

高海拔山地风电项目水土保持措施研究

刘健华

(雅砻江流域水电开发有限公司, 四川成都 610051)

摘要: 在构建以清洁低碳能源为主体的能源供应体系、加快推进大型风电、光伏发电基地建设的背景下, 如何做好高海拔山地生态环境脆弱区域水土保持工作, 需要持续探索、实践与提升。本次研究依托于高海拔山地的具体风电项目, 可为高海拔山地风电项目水土保持措施设计提供一定参考。

关键词: 高海拔; 山地; 风电项目; 水土保持措施

中图分类号: Q151.93; TM315; S157

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)02-0113-05

Research on Soil and Water Conservation Measures for Wind Power Projects in High-altitude Mountainous Areas

Liu Jianhua

(Yalong River Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610051)

Abstract: Under the background of building an energy supply system with clean and low-carbon energy and accelerating the construction of large-scale wind power and photovoltaic power generation bases, how to do well in water and soil conservation in areas with fragile ecological environments in high-altitude mountainous areas requires continuous exploration, practice and improvement. This study is based on specific wind power projects in high-altitude mountainous areas, which can provide some reference for the design of water and soil conservation measures for wind power projects in high-altitude mountainous areas.

Key words: high-altitude; mountainous areas; wind power project; water and soil conservation measures

0 引言

在国家“双碳”目标背景下, 我国现代化能源体系建设已迈入新的更高质量的发展阶段, 未来时期以风力发电、光伏发电等为主要代表的新能源开发规模将不断扩大, 预计到 2030 年, 我国风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿 kW 以上。据不完全统计, 截至 2021 年底我国风电装机容量已达 3.3 亿 kW, 太阳能发电装机容量已达 3.1 亿 kW^[1]。

然而, 随着我国风力发电开发进程的不断加快, 高海拔山地风电开发与生态环境保护的矛盾日益加剧, 如何在风电开发中最大程度减轻对高海拔山地原始生态环境的影响, 加大力度做好生态环境保护及修复工作, 目前已成为全社会关注的重点^[2-3]。高海拔山地生态环境脆弱, 动植物一旦受到破坏, 在短时间内很难得到恢复。因此, 本文以四川西南某高海拔山地风电项目为研究对象, 建立适宜我国西南高海拔地区风电项目的水

土保持体系, 为高海拔山地风电项目制定水土保持措施提供有益参考。

1 项目概况

四川某高海拔山地风电项目地处川西高原腹地, 项目区域地势为南北走向的山脊, 是典型的中高山剥蚀地貌区域。场地地形较为开阔, 山脊地势较为平缓, 坡度在 15°以内。风机机位沿山脊顶部布置, 其高程在 3 130.00~3 600.00 m 范围。项目区属亚热带冬干夏湿气候类型, 日照充足, 降雨充沛。年平均气温 16.7℃, 极端最高气温 37℃, 极端最低气温 -4.6℃; ≥ 10 ℃积温为 5 301.5℃, 无霜期 306 d, 年均相对湿度 68%, 年均日照时数 2 060.2 h, 年平均气压 854.9 hpa, 年平均水汽压 13.2 hpa, 年均蒸发量 1911.3 mm, 平均年雷暴日数 54 d; 年均降雨量 955.6 mm, 7~9 月为雨季, 降水量占年降水量的 90%。项目区土壤类型主要为山地棕壤、山地暗棕壤, 平均厚度为 0.3~1.0 m。根据实地调查, 该风电场所在地为高山区, 分布的植被类型主要为亚高山草甸

收稿日期: 2022-08-16

和高山草甸,林草覆盖率约70%。

该项目装机规模100 MW,由主体工程50台(含箱变)风力发电机组、1座220 kV升压站、集电线路45.2 km(含直埋集电线路3.0 km、架空

集电线路42.2 km)、辅助工程的吊装场地50处、施工生产生活设施场地2处、场内道路54 km、场外道路26 km、弃渣场6个等组成。项目占地共计92.11 hm²。该项目工程简况详见表1。

