

# 山地风电场道路边坡生态修复措施研究

张晓霞

甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司 甘肃兰州 730000

**摘要:** 山地风电场的建设对道路边坡生态环境造成了一定程度的破坏。为了实现风电场的可持续发展和生态环境的修复,本研究针对山地风电场道路边坡生态修复措施展开了研究。通过文献综述和实地调研,我们总结了当前常见的道路边坡生态修复方法,并针对山地风电场的特点提出了适用于该场景的修复措施。

**关键词:** 山地风电场;道路;边坡生态修复;措施研究

## Research on Ecological Rehabilitation Measures for Road Slopes in Mountain Wind Farms

Xiaoxia Zhang

Gansu Province Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Research Institute Limited Liability Company Lanzhou, Gansu 730000

**Abstract:** The construction of mountainous wind farms has led to a certain degree of ecological disruption in road embankments. In order to achieve the sustainable development of wind farms and the restoration of the ecological environment, this study focuses on the ecological restoration measures for road embankments in mountainous wind farms. Through literature review and field investigations, we have summarized the common methods for ecological restoration of road embankments currently in use and have proposed restoration measures tailored to the specific characteristics of mountainous wind farms.

**Keywords:** Mountain Wind Farm; Road; Slope Ecological Restoration; Measures Research

最近几年,由于人们使用能源所造成的环境污染,已经成为了整个社会所关心的问题。要想降低人们对化石能源的依赖,就必须大力发展和发展新的新能源,而风能就属于这种可再生的、洁净的能源,它可以通过风力发电得到一种取之不尽用之不竭的新能源。风电工程的建设不仅环保、安全,而且由于中国是一个风电大国,风电在今后的能源构成中会占据更加突出的位置,必然是中国的一种主要的新一代能源,所以风电在我国的发展潜力巨大。

### 一、山地风电场的特点

风电项目的建设与运行将对区域生态造成严重影响。研究表明:植被恢复过程中,植被恢复过程发生了明显的变化,植被恢复速度加快,植被恢复的速度加快。另

外一种情况则会对土质产生影响,尤其是在挖掘塔基的地区,它会对土质的构造产生很大的损害。在风电的运营与维修中,风电所引起的周围环境的改变以及人为因素对土壤侵蚀的影响,都会对土壤侵蚀产生间接的作用。

在山区风电场的建设过程中,每个风机通常都是以星点状的形式,在山巅的顶端和山脊上,而风电场的道路则是以直线形式的形式,将每个风机相连起来,它的建设过程中,要从山脚、山腰过渡到山顶,因此它的建设会占据很大的范围,扰动土地面积很大,地形地貌复杂,水土流失危害大。

### 1. 风机道路区建设对生态环境的影响

与常规能源相比,风力发电不仅可以大幅降低二氧化碳排放量,还可以节省大量的水资源,而且可以使产业“三废”接近于0,从而降低了对生态系统的不良影响。在“碳中和”的环境下,风力发电,这一新的清洁能源,必然会肩负更多的重任,也会带来更多的发展机

**作者简介:** 张晓霞(1985.11-),女,汉,甘肃天水人,本科,中级职称,水土保持工程。

会。但是，随着我国风力发电行业的迅速发展，如果没有相应的环保措施，就会给区域的生态系统带来严重的破坏。

### 2. 道路工程在风电项目水土流失情况占比

风电机组一般由升压站、安装平台、施工生产生活区、弃渣场、集电线路、道路工程等几个区构成。通过对江西修水眉毛山风电场、山西大同华能天镇天台山98MW风电场、国家风光储输示范工程孟家梁风电场等项目水土保持方案分析，得出风电机组道路工程区防治责任范围占比平均占项目区站的60%。占比情况详见表1-1、1-2、1-3。

通过以上数据可以看出，山地风电项目道路区是整个项目扰动面积最大的，流失量发生最大的分区也是在道路区，而道路区扰动恢复难度最大的就是道路边坡，因此道路边坡如何修复成了重中之重。

