

\*\*\*\*\*  
水  
保  
监  
测  
与  
应  
用  
技  
术  
\*\*\*\*\*

# 江苏省生产建设项目水土流失特点

闵兴华, 张洋, 王新军, 张娜娜, 王震, 赵言文

(南京农业大学 资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 基于江苏省 191 个部、省级大中型工程水土流失观测和调查数据, 对江苏省点、线式工程水土流失的主要特点进行了分析, 结果表明, 点、线式工程施工期水土流失量均占到了总水土流失量的 90% 左右, 线式工程水土流失强度(200.00 t/hm<sup>2</sup>)大于点式工程的水土流失强度(151.37 t/hm<sup>2</sup>); 点、线式工程土壤侵蚀强度均在强度及以上等级; 两类工程占地面积与施工期水土流失量均存在线性正相关关系( $R_{\text{点}}^2=0.9318$ ,  $R_{\text{线}}^2=0.9439$ ), 且两类工程扰动后土壤侵蚀模数与单位土石方填挖量均存在正相关关系( $R_{\text{点}}^2=0.9595$ ,  $R_{\text{线}}^2=0.9324$ )。

**关键词:** 江苏省; 生产建设项目; 水土流失特点

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)06-0126-05

中图分类号: S157.1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.06.031

## Soil Erosion Characteristics of Production and Construction Projects in Jiangsu Province

MIN Xing-hua, ZHANG Yang, WANG Xin-jun, ZHANG Na-na, WANG Zhen, ZHAO Yan-wen

(College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

**Abstract:** Based on the soil erosion data from field observation and survey monitoring in 191 ministerial and provincial level projects, the main characteristics of soil erosion in point engineering and line engineering were analyzed. The results showed that two type projects soil erosion in the construction period accounted for about 90% of the total soil erosion. Line engineering soil erosion intensity(200.00 t/hm<sup>2</sup>) was greater than that of point engineering (151.37 t/hm<sup>2</sup>). Line engineering and point engineering were both in intensity and above grade of soil erosion. The quantity of soil erosion and the area in construction period of two type projects had a positive linear correlation ( $R_{\text{point}}^2=0.9318$ ,  $R_{\text{line}}^2=0.9439$ ), soil erosion modulus had a positive correlation with per unit area cut-fill volumes in both type projects ( $R_{\text{point}}^2=0.9595$ ,  $R_{\text{line}}^2=0.9324$ ) after the disturbance.

**Keywords:** Jiangsu Province; production and construction projects; soil erosion characteristics

我国是世界上水土流失最为严重的国家之一。据统计,我国“十一五”期间生产建设项目水土流失总量达  $9.46 \times 10^8 \text{ t}^{[1]}$ 。近几十年来,各类生产建设项目激增,使长江中下游地区湖泊面积丧失约  $1.20 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 丧失率达 34%<sup>[2]</sup>。防治生产建设项目带来的生态环境恶化,已成为世界各国,尤其是发展中国家的重要议题<sup>[3]</sup>。随着江苏省经济的发展,基础设施建设项目密度大、速度快且类型多,生产建设活动造成的水土流失所占比例快速增长<sup>[4-7]</sup>。江苏省生产建设项

目水土流失成的环境的破坏和劣变,已影响到的全面建设小康社会,引起越来越多的人关注。2010 年新出台的《中华人民共和国水土保持法》要求加大对生产建设项目水土保持的监管力度,为生产建设项目水土保持提供法律依据。由于生产建设项目类型多样,水土流失的特点相对不同。本研究通过对江苏省 2006—2011 年部批、省批的 191 个生产建设项目,就水土流失量、土石方挖填量、侵蚀模数等方面进行探讨,分析出江苏省生产建设项目水土流失特点,为今

收稿日期:2013-07-09

修回日期:2013-8-14

资助项目:江苏省水利科技项目“江苏省生产建设项目水土流失防治措施研究及应用”(2012031)

