

文章编号: 1005—0523(2002)04—0021—04

赣龙铁路边坡防护与施工控制问题的探讨

郑明新, 方 焘, 曾云华

(华东交通大学 道桥与岩土工程研究所, 江西 南昌 330013)

摘要:阐述了铁路边坡防护的主要措施、适用条件及如何依据路堤、边坡特征选择防护方案,进而结合在建线赣龙铁路地形、地层岩性和地质构造特征,提出了深路堑、高路堤施工过程中可能出现的问题,并对其加固方案等做了有益的探索。

关 键 词:赣龙铁路;施工控制;边坡防护

中图分类号:TV223.34

文献标识码:A

1 赣龙线概况

赣龙线全线长 290.2 km,线路横穿山脉,地层、地质构造复杂,路基工程深挖高填,边坡加固及防护工程量巨大。路基工程设计^[1]陡坡路基 35 处;深路堑、顺层路堑及滑坡 296 处;路堤及路堑坡面防护达 235 处,主要分布在赣县~西江、瑞金~乐江及乐江~龙岩的临河及穿越山脊地段,地层为极易风化的白垩系红层、寒武系砂页岩,地形地质条件复杂,深挖后在降雨、风化作用下易失稳,施工中应采取必要的边坡防护以及施工控制措施,以确保线路顺利完工并长期安全运营。

2 边坡防护措施

赣龙线边坡防护采用的措施主要有排水、支挡结构、坡体内部加固、种植植被和防止河水冲刷等五种措施。

2.1 排水 防水

包括截排坡体地表水和地下水。截排地表水主要采用截水沟、树状排水沟、疏通自然沟等措施。截排地下水主要有盲沟、支撑渗沟、边坡渗沟等,其目

的是将地表水引出边坡体外或降低坡体地下水位,以免坡面遭受冲刷或坡体内岩土软化强度降低而导致滑坍。

对于土质路堤、路堑因修建不久且植被尚未长起来,雨季临时可采用塑料薄膜覆盖以防强降水冲刷。

2.2 支挡结构

支挡结构包括浆砌片石或干砌片石骨架护坡、挡土墙、抗滑挡土墙、抗滑片石垛、抗滑桩或挂网喷射混凝土等用于防止、控制斜坡岩土体的运动。

其中浆砌片石、干砌片石骨架护坡及砌石圪工重力式挡土墙是使用最广的支挡结构物,浆砌片石或干砌片石骨架护坡适于高度小于 5 米的堤坡,而砌石圪工重力式挡土墙适于不稳定坡体或规模小、滑面浅的滑坡。挡土墙既可以是原地浇灌成钢筋混凝土连续墙,也可在墙前加斜撑或墙后用锚索锚固。

对于已产生变形或老滑坡可能复活时,若滑动面深度大、体积也较大者,为避免在坡脚趾部开挖挡土墙基坑可能引起更大滑动,往往采用抗滑桩或预应力锚索抗滑桩,如福建连城 DK226+004~+063 深路堑地段,坡度陡,左侧边坡高达 40 余米,岩性为极严重风化花岗岩,地下水发育,开挖后极易

收稿日期:2002—06—10

基金资助:教育部高等学校骨干教师项目“滑坡防治工程效果的评价方法及评价标准的研究”。

作者简介:郑明新(1966—),男,湖南人,华东交通大学教授。

沿风化层界面产生滑动,故采用预应力锚索抗滑桩防护,桩长 20~25 米,锚固段长 8~10 米,采用两孔预应力锚索,预应力达 600 kN.

2.3 坡体内部加固

坡体内部加固主要有锚钉或锚索加固系统、加筋土或石灰桩、石灰砂桩及合适的化学方法改善软弱土性质.其中该线路推广应用的新型坡体内部加固方法有:

1) 锚索、锚钉体系:近年已开发了许多新型锚杆体系,将锚钉或锚索锚固于潜在滑面以下的稳定岩体中,施加张应力以增加锚拉方向正应力从而增大破坏面上的阻滑力.锚钉系统^[2]以土工格栅或土工网覆盖地面,在多个结点上以长锚钉将这些结点锚固起来(一般 $1\sim 6\text{ m}^2$ 表面一个,锚钉间挂网喷射混凝土面,厚 10~15 cm).当这些锚钉紧固后,可将地表网拉入土中,使网处于拉伸状态而网下土体则处于压缩状态(见图 1).有时也采用框架预应力锚索结构.适于支护潜在不稳定或蠕动的密实粉质粘土或松散破碎岩坡.

