

干旱半干旱区公路水土保持措施对土壤物理性质的影响

蔡万鹏,李宏钧,刘涛 (交通运输部科学研究院,北京 100029)

摘要 为了更好地开展干旱半干旱区的公路水土保持工作,保护干旱半干旱区公路沿线的生态环境,以国道 045 主干线赛里木湖至果子沟口段高速公路为例,分析研究了水土保持措施布设 6 年后的土壤物理性质变化。结果表明,该区域挖方边坡适宜采用无防护措施,任其自然恢复,其土壤的抗冲抗蚀性更好;填方边坡适宜采用工程措施+本土适生植物相结合的措施进行防护,在不影响边坡稳定性的前提下,长边坡下部可适当采用无防护措施,土壤抗冲抗蚀性相对更好,工程措施倾向拱形骨架措施。

关键词 干旱半干旱区;水土保持措施;赛果公路;土壤物理性质
中图分类号 S157 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)29-0037-04

Effect of Soil and Water Highway Conservation Measures on Soil Physical Properties in Arid and Semi-arid Areas
CAI Wan-peng, LI Hong-jun, LIU Tao (China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029)

Abstract In order to better carry out in arid and semi-arid area of highway soil conservation, protection of ecological environment in arid and semi-arid areas along the highway, with 045 national highway trunk line Sailimu to Guozigoukou expressway as an example, the changes of soil physical properties were analyzed and studied after applying soil and water conservation measures for 6 years. The results showed that the region was suitable to natural recovery without excavation slope protection measures, anti erosion of soil was better. Fill slope was suitable to be protected by planting local plants and adopting engineering measures. The lower part of the slope protection measures can no longer use without affecting the slope stability, the anti erodibility was relatively better, soil engineering measures inclined arch skeleton measures.

Key words Arid and semi-arid area; Soil and water conservation measures; Saiguo highway; Soil physical properties

随着我国“一带一路”重大战略的实施,西部公路建设进入了高速发展时期。公路建设极大地促进了经济和社会发
展,但公路建设是一种大规模、高强度的人类活动^[1],加上干旱半干旱区生态环境脆弱,公路建设过程中大量的土石方移动,加大了水土流失,对沿线的生态环境造成巨大影响^[2]。同时,西北公路建设一般跨越多种地貌单元和生态环境区^[3],侵蚀类型多样,因此水土保持措施应针对不同区域、不同侵蚀类型而采取相宜的措施^[4-6],确保其生态环保效果。笔者以国道 045 主干线赛里木湖至果子沟口段高速公路为例,分析水土保持措施对土壤物理性质的影响,旨在为当地水土保持治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 国道 G045 主干线赛里木湖至果子沟口段高速公路工程(以下简称“赛果公路”)位于北天山的西段,属科古琴山脉中、高山区,西南缘为伊犁盆地边缘地带,东北隅为赛里木湖洋地,山脉与山间谷地相见排列。四季分明,春夏季多雨湿润,秋冬季少雨,日照充足,冬季漫长,日温差较大。年平均降水量为 140~450 mm,雨量由南向北随纬度的增加而增大。夏季降水量占总降水量的 50% 以上,降水量年际变化大。

1.2 研究方法 搜集赛果公路水土保持咨询工作的相关资料,梳理项目采取的水土保持措施,进行实地调研。确定在 81°04'59" E, 44°26'52" N 选择较具代表性的水土保持措施,于 2015 年 10 月进行现场调研,采集土样,通过土壤容重、土壤孔隙度、土壤抗冲性等指标分析水土保持措施防护效果的差异性。公路建设实施的水土保持措施类型见表 1。

将采集的土样带回实验室进行综合处理,分别采用环刀

表 1 公路建设实施的水土保持措施类型

Table 1 Types of soil and water conservation measures implemented in highway construction

水土保持措施类型 Types of soil and water conservation measures	规格 Size m × m	防护年限 Years of protection//a
方格网自然恢复 Natural restoration in grid	0.6 × 0.6	6
方格网撒播草籽 Sowing the seeds in grid	0.6 × 0.6	6
拱形骨架撒播草籽 Sowing the seeds in arched skeleton	2.5 × 3.0	6
拱形骨架自然恢复 Natural restoration in arched skeleton	2.5 × 3.0	6

