

江苏省火电类生产建设项目水土流失特点与强度分析

付丽¹, 彭瑶¹, 闵兴华¹, 汤建熙², 李盟², 赵言文¹

(1. 南京农业大学 资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095; 2. 江苏省水土保持办公室, 江苏 南京 210029)

摘要: 根据江苏省火电类生产建设项目水土流失典型调查资料, 运用 SPSS 与 Excel 软件, 对单位面积土石方挖填量与扰动后土壤侵蚀模数进行了相关性分析, 并且定量、定性研究了火电类生产建设项目各防治分区的水土流失特点和强度。研究结果表明, 水土流失防治分区中临时堆土区的水土流失最为严重, 平均侵蚀模数达到 14 747 t/(km² · a), 为水土流失重点监测和预防区。苏南、苏北不同地貌类型临时堆土区侵蚀强度差异较大。苏北平原沙土区临时堆土区土壤侵蚀强度最大, 侵蚀模数达到 14 392 t/(km² · a), 苏南丘陵山区其次, 均为极强度侵蚀; 单位面积土石方挖填量与扰动后土壤侵蚀模数存在线性正相关关系, 土石方挖填活动对水土流失的影响敏感度大小排列次序为: 丘陵山区(苏南) > 平原沙土区 > 丘陵山区(苏北) > 一般平原区(苏南) > 一般平原区(苏北)。

关键词: 火电类生产建设项目; 挖填量; 水土流失强度; 江苏省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0222-05

中图分类号: S157.1

Characteristics and Intensity of Soil and Water Loss Caused by Thermal Power Projects in Jiangsu Province

FU Li¹, PENG Yao¹, MIN Xing-hua¹, TANG Jian-xi², LI Meng², ZHAO Yan-wen¹

(1. College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China; 2. Soil and Water Conservation Office of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210029, China)

Abstract: According to the typical survey data of soil and water loss caused by thermal power projects in Jiangsu Province, the author analyzed the correlation of the filling-cutting volume and soil erosion modulus after disturbed using SPSS and Excel software. The characteristics and the intensity of soil and water loss were discussed qualitatively and quantitatively. The result showed that the soil and water loss in temporary bulldozers area was the most serious, and the average erosion modulus reached 14 747 t/(km² · a), which should be the key monitoring and prevention area. The difference of erosion intensity in temporary bulldozers between different types of geomorphology areas in the north or south of Jiangsu was great. It was the most in plain sandy area (in the north of Jiangsu), which reached 14 392 t/(km² · a). The second was the hilly area (in the south of Jiangsu Province). There was a positive linear correlation between the filling-cutting volume and soil erosion modulus after disturbed. The order of the sensitivity of the filling-cutting to soil erosion modulus was as follows: the hills area in the south of Jiangsu Province > the plain sandy area in the north of Jiangsu Province > the hills area in the north of Jiangsu Province > the plain area in the south of Jiangsu Province > plain area in the north of Jiangsu Province.

Keywords: thermal power plants project; filling and cutting volume; intensity of soil and water loss; Jiangsu Province

近几年来,江苏省每年电力使用均接近或超出规定使用量,随着江苏省工业化与城市化进程加快,江苏省电力需求还将日益增加。根据江苏省电力公司发布的年度用电分析报告显示,2011年江苏省全社会用电量约达到了 4.20×10^7 kW · h, 位居全国第二

位。江苏省正在积极筹划新建、扩建 10 余座电厂,新增装机容量可望达到 1 500 kW^[1]。生产建设项目水土流失不同于自然因素下的水土流失,有其自身特殊性,它的形成原因也有别于自然条件下的水土流失^[2]。新建火电类生产建设项目将占压、扰动和破坏

收稿日期: 2013-01-22

修回日期: 2013-03-26

资助项目: 江苏省水利科技项目“生产建设项目水土流失防治技术研究”(2012031)

作者简介: 付丽(1987—),女(汉族),吉林省延吉市人,硕士研究生,研究方向为水土保持、环境影响评价与规划。E-mail: 2010103059@njau.edu.cn。

