

软质岩路堑高边坡的加固与防护技术研究

宋从军¹, 周德培¹, 鄢宏庆²

(1. 西南交通大学土木工程学院 成都市 610031; 2. 广东省交通职业技术学院 广州市 510650)

摘 要: 针对京珠高速公路粤境北段软质岩路堑高边坡工程地质和水文地质条件, 提出了锚固桩、预应力锚索桩、桩板墙、挡土墙及预应力锚索地梁等加固方案, 以及结合加固工程的边坡植被护坡技术。为保证合理组合的加固防护措施得到顺利实施, 给出了分层稳定、逐级加固和坡脚预加固的施工方法。

关键词: 路堑高边坡; 软质岩; 加固; 施工方法

京珠高速公路粤境北段小塘~甘塘段地处粤北韶关地区, 路线全长 109.292 km。路线所经地区位于粤北山区, 地形、地貌和地质条件十分复杂。受地形、地质条件的限制和线路技术标准的控制, 全路段出现路堑高边坡 144 处, 其中高度在 30 m 以上的边坡达 85 处, 最高边坡的高度大于 90 m。该路段不但路堑边坡高、数量多, 而且大部分位于全、强风化泥岩、页岩、泥质砂岩等软弱岩层中, 边坡岩体破碎, 节理发育, 风化严重。在这种地质条件下, 路堑一旦开挖, 其边坡常常不能维持自身的稳定而出现坍塌。针对该工程复杂的不良地质特点, 提出了与植被护坡相结合的成套加固与防护工程技术, 取得了很好的效果。

1 软质岩路堑高边坡设计的主导思想

软质岩路堑高边坡设计, 以往一般是在选定适当的边坡坡率后, 认为边坡本身是稳定的, 再辅以一定的挡护工程, 即可保证边坡的长久稳定。但这种结构形式从近年的工程建设实践来看, 出现了不少问题, 尤其是在山区。由于受地质构造的影响, 路线所经地区的岩层往往受断层的影响被切割破碎, 节理发育, 且有软弱夹层, 边坡开挖后其自稳定性较差。由于目前施工的机械化程度提高, 施工单位大多采用机械化大拉槽, 在大拉槽施工后, 后续支挡工程的施工周期较长, 软质岩边坡长期暴露, 使路堑边坡处于不稳定状态, 稍有不利因素的影响, 如地表水下渗、坡脚开挖过陡或挖槽内积水, 都将造成坡脚强度

降低, 致使边坡变形而引起坍塌。所以, 常规的挡土墙等支挡工程用在软质岩路堑边坡, 特别是高边坡中, 往往不能满足边坡支护的要求。

针对京珠高速公路粤境北段小塘~甘塘段软质岩路堑高边坡的工程地质条件, 设计的主导思想是在确保工程安全的条件下, 采用投资省、工期短的新型支挡结构和施工方法, 具体为锚固桩、预应力锚索桩、桩板墙、挡土墙及预应力锚索地梁等加固方案。坡面防护形式主要为拱型骨架草皮护坡、六棱砖植草、液压喷播和客土喷播等植被防护, 有的地方也采用浆砌片石、护面墙等工程护坡措施。这些工程措施的合理组合利用, 经实践证明对路堑高边坡的稳定性都是十分有效的。下面结合表 1, 对部分高边坡工点的加固与防护措施分别加以介绍。

2 边坡加固工程

2.1 预应力锚索

预应力锚索技术是 20 世纪 80 年代以来广泛应用于岩土工程的一项新技术, 预应力锚索技术用于整治滑坡及边坡加固具有施工机动灵活、施工快、安全、造价低等优点。因此, 在公路建设中已广泛应用于整治滑坡、加固顺层边坡、加固软质岩路堑高边坡等工程中。

为了保证边坡在施工过程中的稳定性, 并配合机械化大拉槽开挖, 在京珠高速公路粤境北段软质岩高边坡地段, 设计为分级开挖、分级采用预应力锚索地梁加固的新型结构。即设计中采用台阶式边

