

长输油气管道建设中梯田的保护

马清文<sup>1,2</sup>, 王成华<sup>1</sup>, 孔纪名<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 我国石油天然气储运设施建设正在高峰期, 管道不可避免地通过大量的梯田或坡耕地地区, 造成管道沿线较严重的水土流失和耕地面积的减少。针对输油气管道敷设与梯田的关系, 探讨了输油气管道对梯田的破坏特征及力学机理, 提出了管道开挖前取一定厚度的表层土, 并回填为梯田最上层的回填方案, 确保梯田土壤肥力, 并根据影响梯田稳定性的主要因素提出综合加固梯田, 防止水土流失的方案。

关键词: 输油管道; 梯田; 破坏方式; 水土流失; 治理

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)02-0213-02

Protection of Terrace of Long Distance Oil and Gas Pipeline

MA Qing-wen<sup>1,2</sup>, WANG Cheng-hua<sup>1</sup>, KONG Ji-ming<sup>1</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment of Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: During the times of building long distance oil and gas pipeline at high speed, it leads to a lot of loss of water and soil and the area of field. In according to the relative of pipeline and terrace, their characteristics and mechanism are analyzed. The method of mitigating the hazards is given as follows: dig the surface soil and deposit at some place before the engineering of pipeline ditch, backfill as the top layer to assure the good use of the wealth soil be applied. Based on the computing of the stability of terrace, a compostive system is provided to reinforce the terrace and control the loss of water and soil.

Key words: long distance oil and gas pipeline; terrace; mechanism; loss of water and soil; prevention and cure

1 前言

我国高原、山地、丘陵面积约占国土总面积的 70%, 地势高, 坡度大, 是形成土壤侵蚀最基本的潜在因素。我国 1 亿  $\text{hm}^2$  耕地中, 有 30% 分布在坡地上, 其中大于  $25^\circ$  的陡坡地有  $6.67 \times 10^6 \text{ hm}^2$  以上, 坡耕地的土壤流失量构成全国土壤侵蚀量的主要来源。由于人口众多, 耕地少, 我国在建国初期进行了大量的坡改梯工程, 增大耕种面积。虽现在实施退耕还林政策, 但全国仍有大量的梯田, 广泛分布在西南、西北等山地、丘陵区<sup>[1,2]</sup>。

我国石油天然气储运设施建设正在高峰期。国家已将“加强输油气管道建设, 形成管道运输网”发展战略列入“十五”经济社会发展规划。根据有关方面的规划, 我国将建成 14 条油气输送管道, 形成“两纵、两横、四枢纽、五气库”, 总长超过上万公里的气管输格局<sup>[3]</sup>。管道运输已与铁路、公路、水运、航空一起构成了我国五大运输行业体系。管道运输能源在国民经济中的作用越来越大。管道穿越梯田地区, 对梯田有较大的破坏, 造成了大量的水土流失。

因此, 在管道工程快速建设的今天, 研究管道对梯田的破坏特征及水土保持对策就显得十分重要, 本文根据梯田的自然特征, 对其地区的管道建设提出一些意见, 以供探讨。

2 管道与梯田的分布关系

通过对忠(县)-武(汉)-兰(州)-成(都)-渝(重庆)和西南(茂名-昆明)成品油等管道工程沿线梯田的调查及资料收集, 依据坡面形态梯田可分为坡式梯田和水平梯田两种(见图 1), 为研究方便, 以水平梯田为例, 管道与梯田的分布关系可分为两种:

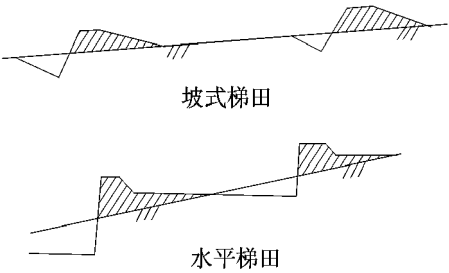


图 1 梯田的分类

(1) 管道平行梯田面敷设。管道敷设在梯田上, 且延伸方向与梯田面近于平行(梯田面与管道夹角  $< 25^\circ$ )(见图 2)。

(2) 管道垂直梯田面敷设。管道敷设在梯田上, 且延伸方向与梯田面近于垂直(梯田面与管道夹角  $> 65^\circ$ )(见图 3)。

无论管道以什么方式通过梯田, 都无法避免破坏梯田,

\* 收稿日期: 2006-01-11

基金项目: 中石油科技基金“兰(州)-成(都)-渝(重庆)输油管道地质灾害综合预测与防治”; 中石化“西南成品油管道工程(茂名-昆明)地质灾害评价与防治对策”项目资助

