

# 开发建设项目水土保持监测方法探讨 ——以阿(荣旗)深(圳)高速公路粤赣段监测为例

王小军<sup>1</sup>, 姚才有<sup>2</sup>, 周利民<sup>1</sup>, 邓岚<sup>1</sup>

(1. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510610; 2. 广东省水利厅, 广东 广州 510150)

**摘要:** 开展水土流失监测是对开发建设项目实施水土保持监管的重要手段。通过对国家重点公路阿(荣旗)深(圳)公路粤赣段工程建设及其水土流失特点、危害的分析, 结合开发建设项目的特点, 对开展水土流失监测的内容、监测的方法、监测的技术进行了探讨, 并就工作中的有关具体监测细节方面提出了建议。

**关键词:** 开发建设项目; 水土保持监测; 监测方法; 探讨

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2007)04-0079-05

中图分类号: S157, X830.2

## Discussion on Soil and Water Conservation Monitoring Method in Development and Construction Project

— A Case Study in the Rongqi to Shenzhen Expressway Monitoring

WANG Xiao-jun<sup>1</sup>, YAO Cai-you<sup>2</sup>, ZHOU Li-min<sup>1</sup>, DENG Lan<sup>1</sup>

(1. Guangdong Provincial Research Institute of Water Conservancy and Hydro-power, Guangzhou, Guangdong 510610, China; 2. Water Conservancy Department of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510150, China)

**Abstract:** Soil and water conservation monitoring is an important measure for the management of construction project. The content, method and technology of soil and water conservation monitoring as well as the characteristics and harms of soil and water loss in the Rongqi to Shenzhen Expressway are discussed, combined with the characteristics of construction project. Some proposal on monitoring detail are given.

**Keywords:** development and construction project; soil and water conservation monitoring; monitoring method; discussion

基于开发建设项目呈块状、条、线和点状分散分布特点, 工程建设造成的水土流失影响范围广, 施工土石方量大, 扰动土地面积广, 很容易造成严重的水土流失<sup>[1]</sup>。为切实遏制人为造成新的水土流失, 保护水土资源, 须对开发建设项目的水土流失和防治情况进行全程的动态监测。但目前, 开发建设项目的水土流失监测尚处于起步阶段, 其监测技术和方法尚无规范模式可采用, 亟待建立一套科学、完善的监测技术和评价指标体系及标准。因此水土保持监测难度更大、监测的要求更高, 如何对开发建设项目的水土流失进行监测, 探讨开发建设项目水土流失监测的方法与实用技术亟待系统研究。

基于多项开发建设项目水土保持监测工作的实践, 本文初步探讨了开发建设项目的水土流失特点、重点监测对象、监测方法和细节等内容, 以期和同行们进行交流探讨。

## 1 阿(荣旗)深(圳)高速公路监测

### 1.1 项目基本情况

国家重点公路阿(荣旗)深(圳)公路粤赣段工程是国家规划的重点公路内蒙古阿荣旗至深圳盐田港公路的组成部分, 是广东省连接江西省的省际高速公路。该工程线路全长 135.61 km, 全线总挖方  $2.70 \times 10^7 \text{ m}^3$ , 总填方  $2.63 \times 10^7 \text{ m}^3$ , 弃渣  $7.31 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 外借土方  $5.80 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 工程总投资  $4.70 \times 10^9$  元。项目采取双向 4 车道高速公路标准, 监测实施时段为 2004 年 5 月至 2006 年 5 月。

### 1.2 工程建设水土流失及水土保持监测的特点

(1) 线路长地形、地貌变化剧烈, 水土流失重点和难点主要在山地丘陵区。

(2) 建设工期紧, 建设速度快、动土量大。

(3) 扰动地表类型多样, 有弃渣场、开挖边坡、堆

收稿日期: 2007-05-20

作者简介: 王小军(1979—), 男(汉族), 甘肃省宁县人, 硕士, 主要从事水土保持和水资源方面的研究。E-mail: wxj1999-2003@163.com。

