

阿里与藏中电网联网工程水土保持措施 布设及植被恢复探讨

尚小伟,张旭博,刘建国,霍 毅,朱栩辉,李欣蓓

(中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司,陕西 西安 710075)

摘 要: 西藏阿里、日喀则地区生态环境脆弱,基础工程建设对当地生态环境破坏大,生态恢复难度高。以阿里与藏中电网联网工程为例,根据工程水土保持设施建设特点及验收经验,总结分析了工程不同防治分区典型水土保持措施布设要求,探讨了高寒地区植被恢复过程中草皮剥离与回铺、植物播种及养护措施等技术要点。高寒地区输变电工程水土流失防治工作应突出保护优先、分区防治的原则,针对不同防治分区因地制宜采取水土保持措施,植被恢复工作应结合立地条件科学合理制定技术方案,严格执行草皮剥离及回铺措施,加强后期养护抚育管理,确保达到预期植被恢复效果,保护高寒地区生态环境。

关键词: 水土保持;植被恢复;输变电工程;高寒地区;阿里与藏中电网联网工程

中图分类号: S157 **文献标识码:** C **DOI:**10.3969/j.issn.1000-0941.2025.06.010

引用格式: 尚小伟,张旭博,刘建国,等.阿里与藏中电网联网工程水土保持措施布设及植被恢复探讨[J].中国水土保持,2025(6):33-36.

阿里与藏中电网联网工程(以下简称“阿里联网工程”)是继青藏电力联网、川藏电力联网、藏中电力联网 3 条“电力天路”之后,国家电网有限公司建成的又一项突破生命禁区、挑战生存极限的世界超高海拔、超大难度的输变电工程。工程塔位平均海拔 4 572 m,是目前世界上海拔最高、运距最远的 500 kV 输变电工程。阿里联网工程的投运,标志着全国陆路地区最后一个地级行政区域正式接入国家大电网,结束了沿线 16 个县、38 万农牧民的缺电生活。

工程沿线经过西藏自治区日喀则市(桑珠孜区、萨迦县、拉孜县、定日县、聂拉木县、吉隆县、萨嘎县、仲巴县)、阿里地区(普兰县、噶尔县)共 2 地(市)10 县(区),属于新建、扩建类输变电工程,工程总投资 74 亿元,2019 年 9 月开工建设,2020 年 12 月正式投运。工程起于日喀则市桑珠孜区多林 220 kV 变电站,止于阿里地区噶尔县巴尔 220 kV 变电站,新建 500、220 kV 变电站共 6 座,500 kV 线路 944 km,220 kV 线路 731 km,110 kV 线路 14 km,输电线路总长 1 689 km。

1 工程沿线生态环境现状

阿里联网工程位于青藏高原西南部,沿线海拔高,空气稀薄,气候寒冷、干旱,经过地貌主要为中高山、山前冲洪积平原、河谷阶地、低中山、湿地和山前洪积扇,线路跨度大,工程穿越高寒荒漠、高原草甸、

高寒灌丛等不同生态系统,地形地貌复杂,生态环境十分脆弱。项目区属高原温带半干旱季风气候区,不同地区年均气温 2.0~6.7℃,年均风速 1.7~3.5 m/s,年均降水量 300.0~430.5 mm,年均蒸发量 1 620~2 533 mm,最大冻土深度 51~124 cm,年均日照时数 2 569~3 231 h;土壤主要有高山草原土、高山寒漠土等,植被主要为山地灌丛草原植被、高山草原植被;为风力侵蚀和水力侵蚀交错区,局部山区间有冻融侵蚀,容许土壤流失量为 1 000 t/(km²·a),土壤侵蚀模数背景值为 1 400 t/(km²·a)^[1]。

阿里联网工程穿越了珠穆朗玛峰国家级自然保护区、冈仁波齐国家森林公园等生态敏感区,项目区生态环境十分脆弱,生态系统自身修复能力严重不足,输变电工程的建设会对地表造成扰动,破坏地表草甸等高寒植被,尤其是在高寒地区生态脆弱的敏感区域,由机械化施工造成的生态环境破坏和水土流失危害是不可逆的。输变电工程是典型的点线结合工程,具有距离长、跨度大、施工场地众多、影响范围呈带状等显著特点,为输变电工程全方位、全生命周期的水土保持措施布设和水土流失防治体系建设带来

收稿日期: 2024-05-28

基金项目: 中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司科研项目(NW-RD037-2023)

第一作者: 尚小伟(1993—),男,甘肃平凉人,工程师,硕士,主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。