作者简介: 马清文(1978-), 男, 博士研究生, 从事地质灾害与防治研究。

只是其破坏的程度大小不同而已。据调查,其破坏因素主要为以下几个方面:

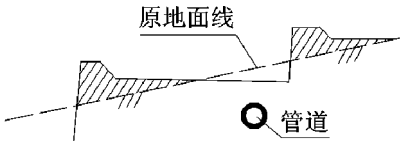


图 2 管道平行梯田面敷设

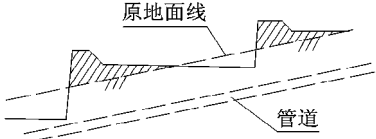


图 3 管道垂直梯田面敷设

(1) 由于管沟开挖引起的较宽作业带,在梯田上拉开了一条大口子,破坏了原始地貌。管道安装、调试等一系列的工程需时较长,破坏的地貌无法及时恢复,在暴雨的作用下极易造成水土流失。

(2) 管道运营期间,管沟回填土不密实,则水流极易形成沿管道渗流,导致梯田埂的破坏,甚至梯田的整体滑动。

管道破坏梯田的危害主要表现为以下几个方面:

(1) 表面富有有机质的土壤在暴雨作用下顺着管道或管沟流动,造成大量水土流失,导致梯田无法耕种,或产量不高。

(2) 管道裸露,容易招致第三方破坏。

(3) 破坏风景区地貌。管线经过风景区(元阳梯田风景区),如没有极好的治理,则管线犹如美女脸上的刀疤令人触目惊心。

3 梯田稳定性分析

据上述分析可知,垂直梯田敷设的管道对环境造成的破坏最大,也最危险,因此以此种敷设为例探讨梯田的稳定性,影响梯田稳定性的因素主要为以下两个方面<sup>[4,5]</sup>:

(1) 单一梯田稳定性分析。大量调查研究表明,梯田的稳定性与梯田田坎的稳定性密切相关,梯田的田坎能否保持稳定,影响因素主要有:土壤的密实程度,土壤的内摩擦角和凝聚力,及田埂的结构和物质组成(图 4)。

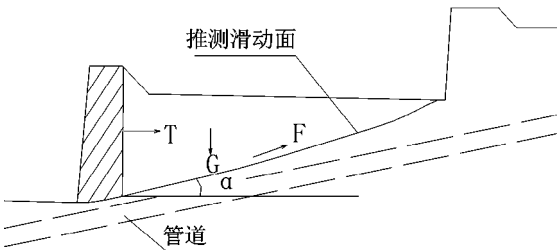


图 4 梯田田坎受力分析图

不考虑裂隙水静水压力、地震力及荷载等因素,梯田田埂稳定性计算的原理是抗滑力与下滑力之比,其结果为梯田稳定性系数  $K$ ,根据力学分析可知:

$$K = \frac{T \cos \alpha + f}{G \sin \alpha} \quad (1)$$

当  $K$  大于 1 时,梯田田坎稳定,当  $k$  小于 1 时,梯田不稳定,当  $K$  等于 1 时,梯田处于极限平衡状态。

式 1 中,  $T$  —— 梯田田埂的抗滑力(kN),  $f$  —— 土的摩擦力(kN),  $G$  —— 梯田土的重力(kN),  $\alpha$  —— 梯田坡角。

$T$  的大小与田埂高度、宽度及物质组成有关。按照梯田田坎的物质组成可分为:土坎梯田和石坎梯田。 $F$  与梯田的

土壤的内聚力大小、斜坡长度、内摩擦角有关。 $G$  与梯田的宽度及土壤的密实程度有关。

管沟开挖回填使得梯田田埂完全破坏,降雨的入渗率大大提高,更容易触发蠕动、移动,甚至急剧滑动,这是评估梯田稳定性必须认真考虑的问题。

(2) 梯田整体稳定性分析。为了符合管道埋深的要求,管道一般要低于梯田基角底部埋深,这使整个梯田稳定性得到挑战,在管道的影下,梯田有可能以管沟面为底面的整体失稳滑动(图 5),其稳定性计算应按照条块法计算其边坡的稳定性,其公式为<sup>[6]</sup>:

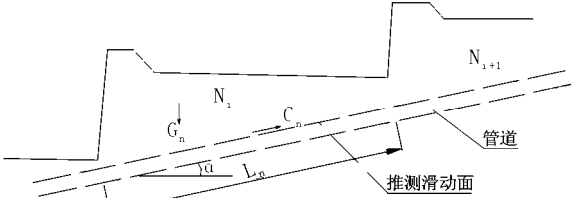


图 5 梯田整体稳定性计算示意图

$$K = \frac{\sum_{n=1}^n (G_n \cos \alpha_n \times \tan \varphi_n + C_n l_n) \cos \alpha_n}{\sum_{n=1}^n G_n \sin \alpha_n \cos \alpha_n} \quad (2)$$

式中:  $G_n$  —— 第  $n$  块梯田重力(kN),  $\alpha_n$  —— 第  $n$  块梯田坡角,  $C_n$  —— 第  $n$  块梯田的内聚力(kPa),  $L_n$  —— 第  $n$  块梯田的滑动面斜长(m),  $\varphi_n$  —— 第  $n$  块梯田土层的内摩擦角。

同样,当  $K$  大于 1 时,梯田稳定,当  $K$  小于 1 时,梯田不稳定,当  $K$  等于 1 时,梯田处于极限平衡状态。

梯田稳定既要保证单个梯田田坎的稳定,也需要保证整个梯田区的稳定。

4 梯田保护方案

梯田保护应该综合考虑,包括两个方面:一是,确保梯田的土壤肥力,使施工后的梯田回填建设,有稳定的单产;二是,确保梯田的稳定性。这两个方面与管道保护为相辅相成的关系,确保了梯田的土壤肥力,则村民就有积极性维护梯田的稳定性,梯田稳定了则管道也就处于稳定了;如梯田不稳,或肥力大大下降,则村民梯田耕作得不到回报,维护梯田的积极性不高,相应的管道上方的土层会慢慢流失,使管道裸露<sup>[7,8]</sup>。

(1) 目前管沟的回填很少考虑回填土的次序,为施工方便,开挖前的土壤一块回填,有时把上层的含大量营养成份的土壤置于最下层,而贫瘠的土壤覆盖在上方,这样极大的破坏了梯田的质量,使作物不易成活,或产量不高。为确保梯田的土壤肥力,可在管沟开挖前,取表层土一定厚度专门储放,在管沟回填掩埋时覆盖在上方,确保土壤肥力不变,作物高产。这样一方面可以提高农民种田的积极性,使农民得到一定的回报,另一方面也提高了农民保护、利用土地的积极性。

(2) 梯田稳定性的保护。根据管道穿越梯田的方式,及对梯田破坏程度的不同分类,斜穿梯田对地貌的扰动非常大,梯田恢复时的工程量也很大,为此而增加的投资往往要超过增加管道、使用弯管而增加的投资(大口径管道除外)。其次为垂直穿越梯田,对梯田破坏相对较小,易恢复。再次为平行穿越梯田,对梯田的破坏较小,一般不进行专门考虑。所以管道经过梯田和台地时,为避免过多的地貌扰动,应尽量平行或垂直通过梯田,避免斜穿通过。为避免开挖较深,造成工程浪费或导致梯田整体的不稳定,必要时应采用弯管

(下转第 217 页)

叶林 17.84 t/hm<sup>2</sup> 针阔混交林 16.29 t/hm<sup>2</sup>, 最小的是楠竹林 16.21 t/hm<sup>2</sup>。<sup>[12]</sup> 这是由于灌木林树种组成多, 郁闭度大, 坡度较缓, 而楠竹林树种组成单一, 枯落物成分单一。

3.5 林地土壤的蓄水能力

林地土壤是储存降雨的主要场所, 土壤发育直接受到森林植被的影响, 林分不同, 林地表层的枯落物构成、地下根系的分布和生长发育也不同, 从而引起林地蓄水能力的不同。

不同林地比较中可以发现各种森林植被的土壤贮存降雨能力大小依次为针阔混交林(632.67 t/hm<sup>2</sup>)> 阔叶林(596.62 t/hm<sup>2</sup>)> 楠竹林(513.76 t/hm<sup>2</sup>)> 灌木林(416.92 t/hm<sup>2</sup>), 这是因为森林类型不同, 土壤发育也不相同。

3.6 不同植被类型涵养水源能力比较

森林的综合蓄水能力是林冠层、枯落物层与土壤层蓄水能力的总和。各种森林植被的综合蓄水能力大小依次为针阔混交林(686.3 t/hm<sup>2</sup>)> 阔叶林(643.1 t/hm<sup>2</sup>)> 楠竹林(559.4 t/hm<sup>2</sup>)> 灌木林(450.3 t/hm<sup>2</sup>)。如果降雨量小于森林生态系统拦截量, 降雨量则全被截留, 几乎不产生地表

参考文献:

