6) 施工过程中如遇强降雨,可采取防渗土工布对边坡进行临时覆盖,避免雨水直接冲刷松散堆积体。
- 7) 挡墙应加强泄水孔的施工,泄水孔应保持通畅,确保坡体内地下水能通过泄水孔顺畅排出。

4 结 语

鉴于对雅中换流站大件运输道路小关沟段滑塌分析及整治措施的研究,得出如下结论:

1) H2 滑坡为影响雅中换流站大件运输的主要滑坡,目前该滑坡已进一步向下塌方且与山体间形成较明显裂缝,在雨季前急需对其进行临时整治,以满足大件运输需求;

2) 对比各设计方案在滑坡体处治效果、施工周期等方面的优缺点,考虑到整治施工周期较短的客观情况,建议采用“钢管桩+挡墙”的临时整治方案;

3) 在滑坡临时整治施工期间,应加强对整个山体坡面稳定性的监测,适当布置自动或人工监测,根据山体坡面情况动态调整施工组织方案;

4) 施工单位应严格遵守既定的施工顺序,并应严格贯彻国家和地方政府关于环境保护方面的方针、政策及有关规章制度,加强环境保护,最大限度减少施工给自然环境带来的负面影响。

参考文献

[1] 陈汉雄. 水风互补四川清洁能源外送优化[J]. 中国电力, 2017, 50(9): 37-43.

[2] 陈汉雄. 四川电力发展对新能源建设规模影响分析[J]. 四川电力技术, 2018, 41(2): 46-50.

[3] 陈耀标. 浙江省特高压电力大件运输条件和运输方式研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.

[4] 霍树军. 电网企业大件运输方案评价研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.

[5] 秦海潮. 某高速公路高边坡滑坡分析及处治措施研究[D]. 济南: 山东大学, 2018.

[6] 李桂贤. 高填方边坡的稳定性分析与治理措施研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2012.

[7] 渠凤英. 边坡加固方法浅析[J]. 山西建筑, 2011, 37(22): 72-73.

[8] 文华. 边坡加固方案的优化设计[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2004.

作者简介:

黄建平(1977), 硕士, 高级工程师, 现从事电力检修和特高压工程建设工作;

朱军(1985), 博士, 高级工程师, 主要研究方向为高压线路电磁特性及运维技术, 现从事特高压工程建设工作;

任泽(1987), 硕士, 工程师, 现从事特高压工程建设工作。

(收稿日期: 2020-04-28)

(上接第27页)

5 结 语

对常见特殊供电负荷引起的主要电能质量问题及无功补偿装置应用情况进行了梳理,总结了动态无功补偿装置的基本原理、装置特点,有助于针对特殊负荷选择合适的动态无功补偿装置型式;详细介绍了PSD-BPA仿真软件中关于SVC、SVG的仿真应用,通过对薄弱电网某工程案例的仿真分析,验证了电压稳定性主要与动态无功补偿装置容量有关,在容量一定的情况下,可以通过优化控制参数来减小电压波动。

参考文献

[1] 付永生, 魏孟刚. 不同工业负荷的电能质量特点[J]. 电力电容器与无功补偿, 2011, 32(4): 11-18.

[2] 中华人民共和国机械工业部. 电热设备电力装置设计规范: GB 50056-93[S]. 重庆: 重庆出版社, 1994.

[3] 陈延镖. 钢铁企业电力设计手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996: 458-538.

[4] 马莹. 基于静止同步无功补偿装置的电网电压控制研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2014.

[5] 汤涌, 卜广全, 侯俊贤. PSD-ST暂态稳定程序用户手册(5.0版)[M]. 北京: 中国电力科学研究院系统所, 2015: 277-283.

[6] 李兰芳. 输电系统 SVC 电压调节器增益自适应控制方法[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(3): 61-66.

[7] Modeling of Power Electronics Equipment (FACTS) in Load Flow and Stability Programs [R]. CIGRE TF 38-01-08, 1998.

[8] 王皓怀, 汤涌, 卜广全, 等. STATCOM 数学模型的建立及其应用研究[C]. 中国电机工程学会年会论文集, 西安, 2008.

[9] 郭明阳. 谢通门县维村铜矿专用变电站接入系统方案[R]. 成都: 四川电力设计咨询有限责任公司, 2016.

[10] 陈湘, 李媛媛, 宋云亭. 西藏地区大中型矿业负荷特性对联网通道稳定性的影响研究[R]. 北京: 中国电力科学研究院, 2016.

[11] 左龙. 动态无功补偿装置在特殊供电负荷中的应用研究[R]. 成都: 四川电力设计咨询有限责任公司, 2018.

作者简介:

左龙(1986), 硕士, 工程师, 主要研究方向为电力系统规划与设计、电能质量分析与评估;

吴晓蓉(1981), 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统规划与设计、电网安全稳定分析与评估;

林波(1988), 硕士, 工程师, 主要研究方向为电力系统规划与设计、大电网安全稳定分析;

郭明阳(1986), 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统规划与设计。

(收稿日期: 2020-05-26)