法测定土壤容重,环刀浸透法测量土壤孔隙度,采用浸水试验和原状土水槽冲刷法分别测定土壤的抗蚀性和抗冲性。采用 Office 处理相关数据,采用 Origin8 Pro 作图。

1.3 土样采集 为了研究评价干旱半干旱区高速公路水土保持措施的恢复效果,对该区域高速公路边坡实施不同水土保持措施的恢复情况进行观测。同时,按照各指标测量要求在依托工程的边坡上采集土样,采样边坡情况见表 2。

2 结果与分析

2.1 不同水土保持措施对边坡土壤容重和孔隙度的影响

2.1.1 挖方边坡。土壤容重、孔隙度是衡量土壤结构优劣的重要指标,是土壤的基本物理性质。从图 1 可以看出,区域内的土壤容重在 1.25~1.56 g/cm³,仅方格网撒播草籽区边坡下部土壤容重明显较低,仅 0.98 g/cm³;土壤总的孔隙度变化不大,为 0.41~0.49。这是由于挖方取走表层浮土后,余留的土壤较为紧实,整体结构稳定性好,且土壤肥力欠缺,植物长势差,故土壤容重、孔隙度差异不大。

边坡上部和边坡下部各处理土壤水分含量从大到小依次为方格网自然恢复区、无防护区、方格网撒播草籽区,差异较为明显(图 1)。这是由于撒播草籽的生长消耗了较多水分,导致方格网撒播草籽区的土壤水分含量最低;实施方格

表 2 取样边坡的下垫面情况

Table 2 The underlying surface of sampled slopes

边坡类型 Slope type	朝向 Orientation	坡比 Slope	坡长 Slope length m	覆土厚度 Soil cover thickness // cm	取样点 Sampling point	土壤质地 Soil texture
挖方 Cut	东南	1:1.5	8	30	边坡上部:离坡顶 1 m 边坡下部:离坡底 2 m	土壤主要以黄土和黄土状物质组成。土壤肥力状况较差,部分土壤质地及结构不良,土壤分散疏松
填方 Fill	东南	1:1.5	6	30	边坡上部:离坡顶 1 m 边坡下部:离坡底 2 m	

网防护水土保持措施,产生 2 次扰动,改变了土壤地表粗糙度,延长地表径流滞留时间,增加入渗,故方格网自然恢复区的土壤水分含量较高。

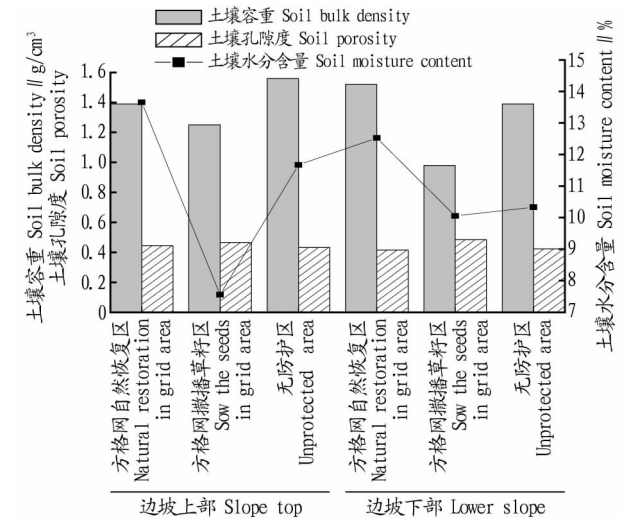


图 1 挖方边坡土壤结构和土壤水分

Fig. 1 The slope excavation soil structure and soil moisture

2.1.2 填方边坡。从图 2 可以看出,填方边坡的土壤容重在 1.29 ~ 1.67 g/cm³,边坡上部各处理的土壤容重从大到小依次为方格网措施、拱形骨架措施、无防护措施,边坡下部各处理的土壤容重从大到小依次为方格网措施、无防护、拱形骨架措施,这可能是由表层土壤随地表径流迁移所致。土壤总孔隙度在 0.28 ~ 0.46,同坡位实施水保措施的土壤孔隙度稍高于无措施的土壤。