[1] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, (287): 253–260.  
[2] Daily G. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washinnton, Dc: Island Press, 1997.  
[3] Kohler V. Many efficacy evaluation problem of the forestry[J]. Allnenmeine Forest and Jundneitunn, 1984, (11): 52–58.  
[4] Rudolf Nanele. The some evaluate problem of forestry in the inside[J]. Allnenmeine Forest Relbuns, 1997, (11): 66–72.  
[5] 程根伟, 钟祥浩. 防护林生态效益定量指标体系[J]. 水土保持学报, 1992, 6(3): 79–86.  
[6] 邓宏海. 森林生态效能经济评价的理论和方法[J]. 林业科学, 1985, 21(1): 60–67.  
[7] 傅辉恩. 森林土壤涵养水源功能的研究[J]. 林业科技通讯, 1985, (8): 14–17.  
[8] 刘世荣, 温远光, 王兵, 等. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.  
[9] 穆长龙, 龚固堂. 长江中上游防护林体系综合效益的计量与评价[J]. 四川林业科技, 2001, 22(1): 15–23.  
[10] 张哲哲, 余新晓. 中国森林水文研究现状与主要成果[J]. 北京林业大学学报, 1988, 10(2): 79–87.  
[11] 王云琦, 王玉杰, 等. 重庆缙云山几种典型植被枯落物水文特性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 6(3): 41–44.

(上接第 214 页)

来调整方向。保护梯田的工程应从以下几个方面考虑。

保护田埂。田埂的选择应因地制宜, 根据当地梯田田埂保护的方法进行加固, 无论采用土埂还是石埂都应使埂的高度超过一定高度, 并与其他梯田面相交并延长一段距离, 防治暴雨冲垮田埂。利用灌木或草本植物根系对土壤和碎石块有穿插、缠绕、网络固结作用, 保护田埂, 灌木和草本植物的选取一定要结合当地情况, 即适合生长又有较高的保护能力。必要时进行工程处理, 如浆砌片石护坡<sup>[9]</sup>。

砌筑原则、砌石的砌筑方法和施工技术对砌体抗力影响很大。因此, 在砌筑时要遵循下列原则: 砌体应分层砌筑, 砌筑平面力求与作用力方向垂直, 否则受力时易沿层面滑动。砌筑基础应深入田埂基角 0.5 m 以下。砌块间的竖缝应与

参考文献:

[1] 史德明. 山坡地开发利用中的水土保持新技术[J]. 水土保持通报, 1997, 17(1): 32–33.  
[2] 胡广录. 水土保持工程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002. 1–25.  
[3] 王功礼, 等. 油气管道技术现状与发展趋势[J]. 石油规划设计, 2004, 15(4): 1–7.  
[4] 葛逸群. 砂质山区土坎梯田埂坎稳定性分析[J]. 中国水土保持, 1999, (7): 30–31.  
[5] 周孚明. 机修梯田优化设计方法研究[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 65–69.  
[6] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所山洪泥石流滑坡灾害及防治[M].. 北京: 科学出版社, 1994. 25–48.  
[7] 王相国, 王洪刚, 王伟. 丘陵区梯田优化设计研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(3): 125–127.  
[8] 余汉章. 水土保持工程[M]. 西安: 西北大学出版, 1988. 46–68.  
[9] 王鸿飞. 论坡耕地治理的综合技术措施[J]. 黑龙江水利科技, 2003, (2): 102.  
[10] 李朝, 陈向新, 杨益均. 管道线路工程中的水工保护[J]. 油气储运, 1999, 18(2): 37–40.

径流, 反之则产生地表径流。土壤层蓄水所占的比重最大。这是因为当降雨量较大时, 林冠层及枯落物层对降雨的截留量相对于降雨量要小得多。

4 结 论

(1) 缙云山自然保护区针阔混交林、阔叶林、楠竹林能截留降雨的 16.91%~67.84%, 将 0.50%~0.92% 的降雨转化为树干径流。

(2) 灌木林、阔叶林、针阔混交林及楠竹林的枯落物蓄水量依次为 32.42 t/hm<sup>2</sup>、17.84 t/hm<sup>2</sup>、16.29 t/hm<sup>2</sup> 和 16.21 t/hm<sup>2</sup>。

(3) 不同森林类型的土壤蓄水能力比较结果表明: 针阔混交林的土壤蓄水能力最大, 阔叶林、楠竹林次之, 灌木林最小。

(4) 缙云山不同植被类型通过综合蓄水量反映出涵养水源能力其大小依次为: 针阔混交林> 阔叶林> 楠竹林> 灌木林。