

涩北—西宁—兰州输气管道工程的土壤流失预测与防治

张绒君¹, 郭 锐¹, 党 生², 张丽娟¹

(1 黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站, 甘肃 西峰 745000; 2 青海省水土保持局, 西宁)

摘 要: 以国家重点建设项目涩北、西宁、兰州输气管道工程主体设计弃土、弃渣和水土保持外业勘测成果为依据, 对管道工程和伴行公路土壤流失量进行了预测, 并根据其侵蚀和流失规律, 划分不同的类型区, 提出相应的防治措施。

关键词: 土壤流失; 预测; 防治

中图分类号: S 157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002) 04-0102-04

Forecast and Prevention of Soil Loss
in Sebei- Xining- Lanzhou Gas Transportation Pipeline Project

ZHANG Rong-jun¹, GUO Rui¹, DANG Sheng², ZHANG Li-juan¹

(1 Xifeng Soil and Water Conservation Experimental Station, The Yellow River Conservancy Commission, Xifeng 745000, Gansu Province, China; 2. Qinghai Soil and Water Conservation Bureau, Xining, Qinghai Province, China)

Abstract: According to the result of soil and water conservation reconnaissance and planned discard soil and sediment in the main body design of the national key project - Sebei- Xining- Lanzhou gas transportation pipeline, the amount of soil loss in the construction of pipeline project and the companion road are forecasted, different types of soil erosion are divided by its loss rule, and prevention and control methods are given correspondingly.

Key words: soil loss; forecast; prevention and control

在实施西部大开发的战略中, 为尽快开发利用柴达木盆地的天然气资源, 促进地方经济发展, 经中国石油天然气集团公司研究决定, 拟建设一条涩北—西宁—兰州的天然气长输管线。该项目的开发建设, 不仅有利于区域经济的发展和社会进步, 同时也会极大改善西宁、兰州两城市的大气环境质量和生活环境。

由于管线穿越高原荒漠区、青海环湖草原区和黄土高原丘陵沟壑区, 是青海、甘肃两省水土保持重点监督、预防和治理区。

在认真研究主体工程设计资料和沿线自然、社经、水土流失、水土保持状况资料的基础上, 通过对沿线施工现场的施工工艺、弃土弃渣排放的空间分布等特征调查, 对管道主体工程已有的防护措施进行水土保持功能评价, 按照开发建设项目水土保持方案技术规范要求, 设计合理水土流失防治措施。使管道工程建设过程中所产生的人为新增水土流失得到防治, 达到管道工程建设与沿线生态环境建设同步进行的目的。

1 主体工程简况

本工程属于新建工程, 分两期建设, 一期工程建设规模

为年输天然气 15 亿 m³, 二期工程为年输天然气 17 亿 m³。管道设计输送天数为 350 d/a。涩- 宁- 兰输气管道工程全长 930 km, 共设输气站场 9 座, 一期工程年输天然气 24 × 10⁸ m³, 投资为 22 亿元。

管道穿越中型河流 13 次, 穿越大型河流 4 次, 跨越大型河流 1 次, 全线共设置干线截断阀室 32 座, 设计修筑伴行公路 85.6 km, 施工便道 34.9 km, 其中本工程共设输气站场 9 座。

本工程管道施工以机械作业为主。管沟宽度、深度及施工作业宽度根据不同地质条件而有所不同: 通过戈壁、沙漠、盐渍等无人区, 原则上施工作业面宽度临时征地青海省不超过 18 m、甘肃省作业带宽不超过 15 m。通过草原地段, 作业面宽度不超过 8 m; 通过农田、果园等经济作物种植区, 作业面宽度不超过 6 m; 通过村镇、矿区、军事设施和公用设施地区, 作业面宽度不超过 5 m。

2 项目区气象水文

(1) 气象: 管道工程所在地区深居内陆, 地处高原, 大部分为典型的高原大陆性气候, 具有冬季漫长, 夏季凉爽, 日照时间长, 太阳辐射强, 干燥、寒冷、多风、少雨、地区差异大等

* 收稿日期: 2002-06-25
资金项目: 中国石油管道公司资助项目。
作者简介: 张绒君, 女, (1962-), 陕西 合阳人, 工程师, 农学学士, 主要从事水土保持科学研究及其管理工作。