表 1 部分高边坡工点的加固与防护措施

地质描述	加固与防护措施	图式
<p>(1)K18+010~K18+130 位于碳酸盐岩与碎屑岩过渡地带,地层岩性有粘土、亚粘土、白云质灰岩、页岩和砂岩互层。节理发育,岩体破碎。</p>	<p>第 1 级边坡坡脚为浆砌片石混凝土挡墙,第 3、4 级为预应力锚索地梁加固。地梁间为六棱砖植草防护,其余用拱型骨架植草防护。</p>	
<p>(2)K18+130~K18+225 位于碳酸盐岩与碎屑岩过渡地带,节理发育,岩体破碎。有煤系地层且含水量大,锚索不能提供足够锚固力。</p>	<p>第 1 级边坡坡脚为锚固桩加桩间挡土板。坡顶增设一排锚固桩,间距 6 m,桩径 2×3 m,桩长 28 m。边坡放缓,设支撑渗沟。拱型骨架植草护坡。</p>	
<p>(3)K46+418~K46+496 有一断层,岩层破碎,节理发育。岩性为页岩夹砂岩,页岩内含水量大,局部土体呈流塑状。坡体上方岩体较松散。</p>	<p>坡脚采用锚固桩加桩间挡土板,第 3 级平台设锚索桩,外挂挡土板,第 5 级坡面锚索地梁加固。六棱砖植草防护,其余用拱型骨架植草防护。</p>	
<p>(4)K56+600~K56+700 坡体上部为 2 m 厚亚粘土,下部为 3~8 m 全风化层白云质砂岩。有地下水,水对钢绞线有腐蚀作用。</p>	<p>坡脚设挡土墙,第 2 级平台设锚固桩,取消预应力锚索。增设仰斜深层排水孔,用拱型骨架植草护坡。</p>	
<p>(5) K98+395~K98+900 位于老滑坡复活地带,表层是较厚的残坡积亚粘土层,层下是由泥岩、砂岩及煤层组成的强风化软质岩层,裂隙发育,稳定性差,地下水发育。</p>	<p>坡脚采用预应力锚索抗滑桩加护面墙,第 2~5 级边坡采用预应力锚索地梁加固。地梁间为六棱砖植草防护,其余用拱型骨架植草防护。</p>	
<p>(6) K100+800~K100+920 上覆第四系坡残积亚粘土层,基岩为页岩夹细砂岩、煤层。节理发育,岩体破碎,开挖后易风化,有地下水。</p>	<p>坡脚采用抗滑桩加护面墙,第 3 级平台采用抗滑桩。在第 2、3、4 级边坡设支撑渗沟,用拱型骨架植草护坡。</p>	

坡,每级边坡之间设一定宽度的平台(3~4 m),每开挖一级边坡,先施工该级边坡的预应力锚索,然后施工钢筋混凝土地梁,待该级边坡预应力锚索在地梁上张拉锁定后,再开挖下级边坡。锚索一般采用 $4\phi 15.2$ mm 低松弛高强度钢绞线制作,钢绞线强度 $\geq 1\ 860$ MPa,锚索设计张拉吨位为 500 kN,锁定在 C20 钢筋混凝土地梁上。锚索钻孔采用潜孔钻,锚孔内灌注 42.5 级水泥的纯水泥浆,水泥浆强度为 M25,要求从孔底灌浆直至孔口溢浆后方可停止注浆。地梁之间边坡,根据其地质条件采用拱型骨架植草护坡(或六棱砖植草护坡、护面墙护坡)。

