

鲁皖成品油管道工程山东段水土保持监测与评价

马良¹, 王玉太¹, 周士勇¹, 杨永峰²

(1. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省水利厅, 山东 济南 250013)

摘要: 系统介绍了鲁皖成品油管道工程山东段水土保持监测的范围、内容、方法、时段和频次等, 并对工程区内的水土流失动态变化、水土流失防治措施实施情况及效果等监测结果进行了分析和评价。研究表明, 通过开展水土保持监测, 可及时掌握项目区内水土流失的状况及动态变化, 并确保该工程水土保持措施功能的正常发挥。

关键词: 水土保持监测; 鲁皖成品油管道工程

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)04-0075-04

中图分类号: S157, X830.2

Soil and Water Conservation Monitoring and Evaluation for the Lu—Wan Oil Product Pipeline Project in Shandong Province

MA Liang¹, WANG Yu-tai¹, ZHOU Shi-yong¹, YANG Yong-feng²

(1. Water Conservancy Research Institute of Shandong Province, Ji'nan, Shandong 250013, China;

2. Water Conservancy Department of Shandong Province, Ji'nan, Shandong 250013, China)

Abstract: By taking the Lu—Wan oil product pipeline project in Shandong Province for an example, the scope, content, method, time-interval and frequency of soil and water conservation monitoring are presented systematically. Based on the analysis of dynamic changes of soil erosion in the project area, the implementation and efficiencies of erosion control measures are evaluated. The result indicates that through water and soil conservation monitoring, the dynamic changes of soil erosion and the normal functions of control measures can be timely reflected.

Keywords: soil and water conservation monitoring; Lu—Wan oil product pipeline project

1 工程概述

中国石化销售有限公司为解决山东、江苏及安徽 3 省成品油运输铁路运力的不足, 经国家核准建设鲁皖成品油管道工程, 工程输送品种主要为 90[#] 汽油、93[#] 汽油和 0[#] 柴油、-10[#] 柴油两大类 4 个品种。该工程沿途经过山东省中南部、江苏、安徽省北部, 位于北纬 33°17′—36°9′ 和东经 116°05′—118°35′ 之间, 起点为齐鲁石化首站, 终点为宿州油库, 线路总长 720 km, 其中山东段全长 591 km。该工程山东段主要建设内容包括 9 座工艺站场、输油管线、临时施工便道 15.6 km、动用土石方 2.73×10⁴ m³, 穿越大汶河、沂河等大中型河流 47 次, 穿越公路 50 次, 穿越胶济等铁路 15 次。根据该工程已批复的水保方案报告书, 山东段水土流失防治责任范围总面积为 851.26

hm², 包括建设区 709.20 hm² 和直接影响区 142.06 hm², 其中建设区内永久占地面积 13.68 hm², 主要是管道线路上固定墩、阀室以及站场工程占地; 临时占地面积 695.52 hm², 包括管线沿线管沟开挖面、施工作业带、开挖料临时堆放场地、施工道路、堆管场地等临时性占地。该工程山东段主要施工工艺, 为沟埋式管线地下敷设, 穿越工程根据地形地貌情况选择大开挖式、顶管式和定向钻式。

2 项目区水土流失特点

管道工程在山东境内途经淄博的临淄区、张店区、周村区, 滨州的邹平县, 济南的章丘市、历城区, 泰安的肥城市、宁阳县, 济宁的曲阜市、任城区、邹城市, 枣庄的滕州市、山亭区、薛城区、市中区、峰城区、台儿庄区, 临沂的苍山县、罗庄区、河东区, 共 7 市 20 县

收稿日期: 2007-05-20

基金项目: 山东省水土流失与生态安全综合科学评估项目

作者简介: 马良(1980—), 男(汉族), 山东省东阿县人, 工程师, 硕士, 主要从事水土流失防治规律及开发建设项目水土保持监测研究。

E-mail: maleung@163.com.

