

# 西安市至安康市高速公路边坡防护形式及其对比分析

吕惠明

(西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 公路边坡是公路建设中破坏最为严重的区域之一。根据在陕西省西安市至安康市高速公路进行的试验研究, 总结出了护面墙、框格防护、铺砌片石护坡、排水固结等 19 种边坡防护形式。施工中应根据具体的工程特点确定合适的防护方式。在该段高速公路具有代表性边坡和二级边坡设定了 22 个监测点, 以观测包括灌木的干茎、冠径、高度的变化, 草坪的覆盖度、成活率、出苗率、生长势等项目, 并且分析了植被生长情况与环境条件的关系。研究结果可为高速公路边坡绿化模式的选择提供参考。

**关键词:** 高速公路; 运输道路; 边坡绿化; 边坡防护类型; 西康高速公路

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)05-0301-04

中图分类号: S157

## Side-slope Protection Forms of Xi'an—Ankang Highway and Their Compative Analysis

LÜ Hui-ming

(Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Highway side-slope is one of the most seriously damaged areas in highway construction. Based on an experimental study in the Xi'an—Ankang highway of Shaanxi Province, 19 side-slope protection forms are summarized and analyzed, i. e., retaining wall, gridiron protection, paved stone slope, drainage consolidation, etc.. 22 scientific research sites were set on typical slopes and secondary slopes in the Xi'an—Ankang section to observe the changes of shrub stem, diameter and height, lawn coverage, survival rate, emergence rate and growth potential, as well as to analyze the relationship between vegetation growth and environmental conditions. It is clarified that a suitable protection form should be determined by the characteristics of specific engineering. The result from the analysis can offer scientific reference for selecting an ecological side-slope protection mode in highway construction.

**Keywords:** highway; transportation road; slope greening; side-slope protection type; Xi'an—Ankang highway

高速公路作为高速干线运输通道, 以其快捷性、舒适性及安全性成为国民经济以及现代化生活的重要交通枢纽。而当公路建成以后, 随着以绿化和生态恢复为主的环保工程措施的实施, 出现了一个新的生态系统——路域生态系统, 其范围是公路用地界之内, 宽约 20~70 m, 长数十至数百公里的地带。其中, 生物因素包括中央分隔带植被、边坡植被、护坡道植被、立交区植被和隔离栅植被等, 另外, 这里还栖息了许多小型哺乳和爬行动物, 灌丛和枝头的鸟类, 农田迁来的害虫和天敌, 排水沟的两栖类动物等。这一系统的成分、结构、演替等, 比周围的自然生态群落单纯一些, 但又比农田等人工生态环境复杂。随着人们环境保护意识的提高和交通安全观念的转变, 高速公路的边坡防护设计与施工越来越引起人们的重视。每一种生态防护形式都有一定的适用范围和局限性, 在实际应用中

应本着因地制宜的原则, 根据具体的工程特点合理选用防护方式<sup>[1]</sup>。在制定边坡植被方案时, 应充分考虑各种客观因素对边坡植被的影响, 要以护坡和生态功能为主, 把对自然的扰动和破坏控制在最小的限度内<sup>[2]</sup>, 同时兼顾景观效果; 要从长远利益和大局出发, 突出边坡防护以及植被的稳定性和可持续性<sup>[3-5]</sup>。要确保高速公路边坡的稳定、安全, 搞好环境保护, 必须加强高速公路边坡防护的综合研究。

西安市至安康市段高速公路是国家高速公路网包(头)茂(名)线的重要组成部分, 也是陕西省高速公路网南北方向的主要经济干线, 对进一步促进安康与关中地区及发达城市的经济文化交流和联系, 加快旅游和经济发展, 实现安康突破发展, 建设西部强省, 打造西安、成都、重庆“西三角经济圈”都具有十分重大的意义。高速公路的边坡和路面是反映公路修建质

收稿日期: 2012-03-28

修回日期: 2012-05-03

作者简介: 吕惠明(1953—), 男(汉族), 陕西省南郑县人, 工程师, 研究方向为高速公路建设管理及高速公路生态、绿化。E-mail: hml@ms.iswc.ac.cn.