2.2 锚固桩

由于路堑高边坡的边坡较高,坡脚往往会产生应力集中,加之地质条件较差,边坡极易产生坍塌破坏。采用抗滑桩或预应力锚索抗滑桩对坡脚进行预加固,对整个边坡的稳定十分有利。因为抗滑桩的施工可以在坡脚边坡未开挖情况下先实施预加固,待桩竣工达到一定强度后,再开挖坡脚土体,这样就不至于引起坡脚开挖时边坡土体的松弛变形,从而有效地控制边坡松弛造成的土体应力释放。京珠高速公路粤境北段软质岩路堑高边坡工程地质条件较差,而且有一部分边坡位于煤层中,边坡土体强度低、稳定性差,采用一般的支挡工程不足以保证路堑边坡的稳定,所以在设计中多处采用了锚固桩加固工程措施。

坡脚锚固桩的布置位置有 2 种:一是平台桩,将锚固桩设在一级平台上,桩不外露;二是坡脚桩,将桩设在碎落台边缘,桩间设挡土板或桩间挡土墙。平台桩一般用于当边坡高度不太高而且有放坡条件的边坡。对一些边坡高且地质条件较差的工点,设计上采用了分级设桩支挡的工程措施。

2.3 挡土墙

挡土墙是边坡支挡工程中经常采用的工程结构。当边坡不高或边坡地质条件较好时,为了加强坡脚强度,设计中多处采用了 C15 片石混凝土挡土墙作为坡脚支挡工程。

3 边坡防护工程

针对京珠高速公路粤境北段软质岩工程地质条件,边坡采用了不同的防护形式。

3.1 支撑渗沟

当边坡土体含水量较高、地质条件较差时,设计中采用支撑渗沟。采用支撑渗沟能及时排除土体的

水,对土体及时疏干,使土体强度不会因水而下降,从而保证边坡不发生浅层溜坍,这种措施对加固坍塌地段边坡十分有效。

3.2 拱型骨架草皮护坡

在边坡自身稳定条件下,为了美化环境和防止水对边坡的冲刷而引起表层溜坍,设计上采用了拱型骨架草皮护坡对边坡进行防护。

3.3 六棱砖草皮护坡

对强风化层边坡,为美化环境,设计上采用了六棱砖植草防护。

3.4 浆砌片石护坡

对一些地质条件较差的边坡,特别是含煤层边坡,为了防止水的侵入对边坡造成危害,采用浆砌片石护坡对边坡进行全封闭防护。

3.5 护面墙

设计上,护面墙主要用于一些地质条件较好,但岩体较松散、破碎的软质岩边坡。

以上边坡防护工程在京珠高速公路粤境北段软质岩路堑高边坡防护上广泛采用,在地下水或裂隙水较发育的地段,设计上还采用了深层仰孔排水管,及时排除土体内的水。但这几种防护工程措施,在高边坡设计中一般不单独使用,而是与边坡加固工程组合使用。

4 施工方法及工艺的设计

路堑高边坡的施工,是一个破坏山体原有力学平衡又用支挡加固工程重建新的力学平衡的过程,施工方法和工艺极大地影响边坡的稳定。有许多路堑高边坡虽设计合理,但由于施工方法及工艺不当或工程措施未及时实施,导致施工中边坡失稳破坏,造成重大损失;有些则留下隐患,影响路堑边坡的长期稳定性。由此可见,路堑高边坡的施工方法及工艺设计也是十分重要的。

4.1 分级开挖、分级加固和坡脚预加固

软质岩边坡强度低,节理裂隙发育呈碎裂状,且遇水软化,路堑边坡开挖引起的应力状态的改变将导致边坡局部应力集中,而超出土体自身强度。如果采用从上至下全断面开挖后再支挡、加固的施工方法,必然会导致边坡在开挖过程中或开挖后加固工程还未来得及施工就失稳。因此,在这类地层中,设计上对施工工艺水平和施工方法提出了特殊要求,即采用分级开挖、分级加固和坡脚预加固的施工方法。其施工工艺流程如图 1 所示。