特点。

受地形、地势(海拔高度)和大气环流的影响,沿线各地气候不仅有明显地域变化,而且有明显的海拔高度变化。降雨量在地域上东多西少,年降雨量变化范围为 40.0~400 mm;中西部属高原温带干旱气候亚区,蒸发量大,年蒸发量大于 2 000 mm,涩北年蒸发量大于 3 000 mm;气温随地势增高而降低,降雨量随地势增高而增大,其梯度值为 33~56 mm,海拔 4 000 m 以上的区段,年平均气温在 0 以下;雪灾、霜冻、风、旱灾、冰雹、水灾是其主要的自然灾害。东部黄(河)、湟(水)谷地属高原温带半干旱气候亚区,包括共和、湟中、西宁市、平安县、乐都县、民和县、兰州市。黄、湟谷地海拔 1 600 m~2 500 m,年平均气温 0~9℃,年降水量为 260~400 mm。

(2) 水文: 本区水系发育,河流、湖泊众多,管道自西向东兼跨内流区和外流区。大致以日月山为界,其西为内流区,主要包括柴达木内流区、茶卡、沙珠玉内流区和青海湖内流区;其东为外流区,属黄河水系。

内流水系处于干旱区,多发育在封闭的盆地或谷地内。各河流源于邻近山区地带,流向盆地中部,或注入相关湖泊,或变为季节性河段,或中途消失。大部分河流源近流短,流量小,流量季节性变化大,汛期洪水流量集中,暴涨暴落,历时短暂。枯水期水量大减,河床内甚至干涸。该区内河流河道弯曲,河槽以旁蚀作用为主,大多为卵砾石河床,河谷开阔,河床宽浅,补给以高山冰川融水为主,沿线巴音河较大,属大型河流,其余主要为小型河流和冲沟,多为季节性河沟。

外流区为黄河水系,河网密度较大,流程长,流量较大。河流的补给以降水和高山冰雪融水为主,次为湖水和地下水。与管道有关的河流有黄河及其支流湟水河,属大型河流。

3 新增土壤流失预测

3.1 预测方法

预测原地貌、植被破坏可能产生的土壤流失量采用类比法。预测弃土、石、渣的流失量采用流失系数法。

3.2 预测时段的划分

依据主体工程设计资料及施工进度安排,天然气输气工程建设期为 18 个月(从 2000 年 4 月~2001 年 10 月),运营期 20 年。工程分为建设施工期和生产运营期两个时段。在建设施工过程中,破坏了管道沿线原有地貌和植被,扰动地表土结构,致使土体抗蚀能力降低,水力、风力、重力侵蚀相互作用,相伴而生,导致沿线土壤侵蚀加剧,水土流失大量增加。在管道生产运营期,生物措施需 5 年后水土保持功能才能得到发挥,生态环境将逐步恢复和改善,水土流失也将逐渐减小直至达到新的稳定。因此,涩—宁—兰天然气管道输气工程建设,依其建设和生产计划,水土流失预测时段定为 6 年。其中施工期 2 年,运营期 4 年。

3.3 项目建设过程中原地貌的破坏

沿程管道工程穿越 Ⅱ级公路 19 次;穿越铁路 5 次;穿越大型河道 4 次,跨越黄河 1 次。经实地调查勘测,并结合管道沿线各区段设计图纸和有关技术资料,项目在建设期因

开挖管沟、敷设输气管、建立站场阀室、修筑道路、采砂取土、弃渣(土)等活动。使原有地貌和植被遭到扰动、占压和破坏,共计扰动损坏面积为 1 949.2 hm²。其中林地 36.98 hm²,旱地 265.49 hm²,水地 38.6 hm²,草地 831.53 hm²,荒地 776.6 hm²。开挖土石方量达 664.02 万 m³,其中开挖土方、石方分别为 517.9 万 m³、146.2 万 m³,取料场 2 处 10.71 万 m³。

3.4 管道工程项目施工过程中的弃土弃渣量

涩北至兰州管道输气工程,在建设施工期开挖管沟,筑路过河,穿越公路、铁路,将产生大量弃土、弃渣。经实地测算,工程开挖土、石方为 664.1 万 m³,回填量 488.43 万 m³,产生弃土、弃石、弃渣量 111.66 万 m³。其中铺设管道 930 km,沿程排放的弃土、石、渣量为 36.50 万 m³,穿越河道、公路、铁路产生废弃物 0.378 万 m³,悬索跨越黄河,两岸塔基开挖造成 1 万 m³ 弃土、弃渣,修建施工伴行公路形成 73.785 万 m³ 的弃土、石渣。