作者简介:闵兴华(1988—),男(汉族),江苏省淮安市人,硕士研究生,研究方向为水土保持、环境规划与环境影响评价。E-mail:2011103054@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,主要从事环境生态学、生态农业及水土保持方面的研究。E-mail:ywzhao@njau.edu.cn。

后江苏省各级水行政主管部门对生产建设项目水土流失监管提供参考建议。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

江苏省位于我国东部沿海,地处美丽富饶的长江三角洲,东临黄海,河湖众多,水网密布,全省总面积  $1.03 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 占国土面积的 1.10%。江苏省人口总数 7 898.80 万,占全国人口总数的 5.90%。2011 年地区生产总值为 49 110.27 亿元,占全国的 10.4%,其中第二产业占全国的 11.40%。据全国第二次土壤侵蚀遥感调查,江苏省现有水土流失面积 4 351.3  $\text{km}^2$ ,其中中度以上的流失面积为 180.5  $\text{km}^2$ ,占总流失面积的 4.2%<sup>[8]</sup>。江苏省年均降雨量均在 800 mm 以上,降雨量较大。根据地形地貌形态,该省水土流失主要分布在丘陵山区和平原沙土区,流失类型以水力侵蚀为主,主要表现为面蚀和沟蚀。

江苏省生产建设项目类型众多,其中以电力、交通、水利、城镇建设、制造类项目为主。生产建设项目分布由以前的苏南地区较多,到现在苏南苏北地区逐渐趋于平衡。

### 1.2 研究方法

1.2.1 数据来源 本研究中降雨、水土流量等数据来源于承担生产建设项目监测的相关单位和部门。

1.2.2 地面观测与调查监测 通过在项目建设区布设雨量计、径流小区、简易径流观测场等来收集降雨、水土流失量等相关数据。通过现场测量、查阅施工图纸等确定项目扰动土地面积、土石方开挖量等相关数据。

#### 1.2.3 数据处理

(1) 样本项目扰动后土壤侵蚀模数,表达式为:

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

式中:  $W_i$ ——项目水土流失总量(t);  $i$ ——样本数,  $i = 1, 2, \dots, 5$ ;  $M_i$ ——扰动后土壤侵蚀模数 [ $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ];  $F_i$ ——扰动面积( $\text{km}^2$ );  $T_i$ ——建设总工期(a)。

(2) 样本项目单位面积土石方填挖量,表达式为:

$$A_i = \frac{V_i}{F_i} \quad (2)$$

式中:  $A_i$ ——单位面积挖填量( $\text{m}^3/\text{m}^2$ );  $i$ ——样本数,  $i = 1, 2, \dots, 5$ ;  $V_i$ ——挖填总量( $\text{m}^3$ );  $F_i$ ——扰

动面积( $\text{m}^2$ )。

所有数据采用 Excel 软件处理,在 SPSS 18.0 统计包中分别对施工期水土流失量与面积,单位面积土石方开挖量与扰动后土壤侵蚀模数进行相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 生产建设项目特点分析