## 二、风电场生态修复的原则

生态护坡的功能如下：

1. 护坡功能：植被的根系具有锚固边坡、加筋的作用；

2. 防止水土流失：能够降低孔隙水压力、削弱雨水溅蚀；

表 1-1 各风电场项目道路分区占比情况

序号	项目名称	道路工程区 (hm <sup>2</sup> )	防治责任范围 (hm <sup>2</sup> )	占比 (%)
1	江西修水眉毛山风电场	21.05	40.33	69.40
2	山西大同华能天镇天台山98MW风电场	49.57	136.63	72.30
3	国家风光储输示范工程孟家梁风电场	16.20	21.8	37.90
4	湖南兴业天门皂市分散式风电项目	1.28	2.85	44.91
5	湖南城步乌鸡岭风电场工程	26.65	32.69	81.52
6	华润和顺牛川分散式风电项目	9.01	13.70	65.77
7	金色新能源濉溪县淮北矿业临涣焦化分散式风电项目（二期）	0.89	1.99	44.72
8	陕西嘉泰恒新能源有限公司神木西站20MW分散式风电项目	1.95	3.80	51.32
9	通道县播阳风电场一期工程	20.00	27.12	73.75
10	中广核益阳七里松风电场项目	31.50	47.51	66.30
11	华能郴州北湖区风电场2×50MW（一期、二期）项目	13.51	27.23	49.61

表 1-2 各风电场项目流失量占比情况

序号	预测		侵蚀面积 (hm <sup>2</sup> )	预测时段 (a)	背景值t/km <sup>2</sup> ·a	扰动后侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> ·a)	背景值	预测流失量	新增	占比 (%)
1	风电机组区	施工期	3.58	1	151	13990	5	501	496	11.42
		自然恢复期	3.2	1	151	620	5	20	15	0.35
	小计						11	559	548	12.62
2	升压站	施工期	1.13	1	96	12930	1	146	45	1.04
		自然恢复期	0.58	1	96	450	1	3	2	0.05
	小计						2	166	164	3.78
3	集电线路	施工期	1.19	1	272	12300	3	147	143	3.29
		自然恢复期	1.32	1	272	460	4	6	2	0.05
	小计						7	172	164	3.78
4	道路工程	施工期	20.35	1	319	11740	65	2389	2324	53.50
		自然恢复期	11.1	1	319	730	35	81	46	1.06
	小计						103	2571	2469	56.84
5	弃渣场	施工期	4.47	1	125	17380	6	777	771	17.75
		自然恢复期	4.96	1	125	860	6	43	6	0.14
	小计						12	891	878	20.21
6	施工生产	施工期	0.82	1	110	12930	1	105	104	2.39
		自然恢复期	0.91	1	110	450	1	4	3	0.07
	小计						2	122	121	2.79
合计						137	4481	4344		

3.改善环境功能:种植植物能够恢复被破坏的生态环境,清洁空气,改善气候。

生态护坡具有以下两点设计原则:

1.稳定性原则:护坡的设计首先需要满足边坡稳定的条件。边坡的不稳定因素最主要是水土流失:1)由于降雨对边坡表面冲刷带来的不稳定性;2)由于表层、深层土体扰动带来的不稳定性。

2.生态性原则:生态护坡设计需要与生态系统相协调,使其对原环境影响达到最小。首先设计应因地制宜,其次要保护与节约资源,最后要回归生态,保证生物多样性,尊重自然。

### 三、风电场生态修复的重点难点

#### 1.土壤、地貌因素分析

风电场场址主要为侵蚀剥蚀丘陵地貌,所在山体大部表层为稍密-中密碎石土和可塑-硬塑粉质粘土覆盖,厚度在0.5~5.0m,部分分级场地可见基岩出露,场地地形起伏大,相对高差在100~350m之间。风机机位场址多为单个低丘陵山包,地址起伏,往往使得降雨流量及流速加大,从而增加径流的冲刷能力,易加大水土流失。风电场区土壤类型较多,土壤有效养分含量普遍比较低,特别是速效磷、钾的含量极少,土壤较贫瘠,影响了当地的植被生长,从而削弱了植被的保水固土的功能。