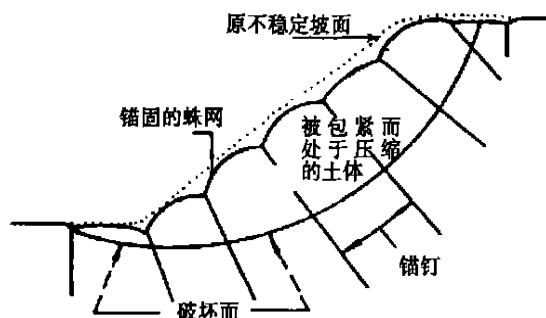


图1 锚钉锚固土工聚合物加固斜坡示意图

2) 加筋土技术:加筋土指在土中埋入有抗拉功能的金属条带或土工聚合物以改善土体强度,达到稳定天然或人工边坡的目的.例如采用加筋土挡墙,带护面板的加筋土可做成陡坡,特别适用宽度受限的已有道路的加宽^[3](见图 2).它和传统挡土墙相比具有以下优点:①有粘聚性又有韧性,故能承受大变形;②可使用的填料范围广;③易于修建;④耐地震荷载;⑤有多种面板形式,可从审美角度构造结构;⑥比传统挡墙或桩造价低廉.

采用土工格栅在加固路基本体和软弱地基方面也有较大的应用前景:①地基加固方面,采用沿线路横向铺设土工格栅加固软基.②路堤边坡加筋,土工格栅沿线路方向分层铺设.要求土工格栅抗拉强度在达到设计强度时的最大拉伸应变不大于 10%.在建线赣龙铁路长汀车站进站口 GDK143+665~800 段拟采用包裹式加筋土路堤^[1](路基

本体和软基由土工格栅加固),可使路堤左侧边坡坡率由 1:1.5 收坡为 1:0.75,避免了坡脚落入沟中,类似图 2 所示.

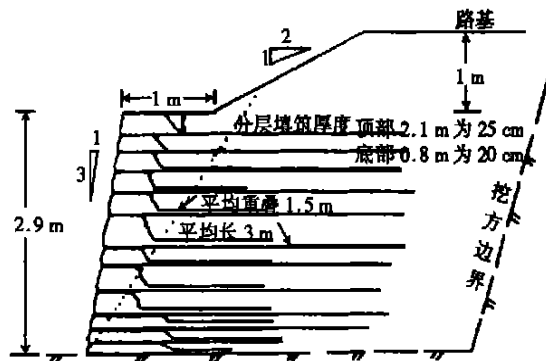


图2 土工布加筋和护面板的挡土墙

有关防锈蚀问题^[3]近年德国等国已研制开发了镀锌防锈腐钢条带或外包环氧树脂的金属条带、玻璃纤维等新合成材料.

2.4 种植植被

坡面喷播植草防护:适于一般土质路堤边坡坡面、土质及风化岩层呈Ⅲ类的土坡面.在建赣龙铁路长汀车站 GDK141+800~GDK143+700 考虑地层为风化颇重的砂板岩,为美化车站环境,边坡下部采用挡土墙(2~10 m),上部拟采用锚杆挂网喷植被混合料新型护坡工艺,为风化岩质边坡绿色防护推广积累资料.值得注意的是草种和混合料配合比的合理选择.

2.5 防止河水冲刷

防止河水冲刷坡脚可采用河岸防护工程,防止河水冲刷路堤或堑坡坡脚.通常抛填铁丝块石笼做成透水反压平台或修筑挡水坝、挑流坝等消除河水冲刷坡脚.

3 施工控制

施工控制主要指对岩土体采用有效的调控技术,适时控制岩体变形,改善岩体的应力状态以维护和改善岩土体稳定性,以期使岩土体的结构功能得到充分发挥.而岩土体的稳定,不仅与其自身结构、地下水及支挡防护措施有关,还与施工方法、施工工艺等密切相关.

3.1 深路堑施工控制

针对该线地势陡峻,地质条件复杂,开挖后在雨水及风化作用下易失稳,施工中必须采取必要措施加以控制:①在破碎地层地段,施工前先作好地面防排

水系统,施工过程中尽量避开雨季,安排在旱季. 堑坡采用分层开挖,分层开挖高度控制在 10 m 以内,防止一次开挖过深,挖后及时修整边坡. 设有挡护的部位,采用分段开挖、及时挡护. ②在成孔困难、无法沿开挖边坡线实施预裂爆破地段,宜采用分散药包进行松动控制爆破,两侧预留保护层,局部采用光面爆破修整边坡,减少爆破对边坡稳定的影响.

3.1.1 深路堑防护

深路堑指土质堑坡高 25~30 m,软岩坡高 30~35 m,硬岩坡高 35~40 m. 对其防护应充分考虑岩性、地质构造、岩体风化程度及地下水等因素合理选用防护措施. 一般重力式挡墙墙高应控制在 12 m 以内. 即使岩土性质较好,挡墙最高亦不宜超过 15 m,且墙高 >12 m 时应采用 C15 片石混凝土浇筑,以保证挡墙施工质量及整体稳定性. 考虑沿线石料充足,边坡防护应以采用浆砌片石挡墙、护墙、护坡为主,配以轻型封闭式防护,如挂网喷混凝土护坡较为有利. 具体防护措施详见表 1.