各处理的土壤水分含量差异较明显,从大到小依次为拱形骨架措施、方格网措施、无防护,拱形骨架防护措施和方格

网措施的土壤水分含量分别为无防护的 300%、160% 左右。这是由于实施水土保持措施后,改变了地表形态,拦蓄雨水,延长了径流在地表滞留的时间,增加入渗,故其土壤水分含量明显高于无防护措施区域的土壤。

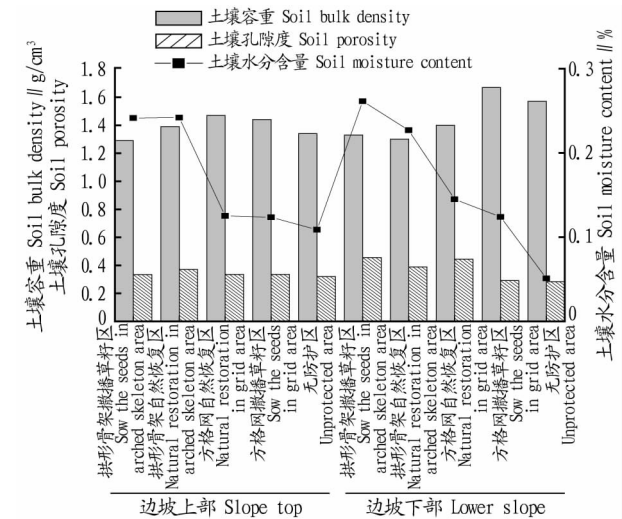


图 2 填方边坡土壤结构和土壤水分

Fig. 2 Soil structure and soil moisture of fill slope

2.2 不同水土保持措施对边坡土壤抗冲和抗蚀性能的影响

2.2.1 挖方边坡。在挖方边坡上(图 3),无防护边坡表现出较好的抗冲抗蚀效果,其土壤抗蚀系数和抗冲系数在整个边坡上均为最大。这是由于挖方残留下来的土壤属于较深层土壤,自身较紧实,抗冲刷能力强,实施工程水土保持措施,会产生 2 次扰动,破坏其原状土,故方格网措施中的土壤抗冲抗蚀性明显低于无防护区土壤。方格网撒播草籽区土壤在边坡上、下部表现出较大的差异性,这可能是植物生长分

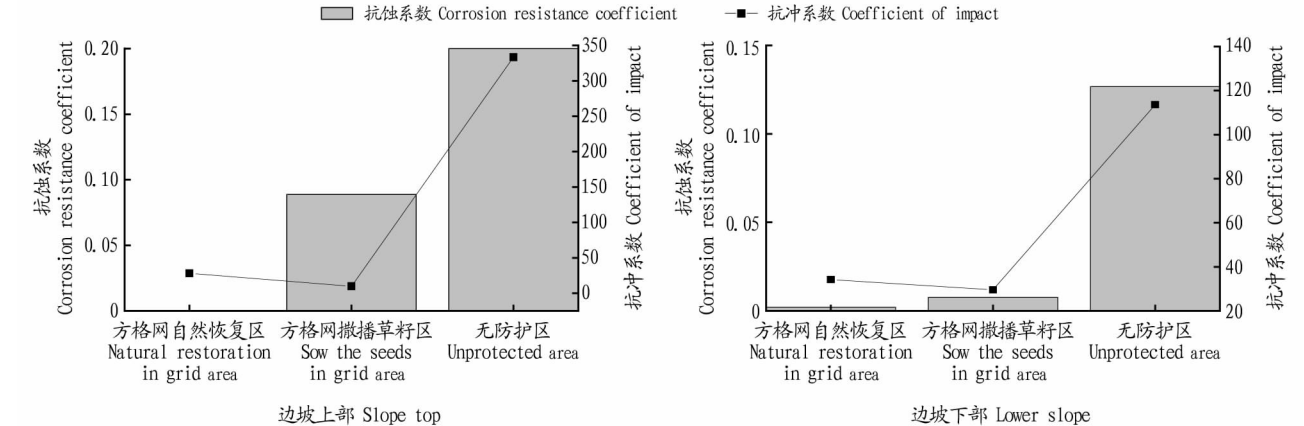


图 3 挖方边坡土壤抗冲抗蚀性

Fig. 3 Excavation slope soil erosion corrosion resistance

异所致。

2.2.2 填方边坡。在填方边坡上(图4),采用水土保持措施对土壤的抗冲抗蚀性均造成一定的影响,差异起伏较大。在边坡上部,土壤抗冲抗蚀性规律并不明显,仅拱形骨架撒播草籽区的土壤表现出较好的抗冲抗蚀性,其他几种措施的土壤抗蚀性不甚理想;无防护区的土壤由于表层浮土被冲刷,余留土壤较为紧实,故土壤抗蚀性较好。撒播草籽措施的土