#### 2.植被因素分析

风电场占地均为林地,山顶植被稀少,仅见灌木和草丛,山底处植被较为茂盛,乔木主要为泡桐、杉、竹等,灌木多为芽草、映山红、胡枝子、葛藤等,林草覆盖率约为80%。风电场风机主要沿着山脊建设,在山顶处进行开挖建设风机安装平台,还要对山体开挖修建道路,山顶本就植被稀少,工程建设扰动后植被及土壤结构遭到破坏、施工区域水土流失加重。

#### 3.坡度因素分析

风电场场址地层稳定,只是局部坡体较陡,山体坡度在 $20^{\circ}$ ~ $35^{\circ}$ 居多,局部地段坡度在 $40^{\circ}$ ~ $55^{\circ}$ ,随着修路或采石等人为活动,将对山体产生大规模的切坡。山地风电场工程建设过程中将产生大量的挖填方边坡,扰动原地貌,经人为扰动之后影响研究区水土流失因素的降雨、地貌、土壤、植被等情况基本相同,但是挖填方边坡的不同却能造成较大的土壤侵蚀差异,因此,挖填方边坡与水土流失有着极为密切的关系。

### 四、风电场不同生态修复措施比较

#### 1.传统生态护坡技术介绍

##### (1)人工植草护坡

植草护坡技术的具体方法有人工种草护坡、平铺草皮护坡等。人工种草护坡的方法是工人在边坡坡面播撒草种;平铺草皮护坡的方法是工人在边坡表面铺盖天然草皮,植草护坡技术是传统边坡植物防护措施,优点是施工简单、工程造价低、成坪时间短、护坡功效快、施工季节限制少,既能起到有效的防护措施,又起到了不错的景观效果。

##### (2)骨架植草护坡

骨架植草护坡是指用混凝土、浆砌片石等材料在坡面形成框架,在框架里填满土壤,然后铺草皮或播撒草籽的一种边坡防护技术,不同框架形式可分为浆砌片石骨架植草护坡、蜂巢式网格植草护坡以及锚杆混凝土框架植草护坡等,这种护坡方式可避免边坡暴露时间过长,减轻坡面冲刷,保证边坡的稳定,保护植被生长。

##### (3)植生袋生态护坡

植生袋是由草籽、种植土、可降解包装袋组成,草籽按照比例与适宜植物生长的种植土与底肥共同装在可降解包装袋中。植生袋生态护坡供应了适合植物生长的营养基质,袋内植物出芽生长之后,植株根系的锚固作用可稳固边坡,同时提高抗冲刷能力,形成天然植被景观。

##### (4)喷播护坡技术

①客土植生喷播:客土喷播技术是采用团粒剂将客土变为团粒化结构,从而形成了特定厚度的具有耐雨水溅蚀、耐风化,牢固透气的多孔稳定土壤结构,喷播基材选用泥炭土和木纤维按一定的配比混合使用。

②厚层基材喷播:厚层基材喷播是在裸露岩质边坡上喷射具有特定厚度的水泥、土壤、有机质、保水剂和草籽的混合基材,上述混合基材在岩石表面可以形成一层具有连续空隙的硬化体,这种硬化体能够避免绿化基材遭受雨水冲蚀,同时搭配锚杆、锚钉和镀锌铁丝网等常用的支护材料,共同形成一种既有生态效果又有稳定作用的基材喷层,在岩质坡面上形成植物的生长层。

③植被混凝土喷播:植被混凝土护坡技术是在厚层基材喷播基础上的改良技术,是使用植被混凝土基材配方对坡体稳定的高陡岩质边坡进行防护和绿化的新技术,其核心技术是在基材中加入植被混凝土绿化添加剂,绿化添加剂能够中和基材中因添加水泥而带来的碱性,同时可以降低水化热,增加基材孔隙率,为植物在喷层中提供了健康生长的环境。