生产建设项目根据其工程本身的特点,通常可以划分为点式工程和线式工程<sup>[9]</sup>。点式工程包括水利水电、火电、其他电力、城镇建设项目等等,通常工程建设范围相对较小<sup>[10]</sup>,因此扰动地貌较小。线式工程一般线路长,扰动时候长,沿线的地貌类型多且对地表的扰动形式多样,容易造成新的水土流失量。主体工程的这些特点直接决定了线式生产建设项目的土壤侵蚀特点,由连续或不连续的点(段)构成线型分布侵蚀带<sup>[11]</sup>。本研究将江苏省 191 个生产建设项目分为点式工程和线式工程,根据项目类型分为 10 个项目类别(表 1)。点式工程包括水利水电、火电、其他电力、冶金化工与制造和城镇建设 5 个项目类别共计 130 个生产建设项目。线式工程包括铁路、公路、堤防河道整治、管线和输变电 5 个项目类别共计 61 个生产建设项目。从表 1 可以看出,191 个生产建设项目为电力、交通、水利、城镇建设、制造类。造成这一现象的原因主要包括:(1) 由于江苏省跨江滨海,河湖众多,水网密布,该省大部分地区水系相当发达,共有大小河流和人工河道 2 900 多条,陆域水面面积达  $1.73 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,水面所占比例之大,在全国各省中居首位。50 a 来,江苏省在对江堤不断加高培厚确保防洪安全的同时,对河道进行了持续的治理<sup>[4]</sup>;(2) 公路建设快速发展,交通类项目增多,目前全省高速公路通车里程达到 4 122 km,处于快速发展阶段。2020—2025 年江苏高速公路将由快速发展阶段进入相对稳定阶段。在快速发展阶段末江苏省高速公路的合理规模为 5 100~5 400 km,进入稳定期时的合理规模约为 6 000  $\text{km}^2$ <sup>[5]</sup>;(3) 21 世纪以来,江苏省城市化发展水平一直在全国位居前列。从 1979—2010 年,江苏城镇化率由 14.8% 提升至 57.0%,平均每年提高了 1.4%<sup>[6]</sup>;(4) 江苏省是工业大省,目前,江苏不少地区已经形成了“世界加工厂”或“世界车间”,同时江苏省也是缺电大省,夏季常出现电力供需缺口<sup>[7]</sup>。因此,从不同类型的生产建设项目来看,河道堤防整治类、公路类、城镇建设类和电力(水电、火电、核电等)类工程应列为今后江苏省人为水土流失防治的重点类项目。

表 1 江苏省生产建设项目分类及水土流失防治分区

工程类别	项目类别	项目个数	主要项目类型	水土流失主要防治分区
点式工程	水利水电	11	水电站、抽水蓄能电站等工程	主体工程、施工道路、施工生产生活区、弃土弃渣区
	火电	85	燃煤、秸秆发电等工程	厂区、施工生产生活区、进场道路区、贮灰场区、临时堆土场区
	其他电力	15	风力发电、核能发电、光伏发电等工程	厂区、施工生产生活区、施工道路区、临时堆土场区
	冶金化工与制造	10	化工、冶金、制造、石化等工程	厂区、施工生产生活区、施工道路区、临时堆土场区
	城镇建设	9	商业区、住宅区、园林休闲场地等工程	主体工程区、施工生产生活区、施工道路区、临时堆土场区
线式工程	铁路	7	单线、复线(改扩建)等工程	路堤区、隧道区、桥涵区、取弃土场区、大临工程区、表土临时堆场区
	公路	3	高速公路、国道、省道等工程	路堤区、隧道区、桥涵区、取弃土场区、大临工程区、表土临时堆场区
	堤防河道整治	11	堤防、河道整治工程	堤防区、弃土区、施工生产生活区、施工道路区
	管线	9	供水、输油、输气等工程	阀室区、管线作业区、施工临时道路区、弃渣处置区
	输变电	31	输变电线路新建、改扩建等工程	站区、塔基施工区、进场道路区、牵张场区、临时堆土场

## 2.2 水土流失量特点分析

生产建设项目的建设造成的水土流失时段一般分为施工期和自然恢复期(也叫植被恢复期)。生产建设项目水土流失最主要时期为施工期。在施工期地由于原地貌被扰动,地面的覆盖物(建筑物及植被等)被清除,大面积的土地将完全暴露在外,容易导致水土流失,同时主体工程的基础的开挖及建设,以及挖方和填方在时间和空间的变化,导致土壤裸露或挖方临时堆放,容易导致水土流失。进入自然恢复期后,随着主体工程各项水土保持措施功能的发挥和植被的种植与恢复,水土流失将逐渐降低。对江苏省2006—2011年建设完工的191个生产建设项目水土流失特点进行了研究(表2),点式工程中的水利水电、火电、其他电力、冶金化工和城镇建设项目施工期水土流失量占总流失量的比例分别为98.97%,78.01%,93.94%,93.96%和92.07%,平均值为90.26%。线式工程中的铁路、公路、堤防河道整治、管线和输变电项目施工期水土流失量占总流失量的比例分别为92.44%,90.21%,92.80%,84.84%和92.15%,平均值为92.15%。由此可见,不论点式工