壤抗冲性较强,这是由于植物的生长,根系将土壤固牢,阻碍了径流对土壤的冲刷破坏。

在边坡下部,拱形骨架撒播草籽措施的土壤抗冲抗蚀性较好,抗蚀性显著高于其他措施的土壤;撒播草籽区域的土壤也具有较强的抗冲刷能力;无防护区域土壤抗冲抗蚀能力强或许是由于径流将土壤悬浮分散成细小颗粒,冲刷到边坡下部积压所致。

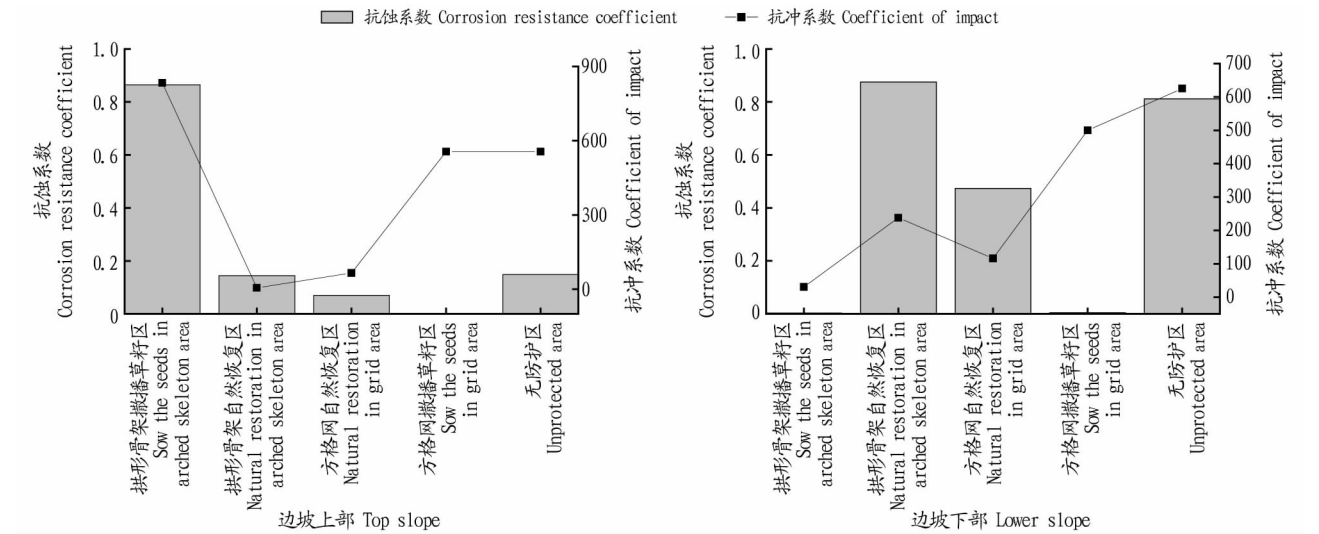


图4 填方边坡土壤抗冲抗蚀性

Fig.4 Soil anti erosion and erosion resistance of fill slope

2.3 不同水土保持措施对边坡土壤抗剪切性能的影响 土壤抗剪强度是反映土壤在受到外力作用时,抗拒发生剪切破坏而脱离母土体的一种强度性能。土壤抗剪强度是土壤抗性的量度指标,其值越大,土壤边坡抵抗径流的剪切破坏能力也就越强。对土样进行剪切试验,用50、100、200、300 kpa的垂直压力检测不同水土保持措施下土壤的抗剪强度,其结果见表3。由表3可知,在挖方边坡上,同一垂直压力下的土壤抗剪强度从大到小依次为无防护区、方格网撒播草籽区、

