

# 西部输油管道工程水土保持监测及防治对策

徐 智

(甘肃省水利厅 水土保持局, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 西部输油管道工程是独特的大型线状建设工程, 途经新疆、甘肃 2 个省份的多种地貌类型, 工程建设会大面积扰动地表和产生大量弃土弃渣, 水土流失的类型、成因非常复杂。沿途包括典型的干旱气候风力侵蚀和半干旱水—风复合侵蚀区, 尤以风力侵蚀为主。对工程建设期土壤侵蚀过程进行了监测分析, 并提出了相应的防治措施。

**关键词:** 输管道; 水土保持; 监测

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)04-0044-05

中图分类号: S157, X833

## Monitoring and Control Countermeasures of Soil and Water Conservation in the Petroleum Pipeline Project of Western China

XU Zhi

(Soil and Water Conservation Bureau, Gansu Department of Water Resources, Lanzhou, Gansu 730000, China)

**Abstract:** The Petroleum pipeline project in Western China is the unique large-scale line construction project passing through various landforms in Xinjiang and Gansu Provinces. The types and factors of soil and water loss become complex as the large-scale landform surface was broken, and a large amount of waste soil and dregs were induced by construction. The wind erosion area under arid climate and the water-wind erosion area under semi-arid climate are the two typical areas along the pipeline. Particularly, wind erosion is the main erosion process. Soil erosion processes are analyzed, and its prevention and control measures are proposed for the project construction.

**Keywords:** petroleum pipeline project; soil and water conservation; monitoring

### 1 工程概况

西部输油管道工程是 2005 年国家重点建设项目, 是我国继西气东输之后实施西部大开发战略的又一项标志性工程。工程包括原油和成品油干线各 1 条, 原油支线 3 条, 成品油支线 3 条, 跨越新疆维吾尔自治区和甘肃省。

西部原油、成品油管道工程途经天山、戈壁、荒漠、河西走廊、绿洲、抽黄灌区、黄土丘陵沟壑, 最后到达人口密集的兰州市西固区。工程为线性工程, 线路总长约 1 919.7 km, 总占地面积 6 639.2 hm<sup>2</sup>, 其中临时占地 6 074.53 hm<sup>2</sup>, 永久占地 564.68 hm<sup>2</sup>; 土石方开挖总量 3.34 × 10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>, 管沟回填土方 2.23 × 10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>, 总弃土弃渣量 2.05 × 10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>, 集中弃渣量约 4.20 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>。原油干线投资 7.76 × 10<sup>9</sup> 元、支线投资约

8.1 × 10<sup>8</sup> 元、成品油干线投资 5.593 × 10<sup>9</sup> 元、支线投资 5.6 × 10<sup>8</sup> 元。总投资约 1.47 × 10<sup>10</sup> 元。

### 2 项目区水土保持状况

#### 2.1 水土保持影响因素

2.1.1 地势地貌 从管线经过的新疆段分析, 有中低山地、冲洪积平原、沼泽湿地、剥蚀残丘、浅丘和盐碱地。从管线经过的甘肃段分析, 有中低山地、冲洪积平原、剥蚀残丘、沼泽湿地、沙漠、盐碱地。管道沿线各类地貌长度见表 1。

2.1.2 土壤植被 该管线所经过区域的土壤, 由西向东大致可为 4 个不同的土壤植被群系: 即天山山地干旱草原土壤群系、极干旱荒漠土壤群系、河西走廊半干旱草原土壤群系和黄土丘陵半干旱森林草原土壤群系。土壤类型自西向东依次为灰棕漠土、棕漠

收稿日期: 2007-05-20

作者简介: 徐 智(1973—), 男(汉族), 甘肃省西峰市人, 学士, 工程师, 主要从事水土保持监测工作。E-mail: xuzhi\_lz@163.com。

土、棕钙土、灰漠土、灌淤土、风沙土、灰钙土、黄绵土、褐土等。根据《中国植被》的植被类型划分,自西向东的植被类型依次为温带荒漠和温带草原植被。在同

一类型区,各地的气候、地形、地貌等自然条件不同,土壤和植被既有共性,也存在较大的差异。

表1 沿线各类地貌长度统计

区段	沿线各类地貌长度									合计
	中低山	冲洪积平原	沼泽湿地	剥蚀残丘	浅丘	山地	沙漠	戈壁平原	盐碱地	
新疆	94.25	459.9	2.2	69.6	150.1	—	—	—	11.3	787.4
甘肃	48.80	578.2	3.7	144.3	9.2	50.8	5.5	289.4	—	1 130.5
合计	143.05	1 038.1	5.9	213.9	159.3	50.8	5.5	289.4	11.3	1 917.9