表1 工程简况表

| 一、项目基本情况 | | | | |
|---------------|-----------------------|--|-------|------------|
| 1 | 项目名称 | 某高海拔山地风电场工程 | | |
| 2 | 建设期 | 共计20个月 | | |
| 3 | 静态投资 | 10亿元 | 土建投资 | 2亿元 |
| 二、项目组成 | | | | |
| 1 | 风电机组(含箱变)工程 | 单机容量2 000 kW的风力发电机组50台,容量2 150 kVA的箱式变电站50台。 | | |
| 2 | 集电线路工程 | 新建集电线路45.2 km,其中直埋电缆3.0 km,采用架空导线集电线路42.2 km。 | | |
| 3 | 升压站工程 | 新建220 kV升压站1座。 | | |
| 4 | 道路工程 | 新建及改扩建道路总长80 km,其中:场内道路54 km,场外道路26.0 km。 | | |
| 5 | 施工临时设施场地 | 设置施工临时设施场地2处,包括临时生活区、综合仓库、钢筋加工厂、混凝土拌合站、砂石料场、机械设备存放场。 | | |
| 6 | 弃渣场 | 弃渣场6个。 | | |
| 三、工程占地及主要技术指标 | | | | |
| 项目组成 | 占地面积 /hm ² | | | 备注 |
| | 合计 | 永久占地 | 临时占地 | |
| 风电机组(含箱变)工程 | 10.00 | 1.71 | 8.29 | 包括吊装场地临时占地 |
| 集电线路工程 | 2.89 | 0.39 | 2.50 | |
| 升压站工程 | 0.97 | 0.97 | — | |
| 道路工程 | 65.00 | 28.74 | 36.26 | |
| 施工临时设施场地 | 2.50 | — | 2.50 | |
| 临时供电工程 | 0.05 | — | 0.05 | |
| 弃渣场 | 10.70 | — | 10.70 | |
| 合计 | 92.11 | 31.81 | 60.30 | |

2 高海拔山地生态环境特征

2.1 高海拔地区现状

高海拔地区的平均海拔高度在2 500.00 m以上,主要包括高原和高山。该区域随着海拔升高,空气、水汽不断减少,气压、温度明显下降,大气逐渐变得干燥,太阳辐射不断增强,紫外辐射增强尤为明显;土壤相对贫瘠,常年降雨稀少;整个生态系统相对脆弱,地表植被一旦遭到扰动,很难在短时间内自然恢复。

2.2 生态特征

2.2.1 地形地貌

高海拔地区地形复杂,总体地势起伏较大,山脊和鞍部间常分布平缓台地。沿山脊地形相对较缓,山脊两侧地形坡度较陡。高海拔山地主要分

为构造侵蚀地貌和构造溶蚀地貌。

2.2.2 气候条件

高海拔地区的气候随海拔升高而变化,大多分为亚热带湿润、温带半湿润及寒温带湿润三种典型特征气候,俗称“一山分四季,十里不同天”的典型立体气候状况。根据常年气象资料统计,该地区平均气温较低,昼夜温差大,大气中的杂质、水汽和尘埃随着高度的升高而迅速减少;日照强烈,且紫外线强度大。

2.2.3 水文特征

高海拔地区大多属一些河流的发源地或上游,由于该地区特殊的气候和地形地貌条件,河流多以雨水及高山雪融水形式补给。该地区河流的季节性较强,枯、丰水期差异明显,河流的径流量

较小;另外,常存在湿地,水资源储量较大。

2.2.4 植被与土壤

高海拔地区的植被种类较多,主要受海拔高度变化、山体大小以及坡度坡向的影响,通常有高山灌木丛草地、高山林地,主要植物类型包括高山峡谷混交林,海拔较高处为温性干草原。在高海拔地区,通常有冻土存在,包括季节性冻土和多年冻土,其分布特征主要受海拔高度控制,同时具有纬度地带性;土壤主要是山地灌木丛草原土、风沙土、粗骨土等。

2.3 生态环境

随着全球气候变暖,加之人类活动范围不断扩大,高海拔山地生态环境一直都是处于剧烈波动中。全球气候向偏暖、干旱方向发展,造成冰川融化、湖泊萎缩、河流径流量下降。这种气候变化特征使高原生态环境更加脆弱,自然生态系统的自我调节和修复能力差,生态环境遭到人为破坏后,极易造成生态环境的迅速恶化。

由于高海拔地区气候寒冷、年均水量蒸发大、空气稀薄、太阳辐射强烈、日照时间长、昼夜温差大、含氧量少等显著特点,该区域的原始生态环境状况不容乐观,常见的土壤水蚀、草场植被退化、土地沙化问题相对严重,而且持续干旱少雨,对土地沙化起到了加剧作用,植被退化与冻土消融严重,土壤沙化与水土流失现象时有发生。

