

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.01.019.

潘明九, 丰佳, 王文龙, 等. 山丘区输电线路工程水土流失特征及治理技术对比研究[J]. 水土保持研究, 2023, 30(1): 47-53.

PAN Mingjiu, FENG Jia, WANG Wenlong, et al. Comparative Study on Soil and Water Loss Characteristics and Control Technology of Transmission Line Engineering in Hilly Area[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(1): 47-53.

山丘区输电线路工程水土流失特征及治理技术对比研究

潘明九¹, 丰佳², 王文龙³, 顾晨临¹, 余智芳¹,
孟欢⁵, 芦杰丰⁴, 聂峰⁴, 陈健⁴

(1. 国网浙江省电力有限公司经济技术研究院, 杭州 310020; 2. 国网浙江省电力有限公司, 杭州 310007;

3. 西北农林科技大学 水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

4. 中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司, 上海 200001; 5. 国网甘肃省电力公司电力科学研究院, 兰州 730070)

摘要: 山丘区输电线路工程对原地貌扰动造成大量水土流失, 直接影响周围环境安全及资源安全。为研究山丘区输电线路工程水土流失特征及治理技术, 通过资料收集整理与野外实地调查, 对不同侵蚀类型区典型山丘区输电线路工程水土流失及其治理措施进行了分析。结果表明: (1) 输电线路工程塔基和施工便道占地类型复杂, 黄土丘陵区占地类型最多(5种), 以耕地和草地为主, 分别为49%和28%; 红壤丘陵区以林地为主, 占比为69%; 黑土低山丘陵区占地主要为耕地、林地, 分别为42%、40%; 青藏高原占地主要为草地, 占比达78%; 新疆山地则主要是以裸地为主, 占比高达98%。(2) 输电线路工程不同水土流失地貌单元水土流失量差异显著, 表现为塔基区和施工便道水土流失量较大, 其次是牵张场, 跨越施工场地水土流失量最小; 塔基区土壤侵蚀模数表现为黄土丘陵区最大, 是红壤丘陵区的2倍, 黑土低山和漫岗丘陵区的5倍。塔基边坡的修复应该依靠自然与人工相结合方式, 施工便道注意排水沟布设, 牵张场土地恢复过程中应先进行深松翻处理。(3) 对山丘区输电工程形成的各侵蚀单元进行近自然的生态系统恢复和重建, 采取临时措施、工程措施和植物措施等组合。综上, 研究结果可为山丘区输电线路的水土流失防治及治理提供科学的依据。

关键词: 输电线路工程; 水土流失; 近自然恢复; 治理措施; 山丘区

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)01-0047-07

Comparative Study on Soil and Water Loss Characteristics and Control Technology of Transmission Line Engineering in Hilly Area

PAN Mingjiu¹, FENG Jia², WANG Wenlong³, GU Chenlin¹, YU Zhifang¹,
MENG Huan⁵, LU Jiefeng⁴, NIE Feng⁴, CHEN Jian⁴

(1. Economic and Technical Research Institute of State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd.,

Hangzhou 310020, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou 310007, China;

3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

4. China Power Engineering Consulting Group East China Electric Power Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200001,

China; 5. Electric Power Research Institute, State Grid Gansu Electric Power Company, Lanzhou 7300701, China)

Abstract: The transmission line project in the hilly area causes a lot of soil and water loss due to the disturbance of the original landform, which directly affects the surrounding environment and resource security. To study the characteristics and control techniques of soil and water loss in transmission line engineering in a

收稿日期: 2021-06-15

修回日期: 2021-09-06

资助项目: 国家电网公司总部科技项目“山丘区架空输电线路工程水土保持设计施工关键技术研究”(8100-202019156A-0-0-00)

第一作者: 潘明九(1974—), 男, 内蒙古凉城人, 硕士, 高级工程师, 主要从事输电线路工程水土保持研究。E-mail: 41915643@qq.com

通信作者: 王文龙(1964—), 男, 陕西大荔人, 研究员, 博士研究生导师, 博士, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail: wllwang@nwsuaf.edu.cn