表 1 堑坡地质情况及其防护措施

堑坡地质情况	防护措施
①堑坡地段岩层严重风化,或存在坡面冲刷、岩块剥落	浆砌片石护墙+挡墙,或挡墙+挂网喷射混凝土护坡
②软质岩地段及破碎的硬质岩层地段	挡墙+护墙,或护坡防护时挡墙墙顶设置平台,平台宽度不小于 2 m
③岩体破碎、存在软弱结构面的较硬质岩地段	坡脚宜用锚固桩进行预加固,在开挖后做挡墙支护;或选择采用锚索桩、桩板墙、预应力锚索等
④极严重风化的软质岩层堑坡地段	M5 浆砌片石护坡,或排水骨架内播植草防护
⑤岩石顺层堑坡地段、膨胀土深路堑	锚固桩预加固,再进行路堑开挖,限制开挖后路堑边坡产生有害变形

3.1.2 潜在不稳定深路堑防护

针对该线类似 DK78+^{390~400} 顺层路堑,最大开挖高度超过 25 m 时,自然坡度 >25°,地层岩性为薄层钙质砂岩夹泥岩,或薄层泥化软夹层,风化颇重,基岩裂隙水发育,加之岩层走向与线路走向小角度相交,线路中心最大挖深 >15 米时,易于产生顺层滑动. 设计时可考虑采用:顺层清方,或边坡锚索加固. 该工点由于顺层清方将在路基左侧占地宽 150 米,且长大坡面破坏原有生态. 而采用锚索加固方案则对环境影响小,且工程量不大,经比选采用锚索方案. 设计参数 $\Phi=15^\circ$, $c=10\text{ kPa}$, $\gamma=20\text{ kN/m}^3$,水泥砂浆与岩土间粘结强度 400 kPa,孔径 130 mm,单孔锚固力 510 kN,坡面采用网喷射 C20 混凝土,厚 0.08 m. 同时要求坡

面防护路堑单级护坡高度不大于 12 m(见图 2),可保堑坡稳定.

施工中一旦发生滑坡,则应采取:① 作好防排水工程,通过控制地表水及时排走以减少渗入滑体,若滑体内存在大量地下水时,必要时应采取地下排水措施. ② 减载、反压措施,即在滑体前缘填土反压,后缘刷方减载. 要求减载部位必须适宜,根据实际情况确定后缘减载范围和减载厚度. ③ 在上述减滑措施基础上争取时间查明滑坡性质,进而采用相应措施来根治滑坡.

3.2 高路堤施工控制

沿线于都~西江、瑞金~河田、河田~朋口~乐江等山间谷地填方地段为洪积粘土,含水量大,必须加固处理,进而再对路堤坡面适当防护可使路基本体稳定.

3.2.1 基底处理

软基处理核心是控制基底以下软土体稳定,确保路基填筑过程及运营期间不发生有害的变形和位移. 施工主要从两个方面进行控制:一是对基底加固,二是合理控制路堤填筑速率.

1) 软基加固主要采用内插塑料排水板,材料铺设时沿线路横向铺设,如基底铺 30 cm 厚的中粗砂夹一层土工网. 在路堤填筑加载过程中,通过排水固结来提高其承载力和自稳能力.

2) 合理控制填筑速率:由于软基排水固结是一个相对缓慢的过程,路堤填筑加载速率与排水固结曲线要合理. 如果路堤填筑的速率过快,软基排水固结过程满足不了填筑加载的要求,则会发生路堤失稳. 在填筑过程中应加强施工观测,一般要求横向位移 >20 mm/d,竖向位移 >15 mm/d. 否则要暂缓填筑,待满足允许的变形位移值后再进行填筑.

3) 对于不良填料要进行施工控制. 如对于膨胀土填料,由于填筑土体抗剪强度低,遇水后抗剪强度更低,易引起路堤边坡溜坍或滑坡. 施工过程中还应严格控制填料的最佳含水率,填料压实厚度控制在 30 cm 以下,压实度控制在 90%以上,每填 60 cm 厚铺设 SS20 型双向土工格栅加固,加筋土路堤中的土工格栅的抗拉强度应严格按设计图的要求进行检测,使其达到设计强度时最大拉伸应变不大于 10%.

3.2.2 路基堤坡防护

对于路基堤坡应根据其路基高度、地基岩土特征、填料性质及施工工艺情况采用以下防护措施,详见表 2.