积边坡和开发平台,以沿线取土为主,弃土场选择困难,弃渣部分采取就近堆弃。

(4) 设计深度不足,工程变更较多,线路开挖宽度大。由于取、弃土场位置及部分线路走向与原方案有较大改变,增加了工作难度。

(5) 区域降雨量大,降雨日数和暴雨日数多,水土流失的潜在危险性大。

(6) 坡面物质组成复杂,其产汇流机制与土质坡面明显不同,为侵蚀模数的监测造成了很大困难。

### 1.3 水土保持监测原则

根据项目区地形、降雨特性和项目建设特点,以及水土流失及其防治特点,确定采用地面观测和调查监测相结合、定点监测和动态监测相配合的监测方法。同时以施工标段为单元,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动态监测。制定了 5 个监测原则:(1) 监测内容与水土保持责任分区相结合;(2) 全面调查监测与重点监测相结合;(3) 以地表扰动动态监测和侵蚀强度监测为中心;(4) 地表扰动类型监测以弃土弃渣和平台监测为重点;(5) 实际观测与模型分析相结合

### 1.4 水土保持监测方法

该工程水土保持监测采用定位监测和巡查监测结合的监测方法,共布设 35 个定位监测点,定位监测主要在雨季期间实施,巡查监测于施工期每年 2 次(雨季前后各 1 次),植被恢复期每年 1 次。对粤赣高速公路进行了收集资料、定位布点与监测调查、全线调查与重点监测,获得种类数据 700 多个,图片 1 000 多张,充分掌握了项目建设期和植被恢复期水土流失和水土保持措施情况,达到了监测的预期目标。

## 2 开发建设项目水土流失的特点与存在的问题

### 2.1 水土流失特点

通过对国家重点公路阿(荣旗)深(圳)公路粤赣段的监测,开发建设项目水土流失的特点有以下几点。(1) 形式多样、位置分散。开发项目建设过程中开挖、填筑,取土(采石),弃渣(土、石、渣),大规模土地平整等形成的各种扰动地貌,其组成、结构和形态类型多样、位置分散。(2) 强度剧烈、变化快。建设过程中的大量松散土堆、弃渣、裸露坡面,在华南地区高温多雨条件下,无防护措施时侵蚀强度一般均为剧烈侵蚀,而且随着工程的进展,水土流失的位置、面积与强度变化很快。(3) 突发性和不确定性强。项目建设过程中的水土流失与工期安排、防护措施的实施

以及施工管理方式有关,具有明显的不确定性,需通过现场监测才能获取准确的数据。

### 2.2 现存问题

《开发建设项目水土保持监测技术规程》(SL277—2002)是一个普适性、纲领性的规范,具有宏观指导性意义。但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。

有些水土流失监测存在着无针对性和实用性,监测点面设置不合理、监测内容过多过泛,监测方法不明确等问题,致使水土流失监测在实际工作中没有很好的效果和实施性。针对以上问题,建议在编制水土流失监测计划时,应严格按照有关规定,根据工程特性确定具体的监测点和监测部位,然后依据监测对象明确监测方法,合理安排监测时段、监测频率,及可能地和必要地监测内容。

## 3 健全监测工作体系,实现水土保持监测规范化探索

### 3.1 水土流失监测理论体系

3.1.1 调查、巡查监测的指标 水土流失监测项目一般可分为 4 大类。(1) 对影响水土流失的主要因子进行监测。主要包括降雨、风、地形(坡度、坡长、坡向)、地面组成物质及其结构、植被类型及覆盖度等。(2) 对水土流失量进行监测。主要包括水力、风力引起的沟蚀、面蚀、滑坡、坍塌、泥石流等。(3) 对水土流失灾害进行监测。包括水土流失形式、面积、强度等,水土流失对土地利用、自然生态的危害及对项目周边地区农业、社会、经济的影响等。(4) 对水土流失防治措施效果进行监测。主要包括拦渣工程、护坡工程和土地整治工程等,防治措施的数量、质量和各项防护工程的拦渣保土效果等。

3.1.2 监测时段和频次 监测时段一般分为施工期和林草恢复期,合理安排监测时段与频次尤为重要,在掌握工程建设进展的关键时期和降雨等影响因子影响较大的时期适时、有条理地开展监测工作。在阿(荣旗)深(圳)高速公路粤赣段监测中,水土流失监测时段为 2 a,(其中施工期为 1 a),监测频次为:在每一次大暴雨和每年的 4—9 月汛期,及时对各监测点进行重点监测,并保证每个月至少监测 1 次。