<http://stbcj.paperonce.org>

hilly area, the soil and water loss in transmission line engineering in a typical hilly area with different erosion types and the control measures of soil and water loss were analyzed through data collection and field investigation. The results show that: (1) the construction tower and construction walkway cover a complex land area; the loess hilly region has the most 5 types of land area, cultivated land and grassland are the main types, accounting for 49% and 28%, respectively; in the hilly area of red soil, the woodland is the main area, accounting for 69%; the impact of land cover in the hilly area of black soil is mainly cultivated land and woodland, which is 42% and 40%, respectively; the area of the Qinghai-Tibet Plateau is mainly affected by grassland, accounting for 78%; the mountainous area of Xinjiang is mainly bare land, accounting for 98%; (2) there are significant differences in soil and water losses in different geomorphic units of transmission line engineering; the soil and water losses in the tower area and the construction path are larger, followed by the stretch field, and the soil and water loss across the construction site is the least; the soil erosion modulus of the loess hilly area is twice that of the red soil hilly area, and five times that of the black soil low mountain and overlying hilly area; the restoration method of the tower slope should rely on the combination of natural and artificial restoration methods, attention should be paid to the drainage ditch layout of the construction road, and deep loosening and turning treatment in the process of restoration of the stretch field land should be carried out; (3) in the restoration process of erosion units formed by power transmission projects in hilly areas, related theories of restoration ecology are introduced to carry out near-natural ecosystem restoration and reconstruction for each erosion unit formed by disturbed landform; according to the characteristics of soil and water loss in each erosion unit, the combination of temporary measures, engineering measures, and plant measures is adopted. These results can provide a scientific basis for soil erosion prevention and treatment of transmission lines in hilly areas.

Keywords: transmission line engineering; soil erosion; near-natural restoration; management measures; hilly area

随着社会经济高速发展,人类对能源的需求越来越大,能源与生产力分布的严重不平衡性决定了我国能源资源必须在全国范围内优化配置,远距离输电成为当前的严峻现实。输电线路工程是由杆、塔、架设其上的导线以及变电站等构成,是典型的“点—线”结合的工程。建设过程中场地平整、基础建设、进场道路铺设、输电线架设等,对原地貌和植被的毁坏造成大量的水土流失,直接影响周围环境的侵蚀环境,致使土地、植被资源、生态环境受到严重影响甚至破坏,形成点状局部水土流失强烈的特点^[1-3],所产生的水土流失强度可高出自然侵蚀强度的3~8倍^[4-5]。闫超等^[6]通过对典型输变电类生产建设项目进行实例调查分析表明,施工期是水土流失强度最大的阶段,塔基区是水土流失强度最大的区域,丘陵区是水土流失强度最大的地貌类型区。刘卉芳等^[7]通过对云南省9个大中型输变电工程的水土流失特点进行了分析,发现施工道路是水土流失的重要区域,其水土流失量可占总流失量的56%。孙中峰等^[8]结合输电线路工程水土保持方案实例对输电线路工程的征占地、水土流失及水土保持分区等进行了分析与

评价,发现对临时占地范围内水土保持措施少有进行设计,并建议编制水土保持方案应注重临时占地范围内的综合防护。当前,虽然区域性的一般生产建设项目水土流失特征及综合治理技术研究较多,但针对输变电工程典型性局部水土流失问题关注较少,而且山丘区输电线路工程中水土保持的实施效果一般较差,尚未建立符合输变电线路特点的综合治理技术体系。主要是由于长距离的输电线路往往是跨区域架设,不同的水土流失类型区,治理措施和配置模式也有所差别,为水土流失治理增加了复杂性。因此,输电线路工程水土流失治理整体上应以预防为主,保护优先,研发和推广先进的施工技术,减少对占地和土地的扰动及弃土弃渣体的产生,同时,对项目建设造成的水土流失问题进行综合治理研究,划分不同侵蚀单元,从适宜性条件出发,做到地尽其用,兼顾水土流失治理后生态、社会、经济效益相统一的问题。

近自然恢复理念是基于生态学理论,通过科学有效的人工辅助及管理措施,依靠自然生态过程,把退化的生态系统恢复到物种组成、多样性和群落结构与地带性群落接近的生态系统,从而实现恢复后生态系

统结构和功能的多样性、稳定性和可持续性^[9-10]。相关研究表明在建设工程中产生的扰动土壤通过工程重构和生物重构可形成乔木适生型、灌木适生型和草本适生型土壤构型,并且这种土壤类型可保证草本植物、乔灌木在定植后不同时期发挥良好的调控地表径流作用^[11]。良好的近自然植被恢复在提高水土保持能力、丰富生物多样性等方面具有较好的优势^[12]。目前,输电线路工程水土流失部位的治理也多使用简单的临时措施、植物措施以及工程措施等^[13-16],且针对不同区域输电项目的水土流失预防治理的研究较少,因此,本文针对易发生水土流失的典型气候、土壤、植被条件下的山丘区,选取 5 个水土流失区具有典型性的山丘区输电线路工程进行资料收集整理及野外实地调查,对山丘区输电线路工程水土流失特点及治理措施研究分析,以期 为山丘区输电线路水土流失防治及综合治理提供科学的依据。

