

# 盐碱化输油管堤土壤侵蚀的防治研究

杨万志, 李春龙, 刘铭飞

(辽宁省水利水电科学研究院, 辽宁 沈阳 110003)

**摘要:** 穿越荒原上的输油管堤, 多为盐碱化的光堤或少草堤, 每年雨季管堤的土壤大量流失。成为管道正常运营的重要问题之一。通过室内外实验观测, 分析了盐碱化光堤的形成和土壤侵蚀的机理, 提出了轻中度盐碱化管堤恢复植被的方法, 分析了严重盐碱化光堤采用水泥土衬砌的可行性, 其工程造价不到浆砌石护砌的 1/5。为盐碱化管堤的防护, 提供了新的途径。

**关键词:** 管堤; 土壤侵蚀; 植被; 水泥土

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)02-0001-03

中图分类号: S157.2

## Experimental Research on Preventing Pipe-line Jetty from being Eroded

YANG Wan-zhi, LI Chun-long, LIU Ming-fei

(Institute of Water Resource and Hydropower of Liaoning Province, Shenyang 110003, PRC)

**Abstract:** Most of the petroleum delivering pipe-line jetties running across wilderness are bare or grassless. In annual rainy season, precipitation washes heavily away pipe-line jetties' soil. It is one of the principle problems of the normal operation. By lots of indoor and outside experiments, the formation of the bare pipe-line jetties and the mechanism of soil erosion are analyzed. Then a vegetation regeneration method for the light-mediated alkalinized pipe-line jetties is put forward, and the feasibility of applying cement soil lining to the serious bare alkalinized pipe-line jetties is analyzed. The cost of construction is less than 1/5 of cement-rubble lining, so a new preventive measure is provided for the alkalinized pipe-line jetties.

**Keywords:** pipe-line jetty; soil erosion; vegetation; cement soil

庆铁线是我国自行设计建设的第 1 条长距离、双线输油管道, 投产 20 a 来, 已累计输送原油  $1.0 \times 10^9$  t 多, 为我国国民经济的发展做出了重要贡献。由于输油管道是在“文革”中采取大会战的方式完成的, 沿线低洼地带多采取“浅挖高填”的形式埋设, 呈 2 条输油管管堤状态。低洼地多属于盐碱化荒地, 管堤堤身土壤盐碱化严重, 呈光堤和少草堤状, 每年雨季堤面土壤侵蚀严重, 严重的光堤年平均侵蚀厚度在 10 cm 以上。

仅大庆输油管理处所辖的林源至嫩江段, 就有盐碱化管堤 33 段, 总延伸长度达 87 km。为防治管堤土壤侵蚀, 大庆输油管理处进行了部分堤段的浆砌石护坡, 因当地无砂石料, 仅石料运距就达 300 km 以上, 故工程造价高达 100 元/m<sup>2</sup> 以上。

## 1 光堤的形成及土壤侵蚀机理

### 1.1 光堤的形成

大庆输油管线处于嫩江下游平原, 从地貌上看, 以荒地、草地和沼泽为主, 间有低矮丘地, 属于平原浅丘型地貌。从地质条件看, 属于不稳定沉积—风积地

层, 主要岩性为粉细砂土层, 局部属于粉土和粉质黏土。低洼地带基本上无排水系统, 夏秋季常有积水, 地下水位埋深在 2.0 m 以内, 本区域多年平均降雨量为 440 mm, 多年平均蒸发量达 850 mm。上述自然条件是低洼地盐碱积累的基础。

低洼地带的输油管堤是人造的一梁二坡型地貌, 一般管堤高度在 1.3~2.3 m 之间, 堤顶宽 1.5~2.0 m, 边坡 1:2 左右。由于管堤阻断了正常的地表径流, 在汛期管堤两侧常有积水, 在地面有积水和高地下水位的条件下, 随着蒸发和土壤毛细水的上升, 给管堤上的盐分积累创造了条件。尤其在地下输油管道 40℃左右的高温作用下, 管堤上的温差梯度和土壤水迁移速度都远高于正常地面, 更加剧了管堤上的积盐速度和干旱程度, 使管堤上的植物很难生长而形成光堤。冻结期管堤的温度场、盐碱度分布见图 1。