程还是线式工程施工期水土流失量都占到了总水土流失量的90.00%左右。因此,在生产建设项目水土流失防治和监测的重点时段为施工期。由表1还可以看出,点式工程中水利水电的水土流失量/单位面积为309.09 t/hm<sup>2</sup>,火电的水土流失量/单位面积为112.83 t/hm<sup>2</sup>,其他电力的水土流失量/单位面积为102.95 t/hm<sup>2</sup>,冶金化工的水土流失量/单位面积为70.54 t/hm<sup>2</sup>,城镇建设的水土流失量/单位面积为48.11 t/hm<sup>2</sup>,平均值为151.37 t/hm<sup>2</sup>。线式工程中的公路的水土流失量/单位面积109.97 t/hm<sup>2</sup>,公路的水土流失量/单位面积为205.49 t/hm<sup>2</sup>,堤防河道整治的水土流失量/单位面积为250.33 t/hm<sup>2</sup>,管线的水土流失量/单位面积为73.84 t/hm<sup>2</sup>,输变电的水土流失量/单位面积为63.39 t/hm<sup>2</sup>,平均值为200.00 t/hm<sup>2</sup>。综合结果表明,点式工程较线式工程施工期水土流失量占总量的比例及水土流失量/单位面积都小,从产生水土流失的机理分析,点式工程扰动面积范围较小,扰动的地貌比较单一,并且扰动时间较短。而线式工程扰动面积范围较大,扰动的地貌复杂,并且扰动时间相对较长。

表 2 江苏省各类工程水土流失特点

工程类别	工程项目	项目个数	占地面积/hm <sup>2</sup>	水土流失总量/t	施工期水土流失		水土流失强度/(t·hm <sup>-2</sup> )
					流失量/t	占总量的比例/%	
点式工程	水利水电	11	1 926.21	595 365.54	589 233.27	98.97%	309.09
	火电	85	4 080	460 348.95	359 118.22	78.01%	112.83
	其他电力	15	545.85	56 197.65	52 792.07	93.94%	102.95
	冶金化工与制造	10	771.6	54 426.7	51 139.33	93.96%	70.54
	城镇建设	9	559.53	26 917.65	24 783.08	92.07%	48.11
	小计	130	7 883.19	1 193 256.49	1 077 065.97	90.26%	151.37
线式工程	铁路	7	3 288.32	361 624.41	334 285.6	92.44%	109.97
	公路	3	2 770.95	569 391.99	513 648.51	90.21%	205.49
	堤防河道整治	11	12 005.18	3 005 299.99	2 788 918.39	92.80%	250.33
	管线	9	1 783.71	131 700.51	111 734.71	84.84%	73.84
	输变电	31	720.44	45 671.06	42 085.88	92.15%	63.39
	小计	61	20 568.8	4 113 687.96	3 790 673.1	92.15%	200.00

拟合分析结果表明,无论点式工程还是线式工程随着面积增大,工程施工期水土流失总量也在增大,点式工程施工期流失量与面积表现为线性关系,关系式为( $R^2 = 0.9318$ )表明线型关系拟合较好, $t = 6.401 > t_{0.025} = 4.773$ 说明存在显著性正线性相关。线式工程施工期流失量与面积为线性关系( $R^2 = 0.9439$ ),表明对数关系拟合较好, $t = 7.103 > t_{0.025} = 4.773$ ,说明存在显著性正线性相关关系。

