

# “西油东送”工程甘肃段水土流失防治研究

汪鹏飞<sup>1</sup>, 鲁秦安<sup>2</sup>, 赵军<sup>3</sup>

(1. 中国石油西部管道公司, 新疆 乌鲁木齐 830013; 2. 西安文理学院 生命科学系, 陕西 西安 710065; 3. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 中国石油西部成品油管道是目前国内运输距离最长的输油管道之一。管道铺设过程中,大量采用机械施工,路堑开挖,路堤填筑,取土采石和架桥砌涵等,破坏了公路沿线原生地貌及植被,扰动了表土结构,致使土体抗蚀能力降低。在总结工程区自然情况基础上,分析了“西油东送”工程甘肃段的水土流失问题和其对生态环境的影响。结果认为管道工程防护类型必须坚持“三同时”原则,并应该采取如下防治方针:(1) 综合治理与综合开发相结合;(2) 科学配置防治措施;(3) 防止新的水土流失发生。

**关键词:** 输油管道工程; 工程建设; 生态环境; 水土流失防治

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0045-05

中图分类号: S157.2

## Soil and Water Loss Control Along Gansu Pipeline in West to East Petroleum Transportation Project

WANG Peng-fei<sup>1</sup>, LU Qin-an<sup>2</sup>, ZHAO Jun<sup>3</sup>

(1. West Pipeline Company of PetroChina, Urumqi, Xinjiang 712100, China; 2. Department of Life Science, Xi'an University of Arts and Sciences, Xi'an, Shaanxi 710065, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The western pipeline of PetroChina has, at present, the longest transportation distance among the petroleum pipelines in China. Because the pipeline was paved mechanically, original landform, top soil and vegetation were destroyed, which reduced soil anti-erodibility and caused soil and water loss. The natural situation was firstly summarized and then, soil and water loss and its impacts on ecological environment were analyzed for the pipeline in Gansu Province. The "three synchronous steps" principle must be insisted on. In addition, the measures should be taken according to the following policies, such as the combination of comprehensive control with comprehensive exploitation, scientific allocation of control measures, and prevention of soil erosion newly occurred.

**Keywords:** petroleum pipeline project; engineering construction; eco-environment; soil and water loss control

管道运输具有一次性投资少,运输成本低,安全性高等优势,适合长距离运输易燃、易爆的石油天然气<sup>[1-2]</sup>。管道及其配套设施的建设不仅能够改善我国的石油安全现状,还能均衡国家的经济布局<sup>[3]</sup>。“西油东送”西部管道工程,是目前我国最大的一条成品油管道工程,是目前国内运输距离最长,设计压力最高,国内设计输量最大,自动化程度最高,参建队伍最多的输油管道之一。作为中国西部大开发的重要标志性工程之一,“西油东送”西部输油管道将与中哈石油管道共同组成“西油东送”战略通道,以现代化的管道运输替代原有的铁路运输,把新疆维吾尔自治区、甘肃省境内和东部地区、西南地区的输油管道以

及石油、石化销售企业连接起来,实现西部资源与东部市场的对接。

西部管道工程起自新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市,途经新疆、甘肃、陕西、河南、湖北和湖南 6 省(区) 92 个市县,止于湖南省长沙市。管道穿越大中型河流 81 条,穿越铁路 111 处,高等级公路 250 处,等级公路 795 处,隧道穿越乡级 15 条;管道途经中低山地、冲洪积平原、剥蚀残丘、浅丘、盐碱地、黄土高原、黄土丘陵区、六盘山、水网沼泽等复杂地形,多处还需经过自然保护区、文物保护区、矿区等难点地段。“西油东送”管道工程甘肃段地处祁连山南麓,经新疆哈密市入甘肃境。

收稿日期:2011-12-09

修回日期:2012-03-27

资助项目:中国石油天然气集团资助“石油管线水毁风险评估项目”(K332021105)

作者简介:汪鹏飞(1976—),男(汉族),山西省灵丘县人,助理工程师,研究方向为地面建设和油气储运。E-mail:lr611wpf@163.com。

通信作者:赵军(1966—),男(汉族),陕西省杨凌区人,高级工程师,主要研究方向为土壤侵蚀实验技术。E-mail:zhaojun629@vip.sina.com。