通信作者: 赵言文(1965—),男(汉族),江苏省徐州市人,教授,博士生导师,研究方向为水土资源利用与管理,环境生态学、生态农业等。E-mail: ywzha@njau.edu.cn。

大量的土地及植被,产生大量弃土、弃渣,造成严重的水土流失。但目前为止,有关江苏省火电类生产建设项目水土流失方面的研究还鲜有报道。因此,为了给江苏省各级水利部门提供针对该类项目水土流失防治的基础数据,使得火电类生产建设项目水土保持管理上、技术上和投入上更有针对性,江苏省开展了生产建设项目水土流失调查,根据调查结果显示,江苏省生产建设项目中火电类所占比例最大,为45%。本研究通过对2006—2011年江苏省部批、省批的85个火电类生产建设项目实例资料调查、野外巡查与监测等方法,获取了江苏省火电类生产建设项目水土流失相关数据。运用SPSS与Excel软件,对单位面积土石方挖填量与扰动后土壤侵蚀强度进行相关性分析,对火电类生产建设项目水土流失成因与特征进行探讨,并且定量、定性分析各防治分区水土流失强度,以期今后同类项目水土保持方案编制提供指导建议,为江苏省火电类生产建设项目水土保持预防监督和治理奠定可靠的基础。

1 项目区概况

江苏省地处江淮下游、东临黄海,河湖众多,水网密布^[3],降水充沛,多年平均降水量为800~1100 mm,地区差异明显,东部多于西部,南部多于北部。江苏省土壤以耕种为主,其中以潮土面积最大,水稻土次之。境内地形以平原为主,地势平坦;部分地区分布有低山、丘陵、岗地。江苏省从地域上划分,以长江为界,江苏省划分为苏南和苏北地区,苏南地区包括苏州、无锡、常州、镇江、南京市;苏北地区包括扬州、泰州、南通、徐州、连云港、盐城、淮安、宿迁市。江苏省将水土保持类型区划分为重点区和一般区,其中重点区划分为丘陵山区和平原沙土区。江苏省水土流失分布主要在丘陵山区(低山、丘陵、岗地)和平原区。大部分地区以水力侵蚀为主。

1.1 丘陵山区

丘陵山区划分为淮北丘陵岗地区,宁镇扬丘陵岗地区,宜溧低山丘陵区,太湖丘陵区。(1)淮北丘陵岗地区。包括徐州、连云港、淮安、宿迁4市相关县(市、区)的丘陵岗地;(2)宁镇扬丘陵岗地区。包括南京、扬州、镇江3市的相关县(市、区)丘陵岗地;(3)宜溧低山丘陵区。包括无锡和常州市相关县(市、区)的丘陵岗地。(4)太湖丘陵区。包括无锡和苏州市相关县(市、区)的丘陵岗地。

1.2 平原沙土区

平原沙土区划分为黄河故道高亢平原沙土区、沿海平原沙土区和通南高沙土区。平原沙土区土质沙

且贫瘠,耕作层大都为沙壤土或粉沙土,结构差,孔隙率小,河坡、沟坡不稳定,水土流失严重^[4]。(1)黄河故道高亢平原沙土区:包括徐州、淮安、盐城、宿迁4市相关县(市、区)的全部或部分乡镇;(2)沿海平原沙土区。包括南通和盐城两市相关县(市、区)的全部或部分乡镇。该区系滨海淤涨而成,土壤含盐量较多;(3)通南高沙土区:包括南通、扬州、泰州3市相关县(市、区)的全部或部分乡镇。

1.3 一般区

根据有关规定、水土流失强度以及综合多方面因素考虑,确定一般区为除丘陵山区和平原沙土区以外的区域,其面积为 $6.48 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。包括全省13个地级市的47个县(县级市、区)。该区内地势平坦,地表植被或人工建筑物覆盖度较高,自然状态下的水土流失程度一般在微度以下,除生产建设项目等开发以外一般不会产生较大水土流失。