### 2.3 不同项目类别土石方挖填量特点分析

生产建设项目在施工的过程中场地平整、建筑物基础开挖与回填、排水沟开挖等,会产生大量的土石方。土石方在开挖、运输、堆积、回填过程中会造成大量的水土流失。对江苏省 2006—2011 年建设完工的

191 个生产建设项目土石方挖填量进行了研究(表 3)。由表 3 中数据分析可知,单个项目土石方挖填量以公路最大,为  $1.44 \times 10^7 \text{ m}^3$ ;以输变电最小,为  $3.10 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。单个项目土石方挖填量超过  $5.00 \times 10^6 \text{ m}^3$  的有铁路,公路、堤防河道整治项目。点式工程中的水利水电、火电、其他电力、冶金化工和城镇建设项目单位面积挖填方量为 2.45,1.18,1.25,1.39 和  $1.43 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

线式工程中的铁路、公路、堤防河道整治、管线和输变电项目单位面积挖填方量分别为 1.47,1.56,1.41,1.37 和  $1.33 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。由此可见,不论点式工程还是线式工程单位面积土石方挖填量都很大,均超过  $1.00 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

表 3 江苏省各类生产建设项目土石方开挖量与水土流失强度

工程类别	工程项目	项目个数	占地面积/ hm <sup>2</sup>	土石方挖填总 量/ $10^4 \text{ m}^3$	单个项目土石方 挖填量/ $10^4 \text{ m}^3$	单位面积土石方挖 填量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2})$
点式工程	水利水电	11	1 926.21	4 722.85	429.35	2.45
	火电	85	4 080.0	4 828.00	56.80	1.18
	其他电力	15	545.85	681.30	45.42	1.25
	冶金化工与制造	10	771.60	1 072.52	107.25	1.39
	城镇建设	9	559.53	802.53	89.17	1.43
线式工程	铁路	7	3 288.32	4 833.83	690.55	1.47
	公路	3	2 770.95	4 330.98	1 443.66	1.56
	堤防河道整治	11	12 005.18	16 927.3	1 538.85	1.41
	管线	9	1 783.71	2 438.73	270.97	1.37
	输变电	31	720.44	961.31	31.01	1.33

### 2.4 不同项目类型土壤侵蚀强度特点分析

对江苏省 2006—2011 年建设完工的 191 个生产建设项目土壤侵蚀强度进行了研究(表 4)。由表 4 中数据分析可知,点式工程中的水利水电、火电、其他电力、冶金化工和城镇建设项目土壤侵蚀强度分别为 12 586.22,5 754.45,6 984.65,8 156.43 和

$9 354.22 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

线式工程中的铁路、公路、堤防河道整治、管线和输变电项目水土流失强度分别为 10 853.21,12 064.28,10 023.32,8 598.82 和  $7 512.46 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。由此可见,无论点式工程还是线式工程土壤侵蚀强度均在强度及以上等级。

表 4 江苏省各类生产建设项目土壤侵蚀模数及土壤侵蚀强度分级

工程类别	工程项目	平均侵蚀模数/ $(\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$	土壤侵蚀强度分级		
			侵蚀模数 分级标准	侵蚀级别	平均流失厚度/ $(\text{mm} \cdot \text{a}^{-1})$
点式工程	水利水电	12 586.22	极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
	火电	5 754.45	强度侵蚀	5 000~8 000	3.7~5.9
	其他电力	6 984.65	强度侵蚀	5 000~8 000	3.7~5.9
	冶金化工与制造	8 156.43	极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
	城镇建设	9 354.22	极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
线式工程	铁路	10 853.21	极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
	公路	12 064.28	极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
	堤防河道整治	10 023.32	极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
	管线	8 598.82	极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
	输变电	7 512.46	强度侵蚀	5 000~8 000	3.7~5.9