## 1 研究区概况

### 1.1 水文因素

西部输油管道甘肃段内所涉水系均属内陆水系,自西向东分别有:北大河、大沙河、黑河、山丹河、西营河和黄河水系。区域内主要分水岭为西南天山的库鲁克塔格、克孜勒塔格、干草湖山、库米什南山。

### 1.2 土壤因素

根据《中国土壤分类暂行草案》的全国土壤分类类型划分,该管线所经过区域的土壤分布规律,由西向东大致可为 3 个不同的土壤植被群系:即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。管线附近总体林草覆盖率低,约为 20%。土地利用类型以旱地农田为主。

### 1.3 地貌因素

从宏观角度分析,该段地貌类型有河西走廊冲积平原、黄土丘陵沟壑区。管线经过的地段有中低山地、冲洪积平原、剥蚀残丘、沼泽湿地、沙漠、盐碱地。

### 1.4 气候因素

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 6~15℃。沿线地区最大冻土深度 0.83~1.60 m,结冰期自每年 10 月至次年 4 月。管道沿线地区降水不均匀,年降水量兰州一带可达 300~400 mm,向西北到河西走廊减少到 200~50 mm。降水量年内分布不均,主要集中在 6—9 月,占年降水量的 60% 以上。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  $\geq 5$  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 “西油东送”工程建设甘肃段水土流失现状及其成因

### 2.1 “西油东送”工程建设甘肃段水土流失现状

西部输油管道甘肃段穿过内陆河区域,地处内陆降雨较少,土质疏松。侵蚀类型主要有以水蚀、风蚀和重力侵蚀,因地表起伏较小,重力侵蚀轻微。风蚀强烈,多数管线所处地区都在中度以上,个别地区为极强度风蚀<sup>[4]</sup>。土壤侵蚀中水蚀以轻、中度为主,约占土地

总面积的 82%。工程区为大陆性干旱气候,大部分地区年降雨量在 50~150 mm 之间,大风沙尘暴强烈,植被稀少,生态环境脆弱,施工过程中会扰动原地貌,损坏土壤结构和地表植被,诱发新的人为水土流失。不同的施工活动对沿线水土流失的影响存在一定的差异。根据现场勘察,西部原油、成品油管道工程弃渣总量约  $2.77 \times 10^6$  m<sup>3</sup>,弃渣主要来源于管沟回填剩余方量及作业带开挖量,管沟回填后弃渣类型主要为戈壁砾石、块石等。汛期来临,部分管线有洪毁危险或已被洪水毁坏,甚至个别地段管道已经隐约裸露。

### 2.2 “西油东送”工程建设水土流失的成因<sup>[5]</sup>

(1) 项目区位于黄土丘陵沟壑区,沿途经过黄土梁峁、河谷阶地及黄土残塬等地貌类型。管沟开挖过程中会引发较严重的水土流失。管沟开挖时,弃土、弃渣一般向管沟一侧临时堆放,弃土、弃渣为水蚀提供了物质来源。一旦遇到暴雨,地表径流增加,水土流失增大。

(2) 该区地形破碎,梁峁沟壑交错,植被稀少。大部分为荒山或荒沟,很少有耕地。部分管线大致沿坡脚处或山峁腰岷处等高线穿行。开挖破坏坡体支撑,引起崩塌、滑坡等重力侵蚀。管道经过陡峻山地和深谷谷岸的地带时,由于开挖,破坏了坡体支撑,为崩塌、滑坡提供了条件,极易引起重力侵蚀。

(3) 开挖管沟、安装管道等一系列施工活动,破坏了农田耕作土的团粒结构,使土地生产力下降。穿江隧道的弃渣堆放在冲沟和河流两岸,极易发生水土流失,直接威胁着冲沟下游和河流行洪的安全。管道施工沿线植被破坏呈线状,特别是山区的中、强度流失区立地条件差,植被恢复的难度大,造成水土流失现象严重。

### 2.3 “西油东送”工程建设甘肃段水土流失的特点<sup>[6]</sup>

(1) “西油东送”工程开挖、隧道挖掘产生的大量岩石、土体等固体弃物为水土流失提供了丰富的物源,在建设施工期,由于侵占土地,开挖坡面,整修便道,机械碾压等原因,破坏沿线原始地貌和植被,扰乱地表和地下径流系统,破坏土壤表层构,使土壤的抗蚀、抗冲能力迅速下降,土壤侵蚀加剧,在水力冲刷、风力、重力的作用下,必然导致水土流失的增加。

