

浅谈复杂地质下的高边坡稳定方案与滑坡治理方法

赖彦冰

中国水利水电第九工程局有限公司, 贵州 贵阳 550000

[摘要]文中主要阐述某高边坡在不良复杂地质情况下,经长时间开挖完成后未支护进行的高边坡稳定性分析,设计方案及施工方法的确定,从锚索(杆)+框格梁治理支护、施工工艺、经济技术效果评价等进行分析、讨论。明确该高边坡设计施工技术具有及时,快速治理,完成效果和美观性明显等,可供本地区相似工程项目参考。

[关键词]不良复杂地质;高边坡;滑坡治理支护;稳定性分析

DOI: 10.33142/ec.v5i8.6543

中图分类号: U418.9

文献标识码: A

Brief Discussion on High Slope Stability Scheme and Landslide Treatment Method under Complex Geology

LAI Yanbing

Sinohydro Engineering Bureau 9 Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550000, China

Abstract: This paper mainly describes the stability analysis of a high slope without support after long-time excavation under adverse and complex geological conditions, the determination of design scheme and construction method, and the analysis and discussion from the aspects of anchor cable (rod) + frame beam treatment and support, construction technology, economic and technical effect evaluation, etc. It is clear that the design and construction technology of the high slope has the characteristics of timely, rapid treatment, obvious completion effect and aesthetics, which can be used as a reference for similar projects in this area.

Keywords: unfavorable complex geology; high slope; landslide treatment and support; stability analysis

1 工程概况

中国水电九局粤武高明项目部位于广东省佛山市高明区。本工程占地面积约 130000 m²,其中支护面积约 22000 m²,治理支护高度达 90m,属一级边坡。该处边坡为人工切坡,2014 年开挖完成后未作支护而裸露,因坡面较陡,岩体破碎,且开挖完成后未及时采取防护措施,在雨水冲刷等作用下,边坡破坏较严重,产生了大量滑坡体且有进一步扩大迹象,危及坡脚建筑物的安全,需对其进行专项治理。

2 工程地质条件与场地环境

拟建场地总体属低山丘陵区,现状西、北为新近切坡,高程为 10m~100m,分三级台阶,总体坡角约为 35°,东、南为操坪、厂房,高程约 10m。该边坡为新切坡,呈横卧“7”定形,为便于描述,将场西侧朝向东的边坡称为“西坡”,北侧朝向南的边坡称为“北坡”,本论文对“西坡”I1a 区进行详细阐述。

地层:区域上主要有砂岩,炭质粉砂岩局部夹灰岩等。工程区地表为第四系人工填土层、第四系残坡积层碎石土。下伏基岩为晚三叠系石英砂岩、炭质粉砂岩。基岩岩组的划分:根据主要岩石的力学性质划分为石英砂岩组与炭质粉砂岩组,前者较脆硬,较厚而均匀,后者较软,易揉皱、滑移,常夹炭质灰岩薄层,二者在相变上具有渐变特性。

褶皱:核部见于西坡中部,属倒转背斜,轴部走向约 45~225°,北西翼为砂岩南东翼为炭质粉砂岩,使西坡

西段顺向坡向东转化为逆向坡,在局部削坡过程中该背斜已被部分挖除,现掌子面见其核部岩层破碎,挤压、揉皱现象明显,核部出露处为滑坡后壁,高差约 1m 陡坎。[1]

断层:位于场地中部边坡由西转北部位,为压性,逆断层,产状 300°∠40°,倾向 NW,长约 80m,宽 0.5m,断距约 4m,上下盘错动明显,见牵引,糜棱化现象。

主要节理:节理 1:产状 70~95°∠58°。间距 20~40cm,闭合~微张,延长 50~200cm。节理 2:产状 300~330°∠65°~75°,间距 5~20cm,闭合~微张,延长 10~50cm。

裂隙:因切坡造成坡肩部位卸荷较发育,一般近平行于边坡走向,陡倾角或近于直立,张型,向下延伸约数米。[2]

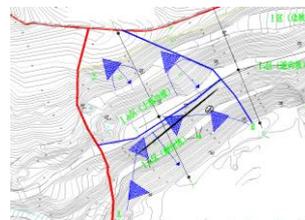


图1 西坡平面图



图2 西坡现场图片

3 稳定性分析

根据场地边坡体走向与岩土体主要结构面(岩层面,断层,褶皱,节理,裂隙等)走向关系,边坡原坡度、现坡度与主要结构面坡度关系,岩性与风化程度,易产生的工程地质问题及已产生的不良地质现象等进行分析。

