

## 云南省输变电工程水土流失特点浅析

刘卉芳<sup>1,2</sup>, 徐永年<sup>1</sup>, 池春青<sup>1</sup>, 陈超<sup>1</sup>, 张玉琴<sup>1</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100044; 2. 北京沃尔德防灾绿化技术有限公司, 北京 100044)

**摘 要:**通过对云南省9个大中型输变电工程水土保持方案的编制工作, 分析了在输变电工程建设期产生水土流失的主要特点, 分析结果表明施工便道区是输变电工程产生水土流失的重要区域, 其水土流失量约占总量的55.69%, 单位线路的输变电工程在建设期产生的水土流失量为25.03 t/km。此外, 通过Matlab软件对输变电工程水土流失量及施工便道区水土流失量与输变电工程线路长进行最小二乘法拟合, 拟合结果较好。并定量和定性地分析了输变电工程水土流失的特点, 以期为同类工程的水土流失预测提供一定的理论依据。

**关键词:**输变电工程; 水土流失; 施工便道

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2008)02-0133-03

## Water and Soil Loss of Power Transmission Engineering in Yunnan Province

LIU Hui-fang<sup>1,2</sup>, XU Yong-nian<sup>1</sup>, CHI Chun-qing<sup>1</sup>, CHEN Chao<sup>1</sup>, ZHANG Yu-qin<sup>1</sup>

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China; 2. Beijing World Harzard Preventing Technology Co., Ltd, Beijing 100041, China)

**Abstract:** The authors analyze the characteristics of transmission engineering construction period on the basis of completing plan of soil and water conservation in the nine large and medium-sized power transmission engineering in Yunnan province. It is found that the service road is nearly 55.69% of the gross of soil and water loss, and it is the main site for soil and water loss. The results show the soil and water loss is 25.03 t/km in the power transmission engineering construction period. The Least Square Method in the Matlab software is used to determine the relationship between the length of power transmission engineering and the gross of soil and water loss, also the other relationship between the length of power transmission engineering and amount of soil and water loss in the service road. Both of qualitative analysis and quantitative analysis are used for the characteristics in the power transmission engineering. And the paper can be the theoretic reference for other analogous engineering.

**Key words:** power transmission engineering; water and soil loss; the service road

为适应云南省大中型火电厂和大中型水电站接入系统的需要, 进一步完善云南省的电网结构, 提高供电可靠性, 必须建设配套的输变电工程。众所周知, 输变电工程属于典型线型工程, 线路长、影响范围广, 沿线分布多种地形地貌, 且对地面扰动类型多, 造成新的水土流失在所难免。在主体工程建设中由于塔基开挖、修建施工场地、平整牵张场等活动, 将对地表产生很大程度的扰动, 主体工程的这些特点直接决定了线性开发建设项目的土壤侵蚀特点, 由连续或不连续的点(段)构成线性分布侵蚀带。根据我国“十一五”规划的经济部署, 输变电工程“十一五”较“十五”增长率为22.5%<sup>[1]</sup>, 增长速度较快, 因此分析输变电工程建设期产生水土流失的特点已经迫在眉睫。通过对云南省9个大中型输变电工程水土保持方案的编制, 分析了输变电工程建设期水土流失的特点。通过深入研究云南省输变电工程水土流失的特点, 对提高云南省输变电项目水土保持防治水平, 加快云南省乃至全国输变电工程水土流失防治步伐, 提高防治效益, 保护和改善生态环境都具有十分重要的现实意义<sup>[2]</sup>。

### 1 云南省水土流失的基本情况

云南省总面积为383 210.02 km<sup>2</sup>, 水土流失面积为141 333.70 km<sup>2</sup>, 占土地面积的36.88%<sup>[3]</sup>。其中轻度侵蚀面积79 982.43 km<sup>2</sup>, 占土地流失面积的59.69%; 中度侵蚀面积52 658.80 km<sup>2</sup>, 占37.26%; 强度侵蚀面积8 111.21 km<sup>2</sup>, 占5.74%; 极强度和剧烈侵蚀面积581.48 km<sup>2</sup>, 占0.41%。目前全省年土壤流失总量达5.14亿t, 平均侵蚀模数1 340 t/(km<sup>2</sup>·a), 年均侵蚀深度为1 mm<sup>[4-5]</sup>。