量的两面镜子,边坡防护设计与施工越来越得到人们的重视。因此,作者在陕西省西安市至安康市段高速公路具有代表性边坡和二级边坡进行了试验研究,以期通过对相关数据的分析选择合理的边坡生态护坡模式。试验共设有 22 个监测点,其中西安市至安康市段一期 9 个点,二期 13 个点,重点对 8 种生态防护模式进行调查研究。每隔 15 d 观测 1 次,观测内容包括灌木的干茎、冠径、高度的变化,草坪的覆盖率、成活率、出苗率、生长势等,并分析植被生长情况与环境条件的关系。以此为基础,对陕西省西安市至安康市段高速公路边坡防护的形式进行总结和分析。

## 1 陕西省西安市至安康市段高速公路概况

陕西省西安市至安康市段高速公路全长 195 km (图 1—2),由西柞高速、秦岭终南山公路隧道、柞小高速、小康高速 4 段组成。其中北段西安至柞水段已于 2002 年 9 月 29 日开工建设,穿越秦岭主峰的秦岭终南山特长公路隧道是目前世界第 2,亚洲第 1 的公路隧道。2009 年 5 月 28 日,小河至安康高速公路建成通车,标志着西安市至安康市高速公路全线通行,小河镇至安康市高速公路位于安康市汉滨区和旬阳县境内,路线北起旬阳县小河镇坪槐村,接已通车的柞水县至小河镇高速公路,途经小河、桐木、麻坪、茨沟、谭坝、花园、五里 7 乡镇,与在建的安康至紫阳(陕川界)公路和 316 国道相连。路线全长 58.261 km,设计速度 80 km/h,采用双向 4 车道设计标准,整体式路基宽度 24.5 m,分离式路基宽度 12.25 m。概算总投资  $5.18 \times 10^9$  元。路基土石方  $7.84 \times 10^6 \text{ m}^3$ ;防护排水工程  $6.61 \times 10^5 \text{ m}^3$ ;分离式特大桥 10.03 km(6 座),大桥 25.2 km(76 座),中桥 2.91 km(40 座),人行天桥 274.65 m(4 座);互通式立交 3 处;跨线桥 4 处;通道 9 道;涵洞 98 道;沥青混凝土路面  $882.1 \text{ km}^2$ ;特长隧道 36.84 km(6 座,单幅),长隧道 6.52 km(4 座,单幅),中短隧道 5.91 km(21 座,单幅)。



图 1 西安市至安康市段高速公路上的立交桥

陕西省西安市至安康市段高速公路路基边坡防护工程对于防止地表径流对新生裸露面的冲刷,维护边坡稳定,防治水土流失,预防崩塌、滑坡及泥石流的发生,保护高速公路运行安全起着十分重要的作用,水土保持工程措施符合相关技术标准及设计要求,基本达标。建成的挡墙、护坡和护堤等工程措施结构合理,质量高,安全稳定,运行良好,有效保护了工程边坡和弃渣的稳定,大大降低了水流对路基和路堑边坡的冲刷,起到了良好的水土保持效果。



图 2 西安市至安康市段高速公路全长 11.2 km 的包家山隧道

## 2 陕西省西安市至安康市段高速公路多种边坡防护形式

(1) 护面墙。护面墙多用于易风化的云母片岩、绿泥片岩、泥质灰岩、千枚岩及其他风化严重的软质岩层和较破碎的岩石地段,以防止继续风化,可以有效地防止边坡冲刷,防止滑动型、流动型及落石型边坡崩塌,是上边坡最常见的一种防护型式。护面墙除自重外,不担负其他荷载,亦不承受墙后土压力,因此护面墙所防护的挖方边坡坡度应符合极限稳定边坡的要求。护面墙有实体护面墙、孔窗式护面墙、拱式护面墙等。实体护面墙用于一般土质及破碎岩石边坡;孔窗式护面墙用于坡度缓于 1:0.75 的边坡,孔窗内可捶面(坡面干燥时)或干砌片石;拱式护面墙用于边坡下部岩层较完整而需要防护上部边坡者。用护面墙防护的挖方边坡不宜陡于 1:0.5。挖方路堑的边坡防护方案主要是浆砌片石护面墙。该方案能防止岩土风化,防止水分渗入,所需材料是片石、砂浆,易就地取材,工程造价低,方便施工。在公路防护中大量采用。