1 输电线路工程对原地表扰动特征

1.1 输电线路工程建设特点

山丘区一般降雨径流冲刷强烈,地形坡度较大,土壤及生态系统脆弱,部分地区还受严重的风蚀作用;输电工程线路往往具有路径长、范围广的特点,一条线路就可跨越不同土壤侵蚀类型区的典型特征。山丘区输电线路工程具有地面扰动类型多,影响水土流失因素复杂多变,土壤侵蚀类型及水土流失形式多样,侵蚀单元单个面积不大但治理强度较大、恢复困

难的特点^[17],此外,在工程建设过程中植被破坏与废土弃渣不规范倾倒等也导致山丘区输电线路工程水土流失严重。作为一种典型的人为加速侵蚀,输电线路工程建设较一般生产建设项目的特点是:水土流失分区明显,根据工程线路的长度,可跨越多个侵蚀分区;地表扰动范围分散,呈有规律的点、线分布,地貌类型多样;水土流失时段集中,在施工过程中引起大量地表开挖,原有地表的植被和土壤结构被破坏,在雨水、风的作用下极易产生水土流失,还有研究表明,铁塔上流水加剧了塔基区的水土流失^[18]。

针对易发生水土流失的山丘区,并结合中国水土流失分区,选取西北黄土丘陵区、东北黑土低山和漫岗丘陵区、南方红壤丘陵区、青藏高原和新疆山地五大典型山丘区,同时选取相对应的 5 条典型输电线路工程,见表 1 所列。黄土丘陵区主要以丘陵地貌为主,植被类型主要为乔木、灌木、草被,主要为水力侵蚀区和风力侵蚀区;东北黑土区主要以黑土低山和漫岗丘陵区地貌为主,属寒温带大陆性季风气候,受水力侵蚀、冻融侵蚀影响;新疆山地各因素影响条件特征较为复杂,主要地貌类型有低山丘陵、冲洪积平原、沙漠、剥蚀沙漠,受水力侵蚀、冻融侵蚀、风力侵蚀影响,然而其植被类型和占地类型则较为单一。此外,通过分析每 km 线路扰动面积可知,青藏高原每 km 扰动面积最大(1.03 hm²),其次是黄土丘陵区(0.80 hm²),新疆山地(0.25 hm²)和黑土低山丘陵区(0.21 hm²),红壤丘陵区最小(0.10 hm²)。

表 1 典型性输电工程基本概况

水土流失分布区	项目名称	长度/km	扰动地表面积/hm ²	土壤侵蚀类型区	地貌特征	主要土壤类型	主要植被类型	气候类型	占用土地类型
黄土丘陵区	陕北—湖北 800 kV 特高压直流输电工程	226.9 (陕西境内)	182.54	水力侵蚀区、风力侵蚀区	黄土丘陵地	黄土	乔木、灌木、草被	温带季风气候	耕地、草地、园地等
黑土低山丘陵区	黑龙江双鸭山地区 220 千伏电网优化工程	71.00	14.75	水力侵蚀区、冻融侵蚀区	平原	黑土	乔木、灌木、草被	寒温带大陆性季风气候	林地、耕地、草地
红壤丘陵区	湖南湘西 500 kV 输变电工程	113.00	10.83	水力侵蚀区	丘陵、丘间凹地、中低山、河流阶地	红壤	乔木、灌木、草被	亚热带季风气候	林地、坑塘水面、耕地等
青藏高原	青海—河南±800 kV 特高压直流输电工程	231.30 (青海境内)	237.65	冻融侵蚀区	高原山地、高原平地、高原荒漠	草甸土	草被	高原山地气候	草地、耕地、林地
新疆山地	新疆准北 750 千伏输变电工程	585.00	148.11	水力侵蚀区、冻融侵蚀区、风力侵蚀区	低山丘陵、冲洪积平原、沙漠、剥蚀沙漠	棕漠土、风沙土	草被	温带大陆性气候、高原山地气候	裸地、耕地

1.2 输电线路工程建设占地类型特点

山丘区输电线路建设过程中,对可能扰动破坏的原地貌类型主要有荒地、林地、耕地。其中,材料站、牵张场等大部分都是建设在地势相对平坦且靠近道路的位置;而塔基和施工便道会根据项目线路的布设较为广