此外,高原自然环境特殊,地质灾害问题也相对突出,抗外界干扰能力低,系统结构易发生变化,功能极易被破坏。山体滑坡、泥石流等地质灾害频发。

3 水土流失防治措施布设

3.1 布设原则

根据高海拔山地的特点,风电项目区水土流失防治、防护措施遵循“综合防治、可持续发展”的原则,坚持整体性、长远性、全过程的实施方案,合理安排施工时序。

3.2 防治措施体系和总体布局

针对工程建设过程中新增水土流失特征,在综合分析评价主体工程设计中具有水土保持功能的基础上,将道路工程区、风电机组(含箱变)工程区、弃渣场区作为水土流失防治的重点区域,在施工期注重临时防护区域的布置,建立以水土保持工程措施、植物保护措施和临时措施相结合的生态恢复体系,最大限度地减少水土流失量。

项目区位于中高山,区内分布有灌木丛及草原植被,工程建设永久占地区以高山草原植被为主,无可供剥离的草甸,因此,针对项目区的实际情况,在植物保护区域的布置上,以撒播种草恢复植被为主,不考虑草皮剥离与移植。本项目水土流失防治措施总体布局见表 2(表中★为主体工程已列措施)。

表 2 水土流失防治措施总体布局表

| 序号 | 防治区 | 防治措施 |
|----|--------------|--|
| 1 | 风电机组(含箱变)工程区 | 1. 表土剥离;2. 覆土;3. 植被恢复;4. 临时排水沟;5. 临时沉沙池;6. 编织袋拦挡;7. 无纺布遮盖。 |
| 2 | 集电线路工程区 | 1. 表土剥离;2. 覆土;3. 土地整治;4. 植被恢复;5. 编织袋拦挡;6. 无纺布遮盖。 |
| 3 | 升压站工程区 | 1. 表土剥离;2. 覆土;3. 绿化★;4. 排水沟★;5. 临时排水沟;6. 临时沉沙池;7. 编织袋拦挡;8. 无纺布遮盖。 |
| 4 | 道路工程区 | 1. 表土剥离;2. 覆土;3. 排水沟★;4. 植被恢复;5. 临时排水沟;6. 临时沉沙池;7. 编织袋拦挡;8. 无纺布遮盖。 |
| 5 | 施工生产生活设施场地 | 1. 表土剥离;2. 覆土;3. 植被恢复;4. 临时排水沟;5. 临时沉沙池;6. 编织袋拦挡;7. 无纺布遮盖。 |
| 6 | 临时供电工程区 | 1. 表土剥离;2. 覆土;3. 植被恢复;4. 编织袋拦挡。 |
| 7 | 弃渣场区 | 1. 表土剥离;2. 截水沟;3. 排水沟;4. 沉沙池;5. 挡渣墙;6. 覆土;7. 植被恢复;8. 临时排水沟;9. 临时沉沙池;10. 编织袋拦挡;11. 无纺布遮盖。 |

4 主要技术标准及要求

4.1 设计标准及要求

挡渣墙设计参照《水工挡土墙设计规范》(DL379-2007),弃渣场等级为 5 级,最小抗滑安全系数 $[K_s] \geq 1.3$,抗倾覆最小安全系数 $[St] \geq$

1.5,墙基最大应力与最小应力之比 $\sigma_{\max}/\sigma_{\min} \leq 1.5$ 。

道路排水沟按照《开发建设项目水土保持技术规范》(GB50433-2008)进行设计,设计暴雨重现期为 10 a 一遇 1 h 暴雨值。弃渣场截水沟参照

《水利水电工程水土保持技术规范》(SL575—2012),设计暴雨采用10 a一遇1小时暴雨值。

土地整治覆土厚度根据《开发建设项目水土保持技术规范》(GB50433—2008)标准:草地 \geq

0.2 m。

4.2 植物保护措施技术和质量要求

4.2.1 主要树(草)种生物学特性及种植技术

主要树(草)种生物学特性及种植技术见表3。

表3 主要树(草)种生物学特性及种植技术表

| 树种(草种)名称 | 生物学特性 |
|---|---|
| 高羊茅 (<i>Festuca elata</i> Keng ex E. Alexeev) | 禾本科多年生地被植物,秆成疏丛或单生,直立,性喜寒冷潮湿、温暖的气候,耐高温,喜光,耐半阴,抗逆性强,耐酸、耐瘠薄,抗病性强。 |
| 丝茅草 (<i>Imperata cylindrica</i>) | 又叫茅草,多年生草本植物,具粗壮的长根状茎。秆直立,高30—80 cm,具1—3节,节无毛。适应性强,耐荫、耐瘠薄和干旱,喜湿润疏松土壤,在适宜的条件下,根状茎可长达2~3 m以上,能穿透树根,断节再生能力强。 |

