

# 开发建设项目水保监测中土壤侵蚀模数监测方法探讨 ——以“东深供水改造工程水土保持监测”项目为例

王继增<sup>1,2</sup>, 邓 岚<sup>3</sup>, 郭新波<sup>3</sup>

(1. 广东省生态环境与土壤研究所, 广州 510650;

2. 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广州 510650; 3. 广东省水利水电科学研究院, 广州 510150)

**摘 要:** 以“东深供水改造工程水土保持监测”为例, 探讨了土壤侵蚀模数的监测方法。针对项目施工期动土量大, 地形、地貌变化迅速、剧烈, 扰动地表类型多样的特点, 因地制宜地采用了标桩法、径流小区法、侵蚀沟量测法、人工模拟降雨法四种监测方法进行了各种不同地表扰动类型的土壤侵蚀模数监测。结果表明, 四种方法基本可以囊括工程所有地表扰动类型的土壤侵蚀模数的监测, 数据的准确性和可靠性较高, 监测效果较为理想。可为类似项目的土壤侵蚀模数监测提供借鉴和参考。

**关键词:** 开发建设项目; 水土保持监测; 土壤侵蚀模数监测; 监测方法

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)01-0021-03

## Discussion on the Monitoring Method of Soil Erosion Modulus of Construction Project

WANG Ji-zeng<sup>1,2</sup>, DENG Lan<sup>3</sup>, GUO Xin-bo<sup>3</sup>

(1. Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Guangdong Key Laboratory of Integrated Control of Agro-Environment, Guangzhou 510650, China;

3. Guangdong Academy of Water Resources and Hydrology Sciences, Guangzhou 510610, China)

**Abstract:** Takes “the monitoring of soil and water conservation in Dongshen water supply project” as an example, the monitoring methods of soil erosion modulus were discussed. Aiming at the characteristic of upsetting top soil, such as the amount of upsetting the top soil was enormous, the landform changed rapidly and intensely and the types of upsetting top soil were various, so measures were adjusted to local conditions, adopting surveyor’s pole, runoff plot, erosion gully measuring and artificially simulating rainfall to monitor soil erosion modulus for every types of the disturbing top soil. The results showed: the four monitoring methods basically involved every types of disturbing top soil for monitoring soil erosion modulus, and the veracity and reliability of results were very high. This can provide references for the monitoring of soil erosion modulus in similar construction project.

**Key words:** construction project; the monitoring of soil and water conservation; the monitoring of soil erosion modulus; monitoring method

土壤侵蚀模数监测是开发建设项目水土保持监测工作的重点, 也是一个难点。《水土保持监测技术规程》(SL 277—2002)<sup>[1]</sup>是一个普适性、纲领性的规范, 具有宏观指导性意义。但在对某一个具体的开发建设项目实施水土保持监测, 尤其是土壤侵蚀模数的监测时, 就具体的监测方法而言, 仍需要针对开发建设项目的具体情况、不同的地表扰动类型, 有针对性、因地制宜地采用不同的监测方法, 只有这样才能充分保证监测数据的准确性和可靠性。

东深供水改造工程是全国第一宗实施全程水土保持监测的大型开发建设项目<sup>[2]</sup>。项目的水土保持监测, 取得了令人可喜的成绩, 受到了水利部水土保持监测中心专家的高度评价, 尤其是对不同地表扰动类型的土壤侵蚀模数的监测方法做了有益的尝试和探索, 取得了许多可资借鉴的宝贵经

验。本工程在进行土壤侵蚀模数监测时综合采用了标桩法、径流小区法、侵蚀沟量测法、人工模拟降雨法对项目施工过程中产生的不同地表扰动类型的土壤侵蚀模数进行了监测, 取得了令人满意的结果。