(2) 框格防护。框格防护是用混凝土、浆砌块(片)石等材料,在边坡上形成骨架,能有效地防止路基边坡在坡面水冲刷下形成冲沟,同时,提高了边坡表面地表粗度系数,减缓了水流速度。一般冲刷仅限于框格内局部范围,采用框格防护与种草防护相结合

的方法,提高了防护效果,同时美化了环境。框格防护多用于路基下边坡,是一种辅助性的防护措施,除对路基边坡具有一定的防护作用外,还有对路基的美化效果。框格防护措施同时可用于土质上边坡防护,既美观,又可防止边坡出现冲刷。但由于框格需在边坡中嵌槽镶进,施工难度大,仅在重要景点使用,一般较少采用。

(3) 铺砌片石护坡。在稳定的边坡上铺砌(浆砌或干砌)片石、块石或混凝土预制块等材料以防止地表径流或坡面水流对边坡的冲刷,铺砌方式一般采用浆砌,冲刷轻微时,可采用干砌。浆砌片石护坡的使用条件:①在缓于1:1的各种岩石和土质边坡上,其边坡因风化剥落和表水冲刷,易发生流泥冲沟及表层溜坍等现象,在当地石料充足可采用浆砌片石护坡;②当水流速度较大(4~5 m/s),波浪作用较强,以及可能有流水、漂浮物等冲击作用时,为防护不同岩层不同部位,可结合其他防护措施使效果更好;③对于严重潮湿或冻害严重的土质边坡,在未进行排水措施以前,则不宜采用浆砌片石护坡。

(4) 排水固结。排水固结加固软土地基技术在我国广泛应用于土木工程领域的交通(公路、港口、机场、铁路等)工程,水利工程,市政工程,工业与民用建筑工程,环境保护工程等,每年处理软基总面积逾亿平方米。排水固结加固软基技术涉及到设计方法、产品质量标准、质量检验以及施工与验收等方面的内容。排水固结主要用于边坡表层地下水较多处的边坡加固,其方法有树枝状盲沟、塑料排水管边坡和土质挖方边坡。

(5) 砼预制六棱空心砖植草。空心砖本身可以减缓水流速度,防止坡面水流冲刷形成冲沟,且植草可利用根系与土的结合稳定边坡坡面土体。空心砖预制简单,铺设快,工期缩短,同时改善生态环境,美化路容,既可用于填方路堤防护,也可用于挖方路堑边坡。如K316+600—K316+760等段落内的挖方边坡原设计为护面墙防护,后经分析比较,认为空心砖植草防护能够达到防护目的,工期短,路容好,故采用了该方案防护。此护坡形式应成为公路边坡防护的主要形式之一。

(6) 拱形骨架内植草防护。多适用于坡比不陡于1:0.75的土质边坡。浆砌片石拱形骨架形成流水槽,防止雨水冲刷边坡,确保边坡稳定;拱内种植草皮美化环境。但此种护坡不太适用于高陡的石质边坡,因在施工槽拱时不易成槽,也不利于植被生长,所以填方区的下边坡拱形骨架防护高水1~1.1。此种护坡在我国高速公路近几年来应用最为广泛。