## 2.5 土石方填挖量与水土流失强度相关性分析

### 2.5.1 样本选取

(1) 将 191 个项目按工程本身特点分为点式工程和线式工程 2 大类,每一类根据项目特点分为 5 组,每一组随机选取一个样本,用改进型格拉布斯(Grubbs)准则法进行异常数据剔除。

2.5.2 相关性分析 对 5 个样本和 1 个空白(原地貌)进行单因素分析,利用公式(1)~(2)分别求得点式项目与线式项目单位面积土石方挖填量与扰动后土壤

侵蚀模数,空白样本为原地貌(开挖量为 0)土壤侵蚀模数均值。 $X$  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,无论是点式项目还是线式项目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,点式工程  $R^2=0.9595$ ,线式工程  $R^2=0.9324$ , $t$  检验证明存在显著性正线性相关,说明扰动后土壤侵蚀模数大小随单位土石方填挖量的增大而增大(表 5)。

表 5 江苏省生产建设项目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

项目类型	样本数	X 取值范围	Y 取值范围	相关系数 $R$	显著性校验( $t$ 校验)
		单位面积土石方挖填量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2})$	扰动后土壤侵蚀模数/ $(\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$		
点式项目	6	[0.00, 2.43]	[346.22, 8 910.00]	0.979 0	$t=9.712 > t_{0.025}=4.317$ (显著正线性相关)
线式项目	6	[0.00, 1.57]	[345.83, 8 201.05]	0.965 0	$t=7.440 > t_{0.025}=4.317$ (显著正线性相关)

## 3 结论

(1) 无论点式工程还是线式工程施工期水土流失量都占到了总水土流失量的 90.00% 左右,因此生产建设项目水土流失防治的重点时段为建设期。

(2) 分析结果表明,线式工程水土流失强度远大于点式工程的水土流失强度。

(3) 无论点式工程还是线式工程占地面积与施工期水土流失量存在正相关性。

(4) 无论点式工程还是线式工程土壤侵蚀强度均在强度及以上等级。

(5) 无论点式工程还是线式工程扰动后土壤侵蚀模数与单位土石方填挖量存在正相关性。

(6) 生产建设项目在施工过程中应尽量减少对地表的扰动面积和扰动时间,施工时间应该尽量避开雨季,优化施工工艺,减少土石方的挖填量,在土石方堆放、外运的过程中要进行苫盖,避免造成新的水土流失,合理布设防治措施,降低生产建设项目在建设过程中造成的水土流失。

### [参 考 文 献]

- [1] 郭索彦,赵永军,张峰.生产建设项目水土流失科学考察:成果简介[J].中国水土保持,2008(12):67-70.
- [2] 贺康宁,王治国,赵永军.开发建设项目水土保持[M].北京:中国林业出版社,2009.
- [3] 李智广.开发建设项目水土保持监测[M].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [4] 周东泉.江苏长江干流岸线利用与河道整治[J].人民长江,2007,38(6):47-49.
- [5] 林莺,李峰,蒋大治,等.对近期江苏公路规划的解读[J].现代交通技术,2005(1):7-10.
- [6] 陈健.江苏城市化协调发展分析[J].中国统计,2012(1):48-49.
- [7] 刘志彪,吴福象.新中国 60 a 江苏工业发展的基本轨迹和基本经验[J].南京社会科学,2009(1):1-8.
- [8] 李德勤,高之栋.浅议江苏省水土保持地面监测体系的构建[J].江苏水利,2009(12):38-39.
- [9] 赵永军.开发建设项目水土保持方案编制技术[M].北京:中国大地出版社,2007:205-207.
- [10] 孙厚才,赵永军.我国开发建设项目水土保持现状及发展趋势[J].中国水土保持,2007(1):50-51.
- [11] 张绒君,王晓,段菊卿.线性开发建设项目的土壤侵蚀与工程防治[J].水土保持学报,2002,16(5):139-140.