据林源 2+850 km 段管堤初春测定: 管堤上中上部表土层全盐量达 0.7% 以上, pH 值在 9.5 以上, 土壤含水量在 5% 以下; 而管堤外侧有草平地, 表土层的全盐量在 0.3% 以下, pH 值在 9.0 以下, 土壤含水量在 10% 以上。管堤上表土层的高盐碱度和低含水量

是造成管堤上寸草不生,形成盐碱化光堤的根本原因。另外,在建设管堤时未能及时栽植植被,当时仅存的部分杂草由于草原放牧、人畜破坏逐渐消亡,也是造成光堤化的次要原因。

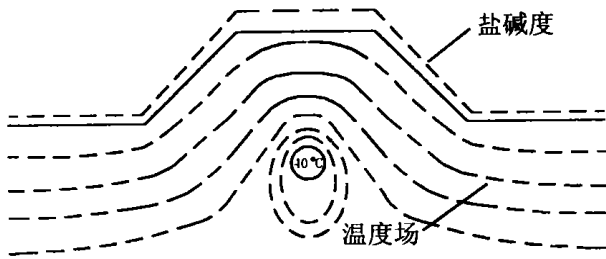


图 1 管堤温度场、盐碱度分布示意图

## 1.2 管堤土壤侵蚀机理

管堤为人工造成的一梁两坡型地貌,无保护的光堤是发生水土流失的先决条件。在暴雨时裸露的管堤表面直接遭受雨滴的打击,使分散的细土粒渗入次表面层,堵塞和填充了正常的土壤孔隙,表层土壤密度增大,形成了几毫米厚的不透水层;即干燥时地表板结层。这种板结层在大雨时受雨滴溅蚀,湿润崩解,水分入渗土壤能力下降,使地表径流增加。从现场观测看,2000年5月30日完成的修复管堤上,在4个月里用喷灌机人工降雨168 mm,天然降雨132 mm,在整修平整的坡面上平均每间隔0.5 m左右就出现了1条细流冲沟,在3.35 m的坡长上下冲沟大小无明显差异,冲沟深度皆在7~11 cm之间。由此可见,在低矮的盐碱化管堤上的土壤侵蚀,降雨击溅引起的表土流失在起主导作用,而降雨汇集的径流引起的表土流失仅起次要作用。降雨的击溅作用增大了光堤坡面径流的侵蚀和搬运泥沙能力,从而使坡面侵蚀量逐年增加,使修复后的原本梯形的管堤断面,逐渐变成^形管堤断面。如图2所示。综上所述,象大庆这类盐碱化小堤,要求防护的标准并不高,只要加设管堤表面的覆盖,消除雨滴直接打击管堤表土的作用力,就可以防治管堤土壤的侵蚀。

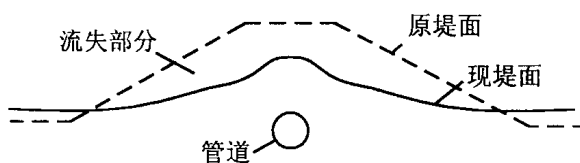


图 2 管堤现状、原始状示意图

## 2 植物的试种试栽

植物覆盖管堤是一种活的、具有环境效益的水土

保持措施,其有效性取决于堤面覆盖的发育程度及生命力,多年生矮草类应作为优先选择的目标。但是盐碱化输油管堤的特殊条件,要求选择的植物必须具有很强的耐盐碱和耐干旱能力。然而盐碱地上的植物一般耐旱性较差,沙漠地区的耐旱植物耐盐碱能力较低。因此只能通过较多物种的试种试栽,选择能适应相对较轻度盐碱化管堤的物种和栽培方法。这里所说的相对较轻的盐碱化管堤,是指在管堤上有零星杂草生长,在管堤外的平地上,草的覆盖度在80%以上(碱斑小于20%)。

在现场实验的喷灌区和座水种区,曾先后播种了8种多年生物种:碱茅、冰草、2种草地早熟禾(抢手股和纳苏)、紫羊茅、当地产的羊草、沙漠生长的小叶锦鸡儿;2种当地1a生杂草:虎尾草和稗草;移植了5种草根:茵陈蒿、羊草、亚巴芨子、马兰、鹅绒藤;移植了2种当地荒地上的草皮——羊草、苔草;一种植物枝条扦插——差不戈蒿(盐蒿)。