表1反映的是云南省1987—1999年水土流失变化, 从中可以看出1987—1999年全省总的水土流失面积在减少, 但不容忽视的是中度流失和强度流失面积仍在增大, 其中中度流失面积增加了1 046.80 km<sup>2</sup>, 强度流失面积增加了265.50 km<sup>2</sup>。这一系列数据表明云南省水土流失危害仍较为严重, 在这样的地区进行输变电工程的建设必须对水土流失的特点有一个清楚的认识, 以便在此基础上对水土流失的重点区域采取重点防治和重点监测。

收稿日期: 2007-06-28

作者简介: 刘卉芳(1977—), 女, 工程师, 主要从事水土保持方案编制。E-mail: lhf623@sohu.com

表 1 云南省 1987—1999 年水土流失面积变化

年份	流失		轻度流失		中度流失		强度流失		极强度和剧烈	
	面积/ km <sup>2</sup>	占面积/ %	面积/ km <sup>2</sup>	占面积/ %	面积/ km <sup>2</sup>	占面积/ %	面积/ km <sup>2</sup>	占面积/ %	面积/ km <sup>2</sup>	占面积/ %
1999	141333.70	36.88	79982.43	56.59	52658.58	37.26	8111.21	5.74	581.48	0.41
1987	146430.41	38.21	86151.72	58.83	51611.78	35.25	7845.71	5.36	821.20	0.56
增减	-5096.71	-1.33	-6169.29	-2.24	1046.80	2.01	265.50	0.38	-239.72	-0.15

2 研究方法

①搜集区域气候、地形、土壤、植被、水资源、水文泥沙、社会经济等基础资料和结合分析已有研究成果的基础上,运用最新水土保持科研成果和水土流失特点对工程项目沿线建设区域进行了水土流失防治分区,并确定水土流失防治范围和重点防治区域。

②根据《开发建设项目水土保持方案技术规范》(SL204-98),对工程施工造成的水土流失量,采取数学模型、类比工程分析及有关水保部门提供的观测资料分析相结合的方法进行水土流失量预测。

3 输变电工程水土流失防治分区

3.1 输变电工程分区原则

(1)本着“区内相同、区间相异”的原则进行分区,区内工程建设时序基本相同,符合交流输电主体工程总平面布置

中功能区划分,时空分布相对集中,而且水土流失特点及防治措施体系基本相同。

(2)分区应该充分考虑主体工程建设的类别、性质、建设时序和不同功能单元的工艺流程。

(3)分区的结果应对防治措施的总体布局具有分类指导作用,有利于分类实施各项防治措施,有利于水土流失预测及对方案实施效果的客观评价。

3.2 输变电工程水土流失防治分区

根据输变电工程占地类型和用途、占用方式、工程施工布置及建设顺序、水土流失状况及工程建设水土流失防治目标等特性,结合项目区域自然环境状况进行水土流失防治分区划分。通常输变电工程水土流失防治类型区分为变电所防治区、塔基防治区、施工场地防治区、牵张站防治区、材料站防治区、施工便道防治区、弃渣点防治区这 7 大防治分区。