方格网自然恢复区,无防护区的土壤抗剪强度明显较大,说明该措施下土壤抵抗径流的剪切推移能力更强。

在填方边坡上,无防护区的土壤抗剪强度在边坡上部和下部表现出明显差异,边坡下部的土壤抗剪强度为最高,为工程防护措施的119%~248%,边坡上部的土壤抗剪强度最小,仅为工程措施的10.8%~86.4%。工程措施中,拱形骨架自然恢复区的土壤抗剪强度偏低,其他几种措施的土壤抗剪强度相差无几。

表3 不同水土保持措施的土壤抗剪强度

Table 3 Soil shear strength under different soil and water conservation measures

边坡类型 Slope type	坡位 Slope position	措施类型 Measure type	规格 Size// m × m	抗剪强度 Shear strength//kpa			
				50	100	200	300
挖方 Cut	上	方格网自然恢复区	0.6 × 0.6	24	51	79	108
	上	方格网撒播草籽区	0.6 × 0.6	31	58	86	115
	上	无防护区		32	60	89	119
	下	方格网自然恢复区	0.6 × 0.6	16	44	73	102
	下	方格网撒播草籽区	0.6 × 0.6	23	51	79	109
	下	无防护区		39	66	94	123
填方 Fill	上	拱形骨架撒播草籽区	2.5 × 3.0	35	65	93	122
	上	拱形骨架自然恢复区	2.5 × 3.0	19	45	74	103
	上	方格网自然恢复区	0.6 × 0.6	37	64	92	121
	上	方格网撒播草籽区	0.6 × 0.6	35	62	92	121
	上	无防护区		4	30	59	89
	下	拱形骨架自然恢复区	2.5 × 3.0	29	59	86	115
	下	拱形骨架撒播草籽区	2.5 × 3.0	29	56	85	114
	下	方格网自然恢复区	0.6 × 0.6	24	53	81	108
	下	方格网撒播草籽区	0.6 × 0.6	46	74	103	133
	下	无防护区		72	101	131	159

3 讨论

水土保持措施又叫土壤保持措施,是水土保持学研究的核​​心内容,故该研究通过土壤物理性质相关的指标来分析水土保持措施的防治效果。调查中搜集了国道 045 主干线果子沟口至霍尔果斯口岸高速公路、国道 218 线清水河至伊宁段高速公路改建工程、国道 045 主干线赛里木湖至果子沟段高速公路改建工程、G30 乌苏至赛里木湖高速公路等公路工程项目的相关资料,并进行实地调研,因赛果公路水土保持措施类型多,恢复年限短,故最终主要以赛果公路为例展开分析。综合来看,该区域挖方边坡适宜采用无防护措施,任其自然恢复,其土壤的抗冲抗蚀性更好;填方边坡适宜采用工程措施+本土适生植物相结合的措施进行防护,在不影响边坡稳定性的前提下,边坡下部可适当采用无防护措施,土壤抗冲抗蚀性相对更好,工程措施倾向拱形骨架措施。

该研究主要通过土壤孔隙度、土壤容重、土壤水分等相关指标进行分析,但从后续分析来看,忽略了植物的水土保持效果,故在研究中并未能详尽分析各种现象的机理,后续研究中应补充相关观测分析;同时未能在措施布设前采集土壤获取相关指标的基底值,只能通过横向对比分析不同措施之间的差异,缺乏纵向对比措施实施前后土壤的变化,这点可通过延长观测年限,定期取土分析来完善。

后续研究中,可适当扩大调查范围,拓展水土保持措施年限,综合考虑不同地貌环境、不同施工年限的水土保持措施,成系统、体系地观测分析西北干旱半干旱区目前水土保持措施的现状,对比各措施的优劣,为后续公路建设水土保持工作的开展提供参考。

4 结论

该研究以国道 045 主干线赛里木湖至果子沟口段高速公路为例,通过土壤物理性质方面的试验研究,分析了干旱半干旱地区几种典型水土保持措施实施 6 年后的土壤物理

性质情况,为今后研究干旱半干旱地区公路边坡水土保持特点和为当地水土保持治理中筛选适宜的水土保持措施提供了参考。研究结果如下:

(1)实施水土保持措施可直观地影响土壤容重和土壤孔隙度,从而影响其土壤水分。实施水土保持措施 6 年后,对挖方边坡的土壤容重和土壤孔隙度并无太大影响,但方格网自然恢复措施下的土壤含水量相对更高,可达 14%。填方边坡土壤容重在不同措施下产生了一定起伏,但均属于正常波动范围内;采用水土保持措施的土壤孔隙度稍高于无防护的土壤;各处理土壤水分含量从大到小依次为拱形骨架措施、方格网措施、无防护。

(2)通过分析土壤的抗冲抗蚀性质,发现挖方边坡采用自然恢复措施的土壤抗冲抗蚀效果相对更好;填方边坡采用拱形骨架撒播草籽的措施土壤具有较好的水土保持效果,但边坡下部采用无防护措施的土壤抗冲抗蚀性表现更好。

(3)在同一垂直压力条件下,挖方边坡整个坡面和填方边坡下部无防护措施下的土壤具有最大的土壤抗剪强度,填方边坡上部实施水土保持措施的土壤抗剪强度表现相对更好,说明其土壤抵抗径流的剪切推移能力更强。

参考文献

- [1] 钱亦兵,周华荣,杨青,等.和田河中下游生态环境特征及公路工程保护[J].干旱区研究,2004,21(3):204-209.
- [2] 张刚.干旱区公路建设项目水土保持措施初步分析:以 S238 线下涝坝-红山口公路工程为例[J].水利科技与经济,2012,18(8):57-58.
- [3] 钱亦兵,徐新文,雷加强,等.新疆两大沙漠线形工程区生物防护体系建设的环境对比[J].干旱区资源与环境,2004,18(3):33-36.
- [4] 李一为,沈毅,晏晓林,等.荒漠区公路建设生态环境保护措施探讨[J].中国水土保持,2009(11):10-11.
- [5] 曹拥军.关于新疆荒漠区公路建设环保研究措施[J].中国房地产业(理论版),2017(7):326.
- [6] 李一为,沈毅,晏晓林,等.荒漠区公路建设生态环境保护措施探讨:以国道 315 线叶城至墨玉段公路工程为例[J].交通建设与管理,2011(9):104-105.

(上接第 32 页)

明显降低单果重,而套塑膜袋处理增加单果重,这说明塑膜袋可增加产量,这与赵书华等^[5]和栾东珍等^[6]的研究结果基本一致。

(3)去皮硬度以果冉和常丰套袋大于不套袋和套双层纸袋处理,其余均明显小于不套袋和套双层纸袋处理;内在品质糖酸积累以塑膜袋处理低于不套袋,总体和纸袋差别不大。与不套袋相比,套塑膜袋处理总体内在品质下降,和纸袋相比差别不大,这说明套塑膜袋在一定程度上使果实品质降低。

(4)单就套塑膜袋而言,着色指数以及光洁度以处理⑥(新惠阳)和处理⑤(惠强)较好,去皮硬度以处理②(果冉)和处理③(常丰)较好,可溶性固形物含量及口感方面以处理④(绿果林)效果较好。

(5)从改善外观的角度来看,处理⑥(新惠阳)效果最

佳;内在糖酸积累方面以处理④(绿果林)效果最佳。

综合各项指标认分析,以处理⑥(新惠阳)对富士苹果的果实品质提升效果最佳,其次是处理④(绿果林)和处理③(常丰)。总的来说,生产高档果品建议套双层纸袋,而普通苹果生产可选择塑膜袋,塑膜袋以新惠阳处理效果最佳,其次是绿果林、常丰处理。

参考文献

- [1] 胡桂娟,刘嘉芬,刘寄明.果树营养成分测定法[M].泰安:泰安市新闻出版局,1997:5.
- [2] 全月澳,周厚基.果树营养诊断法[M].北京:农业出版社,1982:113-115.
- [3] 东明学,徐志芳,伊纪红,等.不同果袋对红富士苹果果实品质的影响试验[J].落叶果树,2009,41(1):7-8.
- [4] 曹慧,张玉宵,王孝威,等.不同时期套袋对“烟富 6”苹果果实发育及品质的影响[J].北方园艺,2011(10):1-4.
- [5] 赵书华,王同春,李中魁.苹果塑膜袋应用的成效、问题和应对措施[J].果农之友,2002(1):14-15.
- [6] 栾东珍,李丙智,韩明玉,等.育果纸袋与膜袋在富士苹果上的应用研究[J].西北林学院学报,2003,18(2):47-50.