### 1 建设项目概况及工程特性

#### 1.1 建设项目概况

东深供水工程是为解决香港、深圳以及工程沿线地区用水需求而建设的跨流域大型调水工程。20世纪90年代以来, 由于沿线地区部分未经处理的工业和生活污水流入供水河道, 给供水水质带来了一定程度的污染, 鉴于此, 东深供水水质引起了广东省政府的高度重视, 并先后采取了一系列措施来保障和改善东深供水的水质, 为从根本上改善东深供水水质和增加供水

收稿日期: 2005-01-17

基金项目: 东深供水改造工程水土保持监测项目; 广东省土壤侵蚀模数研究项目

作者简介: 王继增(1963-), 男, 河北省人, 博士, 副研究员, 研究方向为土壤侵蚀与水土保持、农业非点源污染及控制。

量,广东省政府有关部门经过反复论证,确定了“将供水渠和原河道分离,采用封闭供水管道,实现清污分流”的改造方案,经国家计委和广东省人民政府批准立项,东深供水改造工程于 2000 年 8 月 28 日正式开工。工程全长 51.7 km,2010 年设计年供水量为 23.73 亿  $m^3$ ,设计流量为 100  $m^3/s$ ,工程概算总投资 49 亿元,设计总工期 3 年半,计划 3 年完成。

## 1.2 工程特性及水土流失特点

工程特性及水土流失特点如下:

(1)本工程为大型线状工程,空间跨度大,穿越不同的地貌类型。工程全线长 51.7 km,线路长,跨度大,多次穿过公路,跨越河流,自北向南穿越准平原、丘陵、低山地区,沿线地形、地貌起伏变化大。

(2)施工区为我国经济最发达地区。本工程绝大部分线路通过东莞市,还有一小部分线路位于深圳市,而东莞和深圳均为我国经济最发达的区域,人口密度大,城市化程度高,在这样的区域施工,除保证现有供水系统正常运行外,还不能影响工程沿线周边居民正常的生产和生活。因此,对工程施工期间所实施的水土保持措施的防护效果及水土保持监测提出了更高的要求。

(3)项目建设内容多样,且各工期长短不一。本项目建设内容包括供水泵站、输水箱涵、隧洞、倒虹吸、渡槽、地下埋管、人工渠改造及其它建筑物等,由于建设内容不同,施工类型就会不同,动土开挖、扰动地表的情况也就相应地有所不同;加之各建设内容工期长短不一,就使得所采取的水土保持措施以及水土保持监测的方法也相应地会有所不同。

(4)工程建设速度快,动土量大,地形、地貌变化剧烈。项目设计总工期 3 年半,计划 3 年完成,其中主体工程 2 年零 10 个月完成。工程施工进度很快,施工过程中地表扰动的位置和范围变化很大,部分开挖面及临时堆渣的存留时间只有几个月,甚至更短。水保方案估算项目弃土弃渣量达 396.6  $\times 10^4 m^3$ 。

(5)扰动地表类型多样,有弃渣场、开挖边坡、堆积边坡和开发平台。不同的施工类型会产生不同的地表扰动类型,如开挖隧洞、涵洞产生的弃土弃渣运往固定点临时或永久存放就形成了堆渣场;泵站的建设将形成一定的开挖坡面;箱涵和地下埋管的开挖会形成一定的堆积坡面等。

(6)坡面物质组成复杂,多为大块砾石覆盖,坡面产汇流机制与土质坡面明显不同。绝大部分弃土、弃渣来自隧洞、涵洞的开挖,其中很大一部分为大块砾石,在堆渣场,坡面基本为粗大的砾石所覆盖。多砾石坡面的产汇流机制与土质坡面有很大的不同,这也为侵蚀模数的监测造成了很大的困难。