3.5 新增土壤流失量的预测

根据工程建设过程的特点和水土流失类型,该工程新增水土流失指因管道工程建设破坏原地貌、土壤、植被而导致土体结构变化,土壤凝聚力和内摩擦角减少,地表裸露,土壤抗蚀能力降低,而新增加的土壤流失量,即管道工程施工建设期和生产运营期水土流失总量与未破坏前原地表水土流失量的差值。所以首先依据项目的主体设计和原地区、地形、地貌、植被、降雨、风力等综合因素,采用土壤侵蚀等级分类统计法和有关水文调查资料,确定水土流失特征值(M),然后预测出每年因开发建设造成的水土流失量(W)。

$$W = MF(1 + J)$$

式中: W ——工程开发造成土壤流失量(t/a); M ——原生地貌表土侵蚀指数(特征值) t/(km²·a); F ——工程开发建设的影响范围(km²); J ——工程开发增加的土壤流失系数(%)。

$$J = (M' - M) / M$$

式中: M' ——再塑地貌土壤侵蚀模数 t/(km²·a)。

3.5.1 原地貌土壤侵蚀模数的确定 根据输气工程建设特点和各类型区的现场调查,参照青海省东部黄土高原水土保持规划,黄委会西峰水保站多年试验观测研究资料,确定不同类型区多年平均土壤侵蚀模数。建设期施工区原地面侵蚀模数分别为:荒漠半荒漠区 1 200 t/(km²·a),土石山区 1 000 t/(km²·a),高地草原区 500 t/(km²·a),土质山区 2 600 t/(km²·a),黄土丘陵区 3 500 t/(km²·a)。

3.5.2 工程施工期再塑地貌区域土壤侵蚀模数确定 依据中科院水土保持研究所 1982 年实测成果,黄委会西峰水保站 1994 年在晋西北、陕西等的调查,当年降雨量在 500 mm 左右时,路基边坡、施工便道,取料场等微地形土壤侵蚀模数高达 6.18 万 t/km²,1997 年在宁夏荒漠及半荒化的红寺堡灌区的调查表明,填筑的渠堤边坡、施工便道和正在施工的路面等区域内土壤侵蚀模数为 13 200~60 900 t/(km²·a),结合涩宁兰输气管道工程所在建设区域的特点,进行类比分析;专家预测和土壤侵蚀等级分类统计法进行综合分析,确定该工程施工破坏后,再塑各类微地貌侵蚀模数,详见表 1。

科学地预测因项目建设施工新增的土壤流失量。

气 管 道 工 程 在 建 设 施 工 期 和 运 行 期 间, 不 同 破 坏 区 域 共 计 新 增 土 壤 流 失 量 为 19.71 万 t。

3.5.3 新增土壤流失量的预测

(1) 沿线管道敷设产生的新增土壤流失量: 根据输气管道沿程不同区域破坏的面积, 并依照工程特点预测的时段和土壤侵蚀模数, 用类比法计算出破坏区域的土壤流失量后, 再减去原地形地貌下的土壤流失量, 得出因管道施工破坏而产生的新增土壤流失量。详见表 1 和表 2。经类比法预测输

(2) 工程建设弃土、石、渣新增的土壤流失量: 参照陕西煤炭研究院、黄委会水科院等研究成果及外业调查结果, 并结合当地有关降雨资料, 采用流失系数法计算输气工程在建设过程中弃土、石、渣的流失量。详见表 3。

表 1 管道工程建设新增土壤流失量预测

区段	面积 /hm ²	预测年限 /a	原地貌土壤侵蚀模数 /(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	施工破坏后土壤侵比模数 /(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	新增土壤流失量 /万t
荒漠、半荒漠区	994.4	6	1200	2400	7.16
土石山区	106.7	6	1000	2000	0.64
高地草原区	260.46	6	500	1000	0.78
土质山区	陡坡	31.49	6	3500	0.99
	缓坡	103.64	6	2000	1.87
黄土丘陵区	山坡	164.31	6	5000	7.39
	川台	83.32	6	1500	0.25
合 计	1744.32				19.08