### 3.1.3 监测技术方法

(1) 定点与动态相结合的监测方法。在开发建设项目建设区和直接影响区范围内结合监测分区,通过设置监测点、面和监测小区进行监测。定点监测主要对施工区、弃土(堆渣)场、管线和道路工程区、边坡

和对周边影响区的监测。动态监测是对工程区监测时段全过程进行不定期的巡查, 主要对水土流失危害、防护效益和边坡稳定等进行监测。

(2) 点面结合的监测方法。点监测可适用于各种类型的项目, 但其数据采集有一定的片面性。面监测是对不同流失类型区、不同功能区, 进行全范围的监测, 以取得较完整、较全面的监测数据。

(3) 实时与全过程结合的监测方法。在项目的不同建设时段、时期, 或选择在某一暴雨过程后, 对项目水土流失进行监测。实时监测可以直接得到监测数据, 有较强的说服力。全过程监测是对项目建设全过程或雨季全过程的水土流失情况进行监测, 其数据具有完整性, 但其耗时长, 耗费大。

(4) 定量监测与定性分析方法。监测的工作和报告成果的方向由现在的侧重定性向定性和定量结合转变, 以数据反映现象, 以分析描述进程, 较为科学和严谨, 也是监测工作今后完善的方向和发展的趋势。部分监测指标, 如土壤流失量、水土流失面积、破

坏水土保持设施种类与面积、水土保持防治工程数量、减少土壤流失量、提高植被覆盖率等都能量化。对于这部分指标应采用各种量化手段与监测技术, 如实地量算法、体积法等, 进行定量监测, 量化指标。对部分监测指标, 如水土流失潜在危害、水土保持部分生态、社会效益评价指标等等, 目前尚难量化的充分结合定量监测的数据, 采用定性分析的方法, 充分结合定量监测的数据, 系统评价。

(5) 影像法观测方法。照片等全期各阶段影响对比, 可直观反映水土流失和措施的效果, 应注意拍摄照片时尽量能在同一个方位和角度在不同监测时段连续拍摄, 能准确反映不同时期的变化情况。照片更要及时反映各个时期重点区域的主要变化和程度, 照片和 GPS 图在每次监测工作完成后及时处理转化, 由拍照人和 GPS 测量当事人加相关文字说明, 以利于后期对照选取和他人的阅读, 不然时间较长, 照片所在地貌变化较大, 增加可识性的难度。水土流失量监测不同方法比较见表 1。

表 1 水土流失量监测不同方法比较

监测方法	特点及其适用范围
小区观测法	标准监测方法, 测定产流量和产沙量, 对流失强度较低的类型(如平台等)效果较好, 但选点困难, 不容易实施, 比较费时、费力, 成本大。
体积量测法	省时、省力、简便易行, 弃渣坡面、填筑坡面和开挖面等流失比较严重的基本扰动类型。侵蚀强度较大, 有细沟、浅沟或冲沟出现, 采用侵蚀沟体积量测。
原地对比观测法	省时、省力、简便易行, 对某一具体特征物下降情况加以量算, 或以桩钉法钉长度变化测算。当开挖坡面较平整、侵蚀量较小时采用桩钉法。
量水堰法	对比了解水土保持措施实施前后的水流变化、水质变化以及来沙量的变化情况等等, 有很高的精确性, 但连续观测费时、费力, 成本大。
泥沙量置换法	利用拦沙墙拦渣量、不发生泥沙出流的取土场低洼坑的淤积量等计算流失量; 或利用其它具有类似沉沙池作用的设施中泥沙淤积量测试土壤流失量。
流失量还原法	当一个原本平直的坡面发生了面蚀(包括细沟侵蚀和浅沟侵蚀)甚至较小的沟蚀后, 可将与被侵蚀土壤性质相同的土壤重新填回并恢复到原来的纵横高度和长度。填回的土壤量就是流失的土壤量。
类比法	根据地面的坡度、坡长、土质、植被等情况, 引用同一类型区水土保持站的观测资料。