##### (5)藤本植物立体绿化护坡

藤本植物多应用于岩石类边坡,多应用于其它类型的生态护坡,或以生态保护效果为目标,对传统护坡方

式进行生态恢复和生态互补。该技术方案将藤本植物具有的吸附、缠绕、攀援习性和较强的断裂再生能力，并具有的耐荫、耐旱、耐辐射热和覆盖面积大等优点，来进行绿化护坡。

## 2.生态护坡技术方案筛选

生态护坡技术方案的选择在实际工程应用中至关重要，技术方案选择恰当能使护坡效果达到最佳。因此，本文通过对比各种施工技术方案的优缺点以及适用范围等综合考虑，筛选出适合山地风电场道路边坡生态修复的最佳方案。

人工植草护坡虽具有护坡功效快、施工方便等优点，但是植草护坡只适用于平缓的各种土质边坡，难以防护水土流失，是普通的绿化景观护坡。然而山地风电场区边坡多是裸露岩质边坡，并且边坡较高，坡度较陡（大多为1:0.75甚至达到1:0.3），因此植草护坡完全不适合山地风电场区的边坡修护；相比人工植草护坡，骨架植草护坡技术利用混凝土及浆砌片石减轻了坡面来自雨水的冲刷，由此避开了人工种植草坪护坡的劣处。为了增强土层强度，厚层基材喷播在基材中采用了水泥，防雨水冲刷能力大大加强。但是水泥所具有的强碱性不适合植物生长，加少了边坡防护稳定性不够，加多了长不出植物又不符合生态护坡的初衷。因此，植被混凝土护坡技术在基材中加入了绿化添加剂，在不影响基质强度的前提下中和水泥的碱性，调节基质的pH值，同时提供基质水分，提高肥力供给能力，确保植物生长过程中的水分和养分需求，为植物提供良好的生长环境。

通过比较发现，植被混凝土护坡技术搭配藤本植物是修复山地风电场道路边坡的最佳方案。同时要根据风电场区建设的实际现状、绿化要求以及工程造价等综合考虑，以充分发挥各护坡方案的技术优势，使护坡效果

达到最佳。

## 五、结论

本文介绍了山地风电场道路边坡的分类以及生态护坡技术的原理、功能和设计原则，列举了目前工程常用的五种生态护坡技术，通过对这五种生态护坡技术优劣势的比较和分析，筛选出山地风电场道路边坡生态修复的最佳方案为植被混凝土护坡技术搭配藤本植物立体绿化技术，为之后的工程应用试验提供理论依据。

## 参考文献：

[1]李虹,董亮.发展绿色就业提升产业生态效率—基于风电产业发展的实证分析[J].北京大学学报(哲学社会科学版)2011,11.

[2]高建强,代云峰.高海拔山地风电场高陡岩石边坡挂网喷播技术[J].中国高科技,2019(4):3.

[3]胡佳帅.南方山地风电场高陡破碎岩石边坡及溜渣体边坡复绿新工艺研究[J].湖南水利水电,2018(6):2.

[4]王丽月,郭士杰.山地风电场升压站边坡设计[J].中国水能及电气化,2015,000(005):67-70.

[5]王瀚文,杨智勇.随县风电场边坡生态修复工程实例分析[J].广东化工,2020,47(9):3.

[6]王志友.浅谈山地风电场水土保持方案实施[J].科技与创新,2019(6):2.

[7]刘春波.黑龙江省建成山地风电场存在的水土流失问题及治理措施探讨[J].黑龙江水利科技,2019,47(8):3.

[8]钱怡伶.湖南山地风电场开发对区域环境的影响及生态恢复措施研究[J].中国资源综合利用,2018,36(4):3.

[9]杨民.南方高海拔地区风电项目边坡生态恢复措施实施要点浅析[J].红水河,2019,38(6):3.