(2) “西油东送”工程属于线状工程,与输气站场及各类穿越工程的施工场地相连,工程水土流失呈串珠式线状分布。管沟开挖断面虽然不大,但是由于工程线路长,水土流失总量较大。工程涉及的地貌类型较多,土壤、植被、气候等自然条件差异较大,原生地貌水土流失类型各异,强度不一,水土流失性质也各不相同。

(3) “西油东送”工程建设过程中不可避免地会扰动地表,破坏沿线植被,降低沿线林草植被的生态功能。建设过程中施工临时设施等的建设,也会不同程度地破坏植被,增加地表裸露面积。工程采用管道敷设,中型河流穿越,干渠穿越,铁路及公路穿越等不同施工工艺和施工方式,造成的水土流失强度不同,形式各异。工程建设过程中施工作业带、施工便道、弃渣场等临时占地占征占地面积的 90% 以上,是水土流失产生的重点区域。

### 3 “西油东送”工程建设甘肃段管道工程的影响、原则及水土流失问题

#### 3.1 管道工程建设对生态环境的影响

我国已探明与钻采的油气田大多远离消费区,随着油气资源的需求量不断增大,长距离油气管道集输成为能源传输的最佳手段,堪称油气田的生命线<sup>[7]</sup>。然而管道建设中存在着潜在的生态环境问题。通过分析提出有效的保护措施,从而实现工程建设与生态环境的可持续协调发展,这是管道工程建设中不可缺少的重要内容。

管道工程的整个建设过程分勘察设计期、建设期和营运期 3 个阶段。在勘察设计期,主要进行实地调查、测量及地质勘探等活动,对生态环境影响轻微。在建设期,不仅要进行植被剔除,表土开挖,工程便道的挖高垫低,跨越河道及隧道钻掘,管道埋设,生态恢复,还要修建许多工艺站场,对周围环境影响最大。在营运期间对生态环境的影响主要来自工程事故风险隐患。滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害,海水和盐浸地、湿地对管线的侵蚀,人为机械破坏等都会导致管线破裂,罗纹口断裂,闸门破裂以及管线放空,引起油气泄露,污染土壤、水系和大气环境。管道工程建设对生态资源、水文地质资源、大气环境、人文环境等都会产生影响。对人文资源的影响主要为对名胜古迹及风景旅游资源的影响,因此在管道的设计和施工过程中应该绕避、穿跨这些区域。管道敷设对生物土地资源的影响可以分为暂时性影响和长久性影响。如施工期间由于机械碾压,人员践踏,土地翻埋,使农作物、树木和天然植被遭破坏,农田被掩覆,野生动物受惊吓和迁徙,其影响范围为管沟(沟宽为管道直径的 2.5~3 倍)两侧各 50 m。这些影响是暂时性的。管道占地及其周围的地表温度、含水量的变化,对植被、野生动物的繁殖、迁徙和栖息造成的影响则是长久性的。按《石油天然气管道保护法》,埋设管道的土地为管道企业依法征用地,永久占用,在管道中心线两侧各 5 m 范围内禁种深根作物。原来连续分布的植被为管

道所分割,影响生态类型的结构,在自然条件下难以恢复,并由此带来一系列的生态环境问题。如廊道分割效应,水文影响,植被影响,野生动物影响,水土保持影响,土地资源影响,自然保护区影响等(图 1)。