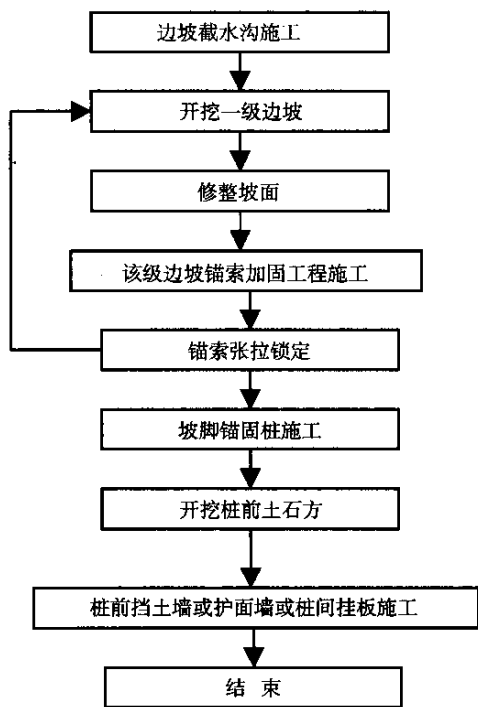


图 1 分级开挖、分级加固和坡脚桩预加固施工流程

图 1 所示的工艺流程是按设计断面开挖至有锚索那一级边坡后,停止开挖下级边坡,先对已开挖的边坡施工预应力锚索,待预应力锚索张拉后,再开挖下级边坡并施工下级边坡锚索,如此循环往复,直至施工至设计标高。当坡脚有桩时,边坡开挖至桩顶标高后,停止开挖桩前土体,先施工桩,待桩施工完成后再施工桩间挡土墙、桩间挂板或桩前护面墙。

4.2 分级稳定和坡脚桩预加固

分级稳定和坡脚桩预加固施工流程如图 2 所示,即土石方由外向内分层开挖,边坡按设计的稳定边坡坡率一次刷够,不得留有陡坎。边坡形成后,立即施工护墙(坡),施工护墙(坡)前首先去掉边坡松土、反滤层、伸缩缝沥青木板。当边坡开挖至桩顶标高后,停止土方开挖,施工锚固桩,待锚固桩施工后,再开挖桩前土体,分段砌筑挡墙(护墙)等工程。

软质岩路堑高边坡采用上述施工工艺和施工方法后,不但满足了设计要求,而且也适应了目前机械化大拉槽的施工要求,提高了施工工效,确保了施工工期。分级开挖并分级稳定、加固后,减少了边坡的应力松弛而引起的土体强度的降低,确保了路堑高边坡在施工过程中的安全和边坡的长期稳定。

对开挖后的边坡,设计上要求应及时作好坡面防护,防止边坡开挖暴露后在干湿循环及雨水的作用

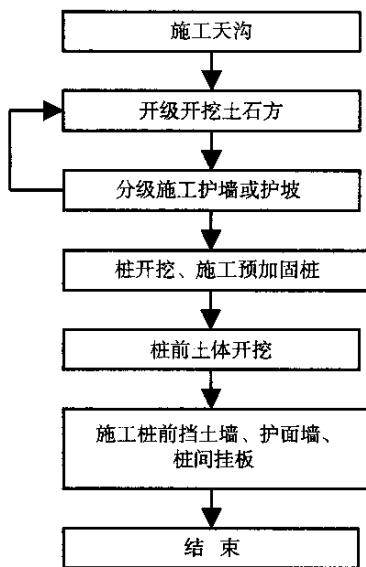


图 2 分级稳定和坡脚桩预加固施工流程

下,强度降低,产生冲蚀、浅层坍滑。因此,及时做好坡面防护工程,就可以尽量减少干湿变化及雨水作用对边坡的不利影响。

设计中强调了在开挖过程中要做好临时排水系统,尽量减少雨水渗入边坡土体或冲刷边坡。因在雨水等不利因素影响下,常会导致边坡坍滑、坡面冲蚀、浅层溜坍。

5 结语

京珠高速公路粤境北段软质岩路堑边坡设计上针对其工程地质特性,采取了相应的加固与防护措施,而且针对不同的工程措施提出了不同的施工工序和施工工艺。将路堑高边坡的施工工艺、施工方法与设计工程措施统一考虑,紧密结合,确保了施工中边坡的稳定,避免了坍方、滑坡,从而加快了施工进度,缩短了工期,减少了工程投资。这些新型的加固工程措施及科学的施工方法,对今后类似地质条件边坡的设计和施工具有广泛的指导意义。