泛,不仅分布在地势相对平坦区域,山丘区依然分布较多,且占地类型复杂,由表 2 可知,不同区域的输电项目工程建设占地类型差异明显。黄土丘陵区占地类型最多,有耕地、草地、园地等 5 种类型,以耕地和草地占比较多,分别为 49%和 28%;红壤丘陵区以林地为主,占比

为 69%，其次是坑塘水面为 20%，耕地和交通用地占比较少为 7%和 4%；黑土低山丘陵区占地主要为耕地、林地和草地，分别为 42%，40%，18%；青藏高原

占地主要为草地，占比达 78%，其次是耕地 17%，林地为 5%；新疆山地则主要是以裸地为主，占比高达 98%，耕地为 2%。

表 2 典型输电工程占地影响对比

研究区域	耕地	草地	林地	园地	交通用地	坑塘水面	裸地	仓储用地
黄土丘陵区	49	28	—	14	0.03	—	—	9
黑土低山丘陵区	42	18	40	—	—	—	—	—
红壤丘陵区	7	—	69	—	4	20	—	—
青藏高原	17	78	5	—	—	—	—	—
新疆山地	2	—	—	—	—	—	98	—

2 结果与分析

2.1 输电线路水工程土流失特征

输电线路工程往往施工周期短，水土流失周期长、时空分布不均，呈有规律的分散式“点+线”型分布。例如，虽然输电线路单个塔基占地面积小，但每个塔基的修建过程中均必须配套建设施工场地和施工道路，整个工程占地和扰动原地貌面积较大，进而造成大量水土流失。由图 1 可知，同一条输电线路工程不同地貌单元水土流失量差异显著，整体上表现为塔基区和施工便道水土流失量较大，其次是牵张场，跨越施工场地水土流失最小，水土流失量占比依次表现为 36%~57%，28%~48%，8%~14%，0.3%~6%。如图 2 所示，输电线路工程施工过程中诱发水土流失主要侵蚀单元，塔基在施工建设过程中涉及到基础界面开挖，形成大量结构性差、复杂的堆积体，且新堆弃的堆积体质地松散、植被覆盖度低，为在外营力(主要为风力、水力)作用下开挖期间形成的堆积体及建成后的塔基边坡极易发生水土流失，加剧侵蚀程度；施工便道包括施工简易便道和人抬道路，修建前原地貌一般植被覆盖度较好，建设过程中也涉及开挖、弃渣等活动，对原地貌、植被等形成破坏从而造成水土流失，尤其土质道路在径流冲刷作用下极易形成道路侵蚀；而牵张场一般选址在地势平缓地带，且施工过程中对原地表扰动较小，从而水土流失占比较少，但受压实作用难以直接进行植被恢复。

针对塔基区而言，不同区域水土流失占比依次表现为新疆山地最大(57%)，其次是黄土丘陵区(53%)、青藏高原(50%)、红壤丘陵区(50%)，黑土低山丘陵区最小(47%)。一方面是因为不同类型山丘区地形条件差异使塔基区挖方等施工工艺形成差异，从而造成水土流失差异；另一方面是不同山丘区土壤、气候和植被等影响因素差异导致。塔基区和施工便道的土方开挖是工程初期以至施工过程中的关键

工序，不平衡的挖填量则形成一定量的松散堆积体，增加了侵蚀来源物质，加剧了侵蚀。由图 3 可知，不同区域输电线路工程形成的弃渣体占挖方量的百分比存在一定差异。红壤丘陵区弃渣体占总挖方量百分比最大，为 8.2%，其次是青藏高原 4.3%、黄土丘陵区 2.7%，黑土低山丘陵区 and 新疆山地较小，分别为 1.3%和 1%。因此，在施工过程中红壤丘陵区、青藏高原、黄土丘陵区尤其应当注意挖填方平衡。