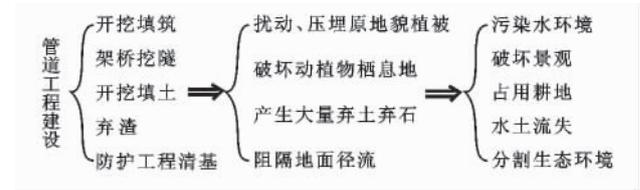


图 1 管道工程建设对生态环境的影响

#### 3.2 管道工程防护类型选择的原则

管道工程防护类型选择的目的是综合考虑地形、土质、材料来源等情况,合理布局,因地制宜地选择实用、合理、经济、美观的防护加固措施,确保边坡的稳定,同时达到与周围环境的协调,保持生态环境的相对平衡<sup>[8]</sup>。(1) 要充分了解施工区内的地形、地质、气候条件和防护效果,应选择经济性好及施工方便的最佳防护类型;(2) 同一边坡内,其土质、填高、冲刷、涌水状态也不完全相同。因此,选出的防护方案应适合各自条件,为方便施工,防护类型不宜太零碎;(3) 防护方案应与自然环境相协调,避免不合理的边坡防护方案造成边坡变形、失稳等环境地质问题,从而减小生态环境的破坏;(4) 填深和开挖对生态环境的影响是直接性的,边坡防护方案选择要有利于恢复自然生态,尽量减少对山体的破坏,以减少水土流失,使得管道工程建设对生态环境的影响降到最低。

#### 3.3 管道建设中的水土流失问题

输油气管道工程建设的生态环境影响主要是指在施工建设期与营运期对沿途生态环境结构、功能与过程的破坏、损害或抑制,改变了区域生态系统的动态平衡,诱发系列不稳定性因素,给沿线社会—经济—自然复合生态系统造成系列影响。如管道铺设过程中,大量采用机械施工,路堑开挖、路堤填筑、取土采石、架桥砌涵等,破坏了公路沿线原始地貌及植被,扰动了表土结构,致使土体抗蚀能力降低。项目建设对水土流失的影响分析结果见表 1。

扰动原地貌、损坏土地和植被。项目区大部分地段属重点治理区,部分地段属重点预防保护区,水土流失防治标准执行等级为Ⅲ级。

由于管道站线地形地貌复杂,侵蚀类型多样,管线长,故按河西走廊、黄土丘陵 2 个预测单元分别预测水蚀和风蚀量。管道铺设过程中损坏水土保持设施面积约为 6 577.9 hm<sup>2</sup>。

表 1 管道建设影响水土流失的因素分析

工程项目	再塑地貌类型	高程变化	地形变化	地面组成物质变化	植被变化	水文条件及径流变化	荷载与平衡	诱发水土流失类型
管基开挖	挖损地貌	降低	成凹型坑, 周边坡度变陡	组成物质为单一型, 容重较大, 密实	植被损坏, 地面裸露	积水或非积水, 有渗漏, 周边水流冲刷能力大	挖损荷载, 平衡发生变化, 坡脚开挖尤为严重, 周边不稳定	以周边水蚀、重力侵蚀等侵蚀为主
管基填筑	堆垫地貌	抬高 (密实型)	呈有规则的梯形或其它形状, 边坡陡	组成物质为单一型, 容重较大, 密实	植被损坏, 地面裸露	顶部积水向边坡倾泻, 冲刷严重	荷载增加, 产生新的平衡, 较稳定	边坡水蚀为主
弃渣剥离表土堆置	堆垫地貌	抬高 (松散型)	无规则, 单一坡、复合坡或呈台阶状	组成物质复杂, 与原地貌截然不同, 整体为松散态	植被损坏, 地面裸露	局部积水, 大部渗漏, 水流冲刷能力大	荷载增加, 平衡不断变化, 不稳定	水蚀、重力侵蚀、泻溜、滑坡型泥石流等所有水土流失类型均可能发生

### 4 管道工程建设水土流失防治措施

油气长输管道敷设作为典型的线性工程建设, 在管线建设与运营过程中会对区域自然生态及社会环境造成一定的扰动, 尤其是加重了管道沿线区域的水土流失, 影响了区域可持续发展<sup>[9]</sup>。基于此, 以输油气管道工程建设的生态环境影响为切入点, 根据输油气管道的工程建设特点, 分析了输油气管道建设水土流失的典型特征, 并进一步探讨了输油气管道的水土流失防治策略和方法, 相关结果为输油气管道工程建设的水土流失综合防治提供了一定的科学借鉴 (图 2)。为防止油气田地面建设对生态环境的破坏, 工程部门采取了很多措施, 如土地整治、护坡工程、防洪排水工程、绿化工程等。这些措施在管道地面建设中应用较广泛, 对水土保持有重要作用。