表 2 站场、道路建设新增土壤流失量

项 目	面积 /m ²	预测年限 /a	原地貌土壤侵比模数 /(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	施工破坏后土壤侵蚀模数 /(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	新增土壤流失量 /t
站、场阀室	59344	2	1760	2288	62.677
路面	1014800	2	3500	5250	3551.8
路堑	288333	6	5000	6500	2595
取料场	49500	6	1200	1440	71.28
合 计	1411977				6280.76

表 3 弃土、弃渣新增土壤流失量(流失系数法)

弃渣来源	堆放位置	弃土量 /m ³	弃渣量 /m ³	流失系数	流失量 /m ³
穿越公路、铁路	道路边坡	541.67	458.33	0.2	200
穿越河道	河床		2780	0.9	2502
新修道路	沟坡、山坡	737850		0.8	590280
跨越黄河	沟坡	9000	1000	0.5	5000
合 计		747392	4258		597982

经计算得出输气管道工程因建设产生弃土弃渣土壤流失量为 59.80 万 m³, 折合 80.73 万 t(自然干容重为 1.35 t/m³)。

(3) 新增土壤流失总量: 涩宁兰天然气管道工程, 如不采取任何水土保持工程与生物防治措施, 将新增水土流失总量 100.44 万 t, 其中管道工程施工区域内新增土壤流失量 19.71 万 t, 弃土、石、渣量的土壤流失量为 80.73 万 t。

4 土壤流失的防治

4.1 防治分区

在对涩、宁、兰天然气管道工程沿线水土流失现状、地形

地貌特点、工程的功能分区及对土壤流失的影响和拟采取的防治措施等项因素综合分析的基础上, 将其土壤流失防治区域分成以下五个区:

(1) 荒漠半荒漠风蚀防治区。管线从首站涩北开始(K0+000), 由西向东穿越柴达木盆地北缘的沙丘戈壁至小柴旦湖南缘, 然后沿 315 国道经怀头他拉农场至德令哈南部, 再经尔海北沿铁路(西宁-格尔木)至乌兰县(K452+000)。全长 432 km, 有清管站三座, 取料场 2 处, 伴行公路地势平坦, 在 18 m 作业带内。基本上是荒漠、半荒漠区。该区段海拔 2700~3500 m, 主要地貌类型为冲积湖积平原, 多年平均降水小于 100 mm, 雨热同季, 多风沙, 加之半固定沙丘, 半荒

漠地和戈壁,只要有风就容易形成风力侵蚀,大风天数 101 d/a,1979 年一次大风风沙覆盖了几十公顷农田,被迫弃耕。侵蚀以风蚀为主,有少量水蚀和冻融侵蚀,少量农田为灌溉农业,青海省三区公告为非重点防治区,水土流失属微度范围。

(2) 土石山风蚀水蚀防治区。管线由乌兰至茶卡段为土石山风蚀水蚀防治区。管线沿土石山山坡(上下坡)铺设,总体山坡坡度较缓,年降雨量 192 mm,植被属半荒漠化。该区风蚀与水蚀并举,由于植被、地形和降雨条件限制,总的风蚀水蚀属轻度范围。

(3) 高地草原风蚀水蚀防治区。管线由茶卡湖南至湟源县的倒淌河段为高地草原风蚀水蚀防治区。管线经过黑马河、倒淌河。主要地貌为冲洪积平原;湖积平原,海拔 3 000 ~ 3 500 m,多年平均降水 380 mm,气候相对湿润,春季大风较多,地势平坦,管道穿越的大多数冲沟比降平缓,沟道草甸固结良好,沟底下切不明显,只有少量冲沟具有下切与溯源侵蚀的可能,管道施工方便,风蚀为中度,个别地段如江西沟段风蚀较严重,水蚀为微度。本区为青海省重点预防保护区。

(4) 土质山区风蚀水蚀防治区。管线倒淌河至湟中县的新上庄段为风蚀水蚀防治区,管线经过了日月山、拉鸡山全长 109.3 km,地形呈明显的高山地景观,植被呈草甸草原特点,管线沿日月山坡草地铺设,地形相对较缓,拉鸡山管道沿高山的缓坡而铺设,穿越部分冲沟,有少量冻融侵蚀,但由于施工方法为 18 m 作业带全部推平放线,挖损面较大,遇雨遇雨都会产生较大的水土流失,风蚀水蚀强度均为中度。本区为青海省重点预防保护区。