(7)区域降雨量大,水土流失的潜在危险性大。项目所在区域多年平均降雨量 1767~1925 mm,其中 4~9 月降雨量占总雨量的 83.3%~84.4%,深圳(宝安站)最大 24 h 暴雨量为 363.0 mm,东莞站为 367.8 mm。深圳多年平均降雨日数 139.9 d,雨强大于 80 mm/24 h 的日数平均每年 3.9 次;大于 100 mm/24 h 的日数平均每年 2.5 次;大于 150 mm/24 h 的大暴雨日数平均每年 0.5 次。由于区域降雨量大,降雨日数和暴雨日数多,尤其在动土、地表扰动的情况下,水土流失的潜在危险性非常大。

## 2 水土保持监测方法

### 2.1 监测原则及方案

根据项目区降雨特性和项目建设特点,制定了全线调查(定期巡查)与定位监测相结合的监测方案。以施工标段为单元,以每年的 4~9 月为重点监测期,以地表扰动类型监测为

中心,对工程施工期水土保持防治责任范围、弃土弃渣、地表扰动、土壤流失、水土保持措施及其防护效果等进行了动态监测。为此,制定了三个监测原则:全面调查监测与重点监测相结合;以地表扰动动态监测和侵蚀强度监测为中心;

地表扰动类型监测以弃土弃渣和平台监测为重点。

### 2.2 定位监测方法

根据工程地表扰动类型,我们分别采取了标桩法、径流小区法、侵蚀沟量测法、人工模拟降雨法四种方法进行土壤侵蚀模数的监测。四种方法如下:

(1)标桩法。将直径 0.6 cm,长 20~30 cm,类似钉子形状的钢钎相距 1 m  $\times$  1 m 分上中下、左中右纵横各三排(共 9 根)沿坡面垂直方向打入坡面,钉帽与坡面齐平,并在钉帽上涂上红油漆,编号登记入册,坡面面积较大时,为提高监测精度,钢钎密度可加大。每次暴雨后和汛期终了以及时段末,观测钉帽出露地面高度,计算土壤侵蚀厚度和土壤侵蚀量。计算公式采用:  $A = 1000ZS/\theta$  式中:  $A$  ——土壤侵蚀量,  $Z$  ——侵蚀厚度(mm),  $S$  ——侵蚀面积( $m^2$ ),  $\theta$  ——坡度值。桩钉布设时间为 2001 年 9 月,由于工程进展较为迅速,原弃渣堆和开挖面很快消失,所以后期对标桩又多次进行了增加补充。

(2)侵蚀沟样方量测法。在已经发生侵蚀的地方,通过选定样方,测定样方内侵蚀沟的数量和大小(侵蚀沟体积)来确定侵蚀量。样方大小取 5~10 cm 宽的坡面,侵蚀沟按大(>100 cm)、中(30~100 cm)、小(<30 cm)三类统计,每条沟测定沟长和上、中上、中、中下、下各部位的沟顶宽、底宽、沟深,推算流失量。

(3)简易径流小区。用木板、铁皮、混凝土等材料围成矩形小区,在较低的一端安装径流收集槽和测量设备,以确定每次降雨的径流量和土壤侵蚀量。径流小区设置依据径流监测点实际地形,通过简单布置形成简易径流场,测定径流、泥沙。

(4)人工模拟降雨。利用便携式野外人工模拟降雨器,选择适当的降雨强度进行高土堆流失试验,研究堆渣的产流、产沙规律。人工模拟降雨器选用中科院水土保持研究所生产的野外便携式人工模拟降雨器,降雨器喷头高度 3~6 m,采用双喷头和单喷头两种方式,雨强范围为 25~89.82 mm/h,降雨时间为 10~60 min。

### 2.3 监测点的布设

根据制定的监测原则及监测方案,对定位监测点进行了布设。共布设标桩监测点 31 个,侵蚀沟样方监测点 21 个,简易径流小区监测点 6 个,人工模拟降雨监测点 3 个。