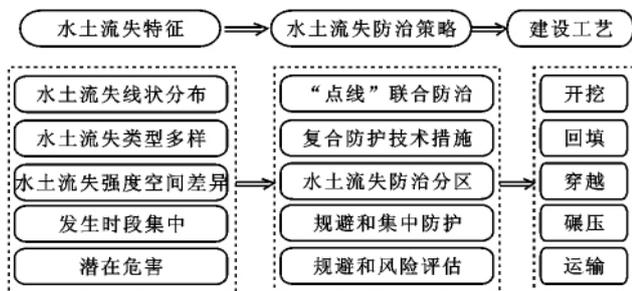


图 2 输油气管道工程建设水土流失防治策略

#### 4.1 水土保持防治措施体系设置

日趋严重的水土流失不仅导致宝贵的水土资源大量流失, 造成洪水泛滥, 干旱缺水, 粮食低产和地区贫困等生态环境问题和社会经济难题, 而且会导致区域性的泥石流、滑坡、崩塌、洪水等自然灾害频繁发生, 对管道工程建设和运行安全威胁巨大, 为保

障管道的安全运营, 对可能发生水土流失的地段实施水工保护措施。在坡面水工保护措施主要有梯田、坡面蓄水、坡面截留和排水工程等形式; 在边坡坡面防护措施主要有植物防护、坡面夯实、干砌石防护、浆砌石防护和浆砌石护墙等形式; 在流域沟道水工保护措施主要有腰岷保护措施、沟头防护措施、谷坊措施、淤地坝措施等形式; 在河流护岸水工保护措施主要有坡式护岸、坝式护岸、墙式护岸措施等形式; 在管道防冲措施主要有潜墙防护、过水面防护、地下防冲墙防护等形式; 在拦渣工程防护主要措施有拦渣坝措施、挡渣墙措施、拦渣堤措施等形式。西部管道工程现已进入运营期, 根据管道 (甘肃段) 沿线自然气候特点, 结合实际调查, 确定治理措施应以工程措施为主, 水土保持防治体系见图 3。

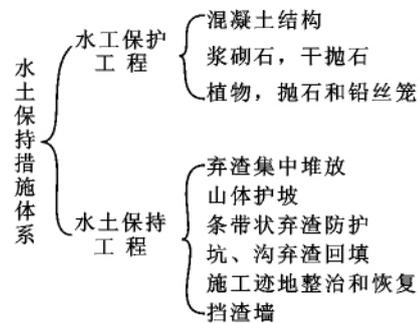


图 3 管道工程建设水土流失防治体系

#### 4.2 坚持“三同时”原则

《水土保持法》第 19 条规定: “在山区、丘陵区、风沙区修建铁路、公路、水工程, 开办矿山企业、电力企业和其他大中型工业企业, 在建设项目环境影响报告书中, 必须有水行政主管部门同意的水土保持方案。水土保持方案应当按照该法第 18 条的规定制定。在山区、丘陵区、风沙区依照矿产资源法的规定开办乡

镇集体矿山企业和个体申请采矿,必须持有县级以上地方人民政府水行政主管部门同意的水土保持方案,方可申请办理采矿批准手续。建设项目中的水土保持设施,必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。建设工程竣工验收时,应当同时验收水土保持设施,并有水行政主管部门参加。”

建设单位应按照方案实施的进度安排落实资金、监理、管理和其它保证措施,认真做好管道工程建设水土流失防治工作,加强对承担施工任务单位的管理,严格遵守水土保持设施与主体工程的“三同时”制度,并接受有关水行政主管部门的监督检查。施工期应避开大风集中季节(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。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、植被及其它水利水保设施,加剧风蚀。渣场堆放完毕应采取土地整治与复垦措施,作为农田的渣场,覆土改造为林草地或农田。