4.2.2 种草技术

(1)整地播种:撒播种草之前应先对施工区进行平整压实,使下部土体的保水能力达到草被植物生长的要求。

(2)播种:播种方式采用草籽撒播,高羊茅和丝茅草草籽混合比例为1:1,每公顷撒播50 kg。季节以春、夏两季为宜,春播需在土壤温度稳定通过3℃以上、土壤墒情较好时进行,夏播宜选在雨季来临和透雨后进行。大粒种子深播,小粒种子浅播。土壤墒情差的土地深播,土壤墒情好的土地浅播。土质沙性大的土地深播,土质粘重的土地浅播。播种后覆土1~2 cm进行镇压。

(3)抚育管理:播种次年,对缺苗断垄处进行补播,防止表土冲刷。确定封禁区域周边界线,确保封禁区内草皮自然恢复。

4.3 主要防治措施

4.3.1 工程措施

高海拔山地风电项目在实施过程中,主要采取表土剥离及回覆措施。在施工前,对风电机组(含箱变)、集电线路、升压站、进场道路、临时供电及生产生活区等施工范围内的林地和草地进行表土剥离,将剥离后的表土装入土袋,堆放在占地范围内。在施工结束,机械设备退场、相关临时设施拆除后,将装入土袋的表土平铺在占地范围内,覆土厚度为20 cm。

4.3.2 植物措施

对施工范围内进行撒播种草,草种选择与当地区域相同的高羊茅和丝茅草,采用撒播的形式进行播种。

4.3.3 临时措施

临时措施主要包括表土的临时堆放、临时排水沟、临时沉沙函等。为减少因雨水冲刷临时堆

土而产生的水土流失,本方案设计在堆土坡脚堆码土袋进行挡护,设计临时堆土平均堆高2.3 m,编织袋采用下底宽1.5 m、上顶宽0.5 m,高1.0 m的梯形堆放,裸露面采用无纺布遮盖防护。

4.3.4 弃渣场区

根据项目的弃渣特点和交通运输条件,共布置6个弃渣场,其工程措施主要是表土剥离、表土回覆、挡渣措施、排水设计、植物措施及临时措施等。其中,弃渣场共修筑挡渣墙1 100 m,排水沟2 400 m,沉沙函23个。

考虑到弃渣的永久性和挡渣墙的稳定性的稳定性,挡渣墙采用M7.5号浆砌片(块)石砌筑,型式为重力式挡墙(直立式)。根据3号和6号弃渣场位置的地形地貌和堆渣要求,1、2、4号和6号弃渣场的挡渣墙设计高度为3 m(取名Ⅰ型挡墙);3号和5号弃渣场挡渣墙设计高度为4 m(取名Ⅱ型挡墙)。Ⅰ型挡墙断面设计尺寸为:顶宽1.15 m,墙高3 m,挡墙坡面倾斜坡度为1:0.2,挡渣墙基座1.85 m,埋深1.05 m(土层基础)。Ⅱ型挡墙断面设计尺寸为:顶宽1.45 m,墙高4 m,挡墙坡面倾斜坡度为1:0.2,挡渣墙基座2.40 m,埋深1.25 m。挡墙稳定分析参数见表4。

根据表4所选参数进行计算,挡墙稳定分析结果见表5,所有指标均满足《开发建设项目水土保持方案技术规范》要求,所设计的挡渣墙是稳定的。

为了保证弃渣场的使用,及时将场地内的降水排出,避免水流冲刷造成水土流失,在弃渣场场地周边布设排水沟,在排水沟转弯和末端设置沉沙函,排水沟采用M7.5浆砌块石砌筑,壁厚30 cm,沉沙函采用M7.5浆砌块石砌筑,壁厚30 cm。根据各弃渣场汇水面积,本方案设计

表 4 挡墙稳定分析参数表

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|------------|----------------------|----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 砌体容重 /kN·m ⁻³ | 圬工间 摩擦系数 | 墙底摩 擦系数 | 砌体容 许压应 力 /kPa | 砌体容 许剪应 力 /kPa | 砌体容许 拉应力 /kPa | 砌体容许 弯曲拉应 力 /kPa | 墙后填土 内摩擦角 /° | 墙后填土 容重 /kN·m ⁻³ | 墙背与墙后 填土摩擦角 /° | 地基土 容重 /kN·m ⁻³ | 修正后地基 土容许承载 力 /kPa |
| 22 | 0.4 | 0.4 | 3400 | 240 | 240 | 240 | 30 | 18 | 15 | 20 | 350 |