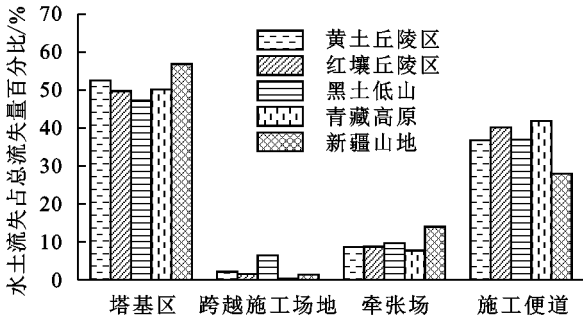


图 1 山丘区输电线路工程不同区域水土流失占比

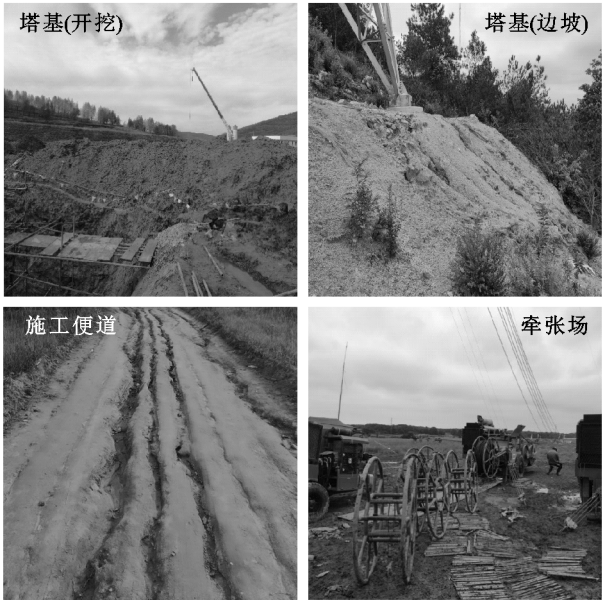


图 2 输电线路工程施工过程中诱发水土流失主要侵蚀单元

由表 3 可知，不同区域各地貌单元原地表土壤侵蚀模数以及扰动后的土壤侵蚀模数存在明显差

异。其中,允许土壤流失量表现为黑土低山丘陵区最小[200 t/(km²·a)],其次是黄土丘陵区、红壤丘陵区 and 青藏高原在 500~1 000 t/(km²·a),新疆山地最大在 1 500~2 800 t/(km²·a)。土壤侵蚀模数背景值表现为黄土丘陵区最大,为 15 000 t/(km²·a) 显著高于其他各区,黑土低山丘陵区最小为 700 t/(km²·a)。地表扰动后土壤侵蚀模数明显增大,最多可增大 10 倍(红壤丘陵区),最小也增加了 33%(黄土丘陵区)。

不同区域扰动地貌单元的侵蚀模数整体上表现为塔基区最大,在 5 000~20 500 t/(km²·a),其余地貌单元土壤侵蚀模数则基本一致。不同山丘区塔基区的土壤侵蚀模数表现为黄土丘陵区最大[20 500 t/(km²·a)]是红壤丘陵区的 2 倍,黑土低山和漫岗

丘陵区 5 倍,除去气候等影响因素外,与不同区域的土壤性质也有很大关系,黄土的土壤可蚀性较高,而黑土和红壤土壤可蚀性较低^[19]。

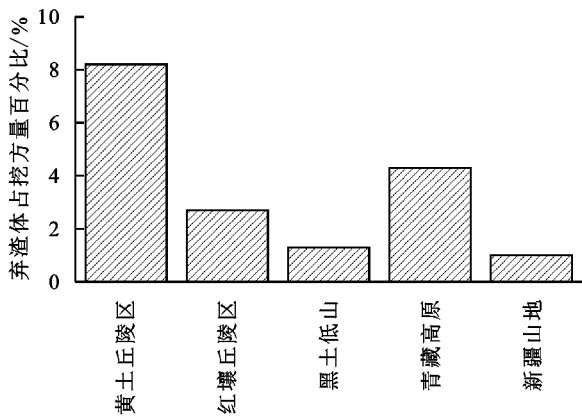


图 3 不同山丘区输电线路工程弃渣体占挖方占比
10³ t/(km²·a)

表 3 输电工程扰动土壤侵蚀特征

研究区域	扰动地貌单元(平均值/区间值)				原地貌	
	塔基区	跨越施工场地	牵张场	施工便道	允许土壤流失量	土壤侵蚀模数背景值
黄土丘陵区	20.5/16~25	18/16~20	18/16~20	18/16~20	0.7	15.0
红壤丘陵区	10.5/8.4~12.6	4.2/3.9~4.5	5.0/4.0~6.0	5.5/5.0~6.0	0.5	1.1
黑土低山丘陵区	5.0/4.8~5.2	2.9/2.8~3.0	2.9/2.8~3.0	2.9/2.8~3.0	0.2	0.7
青藏高原	6.8/4.5~9.0	5.5/3.5~7.5	5.5/3.5~7.5	5.5/3.5~7.5	1.0	2.1
新疆山地	7.4/6.2~8.6	7.4/6.2~8.6	7.4/6.2~8.6	7.4/6.2~8.6	2.2	3.2