(区)。该工程跨越多个地形地貌、土壤和植被类型,水土流失具有以下特点。

2.1 扰动面积大,地貌类型多样

管道工程沿线经过 7 个地市,所经区域以水力侵蚀为主。在工程建设区 709.2 hm² 土地中,现有水土流失面积 226.79 hm², 占总面积的 31.98% (表 1)。管道山东段工程区主要跨越泰山山区、鲁山山区、肥城丘陵谷地区、汶泗平原区、尼枣丘陵区 and 沂沭河中游平原区,山区、丘陵、平原等地貌类型呈交错分布,地形地貌复杂。

2.2 侵蚀强度大

管线工程在山东省境内处于鲁中南中低山水蚀区,属于山东省“三区”划分公告中的重点治理区。平

原区年土壤侵蚀模数 658~825 t/(km²·a), 丘陵区侵蚀模数 1 438~1 705 t/(km²·a), 山区侵蚀模数 3 370~3 913 t/(km²·a), (见表 2)。虽然在管线布设过程中已避开了水土流失最严重的区域,但项目区内,特别在山区土壤侵蚀仍相当严重。

2.3 侵蚀发生时段集中

项目区土壤侵蚀类型为水力侵蚀,侵蚀多发生在每年的雨季 6—9 月份。根据监测结果,这 4 个月年平均降雨 45 次,占年降雨次的 66.2%,各地平均降雨总量达到 806 mm,占到全年降雨量的 85.8%,而且由于这 4 个月内降雨侵蚀力大,产生的土壤流失可占到全年流失量的 91.3%,从而是一年中产生水土流失的高峰期。

表 1 项目区水土流失现状统计

| 行政区划 | 管线长度/km | 工程区面积/hm ² | 水土流失面积小计 | | 水力侵蚀 | | | | | |
|------|---------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | | | | | 轻度侵蚀 | | 中度侵蚀 | | 强度侵蚀 | |
| | | | 面积/hm ² | 占工程区面积/% | 面积/hm ² | 占流失面积/% | 面积/hm ² | 占流失面积/% | 面积/hm ² | 占流失面积/% |
| 淄博市 | 49.00 | 62.16 | 33.02 | 53.12 | 14.93 | 45.22 | 14.33 | 43.40 | 3.76 | 11.39 |
| 滨州市 | 14.00 | 16.49 | 0.38 | 2.30 | 0.19 | 50.00 | 0.17 | 44.74 | 0.01 | 2.63 |
| 济南市 | 130.00 | 154.65 | 49.05 | 31.72 | 17.92 | 36.53 | 25.98 | 52.97 | 5.15 | 10.50 |
| 泰安市 | 66.00 | 77.89 | 28.16 | 36.15 | 15.59 | 55.36 | 10.94 | 38.85 | 1.64 | 5.82 |
| 济宁市 | 125.00 | 150.71 | 22.42 | 14.88 | 12.39 | 55.26 | 8.24 | 36.75 | 1.78 | 7.94 |
| 枣庄市 | 128.00 | 151.84 | 45.68 | 30.08 | 20.70 | 45.32 | 20.23 | 44.29 | 4.75 | 10.40 |
| 临沂市 | 79.00 | 95.46 | 38.29 | 40.11 | 17.50 | 45.70 | 16.71 | 43.64 | 4.08 | 10.66 |
| 合计 | 591.00 | 709.2 | 226.79 | 31.98 | 102.27 | 45.09 | 103.31 | 45.55 | 21.17 | 9.33 |

表 2 项目区年土壤侵蚀模数背景值

| 侵蚀单元分区 | 管线长度/km | 年均侵蚀深/mm | 年侵蚀模数 ¹ / (t·km ⁻² ·a ⁻¹) | |
|--------|---------|----------|---|-------|
| 平原区 | 淄博 | 34.83 | 0.43 | 713 |
| | 滨州 | 10.07 | 0.39 | 658 |
| | 济南 | 30.33 | 0.41 | 670 |
| | 泰安 | 44.22 | 0.50 | 825 |
| | 济宁 | 68.06 | 0.44 | 722 |
| | 枣庄 | 61.44 | 0.46 | 757 |
| | 临沂 | 79.00 | 0.49 | 811 |
| 丘陵区 | 淄博 | 11.51 | 0.95 | 1 569 |
| | 滨州 | 2.01 | 0.90 | 1 438 |
| | 济南 | 23.64 | 0.92 | 1 518 |
| | 泰安 | 21.78 | 1.03 | 1 705 |
| | 济宁 | 56.94 | 1.02 | 1 688 |
| | 枣庄 | 66.56 | 1.01 | 1 671 |
| | 山区 | 淄博 | 2.66 | 2.37 |
| 滨州 | | 1.91 | 2.04 | 3 370 |
| 济南 | | 76.03 | 2.29 | 3 772 |
| 合计 | | | 591.00 | |