(7) 抗滑桩。抗滑桩是穿过滑坡体伸入滑床的桩柱,用以支挡滑体的滑动力,起稳定边坡的作用,适用于浅层和中厚层的滑坡,是一种抗滑处理的主要措施。但对正在活动的滑坡打桩阻滑要慎重,以免因震动而引起滑动。使用抗滑桩,土方量小,施工需有配套机械设备,工期短,是广泛采用的一种抗滑措施。根据滑坡体厚度、推力大小、防水要求和施工条件等,选用木桩、钢桩、混凝土桩或钢筋(钢轨)混凝土桩等。抗滑桩是一种较理想的抗滑设施,但投资较大。

(8) 矮墙。在起点处砌筑1~2 m矮墙,不再设置护面墙。在矮墙上设置城墙垛口,表面用料石镶面。这样既降低工程造价又可以防止碎落物进入路面,且可引导司机视线,美化环境。

(9) 压浆锚柱(固结)。压浆锚柱(固结)简单地说就是往地层注入水泥浆(掺一定量的外加剂)以改变土(岩)体物理力学性质(必要时,加一钢筋笼或钢筋束,即锚柱),从而稳定边坡的一种方法。其施工设备简单,占地面积小,工期短,见效快,加固地层的深度可深可浅,但难以检测注入范围和判断固结状态。

(10) 预应力锚索。用预应力锚索处理单斜构造岩石边坡,对保证该类边坡的稳定有较好的效果,但难以准确计算被锚固体的下滑力和张拉控制应力。

(11) 窗孔肋式护坡。窗孔肋式护坡窗孔肋式护坡一般用浆砌片石或片石砼做肋。用预制砼块做成拱形窗台,并将坡面水归往肋上排出,窗内可植草,是一种目前较为理想的防护形式,但应加强施工治理和质量监理。

(12) 三维植被网绿化防护技术。三维植被网绿化防护技术是利用活性植物并结合土工合成材料等工程材料,在坡面构建一个具有自身生长能力的防护系统,通过植物的生长对边坡进行加固的一门新技术。根据边坡地形地貌、土质和区域气候的特点,在边坡表面覆盖一层土工合成材料并按一定的组合与间距种植多种植物,通过植物的生长活动达到根系加筋、茎叶防冲蚀的目的。植被网经过生态护坡技术处理,可在坡面形成茂密的植被覆盖,在表土层形成盘根错节的根系,可有效抑制暴雨径流对边坡的侵蚀,增加土体的抗剪强度,减小孔隙水压力和土体自重,从而大幅度提高边坡的稳定性和抗冲刷能力。

(13) 面墙与挂网。此种护坡可应用于边坡岩层出露较为破碎,节理发育,局部出现滑塌的地方。一级边坡布置C25钢筋混凝土锚索地梁;二级边坡布置400 mm等厚护面墙,护面墙上布置锚杆,锚杆在水平和垂直方向间距3 m,呈梅花型布置,锚杆长度9 m,倾角25°。三、四级护面墙只设护面墙不设锚

杆。一级边坡设 400 mm 护面墙配锚杆,二级以上只设护面墙不设锚杆,一级边坡设锚索地梁,二级、三级设护面墙配锚杆,四级以上采用挂网喷锚防护。护面墙后面设锚杆可以使护面墙与山体紧密地结合在一起防止岩体滑塌,虽然其固坡能力不如锚索地梁,但在地质条件允许的条件下更为经济。

(14) 平铺草皮护坡。通过人工在边坡坡面铺设天然草皮的一种传统边坡植物防护措施,具有施工简单,工程造价较低等特点。适用于附近草皮来源较易,边坡不高且坡度较缓的各种土质及严重风化的岩层和成岩作用差的软岩层边坡防护工程,是设计应用最多的传统坡面植物防护措施之一。但由于施工管理困难,特别是后期养护难,平铺草皮易被冲走,且成活率低,工程质量往往难以保证,而造成坡面冲淘,表土流失、坍塌等边坡病害,需要大量的边坡病害整治、修复工程。近年来,由于草皮来源紧缺,平铺草皮护坡的选择逐渐受到了限制。