表 5 挡墙稳定分析结果表

| 断面 | 滑移验算 | | 倾覆验算 | |
|--------|-------|------|-------|------|
| | 计算值 | 允许值 | 计算值 | 允许值 |
| I 型挡墙 | 1.413 | >1.3 | 3.522 | >1.5 |
| II 型挡墙 | 1.333 | >1.3 | 3.171 | >1.5 |

了排水沟为梯形断面,下底为 0.4 m,上顶宽为 0.8 m,深为 0.4 m,边坡坡比为 1:0.5。按明渠均匀流公式,排水沟过水流量为 0.265 m³/s。沉沙凼长 2 m,宽 1.5 m,深 1 m。

根据《防洪标准》和《灌溉与排水工程设计规

范》,弃渣场截、排水沟按 5 级防洪标准即 20 a 一遇洪水标准。根据小流域暴雨洪水流量计算公式,对各弃渣场排水沟设计流量复核,设计的排水沟可满足弃渣场上游坡面排水需求。弃渣场汇水面积及排水沟流量估算汇总见表 6。

表 6 弃渣场汇水面积及排水沟流量估算汇总表

| 弃渣场名称 | 占地面积 /hm ² | 汇水面积 /hm ² | 渣场类型 | 坡面汇水洪峰 流量 /m ³ ·s ⁻¹ | 排水沟型式 /m | 排水沟设计 过水流量 /m ³ ·s ⁻¹ | 校核结果 |
|--------|--------------------------|--------------------------|------|---|----------------------|---|--------|
| 1 号弃渣场 | 1.90 | 2.45 | 坡面型 | 0.23 | | 0.265 | 满足防洪要求 |
| 2 号弃渣场 | 1.70 | 2.43 | 坡面型 | 0.228 | 上顶宽 0.8, | 0.265 | 满足防洪要求 |
| 3 号弃渣场 | 1.70 | 2.09 | 谷坡型 | 0.196 | 下底宽 0.4, | 0.265 | 满足防洪要求 |
| 4 号弃渣场 | 1.60 | 1.83 | 坡面型 | 0.172 | 高 0.4,边坡 坡比为 1:0. | 0.265 | 满足防洪要求 |
| 5 号弃渣场 | 2.00 | 2.14 | 谷坡型 | 0.201 | 5 梯形断面 | 0.265 | 满足防洪要求 |
| 6 号弃渣场 | 1.80 | 2.31 | 坡面型 | 0.217 | | 0.265 | 满足防洪要求 |

5 结 论

本文以四川某风电项目工程为研究对象,在系统分析高海拔山地生态环境特点及现状的基础上,明确了该项目水土保持措施布设原则、总体布局,相应开展了典型防治措施设计并明确技术标准,总结了适宜我国高海拔山地风电项目的水土流失防治措施体系,是对高海拔风电项目实施水土保持措施的有益探索和实践。

在构建以清洁低碳能源为主体的能源供应体系、加快推进大型风电、光伏发电基地建设的背景下,如何做好高海拔山地生态环境脆弱区域水土保持工作,需要持续探索、实践与提升。本次研究依托于高海拔山地的具体风电项目,可为高海拔

山地风电项目水土保持措施设计提供一定参考。

参考文献:

[1] 中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见[EB/OL]. 2021,http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm.

[2] 蒋俊霞,杨丽薇,李振朝,等.风电场对气候环境的影响研究进展[J].地球科学进展,2019,34(10):1038-1049.

[3] 李国庆,张春华,张丽,等.风电场对草地植被生长影响分析——以内蒙古灰腾梁风电场为例[J].地理科学,2016,36(06):959-964.

作者简介:

刘建华(1981-),男,湖南娄底人,高级工程师,硕士,从事水电及新能源项目管理。

(责任编辑:卓政昌)

枕头坝二级水电站成功截流

3月30日,四川省“十四五”重点建设项目——枕头坝二级水电站实现二期截流,转入主体施工。该电站位于乐山市金口河区城区上游,总装机 300 兆瓦,年平均发电量超 15 亿千瓦时,建成后每年可节约标煤 45 万吨,减少二氧化碳排放量 96 万吨。本次截流采用立堵截流方式,设计流量 1 374 立方米每秒,高峰期每小时抛投 862 立方米,龙口最大流速 7.7 米每秒,最大落差 1.59 米。

(摘自《北极星水力发电网》)