2.2 输电线路工程水土保持修复原理

输电线路工程水土流失修复主要指各侵蚀单元在受到高强度的人为扰动和生态系统破坏后的修复^[20-21]。由于输电线路工程建设的特点对各地貌单元的扰动程度及方式的差异,导致不同地区各侵蚀单元诱发水土流失的原因不同。因此针对山丘区典型输电线路工程主要侵蚀单元(塔基区、施工便道和牵张场)的水土流失特点,本文提出相应的水土流失修复原理。

塔基区的水土流失主要发生在塔基的建设期和运行期,其水土流失防治重点是预防和植被恢复。建设过程中塔基部位需进行基础开挖,对原地表严重破坏,形成大量临时的松散堆积物质,在水力、风力和重力等外营力作用下极易发生水土流失。因此,在该过程中应主要针对松散堆积物质进行水土流失治理,根据区域发生水土流失外营力特点,布设临时措施,例如铺盖挂网、临时撒播草籽等。塔基运行期的水土流失治理则是一项重要且长期的工作,通过野外调查得知塔基边坡是塔基区土壤侵蚀的主要部位,在水力侵蚀条件下边坡水土流失防治措施设计需要综合考虑边坡表土的土壤可蚀性、抗蚀性特征以及径流水动力条件,受重力侵蚀破坏的边坡还需进行边坡稳定性分析和坡面水文过程等研究;以往传统的工程措施通过

混凝土加固坡面、喷射混凝土等,虽然可以迅速防止水土流失,控制侵蚀效果较好,但美观效果较差,与生态文明建设不符,且随着时间的推移,水泥风化后期维护复杂;单纯、简单的植物措施植物又难以生长,因此,在植被恢复设计施工过程中主要参考植物学原理,适地适树,因地制宜,考虑治理区域的立地类型与小气候条件,结合土壤理化性质,合理规划设计植被措施,应该依靠自然与人工相结合的修复方式。

施工便道是作为生产道路利用,水土流失主要发生在施工过程中,其原因是施工便道的排水问题,其水土流失防治的重点是以预防为主,在治理的过程中应尤其注重施工便道的排水,在排水沟设计时需依照坡面降雨产汇流过程和原理。在工程完工之后一般可恢复为原土地利用类型,或者进一步进行土地复耕。此外,在施工便道土地恢复过程中还应综合考虑占地前的利用方式,以及项目周围环境情况,是否需要硬化作为道路继续使用。

牵张场一般选择在地势较为平缓地带,其水土流失主要发生在施工过程中,一般进行围栏便于施工及水土流失防治会进行铺垫布置,其水土保持修复的重点是后期的恢复效果。而在施工过程中由于机械的压实作用会致使牵张场的土壤容重显著增加,为后期的植被恢复形成障碍,因此,在牵张场的土地恢复过程中应先进行

深松翻处理,然后恢复原有土地利用方式。

2.3 塔基开挖及边坡水土保持措施典型设计

塔基建设过程中:对于塔基开挖过程中造成的水土流失防治主要以临时措施为主,具体包括:表土剥离:剥离表层(30 cm)土壤,专门堆置,临时袋装土拦挡—将部分表层土壤装入编织袋堆放外侧,起拦挡作用,上部覆盖蓬布;施工结束后平整土地,覆盖表层土;该措施适用于所有区域。防尘网苫盖—施工过程中的临时堆土为避免受到风力侵蚀,应采用防尘网苫盖;该项措施适用于所有区域。临时排水沟—在临时堆积体周围布设临时排水沟,该措施适用于所有区域(图 4)。

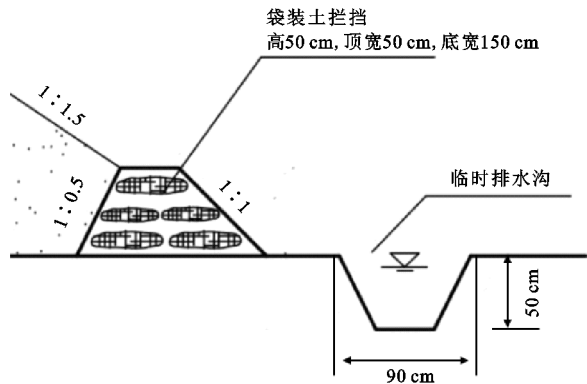
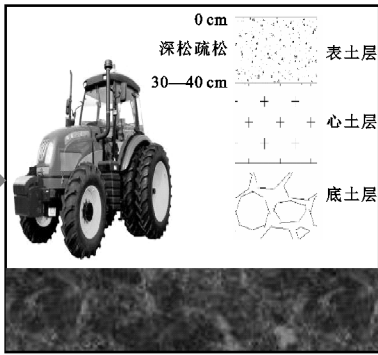