3.1 该边坡可能存在的滑坡模式

坡体岩层以中风化薄层炭质粉砂岩为主局部夹薄至中厚层砂岩，薄层状构造，坡向与岩层倾向一致，为平行或小角度相交，岩层为外倾结构，岩层倾角小于坡角，该类边坡易产生顺层滑坡，滑坡规模不等，滑坡形成机制为滑移—压致拉裂，具体分析如下：①原地形为缓坡地形，岩层产状为外倾缓倾型，②切坡取土使外倾岩层产生临空面而失去支撑，硬质的砂岩沿软弱的炭质粉砂岩面滑移产生微小的裂隙，③裂隙向上延伸贯通后沿层面或软弱面滑动，滑坡机制属滑移—压致拉裂型牵引式滑动，最后可成为叠瓦式层层跌落的滑坡。该类滑坡以软弱层（炭质粉砂岩层面强度）为最重要的控制因素。

3.2 边坡稳定性定性分析

分析该滑坡的成因机制分析：原地形为缓坡，岩层面与坡面一致，岩面倾角大于边坡坡角，岩层不在临空面上出露，边坡稳定；经人工切坡后边坡角增大，岩层失去支撑作用，裸露于边坡临空面上，在重力作用下沿软弱面（层面）产生滑移，在各单层岩体上产生自下而上的拉裂缝，边坡失稳，当拉裂缝贯通的时候顺岩层面滑下，形成牵引式平面型较大规模顺层滑坡。

稳定性分析：岩体层面与边坡倾向相同，且岩体倾角小于边坡坡角，不稳定，易沿层面发生滑坡。

3.3 边坡发展变化趋势及危害性预测

主要结构面岩层面与边坡坡向一致，现坡角大于岩层倾角，当下部坡脚被开挖破坏时易产生大规模牵引式顺层滑坡，目前已产生本工程最大滑坡；滑坡体物质成分以中风化炭质粉砂岩为主，形成滑坡后滑坡体内物质主要为块状岩石，不易活动而以安息角的形式暂时稳定下来，转变为块石、碎石的堆积体，经多个水文年后演化成古滑坡体，因滑体体积大，面积广，对下方操场场地影响较大，对后期的场地正常使用存在极大安全隐患。^[3]

3.4 边坡稳定性分析评价

综合不良地质现象，岩土体物质成分，边坡与结构面关系，岩土体、结构面强度等因素，对各段边坡的稳定性综合评价如下表：

表1 稳定性综合评价分析表

区段位置	不良地质现象	边坡结构与物质成分	推荐岩土强度参数	失稳后趋势	稳定性评价	支护设计建议
I _{1a} 区	滑坡H1	顺向坡，层状结构，中风化薄层状岩体	C=30 Φ=25	滑坡体渐渐自行稳定，后缘有继续破坏趋势	不稳定区	支挡、整治坡面，锚索、格构梁，绿化

4 边坡支护设计

由于该边坡高度大，面积广，为避免边坡开挖对坡面的稳定性造成影响，边坡支护适宜采用自上而下削坡清除浮渣、跟进支护的逆作法施工；另外考虑到边坡岩层的地质构造、产状、节理裂隙发育情况，本位置边坡工程对坡面主要采用锚索（杆）+框格梁+植草进行稳定加固，根据本边坡工

程的特点及施工经验，本工程主要分为六个分项部分：

①土石方削坡工程；②坡脚挡土墙支护工程；③截、排水沟工程；④锚索（杆）支护工程；⑤混凝土格构梁工程；⑥植草绿化工程。其中锚索（杆）+框格梁为本边坡的主要施工项目。

根据设计经验及工程类比，并通过锚索（杆）结构强度验算及外部稳定验算，设计边坡层面倾角 25°，几乎垂直于岩层面，马道位置锚杆倾角 90°，垂直间距 3m，水平间距 4m，采用 $f_{pk}=1860$ 级预应力钢绞线；锚具采用 OVM 型锚具；支护桩部位钢垫板采用 Q235 钢板，锚索轴向力标准值 500KN，锁定值 400KN。锚杆采用直径为 28mm 的 HRB400 级钢筋，锚杆轴向力标准值 100KN。注浆材料采用 M30 水泥净浆。锚索长度第一阶为 18、第三阶为 20m，锚杆长度 12m。为了使钢筋位于钻孔中心，每隔 1.5m 设定位支架。框格梁采用 C30 混凝土，锚索封锚采用 C40 混凝土，竖梁、横梁规格为 40cm×40cm，锚具框格梁与锚索（杆）连为一体，在框架梁内喷播草籽进行绿化。