(5) 黄土丘陵水蚀防治区。管线由湟中县的新上庄至末站兰州全长 184 km,全部为黄土丘陵水蚀防治区。管线和伴行公路基本上是上坡下山、穿川台地的规律性布设,对原地形和植被破坏都较大,是水土保持措施布设的重点地段。地形地貌主要是低山丘陵、川台阶地、交错出现,属青海省农业区,途径青海的湟中、平安、乐都、民和、甘肃的永靖、兰州市,中间有民和分输站一座,青海省地形具有典型的黄土丘陵沟壑区第四副区特点;海拔 1 600 ~ 2 400 m,平均年降水 310 ~ 382 mm;本区暴雨强度大而集中,黄土冲沟梁峁地形发育。管线及伴行公路穿越乐都县老鸦峡,沟谷呈“V”字型,沟间呈狭窄的梁状、峁状,沟壑纵横,易造成山洪、泥石流。穿越兰州西固梁峁区,植被稀少,土质松软,泥沙会直接输入黄河。该区风蚀微度;水蚀属中、强度,水蚀模数 2 000 ~ 6 000 t/

(km²·a),个别地段有重力侵蚀发生,河谷川台阶地为轻度,丘陵山丘为中强度。

4.2 防治措施总体布局

针对各防治分区内主体工程建设再塑地貌水土流失特点,在分析评价主体设计中具有水土保持功能措施的基础上,把伴行公路和河流穿越弃渣,管线冲沟穿越,管线爬坡下山蓄排水与植被恢复,管线及伴行公路排洪,雨洪径流利用,站场绿化作为重点防治对象。

(1) 荒漠、半荒漠风蚀防治区。荒漠半荒漠区以管道经过的羊肠子沟半固定沙丘,流动沙丘为防治重点,对于流动沙丘布设防风固沙工程,选择主风向布设 40 m 宽平铺式和直立式沙障,对于羊肠子沟管道弃渣布设挡渣墙工程,在巴音河弃渣场布设护岸与土地整治工程。

(2) 土石山风蚀水蚀防治区。本区管线主要沿土石山坡爬行,防治的重点是施工期管沟开挖土的堆放保护与回填后土质山坡上下坡的坡面截水沟和植被恢复。在土石山坡施工期布设草袋挡土墙,管沟回填后,坡面设截水沟,土质山坡土地整治后种灌、草。

(3) 高地草原风蚀水蚀防治区。本段管线工程防治重点为冲沟穿越,河流穿越,在冲沟发育地带布设地下防冲墙和表面浆砌石防冲,在河流穿越处布设护岸,对弃渣采取土地整治工程。对施工直接影响区进行农田恢复或种草。

(4) 土质山区风蚀水蚀防治区。该段管线经过日月山、拉鸡山等中高亚山地带,管道沿较平缓的山脉和山坡铺设,穿越冲沟和冻融侵蚀较发育的山洞,在冲沟山洞布设地下石谷坊,在上下坡布设鱼鳞坑等土地整治措施后栽植灌、草。对施工便道和直接影响区种草恢复植被。

(5) 黄土丘陵水蚀防治区。黄土丘陵水蚀防治区长 184 km,占线路全长的 19%,但弃渣量却占工程总弃渣量的 79.3%,植被和原地貌破坏均较大,是主体工程防治的重点区域。管线沿丘陵、川台地循环往复前行,在冲沟穿越处布设挡土墙、排洪渠、地下防冲墙、塬边截水埂(沟);黄土坡面布设截水沟,进行土地整治后种植林草;川台地与公路、水渠、田坎交叉时进行土地整治、渠道衬砌,黄土草袋田坎等措施。伴行公路沿丘陵盘山而行,弃土弃渣于沟谷的布设拦渣坝,挡渣墙,浆砌石谷坊,柳谷坊等措施,虚土边坡种植灌、草,高路堑顶部山坡坡面布设截水沟,排水不畅或不完全的布设排洪渠等措施。

参考文献:

[1] 段喜明,王治国.朔黄铁路山西段水土流失预测及治理研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,(6).
[2] 水利部水土保持公司.开发建设项目水土保持方案技术规范[M].北京:中国水利水电出版社,1998.
[3] 交通部第二公路勘察设计院.路基[M].北京:人民交通出版社,1982.
[4] 中华人民共和国水利电力部.水土保持治沟骨干工程暂行技术规范[S].北京:水利电力出版社,1987.