注: ¹ 依据各分项工程加权平均计算所得。

3 监测方案的制定

3.1 监测范围及单元划分

根据水行政主管部门对该工程水土保持方案报批稿的批复,并结合实际工程建设和监测的要求,确定监测范围为水土流失防治责任范围。

为使监测内容和方法更有针对性,根据土壤侵蚀单元,首先依据地形地貌特点对监测范围进行了水土保持监测单元的划分,划分出平原区、丘陵区 and 山区 3 个监测单元,再根据管道工程不同部位施工特点和水土流失特征进行细化。

3.2 监测内容

鲁皖成品油管道工程山东段水土保持监测内容主要包括水土流失监测和水土保持措施监测两大类。在不同的监测单元和监测时间上均有所差异。

水土流失监测包括了水土流失因子和水土流失状况监测两方面内容。其中水土流失因子不仅指降雨、风、地形地貌、下垫面等自然背景因子,还包括施

工工艺、方法等人为扰动因子;水土流失状况包括产生土壤侵蚀的类型、面积、范围、强度及其危害等。

水土保持措施监测不仅包括了防治措施的施工进度、质量、保存率,还包括措施的综合效益监测。由于对措施的监测直接评价了该工程水土保持工作,因此在监测内容中显得格外重要。

3.3 监测方法

依据《水土保持监测技术规程》(SL277—2002),结合工程实际建设情况,鲁皖成品油管道工程山东段监测采用了地面监测、调查监测等方法^[1]。

3.3.1 地面监测 全区段共设8个固定监测点(详见表3)。由于施工占地等条件限制,只能在济南注入站固定监测点布设简易径流场进行径流泥沙的观测,其它各监测点采用插钎法进行监测。

济南注入站简易径流场采用简易径流小区和坡面量测法。小区内设对照、现状下垫面、水保措施3

表3 固定监测点布设及监测方法

| 序号 | 管段 | 监测单元 | 行政区划 | 监测方法 |
|----|-------|---------|------|-------------|
| 1 | BC06G | 注入站 | 济南市 | 简易径流场/坡面量测法 |
| 2 | C39G | 山区作业带 | 济南市 | 插钎法/坡面量测法 |
| 3 | C59G | 山区弃渣平铺 | 济南市 | 插钎法/坡面量测法 |
| 4 | D08 | 丘陵作业带 | 泰安市 | 插钎法/坡面量测法 |
| 5 | E094 | 丘陵弃渣平铺 | 枣庄市 | 插钎法/坡面量测法 |
| 6 | F069 | 穿越京—杭运河 | 枣庄市 | 插钎法/坡面量测法 |
| 7 | E078 | 穿越高速公路 | 枣庄市 | 插钎法/坡面量测法 |
| 8 | J182 | 平原作业带 | 临沂市 | 插钎法/坡面量测法 |

3.3.2 调查监测 结合水土保持方案和主体工程设计的成果,对水土流失因子、区段水土保持防治效益的监测采用了调查监测的方法。

在人口密集、水土流失严重地段调查,一般采用全线实地勘测。在交通不便的地段采用抽样实地调查和典型地勘测。鲁皖成品油管道工程共途经7市20县(区),工程区内的基本地形地貌、水系、土壤、植被、土地利用、工程扰动、防护工程建设情况等资料均进行了普查和抽样调查,济南山区等人为扰动较剧烈的区域进行了典型调查。