3.1.4 建设项目水土流失监测重点 根据工程特点和项目建设区、直接影响区以及周边地形地貌确定监测的重点对象, 不同工程类型监测重点不同<sup>[2]</sup>。

一般为各种有危害扰动, 特别是地貌、植被受扰动最严重的区域, 如弃土、弃渣和堆渣场地、取土采石场地、挖砂场地等开挖面; 各种护坡类型的水土流失情况, 以和施工后期及营运初期的水保措施效果做比较。

### 3.2 加强监测工作的硬件建设

3.2.1 监测队伍建设 水土保持监测工作是一项专业性、技术性很强的工作, 要求加强人员培训, 提高技术水平, 要充分利用现代科技, 采用先进仪器、设备、

技术方法, 如 GPS 技术, RS 技术, GIS 技术等, 同时还要学习水土流失监测方面的法律、法规和技术标准、规范, 掌握水土保持监测工作操作规程。监测技术人员要利用各种途径参加培训, 并在实践中由具有一定理论知识和丰富实践经验的专业技术人员采取理论讲授和现场实际操作相结合的方式, 提高监测人员业务素质, 保证监测成果的准确性。

监测工作要紧密联系实际, 每一位监测人员在平时学习和实地监测过程中应加强对水保专业和相关不同开发建设项目类型工程方面的知识的深入学习和了解, 如施工组织、工程进展, 施工工艺等, 弥补监测中的专业欠缺。

3.2.2 监测管理和制度建设 为使水土保持监测工作规范化、制度化、科学化,使监测工作开展地有条不紊,保证各项监测工作的质量,应做到每一项监测任务由专人负责,达到项目专人化,监测制度化,工作程序化,进程定期化的总体要求。水土保持监测体系的建立是水土保持监测的基础,加强监测管理和工作制度的健全,制定严格的工作制度,明确职责,责任到人。工作中要协作又要做到分工明确,并做好交接记录,要勇于承担相应的责任,共同商议解决实际问题,保证监测工作的开展。

### 3.3 开发建设项目水土保持监测基本步骤

根据水土保持监测实践经验,开发建设项目水土保持监测的程序可以概括为:工程设计等前期资料收集→确定监测任务→安排监测人员→现场勘察→确定防治责任范围分区、分类与布点→拟定监测方法、频率和设施设备等→明确监测的重点时段、重点区段→定期进行调查、定点观测→阶段监测结果分析与处理→监测规划优化与调整→监测结果分析与汇总→编写提交报告→水土保持设施专项竣工验收。

#### 3.3.1 安排监测小组

(1) 人员配备要求。监测队伍要求首先做到人员、仪器设备、监测场地和监测点等到位,每个监测项目须指定一个负责人,负责人安排由对同类型监测有相对丰富经验的人员担任,监测小组至少由二人以上组成,负责人要有持续性,每次监测原则上都得参与,协作者可调剂,保证监测的连续性,以便能对整个进度有全盘的熟悉,有利于报告的编写。如果因故不能去时可把任务尽量明细,列成表格清单,对相关监测人员详细说明,对出现的不可预见问题及时沟通,并对每次监测的数据表格归档保存,以利于后期查阅。

(2) 负责人的职责。现场技术及监测的指导;及时提交监测纪录及报告;与业主联系,通告水土流失突发事件,人员变更情况及常规情况等实时进行联系和沟通,随时掌握项目的动态变化。负责人每次监测工作中的思路必须明确,预期目的是什么,如何具体做,在实际工作中有没有达到,完成程度,如何弥补等,都要有个及时的措施,做到具体问题具体对待。

#### 3.3.2 水土流失监测的前期准备工作

(1) 前期资料收集。为了更好地开展监测工作,使水土流失监测更具有方向性,在进行水土流失监测工作之前,需对项目的基本情况进行调查,收集相关基本资料,以对后续监测工作提供保证。收集相关水土流失影响因子资料,与水土保持相关的一些社会经济资料等,以及有关工程设计资料和图件及地形图。通过资料整理分析,深入了解和掌握项目区自然、社会、经济情况,特别是工程建设概况,在此基础上,研究制订详细监测实施方案、工作计划和调查监测工作

