戈壁荒漠区风电场建设对水土流失的影响

柴亚凡[1,2]，马金珠[1]，周 波[2]，李欣娟[2]，周建海[2]，杨靖文[2]

(1.兰州大学 西部环境与气候变化研究院，甘肃 兰州 730000；2.甘肃省水土保持科学研究所，甘肃 兰州 730020)

摘 要：以酒泉市戈壁荒漠区的 9 个已建成的典型风电场为研究对象，通过收集资料与现场监测相结合的方法获取了该项目的工程性质、占地面积、挖填方量及施工工艺等资料，应用水土流失影响指数计算、分析和评级方法，计算了戈壁荒漠区风电场建设的水土流失影响指数，建立了国内荒漠戈壁区风电场项目的水土流失影响指数众值范围。通过计算得出，戈壁荒漠区风电场建设的水土流失影响指数为 0.314 0。

关键词：戈壁荒漠区；风电场；水土流失；影响指数

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2014)02-0124-04 **中图分类号**：S157.1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.027

Effects of Wind Power Site Construction in Gobi Desert Area on Soil and Water Loss

CHAI Ya-fan[1,2], MA Jin-zhu[1], ZHOU Bo[2], LI Xin-juan[2], ZHOU Jian-hai[2], YANG Jing-wen[2]

(1. *Research School of Arid Environment and Climate Change, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu* 730000, *China*; 2. *Gansu Institute of Soil and Water Conservation, Lanzhou, Gansu* 730020, *China*)

Abstract: By taking nine typical wind power sites built in the Jiuquan gobi desert for an example, impacting index of soil and water loss for wind power site construction in the gobi desert area was calculated and a range of impacting indexes for the gobi desert areas in China was determined through the calculation, analysis and grading of the impacting index of soil and water loss. The data like engineering properties, cover area, excavation and embankment volume and construction technology involved in the project were obtained by combining data collecting with in-situ monitoring. It follows from the calculation that the impacting index of soil and water loss for wind power site construction in the gobi desert area was 0.314 0.

Keywords: **gobi desert; wind power site; soil and water loss; impacting index**

随着社会经济快速发展，开发建设项目的建设规模日益加大，风电场工程在其建设过程中扰动和破坏地表及原生植被，造成水土流失[1-3]。但是其对区域水土流失影响特征及程度方面的研究还较少[4-9]，对造成的水土流失危害程度还认识不足，防治措施也缺乏有效的理论依据[10-12]，有许多关键问题亟待解决。水土流失影响指数(SWII)是定量评价、评判开发建设项目水土保持损益的无量纲数值[13]。本研究以甘肃省酒泉市戈壁荒漠区的 9 个典型风电场为研究对象，通过收集资料与现场监测相结合的方法获取了该项目的工程性质、占地面积、挖填方量及施工工艺等资料，应用水土流失影响指数计算、分析和评级方法，计算了戈壁荒漠区风电场建设的水土流失影响指数，建立了国内荒漠戈壁区风电场项目的水土流失影响指数众值范围，为今后该区域风电场建设的水土流失影响评价提供参考和借鉴。

1 研究区概况

1.1 自然概况

研究区位于甘肃省 河西走廊西端的阿尔金山、祁连山与马鬃山(北山)之间，位于东经 93°—103°，北纬 38°—43°之间，海拔 1 100～1 500 m。气候属典型的温带大陆性气候，降水量少，蒸发量大，多大风，降水量由南向北递减，祁连山区年降水量 300 mm 左

收稿日期：2013-05-22 修回日期：2013-05-27

资助项目：水利部“948”项目“风水复合侵蚀监测系统的引进及应用”(201036)；甘肃省水利科研项目“风电场建设对戈壁荒漠区水土流失的影响及防治对策研究”(2009-35)

作者简介：柴亚凡(1981—)，男(汉族)，甘肃省酒泉市人，工程师，博士研究生，主要从事土地生产力恢复技术的研究。E-mail:lanzhouchai@163.com。