同时,在建设单位及工程监理单位协助下,获取了施工过程中有关土石方挖填量的记录资料,并对弃土弃渣地进行实地勘测。

3.4 监测时段与频次

主体工程的实际施工期为12个月,起始于2005年1月淄博段齐鲁石化首站开工,其后各标段陆续开工,至2005年12月全线施工结束。该工程的监测时段选择为2005年1月—2006年9月,至工程完工后的第一个汛期结束

组,每小区5 m×20 m(无适当位置时在作业区外直接影响区内类似的地貌部位布设,或适当调整小区形状),各小区用1 m高预制混凝土板埋入地面,封闭边界。在每个小区挖建5 m³径流池,铺设集流槽、集流桶,雨后保证整修。每次降雨后取每个小区土壤、径流、泥沙样3个,共9个样。分析土壤质地、有机质、泥沙机械组成、径流量、含沙量、降雨资料(雨量、雨强、历时等)、地表覆盖、容重、含水量等数据。

其它固定监测点以插钎法代替简易径流场,每次降雨后观测各插钎出露地面高度,并测量坡面冲沟发育,核算土壤流失量。

除固定观测点外,还在典型管沟翻越陡坡、跨越沟谷处、迹地恢复、临时施工场地等区域分别布设了4~5个临时监测点。临时监测点采用直接测量体积或坡面量测法,以抽样为主,总样本量达到固定观测点的一半,并辅以描述、记录^[2]。

由于各时段监测内容的重点、监测因子的特点互不相同,因此各监测频次也略有不同。一般来说,简易径流场内各数据在每次产流降雨后观测一次,未产流降雨全时段至少观测一次。其它固定监测点雨季每次降雨后观测一次,非雨季每月观测一次。地形地貌、下垫面等自然因子和水土流失状况在管沟开挖前、汛期开始、中期、结束、植被恢复期间各观测一次。水土保持措施和综合效益分别在措施前、措施完工和完工后第一个雨季进行监测。

4 监测结果及评价

4.1 水土流失防治责任范围面积监测

由于济南段施工图设计阶段存在线路变更,济宁、枣庄等地交通条件较好,施工过程中未单独修建临时施工道路等原因,致使实际施工过程中,防治责任范围与水土保持方案报告书产生了变化,实际范围939.39 hm²,建设区面积772.35 hm²,同比分别扩大了88.13 hm²和63.15 hm²。

4.2 弃土弃渣量监测

监测结果表明, 该工程山东段实际永久弃土弃渣量为 99 324 m³, 其中施工作业带 83 371 m³, 施工道路 5 230 m³, 穿越工程 10 723 m³, 弃土弃渣总量比水土保持方案报告书减少了 13 176 m³。主要原因: 一是建设单位优化管沟断面尺寸, 加大坡面坡比, 严格控制了管沟占地; 二是临时道路比主体工程设计减少 4.77 km, 减少施工道路永久弃渣量; 三是集中处理弃渣, 利用颗粒较大的土石修建拦挡工程等。

4.3 扰动地表面积监测

扰动地表面积监测过程中针对防治责任范围内不同的工程扰动类型进行归类 and 面积统计。水土流失防治责任范围内直接影响区没有工程施工, 不进行扰动, 维持原地貌类型, 面积约 167.04 hm², 占防治责任总面积的 17.78%。

站场及线路上的“点状”工程实际扰动面积 13.68 hm²。管道“线状”工程扰动地表面积 758.67 hm², 其中施工作业带面积、土石料堆放场地面积和施工道路面积分别为 713.21, 43.92 和 1.54 hm²。而施工作业

带扰动又包括管沟开挖、临时土渣堆放和作业道路 3 种扰动形式, 面积分别为 285.28 hm², 342.34 和 85.59 hm², 其中管沟开挖和临时土渣堆放两种扰动地面面积合计为 627.62 hm², 占线状工程施工作业带面积的 88%, 成为鲁皖成品油管道工程山东段扰动地表面积最广的工程类型、水土流失的主要策源地。