E-mail: shangxiaowei@nwepdi.com

了很大挑战^[2-5]。

阿里联网工程在建设过程中,为保护项目区生态环境、防治水土流失,采取了切实可行的水土流失防治措施,与主体工程同时施工,保障了主体工程建设,减少了因项目建设造成的水土流失,维护了高原生态平衡。目前,阿里、日喀则地区超高压输变电工程建设处于起步阶段,总结和研究阿里联网工程水土保持措施效果及植被恢复途径,对后续该地区同类工程水土保持措施布设和生态恢复具有重要的指导意义。本文以阿里联网工程为例,结合高寒地区环境特征及输变电工程水土流失特点,针对项目水土保持组织管理、不同分区水土流失防治措施布设、植被恢复及养护抚育等方面进行了技术探讨。

2 水土流失防治措施分析

2.1 水土保持组织管理

建设单位高度重视项目水土保持工作,施工前就成立了专门的水土保持工作领导小组,负责部署、组织、协调各项日常工作,保证各项工作按照水土保持方案及批复的要求贯彻实施;委托专业环水保监理单位开展全周期的环水保监理,对工程建设过程中各项水土保持设施进行质量、进度、投资等控制;开展了水土保持方案编制及审批;委托设计单位开展了水土保持专项设计;委托水土保持监测单位对工程建设期水土保持情况进行全面监测。

2.2 水土流失防治措施布设

针对日喀则、阿里地区环境特征和输变电工程水土流失特点,在施工过程中以水土保持方案及水土保持初步设计报告为指导,结合项目各分区水土流失特点,分为变电站区、输电线路区(塔基及施工场地区、牵张场区、施工便道区、跨越施工场地区、施工营地及材料站区)等进行水土流失防治措施布设。

2.2.1 变电站区

变电站呈点式分布。本工程新建 500 kV 变电站 2 座、220 kV 变电站 4 座。变电站区是输变电工程土方开挖量、回填量最大的区域,同时也是扰动最严重的区域,如果不及时对变电站建设过程中的水土流失进行防治,那么在短时间内就可能造成严重的水土流失。

本工程变电站建设过程中,6 座变电站占用土地类型均为草地,施工前已建好场地周边围墙,对边坡设置植物护坡进行了防护(见图 1)。围墙能有效防止

施工过程中对征地以外区域的影响,护坡的设置维护了站址边坡和周边山坡的稳定,均有助于防止水土流失的发生。开挖前采取草皮剥离保护等,以保护地表的草本资源,用于后期植被恢复。施工阶段机械进场,场平及基础开挖阶段会产生较多的临时堆土,为加强对临时堆土和大量裸露地表的防护,临时堆土四周采取编织袋装土拦挡,底部采取彩条布铺垫,顶部采取密目网苫盖防护。萨嘎变电站、吉隆变电站、仲巴变电站、霍尔变电站站址位于山前洪积扇,为避免洪水在雨季对变电站围墙造成冲刷,在迎水面修建网格植物护坡、截排水沟等进行综合防治。



(a) 查务 500 kV 变电站植物护坡



(b) 霍尔 220 kV 变电站植物护坡

图 1 变电站网格植物护坡

2.2.2 输电线路区

1) 塔基及施工场地区。优化选线,采用全方位高低腿塔和主柱加高基础,尽量减少降基,最大限度适应山地地形变化的需要,减少水土流失;在坡度较大的塔位处设置挡土墙、护坡、排水沟等;施工后期对施工占地进行土地整治,尽可能恢复其原有土地利用功能。

2) 牵张场区。牵张场区是输电线路工程在建设后期导线架设阶段的施工场地,一般分为牵力场和张力场。牵张场区的选址要求是尽可能利用现有道路,布设在地形平坦、开阔的空地上。牵张场区主要为占压方式扰动地表,改变了原有地形或表层物理性状。牵张场区水土流失防治要在施工前期合理布设机械设备,减少扰动地表面积,做好限界措施。西藏地区主要的地表植被类型为高原草甸,可采取铺设棕垫、钢板等减少机械设备对地表的扰动,施工结束后采取土地整治、撒播草籽等进行植被恢复。

3) 施工便道区。日喀则、阿里地区交通条件较差,项目区内仅有 G219 国道可供施工使用,大部分塔基距离省道、县道较远,因此为满足施工要求需修建施工便道。输变电项目的施工便道从施工前期开始修建,经历基础浇筑、组塔、架线、消缺等多个阶段,存在多次扰动的情况。施工便道区是水土流失的重点区域,也是影响工程后期水土保持设施验收的关键区