表 2 输变电工程建设期水土流失量统计

分区指标	红河	玉溪	官渡	安宁	新村	禄劝	松茂	楚雄	吴家营	合计
线路长度/km	154.60	74.25	14.60	43.50	49.00	95.77	58.40	120.80	12.80	
变电所										
面积/hm <sup>2</sup>	11.00	6.90	1.46	3.87	—	3.24	3.47	3.30	0.34	33.58
扰动水土流失量/t	911.00	582.00	59.80	159.00	—	269.40	140.60	148.40	15.60	2285.80
流失量所占比例/%	22.18	12.11	14.26	20.33	—	9.99	24.59	10.88	6.65	13.94
塔基										
面积/hm <sup>2</sup>	6.80	6.69	0.47	0.93	1.05	0.83	0.26	1.48	0.18	18.69
扰动水土流失量/t	748.00	735.90	42.30	83.70	157.50	124.50	23.40	133.20	16.20	2064.70
流失量所占比例/%	18.21	15.31	10.09	10.70	11.14	4.62	4.09	9.77	6.90	12.59
施工便道										
面积/hm <sup>2</sup>	11.69	18.57	2.50	3.94	6.00	13.70	3.40	8.00	1.40	69.20
扰动水土流失量/t	1870.40	2971.20	205.00	353.80	840.00	1730.00	286.00	740.00	134.00	9130.40
流失量所占比例/%	45.54	61.81	48.89	45.24	59.39	64.18	50.02	54.27	57.08	55.69
施工场地										
面积/hm <sup>2</sup>	2.00	1.66	1.72	0.53	0.63	1.27	1.25	1.04	0.39	10.49
扰动水土流失量/t	140.00	116.20	86.00	26.50	50.40	101.60	75.00	52.00	19.50	667.20
流失量所占比例/%	3.41	2.42	20.51	3.39	3.56	3.77	13.12	3.81	8.31	4.07
牵张场										
面积/hm <sup>2</sup>	4.00	3.60	1.10	2.16	3.24	4.00	0.41	4.20	0.42	23.13
扰动水土流失量/t	280.00	252.00	55.00	129.60	291.60	360.00	20.50	252.00	25.20	1665.90
流失量所占比例/%	6.82	5.24	11.59	16.57	20.62	13.35	3.59	18.48	10.73	10.13
弃渣点										
面积/hm <sup>2</sup>	0.70	0.54	0.25	0.31	0.43	0.71	0.27	0.40	0.23	3.84
扰动水土流失量/t	126.00	97.20	26.25	29.45	62.35	102.95	26.25	38.00	24.25	532.70
流失量所占比例/%	3.07	2.02	6.26	3.77	4.41	3.82	4.59	2.79	10.33	3.25
材料站										
面积/hm <sup>2</sup>	1.07	1.65	—	—	0.42	0.24	—	—	—	3.38
扰动水土流失量/t	32.10	52.80	—	—	12.60	7.20	—	—	—	104.70
流失量所占比例/%	0.78	1.10	—	—	0.89	0.27	—	—	—	0.64

4 输变电工程水土流失的特点分析

根据输电线路工程的特点,工程兴建对当地水土流失的

影响主要表现为工程建设期的施工活动。塔基、牵张场、施工临时占地等场地的开挖平整和基础清理,场地开挖清理产生的弃渣的堆存,施工道路建设等活动对地表的开挖、扰动

和再塑及使表层植被受到破坏,失去固土防冲的能力,造成水土流失。

在施工道路建设过程中开挖、弃渣等活动对原地貌、植被与地表组成物造成损坏;局部挖方段形成高陡边坡,若不加以防护、容易产生滑坡、崩塌等现象;填方段则因堆积相对松散,可能发生局部沉陷、泻溜或小规模滑坡;便道施工战线狭长,弃渣分散,若未得到集中堆放和妥善处理,也会造成水土流失,但其规模很小,产生的水土流失影响也不大。

4.1 输变电工程产生水土流失的主要区域

以云南省 9 个大中型输变电工程为例分析建设期水土流失的特点,9 个输变电工程分别为:500 kV 红河输变电工程、500 kV 玉溪输变电工程、220 kV 官渡输变电工程、220 kV 安宁输变电工程、220 kV 新村输变电工程、220 kV 禄劝输变电工程、220 kV 松茂输变电工程、220 kV 楚西输变电工程、110 kV 吴家营输变电工程。从表 2 中可以看出施工便道区在 7 个区中产生的水土流失量最大。