通信作者：马金珠(1968—)，男(汉族)，甘肃省静宁县人，博士，教授，主要从事干旱区水资源与环境研究。E-mail:jzma@lzu.edu.cn。

右,肃州区为 84 mm,北部马鬃山为 39 mm,年蒸发量在 2 000～4 000 mm,年日照时数 3 033～3 316 h,平均无霜期 118～159 d,具体风况特征详见表 1。土壤类型主要有风沙土和灰棕荒漠土等土类,有机质含量低,结构疏松,抗冲性和抗蚀性弱,遇暴雨和大风极易造成水土流失,植被类型属荒漠草原植被,植被覆盖率约为 4%。

1.2　风电场工程概况

2010 年 2 月至 2012 年 10 月,选取了位于酒泉市荒漠戈壁区的 9 个典型风电场作为研究对象,其中 49.5 MW 的风电场 3 个,100 MW 的风电场 1 个,200 MW 风电场 5 个,这 9 个风电场分别位于风电场分布集中连片的瓜州干河口片区、瓜州北大桥片区和玉门桥湾及地窝铺片区。单机容量均为 1.5 MW,周围没有居民分布和工矿企业建筑及道路、水渠等基础设施,也不涉及拆迁安置。风电场工程的基本概况详见表 2。

表 1　酒泉市风况特征

市 县	最大风速/(m·s^{-1})	平均大风日数/d
肃州区	25.7	17.0
玉门市	28.0	42.0
敦煌市	20.0	15.0
金塔县	23.0	32.0
瓜州县	34.5	68.5
肃北县	20.0	15.0
阿克塞	21.0	18.0

表 2　风电场工程基本概况

项目编号	建设规模/MW	风机台数/台	扰动面积/hm^2	总挖方量/10^4 m^3	检修道路/m	单机配套检修道路/m	单机扰动面积/hm^2	每兆瓦扰动面积/hm^2	单机挖方量/10^4 m^3	每兆瓦挖方量/10^4 m^3
1	49.5	33	34.49	5.38	13 760	417	1.05	0.70	0.16	0.11
2	49.5	33	30.94	4.88	13 000	394	0.94	0.63	0.15	0.10
3	49.5	33	32.43	6.87	18 500	561	0.98	0.66	0.21	0.14
4	100	67	53.66	9.73	34 600	516	0.80	0.54	0.15	0.10
5	200	134	120.10	16.85	82 700	617	0.90	0.60	0.13	0.08
6	200	134	126.23	18.27	66 500	496	0.94	0.63	0.14	0.09
7	200	134	122.13	16.77	62 500	466	0.91	0.61	0.13	0.08
8	200	134	123.95	15.89	60 000	448	0.93	0.62	0.12	0.08
9	200	134	126.28	18.40	62 500	466	0.94	0.63	0.14	0.09
合计/平均	1 248.5	836	770.21	113.05	414 060	487	0.93	0.62	0.15	0.10

2　研究方法

2.1　施工扰动面积的测定

通过查阅主体工程设计文件,利用 1∶10 000 地形图和工程平面布置图现场调查,采用手持 GPS、激光测距仪和坡度尺等工具,按不同防治分区对主体工程、临时工程以及配套的服务设施在建设期的扰动地表、占压土地面积分别进行测量和统计分析。

2.2　开挖、回填和堆土量的测定

通过查阅主体工程设计文件,运用 GPS 对监测点定位,对工程建设过程中的开挖量、回填量、堆土量和利用率等进行实际测量。

2.3　水土流失影响指数的计算方法及评价标准

水土流失影响指数(SWII)计算方法及评价标准参考姜德文[13]的研究结果。

3　结果与分析

3.1　水土流失影响指数的计算

根据水土流失影响指数的计算方法对所需数据进行了搜集、分析和整理,统计和计算出了的每个风电场的 7 个影响因子的原始值(表 3)。

考虑到风电场不同建设规模可能造成的影响并不相同,因此以单位产能对表 3 的数据进行折算和修正[14],得到了 7 个影响因子的标准值(表 4),修正后各因子的极值详见表 5。

将去量纲的水土流失影响因子加权求和得到水土流失影响指数。经计算,得出风电项目各因子归一化标准值及水土流失影响指数。由表 6 可以看出,影响指数的最大值、最小值、平均值分别是 0.584,0.201,0.314。