2.1.3 水文气象 管道沿线地处我国内陆,属亚洲大陆的腹心地带,为典型的北温带大陆性干旱、半干旱气候区,总体上具有降水稀少、风大沙多、蒸发强烈、冬冷夏热、昼夜温差大、日照时间长等特征。年平均气温 $6^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。沿线地区最大冻土深度 $0.83\sim 1.60\text{ m}$ ,结冰期自每年10月至翌年4月。

管道沿线地区降水不均匀,年降水量兰州一带可达 $300\sim 400\text{ mm}$ ,向西北到河西走廊减少到 $200\sim 50\text{ mm}$ ,红柳河—吐鲁番降低到 $50\text{ mm}$ 以下,乌鲁木齐降水量可达 $200\text{ mm}$ 。降水量年内分布不均,主要集中在6—9月,约占年降水量的60%以上。

管道沿线经过新疆地区的3大风口(达坂城、七角井、十三间房)中的2个(达坂城、十三间房),年8级以上的大风超过 $100\text{ d}$ ,风向以东北风、东风以及西北风为主,管线经过的十三间房一带被称为“百里风区”,最高风速可达 $44\text{ m/s}$ 。

管线穿越新疆和河西走廊地段,易引起水土流失的灾害性天气主要是大风、短历时暴雨和冻融。当风速 $\geq 5\text{ m/s}$ 时易引起中强度风蚀。短历时暴雨洪水易形成中强度水蚀,冻融作用易使岩石风化散落,加剧水蚀和风蚀。

## 2.2 水土流失与水土保持状况

### 2.2.1 项目区水土流失特点

(1) 侵蚀类型复杂。项目区的土壤侵蚀类型分为自然侵蚀和人为侵蚀两个方面。自然侵蚀主要有水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀、冻融侵蚀4种类型。人为侵蚀包括直接和间接影响2种方式,每一种侵蚀类型又包含多种侵蚀形态。但从宏观上看,风力侵蚀、水力侵蚀是项目区主要的侵蚀类型。

由于地表状况、土壤抗蚀性能、植被类型和植被覆盖程度以及侵蚀营力作用强度与作用时间长短的差异性,导致了土壤侵蚀程度、方式和类型的多样化。风蚀主要分布于地形平缓而干旱多大风的新疆戈壁荒漠和甘肃河西走廊。水力侵蚀以面蚀及沟蚀为主;局部地段重力侵蚀活跃,其中崩塌多发生在 $60^{\circ}$ 以上

的陡坡、陡崖,滑坡多出现在 $35^{\circ}$ 以上的斜坡;水蚀主要分布于中低山地、土石山区黄土丘陵沟壑。

(2) 侵蚀强度大。吐哈盆地风沙区是新疆风力侵蚀最严重的地区之一,风蚀面积约占总面积的65%,强度风蚀占风蚀面积40%,管道沿线风蚀模数为 $1\ 000\sim 3\ 000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ;河西走廊地区风蚀面积占土壤侵蚀总面积的57.5%,年平均沙尘暴日数33d左右,风力侵蚀模数约 $1\ 000\sim 3\ 000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,管道敷设在流动沙丘地段,风蚀量高达 $8\ 000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ;景泰、皋兰、兰州处于黄土高原西部的丘陵沟壑区,管道基本在川台地段敷设,水力侵蚀量在 $1\ 000\sim 3\ 500\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。强烈的土壤侵蚀使河流含沙量普遍较高,多年平均汛期含沙量都在 $100\text{ kg}/\text{m}^3$ 以上。

(3) 侵蚀集中。土壤侵蚀因侵蚀类型不同而异。风力侵蚀是风沙区最主要的侵蚀方式,也是干旱、半干旱区气候条件下所特有的一种侵蚀方式。风蚀作用以春季和冬季最为强烈,这是因为大风天气多出现在此时,加之此时植被枯萎、土壤裸露、土质结构松散,极易受风力侵蚀。水力侵蚀主要发生在6—9月,尤以7—8月最为突出,这不仅是因为年降水量的70%左右集中在这一时期,而且是因为几乎所有的暴雨都发生在这一时期。

(4) 人为造成水土流失十分突出。由于人口的不断增长,人们对土地资源过度开垦,开发建设活动频繁,扰动损坏地表,使新增水土流失量极剧增加,且防治难度大。据调查,造成该区新增水土流失的人为活动主要是毁林毁草、开荒垦殖、采矿(包括矿山开采、石油开采等)、修路、管道建设、城镇与庄院建设等,这些活动不但使生态环境受到严重破坏,加剧了水土流失,且随着开挖面的逐步扩大、弃土弃渣堆积量不断加大,危害程度将日趋严重。