2 火电类生产建设项目水土流失特点分析

2.1 火电项目工程组成及主要技术指标

火电厂是利用煤、石油、天然气或其他燃料的化学能来生产电能的工厂。火电类建设项目是近年来数量最多、最为普遍的开发建设项目^[5]。火电厂区场地一般较为平缓,贮灰场一般布置在山间丘陵或丘间洼地,施工生产生活区结合工程分期建设用地布设,厂外道路结合附近的道路情况引接,取排水工程水源主要引用天然河流、水库蓄水,有的项目抽取地下水,部分项目引用城市中水、污水处理厂净化水^[6]。经过统计江苏省85个火电类项目实例资料数据,得出其与水土流失影响相关的主要技术指标(表1)。

表1 火电项目与水土流失影响相关的主要技术指标

项目指标	最大值	最小值	平均值
占地面积/hm ²	341.8	0.9	45.01
直接影响区/hm ²	19.74	0.03	2.09
耕地面积/hm ²	79.89	0.9	26.93
损坏水保设施面积/hm ²	126.15	0.73	31.22
水土流失治理面积/hm ²	340.43	0.78	41.78
植被恢复面积/hm ²	324.71	0.86	43.33
土石方挖填总量/10 ⁴ m ³	360.66	0.37	51.31
弃渣量/10 ⁴ m ³	1 888.2	0.05	121.95
影响时间/a	6.17	0.33	1.92
水土流失总量/t	87 241.7	10.35	4 787.06
水保措施投资/万元	12 619.73	53.13	1 107.99

2.2 工程建设、运行期间水土流失特点

2.2.1 施工建设过程可能造成水土流失分析 工程的“三通一平”期间,要进行施工准备期工程和施工

期工程的建设^[7],在建设期主要是基坑开挖、桩基工程及建(构)筑物的建造,以及挖方和填方在时间和空间变化,导致地表扰动面加大,植被破坏严重,表层土壤结构和地表结构被破坏,原生地面土壤的抗蚀力急剧下降,土壤侵蚀模数成倍增加,造成严重的新增水土流失^[8]。根据调查分析 85 个典型项目可知,建设期水土流失强度在 9.0~163.0 t/hm²。

2.2.2 运行期水土流失分析 运行期电厂厂区大部分被建筑物占压使用,原裸露地表采取硬化或绿化措施,该区域基本不产生水土流失。运行期水土流失主

要来自贮灰场。贮灰场是用来贮存电厂在运行期产生的灰渣^[9],堆灰过程中灰渣和脱硫石膏裸露在外,易受雨水冲刷,造成较大水土流失。根据调查分析 85 个典型项目可知,运行期水土流失强度在 7.9~33.8 t/hm²。

2.2.3 水土流失主要环节与时段 火电建设项目是资源开发性建设生产类项目,在建设时期和生产运行期都将发生水土流失^[10]。水土流失防治和监测的重点时段为建设期,运行期水土流失主要发生在贮灰场。重点区域为电厂厂区、进场道路施工区和堆土区。火电类生产建设项目水土流失因素及特点分析详见表 2。

表 2 火电项目水土流失影响因素及特点

防治分区	施工特点	形成水土流失因素	水土流失特点
电厂厂区	场地平整,建(构)筑物基础开挖及部分回填,土建施工等	土地扰动,地表植被破坏,弃土及建筑垃圾等	主要发生在施工准备期和施工期,侵蚀量较大
施工生产生活区	场地平整,临时建筑物建设	扰动土地,损坏水土保持设施	主要发生在施工准备期,侵蚀量相对较小
厂外道路区	厂外道路基础开挖段路堑回填,敷设路面,沟坡防护等	地表植被破坏,弃土	主要发生在施工准备期,侵蚀量相对较大
厂外管线区	管线敷设开挖	破坏沿线植被,并且产生部分弃土	主要发生在施工期,侵蚀量较大
贮灰场	场地平整,灰坝砌筑等	土地扰动,地表植被破坏,土层裸露	主要发生于生产运行期,侵蚀量较大
临时堆土区	工程开挖土方,剥离的耕植土及外购砂石料的临时堆放过程	堆土松散,不稳定边坡极易被降雨冲刷。占压地表,造成自然植被退化	主要发生于生产施工,侵蚀量最大
码头工程区	基础开挖,回填,土建施工等	土地扰动,开挖,植被破坏,土地裸露等	主要发生在施工期,侵蚀量相对较大