表 3 风电场水土流失影响因子原始值

项目编号	X_1/月	X_2/10^4 m^3	X_3/10^4 m^3	X_4/hm^2	X_5/hm^2	X_6/t	X_7
1	12	10.84	0	34.49	126.05	9 402.60	0.014
2	12	10.77	0	30.94	124.37	9 432.20	0.016
3	14	14.85	0	32.43	122.52	9 736.52	0.018
4	16	20.69	0	53.66	623.21	30 785.00	0.016
5	22	34.43	0	120.10	785.63	40 125.30	0.049
6	21	37.69	0	126.23	798.74	40 438.72	0.045
7	20	35.09	0	122.13	742.36	41 235.60	0.047
8	21	32.74	0	123.95	783.57	41 360.00	0.046
9	22	37.72	0	126.28	793.75	40 715.52	0.043

注：(1) X_1 为施工期；X_2 为挖填方总量；X_3 为弃渣量；X_4 为项目建设区面积；X_5 为直接影响区面积；X_6 为水土流失预测总量；X_7 为未恢复面积率。(2) 调查的 9 个风电场均未有弃土(渣)，也未设置专门的弃土(渣)场。下同。

表 4 风电场水土流失影响因子标准值

项目编号	X_1/(月·MW^{-1})	X_2/(10^4 m^3·MW^{-1})	X_3/(10^4 m^3·MW^{-1})	X_4/(hm^2·MW^{-1})	X_5/(hm^2·MW^{-1})	X_6/(t·MW^{-1})	X_7
1	0.242	0.219	0	0.697	2.546	189.952	0.000 3
2	0.242	0.218	0	0.625	2.513	190.549	0.000 3
3	0.283	0.300	0	0.655	2.475	196.697	0.000 4
4	0.160	0.207	0	0.537	6.232	307.850	0.000 2
5	0.110	0.172	0	0.601	3.928	200.627	0.000 2
6	0.105	0.188	0	0.631	3.994	202.194	0.000 2
7	0.100	0.175	0	0.611	3.712	206.178	0.000 2
8	0.105	0.164	0	0.620	3.918	206.800	0.000 2
9	0.110	0.189	0	0.631	3.969	203.578	0.000 2

表 5 风电场水土流失各影响因子的极值

各因子极值	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
最大值	0.283	0.300	0	0.697	6.232	307.850	0.000 4
最小值	0.100	0.164	0	0.537	2.475	189.952	0.000 2
平均值	0.162	0.204	0	0.623	3.698	211.603	0.000 3
权 重	0.158	0.100	0.128	0.148	0.067	0.194	0.205

表 6 标准化值及水土流失影响指数(SWII)计算结果

项目编号	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	影响指数
1	0.779	0.406	0	1.000	0.019	0	0.603	0.437
2	0.779	0.396	0	0.552	0.010	0.005	0.802	0.410
3	1.000	1.000	0	0.740	0	0.057	1	0.584
4	0.328	0.317	0	0	1.000	1.000	0	0.345
5	0.055	0.062	0	0.399	0.387	0.091	0.417	0.203
6	0.027	0.182	0	0.590	0.404	0.104	0.319	0.223
7	0	0.086	0	0.462	0.329	0.138	0.368	0.201
8	0.027	0	0	0.519	0.384	0.143	0.344	0.205
9	0.055	0.183	0	0.592	0.398	0.116	0.270	0.219
平均值	0.339	0.292	0	0.539	0.326	0.184	0.458	0.314

3.2 结果分析与评价

从本次计算结果可以看出，49.5 MW 风电场和 100 MW 风电场的水土流失影响指数远高于 200 MW 风电场的水土流失影响指数，这是由于本次选取的 3 个 49.5 MW 风电场和一个 100 MW 风电场由于设计施工较早，大多于 2009 年设计施工，2010 年