图 4 临时袋装土拦挡典型设计

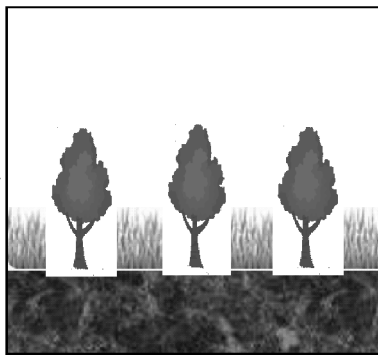
塔基边坡:塔基边坡水土流失防治措施主要为工程措施和植物措施。具体包括:草方格沙障:适用于新疆山地的沙漠区塔基处设置草方格沙障,沙障网格采用干芦苇,网格设置 1 m×1 m,由人工埋入地下,露出地面 0.3 m,埋入地下 0.2 m。浆砌石骨架植草



牵张场



土地整治



植被恢复

图 5 牵张场土地整治及植被恢复典型设计

3 结论

(1) 输电线路工程塔基和施工便道由于线路的布设广泛,占地类型复杂;其中,黄土丘陵区占地类型最多,以耕地和草地占比较多,分别占 49%和 28%;红壤丘陵区以林地为主,占比为 69%;黑土低山丘陵区占地主要为耕地、林地,分别占 42%,40%;青藏高原占地主要为草地,占比达 78%;新疆山地则主要是

护坡—适用于所有区域中的土质边坡、强风化岩石边坡,常用坡比 1:1.0~1:1.5,可做到植被恢复效果较好。攀援植物护坡—用于坡率超过 1:0.3 坡面,适用于黄土丘陵区、红壤丘陵区、黑土低山丘陵区。浆砌石护坡:适用于所有区域中植被难以恢复的塔基。排水沟—所有区域塔基边坡都布设浆砌石排水沟,根据集水面积,按照 20 a 一遇最大 1 h 暴雨强度标准设计。

2.3.2 施工便道水土保持典型设计 项目施工过程中:(1) 在临时道路两旁进行临时排水沟布设,适用于所有研究区。(2) 在项目区干旱少雨的季节,施工便道定期洒水降尘,适用于所有区域。(3) 在植被易恢复区施工便道两侧进行临时撒播草籽的临时植被措施,主要适用于红壤丘陵区、黑土低山丘陵区。

项目施工完成:(1) 对于以后输电线路运行过程中不用的施工便道,在施工后进行恢复重建。(2) 土地整治和植对植被恢复区的施工便道进行土地整治,以便进行植被恢复;对占用耕地的,采取土地复耕措施。适用于所有区域。

2.3.3 牵张场水土保持措施典型设计 项目施工过程中:施工期间在建筑材料底部铺垫彩条布,部分材料堆放区底部铺设棕垫,适用于所有区域。

项目施工完成:输电线路牵张场区施工结束后及时对扰动区域进行坑凹回填、整平,用农耕地具进行深松翻(30—40 cm)并增施有机肥,然后进行植物措施布设,因地制宜、适地适树的进行乡土植被恢复,主要适用于黄土丘陵区、红壤丘陵区、黑土低山丘陵区(图 5)。

以裸地为主,占比达 98%。

(2) 输电线路工程不同地貌单元水土流失量差异显著,塔基区和施工便道水土流失量较大,其次是牵张场,跨越施工场地水土流失量最小;塔基区的土壤侵蚀模数表现为黄土丘陵区最大是红壤丘陵区的 2 倍,是黑土低山和漫岗丘陵区 5 倍。塔基边坡应该依靠自然与人工相结合的修复方式,牵张场的土地恢复过程中应首先进行深松翻处理。

(3) 山丘区输电工程形成的侵蚀单元修复过程中引入了恢复生态学相关理论,遵循因地制宜、因害设防的治理理念,对各侵蚀单元进行近自然的生态系统恢复和重建。针对各侵蚀单元水土流失特征采取临时措施、工程措施和植物措施等措施组合。

由于受数据可获得性限制,本文在输电工程扰动土壤侵蚀特征分析时,只选择了工程施工期的水土流失特征进行研究,提出水土保持措施典型设计。在后续研究中可增加对工程治理措施实际作用的监测数据,以精确评估水土保持措施的效果,提高水土保持措施的治理成效和可实践性。

参考文献:

[1] O' Faircheallaigh C. Public participation and environmental impact assessment: Purposes, implications, and lessons for public policy making[J]. Environmental impact assessment review, 2010,30(1):19-27.