因此, 鲁皖成品油管道工程山东段实际扰动地表面积共计 772.35 hm², 比方案报告书预测的 709.20 hm² 增加了 63.15 hm²。

4.4 土壤流失量动态监测

项目区实际建设期土壤流失总量为 15 588.26 t (表 4), 比方案的水土流失预测量减少 427 632.74 t。

建设期分为施工准备期、管沟开挖期和回填期 3 个部分, 其中在施工准备期内全区土壤流失量为 54.82 t, 占建设期流失总量的 0.35%。管沟开挖期土壤流失量骤增至 13 164.89 t, 是建设期流失最为严重的阶段, 占建设期流失总量的 84.45%。管沟回填期的土壤流失总量为 2 368.55 t, 各标段的流失量明显低于开挖期, 占流失总量的 15.19%。

表 4 建设期各预测单元土壤流失量监测结果

| 单元 | 标段 | 施工前期 流失量 | 管沟开挖期 流失量 | 回填期 流失量 | 合计 | 所占比例/ % |
|-----|--------|-------------|--------------|------------|-----------|------------|
| 平原 | iv. 淄博 | 1.59 | 423.69 | 77.89 | 503.17 | 3.23 |
| | ⑦. 滨州 | 0.40 | 106.70 | 19.35 | 126.45 | 0.81 |
| | ④. 济南 | 0.49 | 128.41 | 21.55 | 150.45 | 0.97 |
| | ⑤. 泰安 | 3.60 | 885.40 | 153.04 | 1 042.04 | 6.68 |
| | ⑨. 济宁 | 5.40 | 1 490.04 | 262.47 | 1 757.91 | 11.28 |
| | v. 枣庄 | 4.16 | 1 379.12 | 218.22 | 1 601.5 | 10.27 |
| | x. 临沂 | 4.40 | 1 286.56 | 234.88 | 1 525.84 | 9.79 |
| | 合计 | 20.03 | 5 699.92 | 987.40 | 6 707.36 | 43.03 |
| 丘陵 | iv. 淄博 | 2.28 | 620.15 | 112.18 | 734.61 | 4.72 |
| | ⑦. 滨州 | 0.45 | 122.87 | 21.93 | 145.25 | 0.93 |
| | ④. 济南 | 0.86 | 229.95 | 37.98 | 268.79 | 1.72 |
| | ⑤. 泰安 | 0.47 | 118.69 | 20.19 | 139.35 | 0.89 |
| | ⑨. 济宁 | 2.06 | 576.28 | 99.90 | 678.24 | 4.35 |
| | v. 枣庄 | 0.91 | 305.96 | 47.64 | 354.51 | 2.28 |
| 合计 | 7.03 | 1973.89 | 339.81 | 2320.75 | 14.89 | |
| 山区 | iv. 淄博 | 1.42 | 285.82 | 58.95 | 346.19 | 2.22 |
| | ⑦. 滨州 | 0.68 | 136.84 | 27.84 | 165.36 | 1.06 |
| | ④. 济南 | 25.66 | 5 068.43 | 954.54 | 6 048.63 | 38.80 |
| | 合计 | 27.76 | 5 491.09 | 1 041.34 | 6 560.18 | 42.08 |
| 项目区 | | 54.82 | 13 164.89 | 2 368.55 | 15 588.26 | 100.00 |

土壤流失量较大的标段有济南山区段、济宁平原段、枣庄平原段、临沂平原段、泰安和淄博的丘陵段。其中济南山区段在施工准备期、管沟开挖期和回填期内的流失量分别为 25.66 t, 5068.43, 954.54 t, 分别

占该时期全区流失总量的 92.44%, 38.50% 和 40.30%, 成为土壤流失最为严重的标段。

(下转第 86 页)

起和收缩,即使不受水力或风力的搬运,在重力作用下也会导致岩土顺坡向下方产生位移的现象。冻融使边坡上的土体含水量和容重增大,因而加重了土体的不稳定性;冻融使土体发生机械变化,破坏了土壤内部的凝聚力,降低了土壤的抗剪强度;土壤冻融具有时间和空间不一致性,当土体表层融解时,底层未融解形成一个近似不透水层,水分沿接触面流动,使两层间的摩擦阻力减小,因此在土体坡角小于休止角的情况下,也会发生不同状态的机械破坏。所以,冻融侵蚀是一种不同于水力侵蚀、重力侵蚀的独特侵蚀类型。