完工,由于当地风电基地的配套设施还不完备,导致施工期较长,很多施工工艺及工序未进行优化。而200 MW 的风电场几乎都是在 2010 年下半年开工建设,于 2011 年陆续完工,借鉴了前期风电场的设计和施工经验,对施工工艺和工序进行了优化,总体上控制了施工扰动面积和挖填方量,而且风电园区内各项配套设施都相对比较完备,为施工提供了一个良好的环境,因此总体上施工期都较短,而施工期作为水土流失影响指数计算和评价的一个关键指标(权重为 0.158,占总权重的 15.8%),代表了开发建设项目对区域水土流失影响的时间长短,施工期的长短直接影响到水土流失影响指数的大小。因此造成了 49.5 MW 风电场和 100 MW 风电场的水土流失影响指数远高于 200 MW 风电场的水土流失影响指数。因此,建议今后在对该区域的风电场建设的水土流失影响指数计算及评价时,以本次 200 MW 的风电场的水土流失影响指数作为标准,对拟建风电场的水土流失影响指数进行对比分析。可恢复程度(水土流失治理度)作为计算水土流失影响指数的一个重要影响指标,其权重为 0.205,占总权重的 20.5%,可见其对整个水土流失影响指数的贡献值是非常高,因此,在风电场施工结束后,要对施工扰动区域进行全面的水土流失治理,水土流失治理度越高,其水土流失影响指数也就越小[15]。

4　结 论

(1) 本次计算的戈壁荒漠区风电场建设的水土流失影响指数(0.314)。

(2) 建议今后在对戈壁荒漠区的风电场建设的水土流失影响指数计算及评价时,以本次 200 MW 的风电场的水土流失影响指数平均值(0.210)作为标准,对拟建风电场的水土流失影响指数进行对比分析。

(3) 今后在荒漠戈壁区的风电场建设过程中的设计阶段,设计者应该根据水土流失影响指数计算评价方法,对该项目的水土流失影响指数进行计算和分析,如果发现水土流失影响指数远高于本次计算的参考指数,意味着项目对水土流失的影响较大,说明在水土流失影响指标(SWII)的关键变量中有超出一般水平或平均水平的因子,设计者应该寻找主导影响因子,对其进行优化,据此可以寻找出项目的差距,用以改进项目的关键影响活动,使水土流失影响指标值(SWII)降下来,将其水土流失影响因子控制在合理范围内。

[参 考 文 献]

[1] 奚同行,林圣玉,张华明,等. 环鄱阳湖区风电场工程水土流失特征及防治措施体系[J]. 中国水土保持,2012(6):63-65.

[2] 米勇. 坝上地区风电场工程水土流失特点及防治措施[J]. 水土保持应用技术,2012(5):16-17.

[3] 陈怀伟,高培东,李博. 内蒙古风电场建设中的水土流失及防治对策[J]. 内蒙古水利,2009(2):15-16.

[4] 付喆. 昌图风力发电项目主要环境影响分析[J]. 气象与环境学报,2006,22(5):47-49.

[5] 魏庆勇,刘巧梅,刘来胜. 风电场开发的环境效益及环境影响[J]. 环境与可持续发展,2009(1):11-12.

[6] 郑有飞,白雪,许遐祯. 风力发电对江苏省的环境影响及对策初探[J]. 能源环境保护,2008,22(3):40-43.

[7] 褚建. 风力发电对青海生态环境的影响[J]. 青海环境,2006,16(3):123-124.

[8] 宋文玲. 风电场工程对盐城自然保护区的累积生态影响研究[D]. 江苏 南京:南京师范大学,2011.

[9] 李文婷. 青海省建设大型风电场对环境的影响[J]. 青海环境,2004,14(2):83-84.

[10] 李文松,谭建国,普中贵,等. 者磨山风电场对生态环境的影响及防治措施[J]. 云南水力发电,2010,26(5):4-6.

[11] 潘艳秋,李璐. 辉腾锡勒风电场对区域生态环境影响初探[J]. 北方环境,2011,23(10):80-82.

[12] 史彦林,贾洪纪,张利,等. 黑龙江山区风电场工程水土流失特点及防治措施[J]. 中国水土保持,2010(9):21-22.

[13] 姜德文. 开发建设项目水土保持损益分析研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.

[14] 肖永强,齐实. 福建海岸风电场水土流失影响指数研究[J]. 中国水土保持,2012(7):24-26.

[15] 孟宪华. 风电场工程水土流失规律及其防治技术研究[D]. 北京:中国农业科学院,2010.