## 3 土壤侵蚀模数监测方法适用性探讨

### 3.1 地表扰动类型的划分

东深供水改造工程的建设内容包括:供水泵站、输水箱涵、隧洞、倒虹吸、渡槽、地下埋管、人工渠改造及其它建筑物等,为了客观地反映建设项目的水土流失特点,对建设项目的地表扰动类型进行合理的分类是十分必要的。从水土保持的角度,项目在施工过程中对地表的扰动主要表现为弃土弃渣、开挖面、建筑物、施工平台等。堆渣、开挖面、平台各具有不同的水土流失特点。根据监测工作需要和工程特点,在实地调查的基础上,依照同一扰动类型的流失特点和流失强度基本一致、不同扰动类型的流失特点和流失强度明显不同的原则,首先根据地表扰动是否会造成水土流失、是否会对外界(项目建设区之外)产生影响,将地表扰动分为无危害扰动和有危害扰动两大类;再根据不同扰动特征以及侵蚀对象形态进行分类,共分为 8 类地表扰动类型,结果见表 1。

表 1 地表扰动状况分类表

流失危害 扰动特征	有危害扰动						无危害扰动	
	堆渣		开挖面		平台			
侵蚀对 象形态	土质低 堆渣	石质低 堆渣	土质高 堆渣	石质高 堆渣	土质开 挖面	石质开 挖面	施工场 地、生活 用地等	建筑物、填入 注地的堆渣、受 保护的开挖面等
特征描述	花岗岩 风化物 (高度 <4m)	沙砾岩 页岩类 (高度 <4m)	花岗岩 风化物 (高度 >4m)	沙砾岩 页岩类 (高度 >4m)	花岗岩 风化物	页岩类	地势平坦 零星堆渣 建筑材料	无流失、流失物 进入封闭的 区域(征地范围)
代号	低土堆	低石堆	高土堆	高石堆	土质面	石质面	平台	无危害

## 3.2 土壤侵蚀模数监测方法适用性探讨

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部 水土保持监测技术规程(SL 277- 2002)[S] 北京: 中国水利水电出版社, 2002 29- 36
- [2] 广东省水利水电科学研究院, 广东省水土保持监测总站, 清远市水电勘测设计院 东水供水改造工程水土保持监测报告[R] 2003 1- 20

## (上接第 17 页)

采用杨梅+ 茶叶模式的总经济效益分析见表 5, 第 1 年投入为 5 010 元/hm<sup>2</sup>, 没有利润, 第 2 年茶树有了少量收入, 但利润为负值, 第 3 年茶叶收入增加, 但净利润为负值, 第 4 年开始, 杨梅开始收获, 每公顷纯利润达到 23 520 元。第 5 年开始为 2 000 元以上。过去常年种玉米+ 油菜的公顷收入, 依据 27 个农户的 2000~ 2001 年两年的经济收入调查, 平均为 2 040~ 2 625 元/hm<sup>2</sup>。项目实施 5 年以后, “杨梅+ 茶叶”经济收入是“玉米+ 油菜”的 10 倍以上。随着时间的推移, 杨梅和茶叶进入盛产期, “杨梅+ 茶叶”的利润可以在“玉米+ 油菜”的 20 倍以上。

根据以上的经济效益和农户调查分析, 一般成篱第一年, 由于挖坑、施肥、浇水和果苗投入大, 支出最多, 收入很少, 主要收入来源于牧草或绿篱间作物。由于植物绿篱占据一定土地面积, 农作物收入第 1 年略有下降。第 2 年、第 3 年投入减少, 收益主要来源于牧草产出, 和割草的节省农时上。第 4 年以后果树投产后, 收益将成倍、成 10 倍的高于传统种植, 因此受到农民普遍欢迎, 认为是一种既能保护土地资源, 又能增加