#### 4.3 综合治理与综合开发相结合

管线上下游林草抗冲防洪工程主要工艺包括在管线上游潜在冲刷与水毁面建植防护林,及临时防洪工程的修建、拆除和永久防洪工程的建设等工艺。复垦工程主要针对弃渣场进行复垦<sup>[10]</sup>。渣场堆放完毕应采取土地整治与复垦措施。作为农田的渣场,覆土改造为林草地或农田。要以流域为单元,把荒漠化区域作为一个整体的生态系统对待,综合治理与综合开发相结合。应当认识到荒漠化地区的天然植被是人工绿洲的生态安全屏障。对全流域水资源的配置必须考虑人工绿洲、天然绿洲与整个流域生态系统保护与平衡之间的相互关系。防止农业用水过多挤压生态环境建设用水,导致荒漠化土地扩大。对部分伴行路铺设混凝土路面,对已冲毁路基进行加固和在上游方增设引流防洪渠,尽量避免洪水过路和直接冲刷掏切路基。

#### 4.4 科学配置防治措施

为了有效控制开发建设项目建设和运行期间造成的水土流失,必须及时编报和实施水土保持方案,科学地配置水土保持防治措施。管线工程主要包括清基、削坡、管沟开挖、路堑开挖弃渣和管沟回填细土等水土保持防护等工艺<sup>[11]</sup>。管道均敷设于地下,无填方段。为使土石方平衡及流向具有可操作性,作业带扫线,管沟开挖,路堑开挖弃渣和管沟回填细土借方均在各施工标段内处理,不进行跨标段调运。结合工程实际和沿线水土保持现状,因地制宜,全面布局,总体设计,预防为主,因害设防,防治结合,科学配置。

在干旱、半干旱地区以工程、土地整治等措施为主,辅以必要的绿化措施;要尽量减少对原地貌和植被的破坏,对弃土弃渣场、料场要合理布设,尽量集中堆放,并采取拦护措施。对工程建设区和直接影响区尽可能进行植物防护。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带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危害。施工结束后,施工单位应负责及时清理现场,使之尽快恢复原状,将施工期对生态环境的影响降到最低程度。

针对不同的水土流失形式,其相应的治理方式主要有:(1)洪水冲蚀。洪水冲蚀灾害沿线分布广泛,类型较多,治理工程形式较多,一般采用过水面、拦水墙、护岸及挑坝等形式,并根据每个灾害点的实际情况有针对性地组合使用。(2)管沟塌陷。在管沟塌陷部位,根据地形陡缓和塌陷的规模,分别用2:8或3:7灰土回填,农田区表层0.5~0.8m用原土回填,处理深度一般在管道下1m。(3)泥石流沟。沿线泥石流较少,以保护管道安全为目的主要措施有:修建拦挡坝,修建消力池,修建管道盖板,加修防护墙。(4)不稳定斜坡。管道治理的不稳定斜坡的规模差异较大,一般高度为10~80m不等,因此所采取的治理措施也不相同。对于较低的不稳定斜坡,一般采用了挡土墙、削坡等工程措施。对于高陡的不稳定斜坡一般采用了锚杆支挡结构,结合其它的防治措施。(5)滑坡。目前,滑坡治理的主要措施有:抗滑桩、抗滑挡土墙、锚杆、锚索和削坡减重等,排水一般是必不可少的辅助措施。对于具体的滑坡和不稳定斜坡的灾害,要根据滑坡的形态特征、地层岩性、地形条件、形成机理和引发因素,合理地选择工程措施。通常采用多种措施,进行综合治理。

#### 4.5 防止新的水土流失发生

选择有丰富经验的单位进行施工,并有优秀的第三方对其施工质量进行强有力的监督,减少施工误操作,加强教育,规范施工人员的行为,爱护花草树木,严禁砍伐和破坏施工区以外的作物和植被,严禁采摘花果。不准乱挖、乱采野生植物,不准随便破坏动物巢穴,严禁捕杀野生动物。施工期间应划定施工范围,在保证施工顺利进行的前提下,严格限制施工人员和施工机械的活动范围,尽可能缩小作业带的宽度。在林地内施工,要减少人员,少用机械,尽可能减少对林木的破坏。减少夜间作业,避免灯光、噪声对夜间动物活动的惊扰。

(下转第81页)