细则。年度要做好资料的整编和对比分析工作。

(2) 系统化监测表格。在巡查量测时,需要记录观测数据,开发建设项目水土流失监测尚处在起步与开始阶段,缺乏规范的调查表格,这就要求设计指标齐全、逻辑合理、容易操作的调查表,分总表和分部表格,记录相关监测数据。如土壤侵蚀量统计表、水保措施动态变化表、植物措施调查表等,监测数据必须在相关表格上填写,尽量不在临时的纸张上记录数据,并严格注明日期,人员、备注事项等,以利于后期资料整理,不致造成烂尾资料。记录字迹工整,清楚,便于阅读,若用手绘草图时要线条横平竖直,尺寸标注清楚。必须要有分区名称或对应编号,并有方位标志。监测回来必须交监测相关记录表格给负责人保管并加以说明。同时将监测实施的有关事项向负责人汇报,保证信息的及时畅通。在该监测中我们应用了 12 张相关表格,证明比较适合监测实际,方便了工作,提高了效率。

(3) 优化分工,检查设备。在出发前安排监测成员的工作分工,明确责任;检查监测设备是否齐全,电池和相机的电池是否充足,大到车辆仪器小到铅笔刀和橡皮之类,妥当安排交通住用等具体事宜。

3.3.3 水土流失监测实施工作 依据制订的监测实施方案并按照拟定的工作计划开展面上的调查、巡查监测,选定典型地块设立水土流失观测场,对工程建设的水土流失情况及水土保持措施的拦渣保土效益进行长期定位观测,及时掌握工程建设过程中水土流失及其防治的动态变化情况,尽可能全面收集第一手的监测数据资料。

(1) 水土流失监测的布点。监测点的布设遵循以下原则:要能控制开发建设项目的水土流失防治责任范围的整体区域,结合新增水土流失预测结果,要有一定的代表性,使不同施工活动、不同监测因子都有相应的监测成果,使监测成果具有典型说服力原则;要有很强的可操作性原则;以能有效、完整的监测 2 个区的水土流失状况、危害及防治措施的效果为原则;运行期间以能反映人为活动对水土流失及生态环境的影响为原则。

建立适当的监测点时根据以下具体情况布设监测点:<sup>①</sup>部分可参考水土保持方案报告书。<sup>②</sup>布设点现场的条件是否具备设置监测点的条件。<sup>③</sup>兼顾不同土质等水土流失影响因子。<sup>④</sup>所选地形、地貌要有代表性。<sup>⑤</sup>监测车、人员是否方便工作。<sup>⑥</sup>考虑流失重点地段、工程性质和建设分区特性及行政区划因素。

(2) 应用 GPS 进行监测。全球定位系统(GPS)以其精度高、速度快、全天候等优点,成为当今最先进的形变监测手段。但是,因为 GPS 的误差较大,应保

证仪器的精度, 及时对图件进行可识化操作(增加日期和地点等说明)并转化为CAD图, 对绿化面积等小范围的地块尽量以测尺测量为准, 并将尺寸在手绘草图上标明。

(3) 物措施调查。植物生长情况调查过程中乔木的“三量”测定要力求定点定株, 做好记号, 保持每次记载的连贯和有效性, 因为样地随机抽样测定, 样本很少时(10~20株), 很难保证有代表性, 所以改用随机取样, 长期定点测定的做法, 可以有效防止出现下次数据比上次小的现象。在进行桩钉法测量时应尽可能明确位置, 作好醒目标志, 对桩钉按图示编号, 以方便下次对应观测。

3.3.4 监测成果分析报告 整理分析监测资料, 在分析项目土壤侵蚀环境因子、水土流失动态变化和水土保持防治效果等基础上, 依据开发建设项目水土流失防治标准, 对该工程水土保持综合防治情况做出客观评价, 并对工程建设过程中水土流失的防治特点和成功经验及存在问题进行归纳总结, 以便加强水土保持监测的监督管理, 为水土保持设施竣工验收提供依据。