## 参考文献:

- [1] Fayemelihi, A. A. Effect of alley cropping with woody legume (*L. eucaena leucocephala*) and nitrogen application on intercropped maize (*Zea mays*) [R]. Training Report Ibadan, Nigeria: IITA, 1986
- [2] Kang, B. T., A. C. B. M. van der Kruijs, D. Couper. Alley cropping for food crop production in humid and subhumid tropics [A]. In: B. T. Kang, L. Reynolds (eds). Alley Farming in the Humid and Sub-humid Tropics [M]. Ottawa, Canada: DRC, 1989 16- 26
- [3] Kang, B. T., G. F. W. Wilson, T. L. Lawson. Alley Cropping: A stable alternative to shifting cultivation [M]. Ibadan, Nigeria: IITA, 1984 22
- [4] Kang, B. T., G. F. W. Wilson, L. Sipkens. Alley cropping maize (*Zea mays*) and leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam.) in southern Nigeria [J]. Plant and Soil, 1981, 63: 165- 179
- [5] Lal, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management [M]. Tech. Bull. IITA, Ibadan, Nigeria, 1974
- [6] Adisak Sujjapongse, M. Management of Sloping land for sustainable Agriculture [M]. BSRAM publication, 2002 151- 186
- [7] 王正秋. 黄土高原沟壑区综合治理开发技术与研究 [M]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1997
- [8] 孙辉, 唐亚, 陈克明, 等. 固氮植物篱防治土壤侵蚀效果的研究 [J]. 水土保持通报, 1999, 19(6): 1- 5
- [9] 孙辉, 唐亚, 陈克明. 固氮植物篱改善退化坡耕地土壤养分状况的效果 [J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(5): 473- 477
- [10] 陈一兵, 林超文, 朱钟麟, 等. 经济植物篱种植模式及其生态经济效益研究 [A]. 中国西南地区平衡施肥研究与进展 [M]. 成都: 四川大学出版社, 2002 3- 9
- [11] 尹迪信, 唐华彬, 朱青, 等. 植物篱逐步梯化试验研究 [J]. 水土保持学报, 2001, 15 (2): 84- 87
- [12] 尹迪信, 唐华彬, 朱青, 等. 坡耕地不同水土保持措施下的养分平衡和土壤肥力变化 [J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 72- 75

在本工程的水土保持监测中, 尤其是对土壤侵蚀模数的监测, 我们采用了 4 种监测方法进行了监测, 取得了较好的监测效果。监测表明: 简易径流小区法比较适合开发平台的侵蚀模数监测 (因地面坡度较小, 难以用其它监测方法进行监测); 侵蚀沟量测法比较适合侵蚀历时相对较长且已在坡面形成了明显可见的侵蚀沟 (而且这种侵蚀沟是可以通过简单的测量工具, 比如皮尺、卷尺等进行实地量测的) 的土质低堆渣、土质高堆渣以及土质开挖面; 标桩法比较适合侵蚀历时相对较短, 且尚未在坡面形成明显侵蚀沟的土质低堆渣、土质高堆渣以及土质开挖面; 人工模拟降雨法可以作为其它三种监测方法的补充, 比较适合具有较多砾石覆盖的坡面侵蚀模数的监测。

经济收入, 适宜当地、易于普及推广的坡耕地治理技术。

2002 年以来, 项目在贵州省 4 个县 6 个试点示范面积 40 2 hm<sup>2</sup>, 参加农民 240 户。受项目点的影响, 在周边地区又推广了 210 6 hm<sup>2</sup>。项目还通过参观、会议、媒体宣传等方式影响周边的安顺、清镇、花溪、长顺、镇宁等 5 个县市, 受到农民和当地推广部门的欢迎。

## 6 结 论

国内国际在总结农民治理坡地经验的基础上, 提出的植物篱技术为山区坡耕地治理提供了一种新的措施。在推广上由于植物篱种类的多样性和形成的植物篱易于被破坏的特点, 使其难于大面积推广。贵州的实践证明在一定范围内, 采用农民“参与式”决策的方法选择出能适宜当地自然社会条件的, 受群众欢迎的植物篱种植模式, 促进了植物篱技术的发展, 能选择出风险小、经济效益高的新型模式, 提高植物篱技术试点和推广的成功率, 并能由点到面在较大范围的坡耕地上应用。