表 2 路基堤坡地质情况及其防护措施

路基堤坡情况	防护措施
①土质路堤边坡,土质及风化岩层呈Ⅲ类土	坡面喷播植草防护
②缓于 1:1 的风化岩石路堑或土坡	浆砌片石护坡,防止坡面风化剥落,地表水冲刷和表层溜坍
③ 1:0.5~1:1 风化岩石边坡或土质边坡	浆砌片石护墙
④土质或岩石极严重风化的高边坡及用此类填料填筑的路堤坡面(如白垩系红层、古老破碎的变质岩及花岗岩层和残积土)	片石拱型截水,骨架内喷播植草护坡;主骨架净距 3~4 米,拱间净距 3~4 米.骨架采用 M50 水泥砂浆浆砌片石砌筑,其上用 C10 混凝土浇筑.

3.3 对不良地质路地段的工程稳定性监测

对于软基加固地段,路堤填筑加载速率与排水固结曲线要严格控制.要求在填筑过程中加强施工观测,横向位移 ≥ 20 mm/d,竖向位移 ≥ 15 mm/d.

在深挖路堑地段,预锚固桩和抗滑桩完成后,要求从路堑开挖开始便进行位移的监测.对有顺层存在而没有支挡措施的地段,或设有抗滑挡墙及其它有可能存在边坡失稳的地段,要进行边坡位移的监测,及时绘制时间一位移曲线,从中判断堑坡稳定的趋势.若发现问题及时处理,雨季还应增加监测频率.采用监控技术来指导施工和反馈设计是确保工程安全、检验设计的必要手段.

4 主要结论与认识

1) 赣龙铁路沿线地势陡峻,地层、地质条件复杂,线路横穿山脊,路基工程深挖高填,边坡加固及防护工程量巨大.预计施工后可能在降雨、风化作用下易于出现边坡病害而提出相应的防护措施,以期指导施工单位通过施工控制进行防范,对于确保线路顺利完工及长期安全运营具有较大意义.

2) 文中提出的边坡防护措施是铁路部门多年

实践经验的总结,结合赣龙铁路沿线实际情况对路路基边坡采取相应防护措施,对开展探讨边坡防护理论与防护技术研究具有一定的价值.

3) 边坡防护作为路基工程施工的重要组成部分,是铁路建设的重要结构物之一.随着高速、重载铁路发展,已逐渐改变了过去将“路基工程”当作土石方堆积的长堤或把土石方运走挖出来的拉沟的想法.路基工程已被视作铁路重要结构物来研究和施工.要求把对岩土体的认识放在首位,地基处理、边坡防护为重点,工艺作为施工主线,强调施工控制在路基边坡防护中的重要性,是路基边坡防护中的新思路、新思维,将进一步促进路基边坡防护技术的发展.

4) 边坡防护中强调新材料、新工艺和新工法的开发和应用,如抗腐蚀加筋新材料、坡体内部加固工艺,以及边坡预应力锚固防护体系的研制与推广,已成为近年来边坡防护研究的热点.

参考文献:

[1] 铁道第三勘察设计院. 赣(州)龙(岩)铁路路基工程施工说明[R]. 2002.

[2] Popescu ME. Landslide causes to landslide remediation [M]. Landslide. Senneset(ed). Rotter dam Balkema, 1996. 75-96.

[3] Schuster RL Recent Advances in slope stabilization. [M]. Landslide. Bell(ed), Rotter dam Balkema, 1996. 1716.

[4] 王恭先. 中国铁路滑坡灾害及其防治研究[J]. 中国地质灾害与防治学报. 1996, 7(1).

[5] 吴宗俭. 重视人类活动造成不良地质. 发展加固路基技术[J]. 路基工程. 1998(3).

[6] 熊厚金. 国际岩土锚固与灌浆新进展[M]. 北京: 中国建筑工业出版社. 1996.

[7] 张倬元. 滑坡防治工程的现状与发展展望[J]. 地质灾害与环境保护. 2000, 11(2).

[8] 石文慧. 论中国铁路地质灾害问题, 中国地质灾害与防治学报[J]. 1992, 3(1).

Research of Slope Protection and Construction Control along Ganlong Railway

ZHENG Ming-xin, FANG Tao, ZENG Yun-hua

(Institute of Bridge & Road and Geotechnical Engineering, East China JiaoTong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The principle and method of slope protection in China railway are introduced at first. Then, on the basis of analyzing the slope features and the protective principles, how to choose the slope protective methods is discussed. Moreover, combining the geography, geological condition and geological structure features of GanLong railway, the construction control and countemeasures of slope protection are put forward. The main problems in the construction are brought up, which provides the beneficial quest for the high slope protection.

Key words: Ganlong railway; construction control; slope protection