4.2 施工便道区水土流失特点

施工便道包括施工简易道路和人抬道路,简易道路利用的是现有乡村道路,尽量对原地貌不造成扰动。人抬道路是在车辆无法到达的地段,利用现有人行便道或砍去荆棘形成的通道,方便施工人员和畜力运送材料和设备,人抬道路路面宽一般为 2 m。由于人抬道路一般修建在坡度较大、植被覆盖较好的地方,因此,在建设过程中开挖、弃渣等活动对原地貌、植被与地表组成物造成损坏而造成水土流失。施工便道在局部挖方段容易形成高陡边坡,若不加以防护、容易产生滑坡、崩塌等现象;在填方段则因堆积相对松散,可能发生局部沉陷、泻溜或小规模滑坡,从而产生较大的水土流失。

从表 2 可以看出,9 个项目中施工便道水土流失量占总水土流失量最小值为 45.24%(220 kV 安宁输变电工程),最大值为 64.18%(220 kV 禄劝输变电工程),平均值为 55.69%。分析表明在输变电工程建设期施工便道区的水土流失量最大,因此,在输变电工程建设过程中应当对施工便道工程采取重点防治和重点监测。

4.3 输变电工程线路长度与水土流失量关系分析

运用 Matlab 软件,结合表 3 提供的基础数据,通过最小二乘法直线拟合输变电工程中输变电路长度和水土流失总量之间的关系,拟合曲线如图 1 所示。

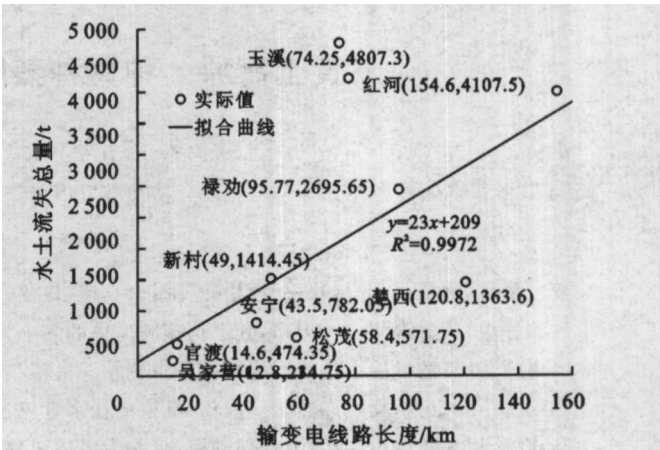


图 1 线路长与水土流失量的关系

由图 1 得出输变电工程线路长度和水土流失量之间的关系式为: $y=23x+209, R^2=0.9972$ ,  $R^2$  接近于 1, 表明拟合结果较好。在文章前面分析表明施工便道工程防治区是输变电工程水土流失的重点区域,因此,施工便道水土流失量也是本文关注的重点,通过最小二乘法拟合施工便道线路长度和水土流失量之间的关系,拟合曲线见图 2。由图 2 得出输变电工程线路长度和施工便道水土流失量之间的关系式为: $y=12x+207, R^2=0.9919$ ,  $R^2$  接近于 1, 表明拟合结果较好。