3.1 冻融侵蚀分析

根据观测,得出本开发建设项目挖方坡面的冻融侵蚀发生发展情况:在未产生融冻滑塌的部分坡面产生了面状洗刷作用的土壤侵蚀。在部分石砾较多的坡面春季 4 月份产生了部分石砾的冻胀脱落,而在有煤矸石坡面,结构相对较土层紧密,较土层抗滑力强,未产生融冻滑塌现象。

(上接第 78 页)

4.5 水土流失防治措施监测

通过监测,原方案报告书设计的综合防治措施体系基本落实,采纳了护坡、沟道治理、蓄排水、拦渣等工程措施,植物防护和迹地植被恢复等植物措施,草苫临时覆盖等临时管护措施。

编织袋装土挡护 $2.86 \times 10^5 \text{ m}^3$,截水沟开挖土方 $4.76 \times 10^4 \text{ m}^3$,边坡干砌块石挡护 $1.07 \times 10^5 \text{ m}^3$,土工保护挖沟槽 $2.87 \times 10^4 \text{ m}^3$,浆砌块石 $2.16 \times 10^4 \text{ m}^3$,穿越工程铺土工布 1.167 m^2 ,筑施工围堰 $6.41 \times 10^5 \text{ m}^3$,浆砌片石铺堤面 $2.33 \times 10^4 \text{ m}^3$,草苫临时覆盖 $5.90 \times 10^4 \text{ m}^2$;弃渣场筑挡渣墙干砌块石 2.133 m^3 ,截排水开挖土方 1.950 m^3 ,迹地恢复植灌木 2.64×10^5 株,撒播草籽 72.43 hm^2 ,开挖排水沟 2.609 m 。

根据以上冻融侵蚀发生发展现状监测和分析,该区挖方坡面较陡,建议业主与施工方,采取削坡整治和工程护坡措施,同时在挖方坡面上部修建浆砌石不透水层截水沟,及时防治夏季来水对坡面冲刷,同时也防治由于夏季融水渗透,在春秋季节产生融冻交替而有节奏的、间歇性的向坡下运动。

3.2 冻融侵蚀评价

通过以上监测结果来看,对于开发建设项目扰动土体的挖方坡面,冬季的冻融侵蚀是一个非常严峻的问题,特别是坡度较陡的($> 25^\circ$ 以上)挖方坡面易产生融冻滑塌, $10^\circ \sim 25^\circ$ 坡面易产生融冻泥石流,其侵蚀量和危害都非常大。本项目观测的挖方坡面都产生了融冻泥石流、融冻滑塌和坡面土壤颗粒融冻崩解,对下部建设区产生了一定的危害, 40° 坡面的冻融侵蚀达到 $82.656 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。因此,对于北方地区的开发建设项目开展冬季冻融侵蚀监测和预测是非常必要的,以便于业主及时在取土挖方坡面采取防护措施,以免对工程造成危害。

从控制水土流失情况来看,各项防治措施基本达到预期效果,使项目区内水土流失得到了较大程度遏制,取得了良好生态效益。结果表明,至 2006 年 9 月植被恢复期,土壤流失量降低到 $1.895.74 \text{ t}$,水土流失治理度、扰动土地治理率、土壤流失控制比、拦渣率、林草覆盖度、植被恢复系数等 6 项控制指标,分别为 97.5% , 95.0% , 1.34 , 99.7% , 48.46% 和 95.2% ,达到或超过原水土保持方案报告书设计目标。

[参 考 文 献]

- [1] 中华人民共和国水利行业标准. 水土保持监测技术规范(SL277—2002)[S]. 2002 年 10 月 1 日实施.
- [2] 赵永军,姜德文,袁普金. 线状工程建设项目的水土保持监测——以西气东输项目为例[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 71—75.