2.2.2 水土保持状况 项目建设所在区域多为当地政府水土保持“三区”划分中的重点治理区和重点监督区 按照新疆维吾尔自治区人民政府关于全疆水

土流失重点预防保护区、重点监督区、重点治理区划分的公告,该项目在新疆段乌鲁木齐市为重点监督区外,其余为重点治理区。按照甘肃省人民政府关于全省水土流失重点预防保护区、重点监督区、重点治理区划分的公告,除嘉峪关市和兰州市为重点监督区外,其余均为重点治理区。

管道沿线多年来水土流失十分严重,但当地水土保持部门及群众长期与风沙危害和水土流失的抗衡中,总结出了一系列治理经验,并探讨摸索出了一条适合当地防治风沙危害及水土流失的行之有效的治理途径,同时西气东输管道工程在治理水土流失中也积累了一些成功的技术措施,值得借鉴。

### 3 水土保持监测的原则与范围

#### 3.1 监测的原则

通过对工程建设过程中水土流失的成因、数量、强度、影响范围及危害进行监测,反映水土保持防治责任范围内的水土流失及其防治现状,掌握水土保持工程实施过程与投入使用初期水土流失及对周围环境的影响,分析水土保持工程的防治效果,为水土保持监督管理和项目区整体规划提供科学依据。

为了搞好工程水土保持监测工作,在实际工作中必须遵循以下原则。

(1) 多种监测方法综合运用。西部原油成品油管道工程项目区内自然环境差异较大,水土流失及其控制具有不同的特点,因此,需要根据不同地区的水土流失成因和特性确定监测方法。从管道工程建设特点考虑,需要在建设的不同时期分别开展地面观测、调查监测和遥感监测,及时获取水土流失状况的背景、动态数据和水土流失强度、程度信息。各种监测方法中,遥感监测与调查监测相结合,主要用于土壤侵蚀背景调查。在获取水土流失状况背景信息的基础上,利用地面观测等方法开展动态跟踪监测。

(2) 定点监测与临时观测相结合。地面监测是该项目监测的主要方法。但项目区为两侧宽幅有限的线状区域,部分地段交通、通讯相当不便。同时,管道施工有很强的时段性,水土保持监测对实施动态跟踪的要求很高。因此,地面监测采用定点监测和临时观测相结合的方法,根据区域水土流失特点设置观测样区,依据工程进度和当地气象、物候、地质等特点确定调查样区,以扩大点位监测的覆盖面。调查样区随工程进度和气象条件变化发展迁移场地和观测设施。如有需要和可能,调查样区可以参考邻近的观测样区延长监测期。

(3) 重点监测与全面调查相结合。由于管线沿线距离漫长,自然条件、水土流失特点差异很大,以常

规调查监测方式进行开发建设项目的水土流失状况监测较为困难,也不容易获取准确的数据,因此,有必要对部分水土流失威胁严重,土壤侵蚀特点具有典型代表性的地段设立监测样点进行重点监测。在这些地段中,监测的频度更高,内容更全面。其余地段主要依靠全面调查的方法进行监测。

#### 3.2 监测范围

根据西部原油成品油管道工程及项目区基本情况和水土保持监测的要求,监测工作范围确定为工程水土保持防治责任范围,总监测面积为 11 461.9  $\text{hm}^2$ 。其中项目建设区 6 639.2  $\text{hm}^2$ ,直接影响区 4 822.7  $\text{hm}^2$ ,主要包括管道开挖扰动带、施工道路、取料场与弃渣场、施工营地、输气固定设施(泵站、分输站、末站、阀室等)和水保工程设施等。

### 4 监测内容与方法

#### 4.1 监测内容

根据西部原油成品油管道工程建设项目水土保持方案,监测内容包括水土流失因子、水土流失量、水土流失危害和水土保持措施监测 4 个方面。

4.1.1 水土流失因子 工程建设项目在进行水土流失监测的同时,需要获得水土流失主要影响因子的变化情况。如气象要素、地貌、植被、土壤(地面组成物质)、土地利用等。