展的协调度,选取的评价指标包括土地利用和社会经济两方面,但是目前选取指标还没有统一的标准,指标的选取带有一定的主观性。因此研究探索较为客观的评价指标系统具有重要意义。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李洁,林鸿. 宜宾市土地利用协调度评价[J]. 四川理工学院学报:社会科学版,2010,25(4):91-94.
- [2] 谭峻,李楠,魏铸玲. 北京市土地利用协调度模拟分析[J]. 中国土地科学,2008,22(9):38-42.
- [3] 秦伟山,廖和平,张春柱,等. 县域土地利用协调度研究:以重庆市璧山县为例[J]. 中国农学通报,2010,26(19):344-348.
- [4] 张富刚,郝晋琨,李旭霖,等. 县域土地利用协调发展度评价:以河北省曲周县为例[J]. 水土保持通报,2005,25(2):63-68.
- [5] 李馨,石培基. 城市土地利用与经济协调发展度评价研究:以天水市为例[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(3):33-37.
- [6] 关雷,陶军德,李艳芳. 哈尔滨城市土地利用协调性分析[J]. 国土与自然资源研究,2009(3):16-18.
- [7] 徐肇忠. 城市环境规划[M]. 武汉:武汉大学出版社,2002:60-62.
- [8] 韩跃. 面向协调的区域经济环境系统管理模型研究[D]. 西北工业大学,2005:36-37.
- [9] 陈珏,雷国平. 大庆市土地利用与生态环境协调度评价[J]. 水土保持研究,2011,18(3):116-120.
- [10] 李德一,张树文. 黑龙江省水资源与社会经济发展协调度评价[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(4):8-11.
- [11] 蔡滢滢,牟守国,肖波,等. 南京市土地利用与城市化水平的协调度研究[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2011,42(1):145-149.
- [12] 张正勇,刘琳,唐湘玲,等. 城市人居环境与经济发展协调度评价研究:以乌鲁木齐市为例[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(7):18-22.
- [13] 丁昌慧,蔡辉,祁新辉. 综合效益评价中数据的直线化无量纲化方法[J]. 中国医院统计,2001,8(9):163-164.
- [14] 欧阳洁,郭开仲. 可持续发展目标下环境评价方法支持系统的研究[J]. 环境科学动态,2000(30):1-6.
- [15] 杨士弘. 城市生态环境学[M]. 北京:科学出版社,1996:114-119.
- [16] 石强. 土地利用协调发展度评价研究[D]. 南京:南京农业大学,2008:33-38.

(上接第49页)

隐蔽式格状沙障施工使用压草方式设置,用湿麦草摊于设障线上,以锹下压入沙,两端合拢,外露0.05~0.1 m。黏土沙障施工是将黏土直接堆放于设障线上,均匀摊成高0.20~0.25 m,底宽约0.6 m土埂即可。建议从长远出发,用好后期水土保持工程养护和后期水保治理工程所需的资金。必须加强严格管理,没完成合同要求的不予以支付,对于该部分资金建立专门账户,加强资金的监管力度,使前期完成的植物措施和后期治理效果得到保证;建议工程主管部门认真做好经常性的水土保持措施管护工作,明确组织机构、人员和责任,防止新的水土流失发生。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 魏红军. 输油气管道工程建设生态环境影响与水土保持防治初步分析[J]. 长江科学院院报,2010,21(11):128-132.
- [2] 王金发,王晓明. 高速公路边坡绿化防护[J]. 黑龙江交通科技,2003(5):39-40.
- [3] 梁翕章. 管道建设的基本规律[J]. 油气储运,2003(12):18-21.
- [4] 于海英. 川气东送管道工程建设水土流失成因与防治措施[J]. 安全、健康和环境,2008(11):31-33.
- [5] 刘泉,陈朝镇. 黄土高原土壤侵蚀的现状与思考[J]. 绵阳师范学院学报,2007(2):101-105.
- [6] 余姝萍. 地铁建设项目水土流失特点及水土流失防治初探[J]. 甘肃水利水电技术,2011(8):22-24.
- [7] 李永红,高照良,彭珂珊. 中国耕地保护与可持续发展研究[M]. 北京:中国言实出版社,2010.
- [8] 高照良,彭珂珊. 粮食安全问题概论[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.
- [9] 魏东吼,郑贤斌. 油气长输管道工程设计新方法述评[J]. 石油工程建设,2009(1):14-18.
- [10] 王瑞芳. 西气东输工程中的水土流失预测与评价[J]. 人民黄河,2002(8):8-9.
- [11] 胡江波. 不同植被恢复模式的水土保持效果及土壤水肥生态效应研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2007.