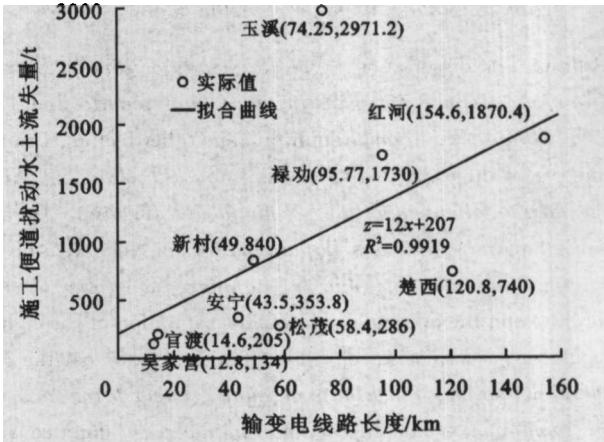


图 2 线路长与施工便道水土流失量的关系

此外,通过表 3 表明,单位线路长度输变电工程产生的水土流量最小为 11.29 t/km,最大值为 35.03 t/km,平均值为 25.03 t/km。

表 3 输变电路线路水土流失特点

分区指标	红河	玉溪	官渡	安宁	新村	禄劝	松茂	楚西	吴家营	合计
线路长度/km	154.60	137.25	14.60	43.50	49.00	95.77	29.00	120.80	12.80	657.32
水土流失总量/t	4107.5	4807.3	474.35	782.05	1414.45	2695.65	571.75	1363.6	234.75	16451.40
施工便道区										
水土流失量/t	1870.40	2971.20	205.00	353.80	840.00	1730.00	286.00	740.00	134.00	9130.40
单位线路产生水土流失量/(t·km <sup>-1</sup> )	26.57	35.03	32.49	17.98	28.87	28.15	19.72	11.29	18.34	25.03

5 结 论

(1)通过收集资料,结合多年的实践经验分析了输变电工程建设中产生水土流失的特点,分析结果表明施工便道区是产生水土流失的重点区域,建设期施工便道区水土流失量

约占预测期水土流失总量的 55.69%;单位线路长度输变电工程产生的水土流量平均为 25.03 t/km。

(2)运用 Matlab 软件,通过最小二乘法拟合输变电工程  
(下转第 138 页)

称为潜在蒸发力(或大气蒸发力),表示在表土得到充分水源前提下,能被大气夺走的最大水量;第3个条件由土壤性质决定,这主要指土壤的导水率。由此可见,土面蒸发的强度实质上是由潜在蒸发力和土壤导水率两个方面所制约。当能满足第3个条件时,蒸发强度就由潜在蒸发力所决定;反之,如果土壤没有足够的水分供给蒸发,或者它的导水率很低,再强的潜在蒸发力也无济于事,这时的蒸发强度主要由土壤性质所决定。在本试验中,各树种的平均土壤重量含水量基本一致为15%~20%,叶温为30.37~33.56℃,空气相对湿度为57.02%~63.90%,太阳有效辐射为904.75~1 043.94  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,从图1可以看出其平均蒸腾速率的大小为:新疆杨>臭椿>华北落叶松>侧柏>榆树>油松>核桃>枣树,通过分析认为土壤重量含水量与幼树的日蒸散量有重大关系,即土壤含水量是影响幼树日蒸散量的主要因子之一,所以水分条件还是制约黄土高原植被生长的关键问题。蒸腾速率是计量蒸腾作用强弱的一项重要指标,其强弱因植物种类而不同,并受外界因素如光照、温度、湿度等影响。新疆杨的日均蒸腾速率最大,其次是臭椿和华北落叶松,最小的是枣树,蒸腾速率大,说明树体的保水力相对较差,对土壤水分的要求较高。树种的平均气孔导度,阔叶树的高于针叶树的,太阳有效辐射和叶温也是影响蒸散量的两个主要因子,当地有较好的热条件,而在一定程度上,生长季干旱高温的气候条件,也限制了植株的生长,在造林初期,影响造林的成活率。

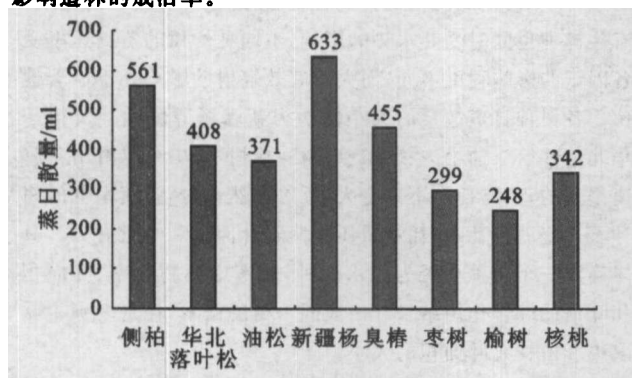


图2 不同树种蒸散量比较

从图2不同树种日平均蒸散量比较看出,新疆杨>侧柏>臭椿>华北落叶松>油松>核桃>枣树>榆树,阔叶树种中:新疆杨>臭椿>核桃>枣树>榆树,针叶树种中:侧柏>华北落叶松>油松,植株在保持较低的蒸腾作用情况下,利