(1) 气象。包括降水、大风、温度、日照、蒸发及灾害性气候等。

(2) 地貌。包括所属地貌类型、地形地势、沟壑、地震情况以及代表地形的坡度、坡长、坡形等。

(3) 植被。主要自然植被和人工植被的类型,主要林草种类及其生长状况、覆盖度(郁闭度)等。

(4) 土壤(地面组成物质)。主要土壤(地面组成物质)类型及其质地和土壤厚度等。

4.1.2 水土流失量 水土流失量的监测内容主要包括重点地段扰动区域及毗邻区域各种类型、各级强度水土流失的面积,水土流失程度及其的分布等等;各观测样区和调查样区在各个监测时段内的水土流失动态观测数据。在施工作业带清理、开挖、覆土、路基开挖或堆垫过程中尤其应加强对水土流失量的监测。

4.1.3 水土流失危害 工程建设项目造成的水土流失危害,主要是指对土地利用及其植被土壤的破坏、下游沟道或周边地区河道、水体、生态敏感地带(如湿地、野生动植物保护区)以及社会经济的影响。

4.1.4 水土保持措施 水土保持措施监测包括措施数量、质量及其效果监测。水土保持效果监测的原则是生态社会效益优先,在对防治措施进行全面调查的基础上,主要对林草措施布置和生长情况、成活率、保

存率,水土保持保护工程自身的稳定性、完好性、运行情况,防护工程措施的拦渣、护坡、排水沉沙以及土地整治、耕地恢复效果等进行监测。

#### 4.2 监测方法

按照 SL277—2002《水土保持监测技术规程》的规定:开发建设项目水土流失监测宜采用地面观测法和调查监测法。在项目的实际监测工作中,除了上述监测方法外,还采用了遥感监测方法。地面监测主要设立监测点,对水土流失量、以及植被恢复、土地整治等状况进行动态监测。

根据管道工程线路长,所经区域地质地貌情况复杂,穿越多种土地利用类型以及河流道路等情况,在10段典型地段设立观测样点10处进行周期性观测,掌握管道施工引起的水土流失量、植被恢复情况等,在重要地段,设立临时18处调查样点,进行追踪调查,了解管道修建对土壤、植被、生产、生活等产生的

影响。对于项目区水土流失的状况、类型、面积、土壤、植被、气候等采用普查的方法,对于崩塌、滑坡等采用典型调查的方法,对于水土保持设施及其效益的监测采用普查与抽样调查相结合的方法进行监测。利用遥感影像对部分代表地段进行水土流失背景的监测<sup>[1-2]</sup>。

#### 4.3 不同监测时段的监测重点与方法

按照 SL277—2002《水土保持监测技术规程》的规定:生产性项目监测时段可分为施工期和生产运行期。鉴于西部原油成品油管道工程主体施工实际情况,监测工作分3个阶段进行:一是工程施工前的准备阶段;二是工程建设期;三是工程建成运行初期。根据主体工程各标段的进度及时开展,重点保证2005年冬季和2006年春季的风蚀监测以及2005年夏秋季、2006年夏秋季的水蚀监测。各阶段监测重点与具体指标观测安排见表2。

表2 西部原油成品油管道工程水土保持监测指标汇总表

序号	监测内容	指标	时段与频次	监测方法	序号	监测内容	指标	时段与频次	监测方法
1	地形地貌	地貌类型	准备阶段 1次	调查监测	25	当年风沙情况	风速日数	建设期 运行初期 每月2次	调查监测 地面观测
2		地貌部位			26		持续时间		
3		坡地特征			27		风向		
4		坡度			28		沙尘日数		
5	土壤类型	29	持续时间						
6	地面组成物质	土层厚度	准备阶段 1次	调查监测	30	水土流失状况	类型	准备阶段 1次	调查监测 遥感监测
7		土壤质地			31		强度		
8		土壤容重			32		分布		
9	植被类型	33	面积						
10	植被状况	物种组成	准备阶段 1次	调查监测	34	土壤流失量	土壤流失量	建设期运 行初期每 月1~2次	地面观测
11		郁闭度			35	水土流失危害	类型	建设期	调查监测
12		覆盖度			36		损失后果	运行初期	
13	多年降雨情况	最大年	准备阶段 1次	调查监测	37	水土保持设施	类型	建设期	调查监测
14		最小年			38		个数	1次	
15		多年平均			39		面积	运行初期	
16	丰平枯比例	40	规格	1次					
17	当年降雨情况	降雨时间	建设期运 行初期每 月1~2次	调查监测 地面观测	41	水土保持效果	控制比	运行初期	调查监测
18		雨量			42		拦渣率		
19		强度			43		土地整治率		
20	多年风沙气候	产流次数	准备阶段 1次	调查监测	44		控制率		
21		风速日数			45		植被恢复系数		
22		风向分布							
23	沙尘日数								
24	各级风速频率								