(1) 报告成果及其形式要包括监测实施细则的主要内容, 同时侧重水土保持监测区域确定、重点监测对象、内容、方法及监测时段等; 监测成果分析包括水土流失动态变化、防治效果分析, 土壤侵蚀因子动态变化分析; 项目综合评价及建议包括工程建设水土流失及其防治的综合评价、存在的问题及相关建议等。

(2) 报告的各期侧重点应放在现阶段各量的变化上, 抓住动态的工程和临时措施的实施数量、面积、效果等量的变化和景观的变化, 以对比来体现进展, 通过数据和图表来描述现状, 作到明晰可读性强又不失专业理论性, 突破一些雷同的编写版式, 做到简约而有深度。

(3) 重视有关附图、附表、照片和影像资料等在体现监测直观性方面的重要性, 开发建设项目水土保持工程建设前后的水土流失现状图、工程措施布局图、工程水土流失防治责任图, 要有工程平面布置现状图、水土保持防治责任范围分区图、水土保持设施(措施)总体分布图、监测设施典型设计图和动态监测水土流失特征图、绿化措施效果图等。

(4) 工作中和报告的编写过程中加强严谨性, 少一些主观的估算, 尽量做到, 通过测量获得数据, 计算分析得出相关结论, 达到规范编写报告的要求。

(5) 报告在编写时间安排上应尽可能紧凑, 这样做的好处是少一些工作现场的遗忘, 思路连续, 有助于效率的提高, 及时完成现阶段报告提交业主, 并开展下一轮的工作, 有利于后期工作的持续发展。

### 3.4 水土流失监测可持续发展观

(1) 水土流失监测预报模型的实践和理论研究,

是量化开展监测、评价水土流失环境危害和水土保持设施防治效益的核心。目前, 开发建设项目土壤流失预测预报的方法, 主要有数学模型法、经验公式法、工程类比法、水文手册查算法和景观分析法等<sup>[3-7]</sup>, 但是由于大部分应用模型基本都是经验模型, 其推广应用明显受到地域限制。

(2) 开展开发建设项目水土流失监测的理论研究, 制定监测的有关技术标准, 分类区别对待, 并以此规范监测行为。

(3) 积极探索开发快速、实用的监测技术与仪器, 研究成本低廉, 测点布设灵活的方法, 为监测提供一种方法和思路, 为打开开发建设项目水土流失监测的工作局面创造条件。

(4) 加大投入, 与专门监测机构合作, 开展科学的水土流失监测研究, 促进监测实验理论的提高, 探索不同类型的水保措施监测实践过程中的改进和试验性的测量方法的运用。力求在现行的测量方法和手段下有新的技术尝试, 在监测的理论上有所创新, 为监测实践提供理论支撑。

## 4 结语

通过对监测数据进行分析处理, 能全面掌握工程的水土流失现状、变化趋势、时空分布和水土保持防治成效, 科学预测水土流失造成的影响和危害, 为有针对性地采取重点预防和治理决策提供技术支持。本项监测在监测规程的技术框架内结合工程特点开展了大量监测工作, 在实际监测过程中探索科学实用的监测方法, 以提高监测时效性和科学性, 以期建立一套成熟的监测技术体系。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘震, 等. 水土保持监测技术[M]. 水利部水土保持监测中心, 2003.
- [2] 中华人民共和国水利部. 水土保持监测技术规程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002. 29—35.
- [3] 李智广, 曾大林. 开发建设项目土壤流失量预测方法初探[J]. 中国水土保持, 2001(4): 24—26.
- [4] 王治国, 段喜明, 李文银, 等. 开发建设项目土壤流失预测的若干问题讨论[J]. 中国水土保持, 2000(4): 35—37.
- [5] 彭鸿, 侯琳, 杨康宁. 高速公路建设对区域环境的影响与景观系统分析方法[J]. 中国水土保持, 2003(5): 16—17.
- [6] 崔丹, 李世锋, 余莹, 等. 类比法在高速公路建设土壤流失预测中的应用[J]. 中国水土保持, 2003(5): 35—37.
- [7] 王治国, 段喜明, 李文银, 等. 开发建设项目土壤流失预测的若干问题讨论[J]. 中国水土保持, 2000(4): 35—37.