[2] Li B J, Niu D X, Lu Y, et al. Analysis of the surplus rate of power transmission and trans-formation project cost based on grey correlation analysis[R]. Electrical Engineering and Information Science, 2016.

[3] Jaiswal R K, Mukherjee S, Raju K D, et al. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS[J]. International journal of applied earth observation and geoinformation, 2002,4(1):1-10.

[4] 孙中峰,杨文姬,宋康.输变电工程建设低扰动水土保持技术研究:以山西省输变电工程为例[J].水土保持研究,2014,21(3):62-67.

[5] 刘宪春.浅论开发建设项目水土保持监测指标[J].水土保持通报,2007,27(4):67-70.

[6] 闫超.输变电类生产建设项目水土流失特点及水土保持综合效益评价研究[D].南京:南京农业大学,2013.

[7] 刘卉芳,徐永年,池春青,等.云南省输变电工程水土流

失特点浅析[J].水土保持研究,2008,15(2):133-135.

[8] 孙中峰,蔡建勤,王愿昌,等.山西省输电线路工程水土保持方案相关问题探讨[J].水土保持通报,2008,28(5):21-24.

[9] 贺金生,卜海燕,胡小文,等.退化高寒草地的近自然恢复:理论基础与技术途径[J].科学通报,2020,65(34):3898-3908.

[10] Gayer K. Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst-und Gruppen-wirtschaft[M]. Berlin:Parey, 1886.

[11] 姜义宝,史东梅,蒋平,等.紫色丘陵区城镇化不同地貌单元的水文特征及土壤重构[J].土壤学报,2018,55(3):650-663.

[12] 陆元昌,张守攻,雷相东,等.人工林近自然化改造的理论基础和实施技术[J].世界林业研究,2009,22(1):20-27.

[13] 艾晓燕.黑龙江省风电工程水土流失防治技术探讨[J].中国水土保持,2010(12):16-18.

[14] 易仲强,张宇,魏浪,等.西藏输变电类生产建设项目水土流失防治探讨[J].中国水土保持,2019(1):11-13.

[15] 张宇,易仲强,张习传,等.西藏输变电工程水土流失特点及防治措施分析[J].中国水土保持,2015(6):65-67.

[16] 潘晓颖,张长伟,孙蓓.输变电工程特征及其水土流失防治措施[J].人民长江,2016,47(23):28-30,75.

[17] 尹武君,邓川,杨晓瑞,等.特高压输电线路工程水土保持专项设计探讨[J].四川环境,2020,39(2):151-155.

[18] 张凤梅.山西省输变电工程水土流失特点及防治措施体系研究[D].北京:北京林业大学,2014.

[19] 张科利,彭文英,杨红丽.中国土壤可蚀性值及其估算[J].土壤学报,2007,44(1):7-13.

[20] 姬婧,刘富齐,张登明.平顶山市区采煤塌陷地治理现状与分区治理措施探讨[J].煤炭工程,2006(7):69-71.

[21] 王德起,王霖琳,朱海坤,等.门头沟煤矿区生态修复功能及生态农业工程规划[J].农业工程学报,2007,23(11):138-141.



(上接第 46 页)

[15] 朱大运,杨倩,陈海,等.1960—2017 年贵州省不同水系降雨侵蚀力时空变异特征[J].水土保持通报,2021,41(1):6-14.

[16] 王万忠.黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究Ⅲ:关于侵蚀性降雨的标准问题[J].水土保持通报,1984,4(2):58-63.

[17] 黄利燕.基于 ArcGIS 不同空间插值方法的降雨量预测

效果对比[J].北京测绘,2019,33(7):759-762.

[18] 李巍,范文义,毛学刚,等.降雨量空间插值方法比较研究[J].安徽农业科学,2014,42(12):3667-3669.

[19] 郑海金,杨洁,左长清,等.红壤坡地侵蚀性降雨及降雨动能分析[J].水土保持研究,2009,16(3):30-33.

[20] 魏静,马洪超.降雨对红黏土区土壤侵蚀的影响[J].西部大开发:土地开发工程研究,2019,4(7):52-55,60.