3 江苏省火电类开发建设项目水土流失强度分析

3.1 火电类项目各防治分区水土流失强度分析

本研究调查了 2006—2011 年江苏省部批、省批的 85 个火电类生产建设项目水土保持方案,对各项水土流失防治分区土壤侵蚀模数进行统计分析。江苏省火电类生产建设项目防治分区主要分为厂区防治区,施工生产生活区,厂外道路区,厂外管线区,

临时堆土区,贮灰场,码头工程区。其中厂区扰动面积最大,水土流失量较大。场外道路区、码头工程区、临时堆土区、贮灰场土壤侵蚀强度较大,为强度及以上侵蚀级别。

因此,重点监测与防治区域应为厂区,场外道路区,码头工程区,临时堆土区和贮灰场区。通过统计江苏省 85 个火电类项目水土保持方案中确定的各防治分区土壤侵蚀模数数据,对其扰动后的土壤侵蚀强度进行分级(表 3)。

表 3 各水土流失防治分区土壤侵蚀模数及强度分级

防治分区	建设时段	土壤侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)			土壤侵蚀强度分级		
		最小值	最大值	平均值	侵蚀模数分级标准	侵蚀级别	平均流失厚度/(mm·a ⁻¹)
厂区防治区	施工期	500	9 500	3 897	2 500~5 000	中度侵蚀	1.9~3.7
施工生产生活区	施工期	500	11 258	3 301	2 500~5 000	中度侵蚀	1.9~3.7
厂外道路区	施工期	600	21 000	5 147	5 000~8 000	强度侵蚀	3.7~5.9
厂外管线区	施工期	600	15 244	4 792	2 500~5 000	中度侵蚀	1.9~3.7
码头工程区	施工期	2 000	13 000	6 100	5 000~8 000	强度侵蚀	3.7~5.9
临时堆土区	施工期	1 500	40 000	14 747	8 000~15 000	极强度侵蚀	5.9~11.1
贮灰场	运行期	1 200	10 000	5 219	5 000~8 000	强度侵蚀	3.7~5.9

生产建设活动进行土石方开挖,将会产生临时堆土。从表 3 可以看出,临时堆土区平均侵蚀模数为 14 747 t/(km²·a),属极强度侵蚀,为水土流失重点监测和预防区。经过调查统计,苏南苏北不同地貌类型临时堆土区侵蚀强度差异较大,苏北平原沙土区临时堆土场土壤侵蚀强度最大,侵蚀模数达到 14 392 t/(km²·a),该区土壤质地为沙土,为平原区水土流失危险级别最高的地区^[11];苏南丘陵山区其次,侵蚀模数达到 12 600 t/(km²·a),均为极强度侵蚀;一般平原区的堆土区水土流失强度相对较小,由于是苏南、苏北地区降雨量的差异,导致苏南一般平原区临时堆土区侵蚀强度大于苏北地区(表 4)。

3.2 土石方填挖量与水土流失强度相关性分析

3.2.1 样本选取 将 85 个火电类项目按不同区域不同地貌类型分为 5 组,用改进型格拉布斯(Grubbs)准则法进行异常数据剔除。经过调查分析,苏南、苏

北降水量、地形地貌差异较大,项目所在区土壤类型、植被盖度也有所不同。为了更好地分析单位面积土石方挖填量与水土流失强度的相关性关系,权衡降水、土壤类型、植被盖度和地形地貌等 4 个水土流失影响因子,从 5 组数据中选取影响因子间相对差异较小的 9 个样本和 1 个空白样本(原地貌均值)进行单因素分析。样本项目影响水土流失的自然因素与原地貌土壤侵蚀模数值详见表 5。

表 4 临时堆土区土壤侵蚀模数及土壤侵蚀强度分级

地区	地貌类型	侵蚀模数/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	侵蚀级别
苏南	一般平原区	7 121	强度侵蚀
	丘陵山区	12 600	极强度侵蚀
苏北	一般平原区	3 094	中度侵蚀
	平原沙土区	14 392	极强度侵蚀
	丘陵山区	—	—