注:风速日数指>5m/s的风速日数。

## 5 初步结论

### 5.1 水土流失量

从监测统计表3中,可以明显看到,经过6个月

(数据截止到2005年12月)的监测,扰动区(项目建设区)的土壤流失量与对照区(原地貌)的相比,并没有较明显的变化,最大相对变化差值仅为1mm。而监测样点中,6个月中变化量最大的是天山后沟监测

样点,变化量为 6 mm。尽管变化量值是很微小的,但它仍然反映出,施工过程扰动和破坏了原来地表结构,增加了水土流失量。对于数值上细微的变化,经过调查、研究、分析认为,这主要是由于施工初期的扬尘和埋置管道并进行碾压后的浮土,在风力的侵蚀作用所致。

表 3 标桩法观测地面侵蚀厚度统计 mm

监测点名称	扰动区土层厚度变化值	对照区土层厚度变化值
新疆化肥厂	-3.0	-2.00
天山后沟	6.0	5.00
鄯善吐峪沟	-2.0	-2.00
哈密二堡南戈壁	-1.0	-2.00
甘州段家台	2.0	3.00
凉州苗家庄	-0.1	-0.06

注:表中数据截至到 2005 年 12 月。

## 5.2 水土保持措施

从调查情况来看,工程建设过程中注意在不同的施工地段根据地段特点采用不同的水土保持措施。例如在中低山地,采取护坡排水、砂砾压盖等措施,在冲洪积平原段,除在作业带内进行砂砾压盖防止风蚀外,在冲沟、切沟、汇流小沟等处采用截、排水沟工程,防止洪水和泥石流对管道和周边环境的影响。在地形起伏较大的剥蚀残丘段,采取护坡、固沟工程等。从目前情况来看,多数农田地段因复垦植被覆盖恢复较好,但其它多数地段植被恢复因受当地自然条件的限制相对滞后;施工质量良好的水土保持措施在所布置地段发挥水土保持效益显著。

## 5.3 施工组织

工程在建设过程中注意选择合理的施工时间和施工方式,尽量减少水土流失。例如部分标段在施工时间上选择冬季。整个管线穿越区冬季比较寒冷,风力较小,而且地表有积雪覆盖,此时回填管道,一方面避开了大风天气,避免了尘土飞扬,造成环境污染和水土流失。另一方面,在穿越农田段,冬季施工,避开了农作物种植和生长期,扰动小,造成的损失少,而且

管道回填后不影响明年的耕种。同时,春季积雪融化,融雪水渗入土壤,使扰动的管道回填土结构更加密实,从而也减小了水土流失。在施工方式上,采用集中施工,开挖和管线回填同时进行,缩短了地表扰动时间。

## 6 防治对策

(1) 施工期应避开大风集中的季节(3—5月)。因为风沙大,施工会急剧增大风蚀量,同时会影响施工效率和质量。

(2) 施工期内人员、机械、营地等应严格按设计集中在有限范围内,严禁在荒漠上随意扩大扰动范围,不然会破坏戈壁砾石层及沙表结皮、植被及其它水利水土保持设施,加剧风蚀。

(3) 平原戈壁是长期水力、风力侵蚀和气候变迁的结果,其砾石层对于减轻戈壁风蚀有重要作用。因此施工结束后,在作业内采取恢复砾石层敷压为主的防治措施,防治开挖扰动引起的风沙危害。

(4) 沙漠段在施工期间应尽量缩小扰动范围(直接影响区 20 m 范围),主体工程施工结束后应尽快实施防风固沙工程,主要采取沙障、林带、草带等生物固沙措施。

(5) 对于风蚀区因施工破坏的植被和农田林网,尽快在施工结束后恢复原貌。

(6) 水分条件较好的低湿湖盆地区,充分利用地下水资源,营造林草带,改善当地的小气候。林草种群必须是适生的乡土种群,有条件的地方可适当发展经果林,增加当地群众的经济效益。

(7) 固定和半固定沙丘是风沙的策源地,工程建设尽量避免扰动,若经施工扰动,首先必须采取工程措施,如草方格、低立式沙障、尼龙网围护等使活动沙丘固定,再采取生物措施固沙,恢复沙区植被。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 李智广. 开发建设项目水土保持监测实施细则编制初讨[J]. 水土保持通报, 2005, 25(6): 91—95.
- [ 2 ] 中华人民共和国水利部. 《水土保持监测技术规程》(SL277—2002)[S]. 北京: 中国水利出版社, 2002. 29—35.