(15) 人工草护坡。这通过人工在边坡坡面简单播撒草种的一种传统边坡植物防护措施,多用于边坡不高,坡度较缓且适宜草类生长的土质路堑和路堤边坡防护工程。由于草籽播撒不均匀,草籽易被雨水冲走,种草成活率低等原因造成坡面冲刷,表土流失等边坡病害,往往达不到满意的边坡防护效果,使得该技术近年应用较少。

(16) OH 液植草护坡。该项技术是国外近 10 a 多新开发的一项边坡化学植草防护措施。它是通过专用机械,将新型化工产品 HYCEL-0H 液用水按一定比例稀释后和草籽一起喷洒于坡面,使之在极短时间内硬化,而将边坡表土固结成弹性固体薄膜,达到植草初期边坡防护目的,3~6 个月后其弹性固体薄膜开始逐渐分解,此时草种已发芽或生长成熟,根深叶茂的植物已能独立起到边坡防护和绿化双重效果,具有施工简单、迅速,不需后期养护,边坡防护、绿化效果好等特点。

(17) 播植草护坡。液压喷播植草护坡是国外近 10 a 多新开发的一项边坡植物防护措施,是将草籽、肥料、黏着剂、纸浆、土壤改良剂、色素等按一定比例在混合箱内配水搅匀,通过机械加压喷射到边坡坡面而完成植草施工的。

(18) 客土喷播。客土喷播技术起源于日本(日本称之为厚层基材喷播技术),是将种子、肥料、保水剂、土壤改良剂、pH 缓冲剂、土和水,混合成泥浆状,

然后用专业客土喷播机喷到坡面上的施工方法。在硬度较大的石质边坡且边坡稳定的情况下,通过实施客土喷播,可以使裸露的边坡披上绿装,达到美化景观的作用。多适用于上边坡,尤其是石质边坡。采用了钢筋(或土工)网的客土喷播,适用范围广泛,对于整体稳定性较好,或只有部分坡面岩体比较破碎,或边坡整体稳定性较差,坡面出现大块松动岩石,且坡体大部分岩石碎裂的边坡,均可适用。

(19) 植生带。植生带是采用专用机械设备,依据特定的生产工艺,把草种、肥料、保水剂等按一定的密度定植在可自然降解的无纺布或其他材料上,并经过机器的滚压和针刺的复合定位工序,形成一定规格的产品。植生带制作的关键是草种配比。植生带护坡的特点是:植生带置草种与肥料于一体,播种施肥均匀,数量精确,草种、肥料不易移动;植生带具有保水和避免水流冲失草种的性质;采用可自然降解的纸或无纺布等作为底布,与地表吸附作用强,腐烂后可转化为肥料。适用于坡度较缓、坡表平整的土质或砂土类边坡和已做工程加固(如方格混凝土肋)的石质边坡以及较低缓的石质边坡。

### 3 结论

高速公路是现代社会文明和经济发展的象征,是社会经济发展的大动脉。高速公路边坡植被恢复是高速公路建设的重要组成部分,关系着高速公路的可持续发展。公路边坡是公路建设中破坏最为严重的区域之一,其开挖路堑、填筑路堤,都会导致原生植被破坏,动物栖息地破坏,水土流失等一系列生态环境问题,因此恢复和重建高速公路边坡及路两旁的自然生态植被势在必行。由于生态防护的效果突出,且具有较好的景观效果,它是公路边坡防护的主要形式。

#### [参 考 文 献]

- [1] 刘观仕. 高速公路软土路基拓宽变形性状与时间效应分析[D]. 武汉:武汉岩土力学研究所,2009:33-36.
- [2] 吝亚云. 浅析高速公路边坡绿化技术[J]. 陕西林业,2007,21(5):41-43.
- [3] 肖永青. 高速公路边坡植被恢复存在问题及对策建议[J]. 林业科技情报,2009,41(4):82-86.
- [4] 李永红,高照良,彭珂珊. 中国耕地资源保护与可持续利用研究[M]. 北京:中国言实出版社,2011:51-55.
- [5] 高速公路丛书编委会. 高速公路规划与设计[M]. 北京:人民交通出版社,2003:22-25.