表 5 样本项目自然因素与原地貌土壤侵蚀模数统计分析

地区	地貌类型	年均降水量/mm	土壤类型	植被盖度
苏南	一般平原区	1 067	水稻土为主	0.29
	丘陵山区	1 081	水稻土、黄壤、棕红壤、黄棕壤土、黄褐土、沼泽土、粗骨土、石灰岩土、基性岩土	0.37
苏北	一般平原区	903	水稻土、黄潮土、紫色土、砂姜黑土	0.29
	平原沙土区	908	潮土、沼泽土、滨海盐土	0.32
	丘陵山区	905	棕壤、褐土、黄棕壤、黄褐土、棕红壤、黄壤、紫色土、粗骨土	0.33

3.2.2 相关性分析

(1) 样本项目扰动后土壤侵蚀模数的计算:

$$W_i = M_i \cdot F_i \cdot T_i \quad (1)$$

式中:W_i——项目水土流失总量(t); i——样本数, i=(1,2,3,⋯,9); M_i——扰动后土壤侵蚀模数[t/(km²·a)]; F_i——扰动面积(km²); T_i——建设总工期(a)。

公式(1)中,项目水土流失总量(t),扰动面积(km²)和建设总工期(a)三个变量均可从项目水土保持方案中获取,从而可以求得扰动后土壤侵蚀模数[t/(km²·a)]。

(2) 样本项目单位面积土石方填挖量计算:

$$A_i = V_i / F_i \quad (2)$$

式中:A_i——单位面积挖填量,m³/m²; i——样本数, i=(1,2,3,⋯,9); V_i——挖填总量(m³); F_i——扰动面积(m²)。

公式(2)中,填挖总量(m³)与扰动面积(m²)均可从项目水土保持方案中获取,从而求得单位面积挖填量(m³/m²)。

(3) 对 9 个样本和 1 个空白(原地貌)进行单因素分析,求得苏南、苏北不同地貌类型单位面积挖填量与扰动后土壤侵蚀模数相关性关系。X 轴为单位面积土石方挖填量,Y 轴为扰动后土壤侵蚀模数,利用 SPSS 软件,求得每组(x,y)的相关系数,进行显著性校验,求出一元线性回归方程。

通过分析得出,苏南、苏北不同地貌类型区单位面积土石方挖填量与扰动后土壤侵蚀模数存在相关性,相关系数在 0.791~0.951,t 检验证明存在显著性线性正相关关系,说明扰动后土壤侵蚀模数随单位土石方填挖量的增大而增大(表 6)。

单位土石方填挖量(x)与扰动后土壤侵蚀模数(y)成线性正相关关系,线性回归方程为 E(y)=β₀+β₁x,(β₀>0,β₁>0)。斜率越大,说明 y 值随 x 值的变化程度越大,即土石方挖填对水土流失影响的敏感度越大;当 x=0 时,截距越大,y 值越大,即未经人为扰动自然条件下土壤流失强度(原地貌土壤侵蚀模数)越大。

表 6 苏南苏北不同地貌类型单位面积土石方挖填量与扰动后土壤侵蚀模数相关性分析

区域	地貌类型	样本数	单位面积土石方挖填量均值/($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$)	扰动后土壤侵蚀模数均值/($\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	相关系数 R	显著性检验 (t 检验)	回归方程
苏南	一般平原区	10	1.17	4 232	0.793	显著正相关	$y=3\ 004x+706$
	丘陵山区	10	0.84	4 324	0.858	显著正相关	$y=4\ 048x+919$
苏北	一般平原区	10	1.23	3 267	0.951	显著正相关	$y=2\ 257x+484$
	平原沙土区	10	0.93	4 639	0.791	显著正相关	$y=3\ 987x+915$
	丘陵山区	10	0.93	4 106	0.788	显著正相关	$y=3\ 706x+670$