参考文献:

- [1] 宋从军,周德培,肖世国. 预应力锚索地梁的内力计算[J]. 西南交通大学学报, 2001, (5).
- [2] 夏雄,周德培. 预应力锚索地梁在边坡加固中的应用实例[J]. 岩土力学, 2002, (2).
- [3] 周德培,王建松. 预应力锚索抗滑桩内力的一种计算方法[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, (2).
- [4] 刘小丽,周德培,杨涛. 加固土坡的抗滑桩内力计算新方法[J]. 工业建筑, 2003, (4).

新标准图出版发行

交通部 2003 年 9 月 17 日以交公路发[2003]395 号发布公路桥涵标准图《钢筋混凝土盖板涵》及《石、混凝土预制块拱涵》的通知,该批标准图作为交通行业标准从 2003 年 10 月起执行。1993 年发布的《钢筋混凝土盖板涵(JT/GQB 003—93)》和《石拱涵(JT/GQB 004—93)》同时作废。

该批图纸由中交公路规划设计院主持修订,并负责审查和出版,由《公路》杂志社负责发行。

图 号	图 名	技 术 指 标	定 价
JT/GQB 003—2003	钢筋混凝土 盖板涵	跨 径: 1.50、2.00、3.00、4.00 米 斜交角: 0°、10°、20°、30°、40° 荷 载: 汽车—20 级、挂车—100 汽车—超 20 级、挂车—120 涵顶填土高度: 0.5~8.0 米	120 元
JT/GQB 004—2003	石、混凝土 预制块拱涵	跨 径: 1.50、2.00、3.00、4.00 米 斜交角: 0° 矢跨比: 1/2 荷 载: 汽车—20 级、挂车—100 汽车—超 20 级、挂车—120 涵顶填土高度: 0.5~12.0 米	120 元

联系人: 叶萍
电 话: 010—65279988—1408(上午),2202(下午)
传 真: 010—65279988—1801

[5] 王跃敏. 预应力锚索与格形地梁的联合应用[J]. 路基工程,1997,(5).

[6] 朱正武,李红超. 预应力锚索与混凝土地梁在边坡治理中的应用[J]. 探矿工程,2001,(增刊).

[7] 沈珠江. 桩的抗滑阻力和抗滑桩的极限设计[J]. 岩土工程学报,1992,(1).

[8] 励国良. 锚索抗滑桩与滑坡相互作用的计算[A]. 滑坡文集(第十三集)[C]. 北京:中国铁道出版社,1991.

[9] 李德芳,张友良,陈从新. 边坡加固中预应力锚索地梁内力计算[J]. 岩土力学,2000,(2).

[10] 戴自航. 抗滑桩滑坡推力和桩前滑体抗力分布规律的研究[J]. 岩石力学与工程学报,2002,(4).

Study one Technology of Strengthening and Protecting
High-cut slope of Soft Rock

SONG Cong-jun¹, ZHOU De-pei¹, YAN Hong-qing²

(1. School of Civil Engineering ,Southwest Jjiaotong University, Chengdu 610031, China;
2. School of Guangdong Professional Technology of Communication, Guangzhou 510650, China)

Abstract: According to the analysis of the high-cut slope of soft rock where is easy to have problems in the Xiaotang-Gantang section of Beijing-Zhuhai Expressway, a reasonable engineering technology of strengthening and protecting the high-cut with soft rock is suggested. The strengthening engineering includes unti-slide piles, prestressed anchoring piles, pile-sheet retaining wall, gravity retaining wall, and the stone retaining wall and the vegetated slope. The construction method of strengthening the slope cut in steps is introduced.

Key words: high-cut slope; soft rockmass; strengthening; construction method