用有限水分进行较光程度的光合作用,对树木的生长发育极为重要<sup>[2]</sup>。针叶树种中油松的日平均蒸散量最小,在当地水分条件较好的阴坡,生长迅速,在全光条件下可以天然更新,而在土壤瘠薄和比较干旱的山地上,也能较好生长,并且常与栎类、山杨、白桦、侧柏等组成混交林,因此油松作为重要的用材和水土保持树种,在幼林期,应加强抚育管护,促进其生长发育成林。在黄土高原区,由于我国经济条件和人民的生产生活需要,只营造了相当比例的人工林,而树种多限于杨树和刺槐,其他树种如油松、侧柏、榆树以及经济树种枣树和核桃等相对较少。而杨树的许多品种要求较高的水肥条件,在立地条件差的山上造林存在一定的困难,难以取得应有的效益。而且,黄土高原土层深厚,除少量降水渗入深层补给地下水外,降水的大部分留在土体中形成土壤水,但是该区土壤水分状况受降水月际分配和蒸发过程的影响具有明显的差异,同时,在黄土高原造林后,土壤经常处于水分亏缺状态,出现土壤干层这一特殊的水文现象,干层是土壤水分通过物理蒸发和植物蒸腾作用,以水汽方式不断逸入大气之中,经过较长的时间序列,因土壤水分的负补偿效应在土体中某一深度所形成的厚度不等的低湿层,在这一低湿层中,水分的移动性和有效性明显降低,因而对林草植被生长产生不利影响<sup>[3]</sup>。所以选择低耗水的树种进行造林至关重要,通过综合比较认为由于新疆杨的树种特性与当地的环境条件不统一,其中相当一部分形成了“小老头树”,例如山西的大同地区,所以栽植杨树应谨慎;种植枣树、核桃既有利于造林,又能提高当地人民的经济收益,而且核桃在山西的西北部栽培历史悠久,现已有大面积种植;油松、榆树在当地的面积少,且零星分布,虽然榆树是水土流失区的乡土树种,多为散木,造林效果普遍较差,人工油松林也多为低产林;华北落叶松、侧柏是较为耐旱和理想的植物。在造林时还应遵循“因地制宜,适地适树”的原则。

#### 参考文献:

- [1] Norman J. Rosenberg. Microclimate: The Biological Environment[M]. John Wiley & Sons., 1974.
- [2] 吕一河,傅伯杰.生态学中的尺度及尺度转换方法[J].生态学报,2001,21(12):2096-2015.
- [3] 吴钦孝,杨文治.黄土高原植被建设与可持续发展[M].北京:科学出版社,1998:37-70.

(上接第135页)

线路长度和水土流失量及施工便道区水土流失量之间的关系,关系式分别为 $y=23x+209$ ,  $R^2=0.9972$ 和 $y=12x+207$ ,  $R^2=0.9919$ 。  $R^2$ 均接近于1,表明拟合结果较好。

(3)根据“因地制宜、因害设防”的原则,输变电建设应当依据水土流失预测结果,找准水土流失防治的重点,对位配置相应的防治措施,才能达到项目建设与生态环境同步进行的目标,实现可持续发展战略。

#### 参考文献:

- [1] 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.

- [2] 张茨林,谢颂华,喻荣岗.电厂建设项目土壤加速侵蚀系数测算研究[J].水土保持研究,2006,13(8):172-179.
- [3] 袁春明,郎南军,等.云南省水土流失概况及其防治对策[J].水土保持通报,2003,23(2):60-62.
- [4] 万晔,韩添丁,等.云南水土流失态势、分区区域特征研究[J].中国沙漠,2005,25(3):442-447.
- [5] 郑文杰,郑毅.云南省水土流失概况及水土保持措施[J].湖北农业科学,2005(6):4-6.