综合分析由表 6 可知: (1) 苏南丘陵山区开发建设项目单位土石方挖填量(x)与扰动后土壤侵蚀模数(y)回归方程的斜率最大, (4 048), 说明苏南丘陵山区开发建设项目扰动后土壤侵蚀模数(y)随单位面积土石方开挖量(x)的变化程度最大, 开发建设活动对水土流失的影响最敏感, 平原沙土区其次, 苏北地区一般平原区最小。敏感性大小排列次序为: 丘陵山区(苏南) > 平原沙土区 > 丘陵山区(苏北) > 一般平原区(苏南) > 一般平原区(苏北); (2) 苏南丘陵山区开发建设项目单位土石方挖填量(x)与扰动后土壤侵蚀模数(y)回归方程的截距最大(919), 说明当单位土石方挖填量 $x=0$ 时, 苏南丘陵山区土壤侵蚀模数(y)最大, 平原沙土区次之, 一般区(苏北)最小。通过比较 5 组数据的线性回归方程可知, 原地貌水土流失强度依次排列为: 丘陵山区(苏南) > 平原沙土区 > 一般平原区(苏南) > 丘陵山区(苏北) > 一般平原区(苏北)。

4 结论

(1) 江苏省火电类建设项目水土流失防治分区主要为厂区, 施工生产生活区, 厂外道路区, 厂外管线区, 临时堆土区, 码头工程区, 贮灰场。厂区, 场外道路区, 码头工程区, 临时堆土区和贮灰场区为重点监测与防治区, 重点监测时段为建设期。

(2) 苏南、苏北不同地貌类型临时堆土区侵蚀强度差异较大。苏北平原沙土区临时堆土场土壤侵蚀强度最大, 苏南丘陵山区其次, 均为极强度侵蚀。临时堆土场堆土量大、坡陡, 若防护不当将产生很大的水土流失。因此, 临时堆土地应设置袋装土挡墙、临时排水沟、沉砂池等, 施工结束后应进行土地整治和绿化。

(3) 苏南、苏北不同地貌类型区单位面积土石方挖填量与扰动后土壤侵蚀模数存在线性相关关系, 扰

动后土壤侵蚀模数随单位面积土石方挖填量的增大而增大。开发建设项目未进行挖填活动时, 原地貌水土流失强度大小顺序为: 丘陵山区(苏南) > 平原沙土区 > 一般平原区(苏南) > 丘陵山区(苏北) > 一般平原区(苏北); 开发建设项目土石方挖填活动对水土流失的影响敏感度大小排列次序是: 丘陵山区(苏南) > 平原沙土区 > 丘陵山区(苏北) > 一般平原区(苏南) > 一般平原区(苏北)。

[参 考 文 献]

- [1] 高永娟, 王虎. 江苏省电力需求与工业生产之间的关系[J]. 能源技术与管理, 2012(2): 168-170.
- [2] 宋晓强, 张长印, 刘洁. 开发建设项目水土流失成因和特点分析[J]. 水土保持通报, 2007, 27(5): 108-113.
- [3] 刘复新. 江苏省水土保持情况和治理措施[J]. 中国水土保持, 1982(1): 13-15.
- [4] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探: 以海南岛尖峰岭热带林为例[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 481-484.
- [5] 姜德文. 开发建设项目水土流失损益分析研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [6] 水利部水土保持监测中心. 生产建设项目水土保持准入条件研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010: 2-3.
- [7] 贺康宁, 王治国, 赵永军. 生产建设项目水土保持[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [8] 刘卉芳, 徐永年, 陈超, 等. 开发建设项目水土流失特点及减蚀效益分析评价[J]. 水土保持通报, 2009, 29(3): 170-173.
- [9] 邵学栋. 生产类开发建设项目土壤流失量预测方法探讨[J]. 水土保持应用技术, 2007(6): 9-10.
- [10] 孙顺蒂, 余新晓, 姜德文, 等. 火电工程建设项目水土保持植物措施初探[J]. 水土保持通报, 2007, 27(2): 141-145.
- [11] 谢志仁, 肖彬, 黄家柱, 等. 平原地区水土流失区划与评价模型试验: 以江苏省为例[J]. 南京师大学报, 2002, 25(1): 94-98.