边坡的排水系统直接影响到整个边坡的后期支护效果。因此，根据本地区年降雨量及工程特点在坡顶外 5m 处设置底宽 120cm×80cm 的梯形截水沟，边坡中部各马道设置 40cm×40cm 的矩形排水沟，坡脚设 50cm×50cm 的矩形排水沟。坡面上设置 150mm 泄水孔，纵横间距均为 5.0m，长度为 9m 及 5m，排水管外倾坡度 5%，并外包两层无纺布。^[4-5]

5 边坡支护施工技术

5.1 削坡施工

施工技术要求：①施工应采用分台阶削坡的方式，严格按照自上而下顺序从坡顶向下分层开挖，不得采用自下而上或造成岩体倒悬或一削到底的方式开挖。②开挖前先测量放线，定出设计要求的削坡范围。由于削坡清除了坡面覆盖，降雨入渗率加大，因此开挖区应做好排水措施。开挖后地面应向坡外倾斜。③开挖严格监控，此工程不采用爆破，配备挖掘机及破碎机进行作业。后缘削坡后的地面线高程及前缘削坡后的坡率按设计的要求进行控制，严禁超挖。为了减少超挖及对滑坡的扰动，开挖预留 0.2m-0.3m 的保护层，人工修整至设计位置。须对开挖后的坡体进行认真修整和清理，自上而下清除掉松散和半附着的岩石，使坡体处于安全状态。④遵照业主的指示，选择合适的弃方场地，避免造成环境问题。^[6]

5.2 锚杆支护施工方法

①锚索（杆）成孔：根据本山体治理工程的性质与特点，锚孔采用风动潜孔钻进施工，该施工方法的优点是不需用水及泥浆清孔，能有效地避免冲刷坡体，施工速度快。锚索锚孔直径为 180mm，锚杆锚孔直径为 150mm。钻进过程中应作好现场施工记录，对地层的变化、钻进状态（钻压、钻速）、及一些特殊情况的记录应客观认真。如遇塌孔缩孔等不良钻进现象时，采取套管护壁钻进。每钻进 5~10m 应当检测一次钻机方向的锚孔偏位情况，及时调整不符合项。钻进达到要求深度后，不能立即停钻，要求稳钻 1~2min，防止孔底

尖灭、达不到孔深要求。沿锚索(杆)轴线方向,按设计图纸上不同施工区的要求,每隔 1.5m 设置一个对中支架;锚索(杆)体按防腐要求进行防腐处理。②锚杆注浆:用压力泵将纯水泥浆注入锚孔(水灰比为 0.5,水泥选用 P0 42.5),进行一次注浆,注浆压力为约 0.50Mpa~1.0Mpa;当孔口流出浆液时,封堵孔口,一次注浆结束,在 4h~8h 小时后进行二次注浆,注浆压力为约 2.0Mpa~3.0Mpa,水泥净浆搅拌使用普通搅拌机。注浆选用 UBL-2 型注浆泵进行,输送管路宜使用耐压不小于 4.0MPa 的高压胶管,管口连接采用快速接头以保证注浆速度。

5.3 混凝土格构梁工程

①在锚杆施工完成至有一定工作面的时候进行,根据设计开挖坡面放出基槽位置。②混凝土梁截面为 400mm×400mm,镶入坡面 0.10m,所以基槽断面较小,再者受施工环境限制,只有采用人工开挖的方法进行。开挖时要注意使开挖断面垂直于路堑边坡坡面。③选用的木模板在现场制作安装,外露在基槽部分的模板要加支撑固定,与坡面接触处不需放置模板,混凝土紧贴坡面浇注。④钢筋制作好后进行绑扎。钢筋绑扎前锚索(杆)按要求进行拉拔试验,合格后才能进行下道工序。

5.4 锚索张拉、锁定及封锚

①锚墩、钢垫板、锚具等材料准备:张拉前应按要求将材料准备好,锚具、钢垫板应与锚索体同轴安装,确保钢垫板与锚墩接触面无任何空隙。切割锚头多余的锚索体采用机械切割的方法,锚具外保留长度不应小于 5cm。锚墩使锚索与格构梁连接处锚索受力垂直,其砧标号为 C30。②预应力锚索张拉应按从上之下进行,在编排张拉程序时,考虑相邻钻孔预应力筋张拉的相互影响。③张拉宜在锚固体强度达到设计强度的 90%后进行。张拉前,应检查设备,并对千斤顶油泵进行标定,给出千斤顶出力与压力表指示强度曲线,标定曲线见图 3;张拉千斤顶的轴线必须与锚索轴线一致。