域。平原区施工便道施工不存在土石方开挖,仅需对路面进行压实平整,但要合理规划线路,减少占地面积,同时采取铺设垫等 forms 保护地表植被。山地区施工便道施工需对局部土方进行开挖回填,开挖过程中要合理规划,减少土石方挖填量,以避免出现高边坡、溜坡溜渣等重大水土流失问题;开挖前首先采取表土(草皮)剥离措施,保护可供后期植被恢复的地表土壤(草皮);施工过程中采取限界措施,避免出现一个塔基多条施工便道或施工车辆随意行驶导致道路过宽的情况,同时在雨季设置临时排水沟;施工结束后及时进行土地整治、表土(草皮)回覆,对可恢复植被的区域撒播草籽进行植被恢复。

4) 跨越施工场地区。输电线路在导线架设阶段,在跨越道路、低电压等级线路时需采取搭设竹木架等方式进行跨越,存在临时占地。跨越施工场地区施工不涉及土石方挖填,对地表扰动较小,属于一般扰动,水土保持措施布设也相对单一,施工结束后应对扰动土地进行整治,恢复原地貌。

5) 施工营地及材料站区。阿里联网工程线路长,沿线可供施工单位使用的施工营地、材料站较少,各施工标段在施工过程中均有独立的施工营地和材料站区,因此在选址时应尽量利用已有场地,不占用或少占用草地(草甸)等,禁止将施工营地或材料站设置在保护区或生态敏感区,施工前需采取限界措施限制扰动面积,施工结束后进行土地整治,恢复原地貌。

3 植被恢复措施及要点

3.1 草皮剥离及回铺

西藏地区生态环境脆弱,地表植被受到人为破坏后恢复难度大,尤其在施工后期,因此应注重施工前的地表植被保护。多个生产建设项目实践证明,施工前对开挖区域实施草皮剥离时应注意以下几点:

1) 选择合适的剥离时间。选择气候较为湿润、降雨较多的季节,一般为每年的5—7月,结合施工进度合理安排工期^[6]。

2) 控制草皮剥离的厚度。必须剥离至腐殖土层以下并保留5 cm的裕度,确保植物根系(带土)的完整,剥离的厚度应根据剥离区域草本植物根系的深度估算,控制在15 cm以上。

3) 控制剥离草皮分块大小。既要防止由于分块过小导致植物根系、养分被切断,又要保证易于搬运和搬运过程中的抚育养护管理,剥离草皮块边长在

30~50 cm 最优。施工结束后在场地内进行回铺,经抚育可迅速恢复原地貌性质,尽可能降低和消除人类活动对生态环境的影响,以节省后期植被恢复的时间和成本。

3.2 植物播种及养护措施

3.2.1 植物播种

1) 地表杂物清理和回填平整。整地前需要对地表杂物进行清理,对开挖场地和临时堆土进行回填平整。地表杂物清理主要包括:①施工设备拆除和清运,常见的有地锚拆除、硬化水泥地坪拆除、钢丝绳清运、导线盘清运等;②剩余砂石料、塔材包装、水泥袋、生活垃圾、硬化水泥块/浆、混凝土溜槽、块石等清运。

回填平整主要指开挖场地施工结束后对开挖区域和土方进行回填,应尽量采用已开挖土方进行回填,注意减少对堆土区域植被的破坏。回填平整时应堵塞自然冲沟、覆盖农田等区域进行清理,回填时应将表土或砾石较少的土壤回填至表层,根据降雨地表径流情况开挖排水沟或土挡。

2) 土地翻耕。①施底肥。土地翻耕前需要施底肥,根据不同种植方式分别选用撒播施肥和开挖穴施肥。施肥前按照设计要求进行化肥混合。②撒播/条播种草。根据设计中疏松土层深度要求(一般为10~20 cm)和原地貌土质情况,对需要恢复植被区域分别采用挖掘机、旋耕机、十字镐等进行土地翻耕。若条件允许,则可在均匀撒播农家肥后翻耕。③点播种草。点播种草一般用于原地貌植被自然恢复或破坏面积较小区域,只需要对点播位置进行适当松土,不需要对土地进行翻耕,可减少已有草根和新增植被破坏。④灌木栽植/灌木种子播种。灌木栽植需要根据设计要求开挖栽植穴,栽植穴开挖尺寸应稍大于设计深度和宽度,以方便后期根系延伸。

3) 土壤改良与播种。①草种混合。根据不同草种草籽质量,在材料站或草籽堆放场地按比例进行草种混合,以减少现场拌种时间。现场施工时直接按照恢复面积,计算所需混合草种量。②化肥混合。不同化肥种类按比例在材料站或化肥堆放场地提前进行混合,应注意避免不同酸碱性化肥混合导致的肥力下降。③草籽撒播。根据需要恢复面积现场称量撒播草籽质量,进行人工均匀撒播(刮风天可与湿土混匀)。重点对开挖区域交界处增大撒播量。④草籽点播。采用直径5 mm左右的木棍、铁钎、点播机等插深3~5 cm的穴洞,间距根据需恢复植被密度确定,然后在每个穴洞适量点播混合草种。⑤草籽条播。条播