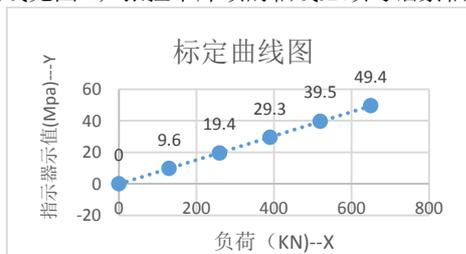


图 3 液压千斤顶标定曲线图

④正式张拉前,取 10%的设计张拉荷载,对其预拉 1~2 次,使其各部位接触紧密,钢绞线完全平直。⑤张拉时,加载速率要平缓,速率宜控制在设计预应力值的 0.1/min 左右,卸荷载速率宜控制在设计预应力值的 0.2/min。⑥张拉采用分级加载,按五级进行张拉,前四级每级加载后恒载 3min 记录位移值,张拉到 1.05 倍设计值,恒载 10~15min,在压力表稳定后可以锁定。⑦锁定后如在 48h 内,若发现预应力损失大于设计预应力的 10%时,应进行预应

力补偿张拉。如没有异常情况即可用手提砂轮机切割余露索头,严禁电弧烧割,留长 5~10cm 外露锚索,以防滑丝,最后用 C40 细石砼封闭锚头,防止锈蚀、兼顾美观。⑧张拉前计算预应力钢绞线理论伸长值。

锚索理论伸长值公式: $\Delta L=L \times P / (AE)$

式中 ΔL : 锚索理论伸长值;

L: 钢绞线长度;

P: 设计锁定张拉值;

E: 钢绞线的弹性模量 $1.95 \times 10^5 / \text{mm}^2$;

A: 锚索截面积 140mm^2 ;

张拉设备检定的校准方程: $Y=0.07669X-0.47$ 。

张拉时根据张拉方案测量预应力钢绞线实际伸长值,做好张拉记录并填写表格,预应力筋采用应力控制方法张拉时,应以伸长值进行校核,实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求,实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 $\pm 6\%$ 以内,否则应暂停张拉,待查明原因并采取调整措施予以调整后,方可继续张拉。

6 经济技术效果分析

本次边坡支护采用框格梁与锚杆、预应力锚索联合支护方案取得了很好的加固效果,该结构占用空间小,便于后期坡面绿化美化,并且安全可靠,节约成本,符合技术经济要求。在施工过程中,必须对各个关键工序加以监控,诸如锚杆锚索长度、注浆压力、注浆量、锚索张拉、锁定及防腐等方面:必须对各个工序严格把关,对施工质量进行自检及配合监理单位抽检,各个工序均要符合设计及规范要求,锚索张拉力验收合格,格构梁施工质量好,外型美观,同时由于框格梁与锚杆、预应力锚索联合支护施工进度快,对确保工期十分有利。边坡支护工程在我国具备广阔的发展空间,在施工过程中,要因地制宜,不断应用新工艺、新方法,属四新技术的运用,用发展的眼光对待事物,只有这样才能满足现代化建设的要求。

[参考文献]

- [1]李迎超.精准基础水文地质工作在矿区钻探勘查中的重要作用[J].中国金属通报,2018,995(8):228-229.
 - [2]邓君君.地质工程勘查中钻探技术的方法及应用研究[J].冶金丛刊,2020,5(6):122-123.
 - [3]邓宏文,周彦勇,毛云.矿区水文地质钻探中的问题与优化策略研究[J].区域治理,2019(4):1.
 - [4]姜天健.矿区水文地质钻探存在的问题分析[J].当代化工研究,2019(6):41-42.
 - [5]谢和平,马细勇.岩溶复杂地质条件下的公路桥梁桩基施工技术探究[J].工程技术研究,2019,4(18):92-93.
 - [6]王妙良.岩溶复杂地质条件下的公路桥梁桩基施工技术[J].四川建材,2020,46(3):163-164.
- 作者简介:赖彦冰(1988-)男,贵州贵阳人,中国水利水电第九工程局有限公司,工程师,从事市政、建筑工程项目施工管理。