种草适用于坡度较陡、雨水冲刷强或土壤水分含量较低的边坡,有助于拦蓄降水、防止草籽流失、确保植被成活。根据土壤墒情,在边坡处沿等高线、在平地处根据地形情况每隔 5 cm 采用耙子或自制农具勾出深 5 cm(根据墒情确定)的沟槽,在沟槽内撒播草籽和化肥^[7]。⑥灌木种子播种。种草完成后,将狼牙刺种子或柠条种子点播于植被恢复区。方法是用直径 5 mm 左右的木棍插深 3~5 cm 的穴洞,间距 50 cm×50 cm,然后在每个穴洞点播 2~4 粒种子,覆土踩实。播种前,要对狼牙刺和柠条的种子进行浸种处理,将种子浸泡于 45~50 ℃温水中 4~5 h,待播。

3.2.2 养护措施

1)灌溉。墒情较差的区域采取撒播种草或点播种草,应在种植后进行灌溉。灌溉时喷头尽量洒水均匀,防止造成地表冲刷。变电站周边区域可安装滴灌水管,在自然降雨较少时进行灌溉,时间一般选在早晚。阿里联网工程植被灌溉照片见图 2。



(a) 霍巴 I 线 102 号塔植被恢复效果 (b) 霍巴 I 线 118 号塔人工洒水浇灌

图 2 阿里联网工程植被灌溉照片

2)补种(补栽)。草种和灌木发芽后,应及时观察出苗情况,对稀疏无苗区进行补播,对死亡或损坏严重的灌木、草地适时补种补栽同规格同品种的植物。当补种面积较大时可采用撒播种草方式,当补种面积较小时可采用点播种草方式。

3)覆盖保护。本工程位于高寒高海拔区域,植被恢复条件较差,根据现场实际情况,植被恢复后进行覆盖保护,采用遮阳网、地膜、无纺布(规格为 50 g/m²)、草帘子、植生毯(可回收重复利用)进行覆盖。

4)围栏防护。位于公路两侧、乡村道路周边、变电站区域等的植被恢复区域易被牛羊踩踏或人类活动破坏,需要安装围栏进行防护。

5)病虫害、鼠害防治。在病虫害防治上要贯彻预防为主、综合防治的原则,防患于未然。要加强病虫害测报,一旦发生,要治早、治小、治了,选择最佳防治

期进行有效消灭。不同的病虫害采用不同的药物除治,要做到“对症下药,综合防治”,节约资金和人力,有效控制病虫害的发生与蔓延,保证植物健康生长,巩固和提高绿化效果。在鼠害的防治上,根据草原害鼠繁殖发生危害的规律,结合气候特点等因素综合分析,选择最佳灭鼠时期,科学投药灭杀。

4 结束语

阿里联网工程于 2020 年 12 月正式投运,从工程现场、水土保持监理监测、水土保持设施验收情况来看,工程施工过程中坚持分区防治的原则,采取了草皮剥离保护、棕垫保护、铺设钢板、限界等水土保持措施后,大大减轻了工程建设对高寒区脆弱生态环境的破坏,严格控制了施工过程中新增土壤流失量。施工结束后,针对工程沿线气候、自然环境等开展了植被恢复专项行动,从实施方案、草种的搭配和选择、植被养护抚育等方面入手,对工程变电站区,以及输电线路区的塔基及施工场地区、牵张场区、施工便道区、跨越施工场地区、施工营地及材料站区等区域进行了全覆盖式的植被恢复,达到了预期效果,顺利通过了水土保持设施验收。

参考文献:

- [1] 刘敏,张向峰,陈幸幸. 阿里与藏中电网联网工程水土保持方案变更报告书[R]. 成都:中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司,2021:13.
- [2] 刘建国,卫建军,胡丽萍,等. 输变电工程水土保持设施验收技术要点探讨[J]. 中国水土保持,2021(2):23-26.
- [3] 刘皓. 高原地区输变电工程水土保持生态保护及恢复途径探析[J]. 中国水土保持,2018(8):12-14.
- [4] 郭星,胡志远. 输变电工程水土保持措施体系配置研究[J]. 山西电力,2021(4):54-58.
- [5] 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.
- [6] 杨建霞,尹武君,杨晓瑞. 草皮剥离回铺技术在川藏联网工程中的应用[J]. 科技创新与应用,2014(19):24-25.
- [7] 卫建军,赵晓刚,张振欣. 玉树与青海主网联网工程植被保护研究与应用[J]. 青海电力,2014,33(1):16-19.

(责任编辑 李杨杨)