(1) 多年生草种直接播种很难成活:在座水种试区实行了横坡面铲沟座水播种,但7种多年生草种皆未出苗。在喷灌试区实行了平播7种多年生草种试验,经近30d的每日喷灌1次(其中覆草帘喷灌11d,日喷灌量10 mm),但大部分坡面草苗逐渐死亡,仅在堤顶部位碱茅和冰草保苗率在40%左右。多年生草种种子小,出苗、生长缓慢,在种子萌发期和幼苗期,耐盐碱耐干旱的能力低,故在盐碱化管堤上直接播种多年生草种,在无灌溉条件时不能出苗,有喷灌条件下保苗率也很低。

(2) 1a生草种和小叶锦鸡儿灌木种能够成活:1a生的当地杂草虎尾草和稗草种,在温度适宜连续降雨后,种子萌发出苗快,能够快速生长,但在管堤上种子就地留存能力差,很难保证第2a继续出苗成长。多年生的灌木小叶锦鸡儿是耐旱的沙生植物,因其种粒大,根系发育快,耐干旱耐盐碱能力强,故在管堤上座水种能够出苗生长,但它属于多年生灌木,株体生长慢,在短期内地面覆盖度较差。

(3) 移植草根和扦插差不戈蒿枝条很难成活。在喷灌区和座水种区,移植了当地耐盐碱的草根5种。在座水种区皆未见苗;在喷灌区也因管堤表土层盐碱度太高,受损的植物根系很难再生,多在将见苗后根系烂枯而死亡;其中葡萄植物鹅绒藤,因其根系为粗状的圆柱形,木质化程度高,栽根成活率达40%以上。扦插的差不戈蒿枝条成活率不到10%。

(4) 移植当地多年生野生草皮是进行植被防护的方向。在荒原上野生的苔草、羊草等矮草类,植株密集,根系纵横交错,经多年枯枝落叶的积累,表面0

~10 cm 厚的土层,已成为草甸化土壤。在试验中就地铲挖苔草、羊草草皮,在堤面上拼装栽植,其成活率达到 60% 以上。如果在修复管堤时,从附近非盐碱化的丘地上采运客土填筑管堤(参见图 3);在移植草皮时与酸性土肥相配合使用。在轻中度盐碱化管堤上,即可当年形成堤面草皮覆盖。草皮移植时,应喷足底水,草皮拼装的缝隙应用酸化土填满,草皮移完后应及时喷水,并保持 15 d 内移栽土层湿润。

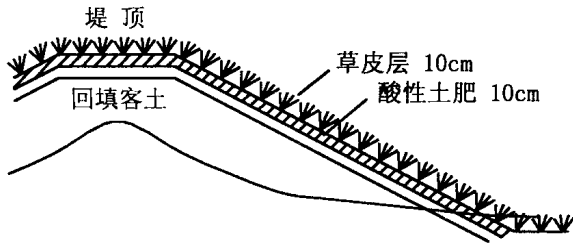


图3 堤面栽植草皮示意图

### 3 水泥石衬砌实验

严重的盐碱化光堤(堤上和堤外地面皆无植物),采用植物防护是无法保证其长期生存的,一般皆采用工程性的表面衬砌措施。通用的衬砌措施有碎石护坡、干砌石或浆砌石护坡、混凝土护坡等。堤坝衬砌是一种死的、永久性工程措施,其有效性取决于衬砌材料和结构的使用寿命。

水泥石衬砌实验研究是针对目前大庆输油公司采用浆砌石衬砌而进行的。大庆的严重盐碱化管堤土壤侵蚀十分严重,当地即无石料又少砂料,采用浆砌石衬砌管堤工程造价高达 100 元/m<sup>2</sup> 以上。

#### 3.1 水泥石衬砌的主要优点

(1) 不必特意的选取骨料。可用当地的任何土料就地取材,水泥石中的土料一般占 85%~90%,而水泥量仅占 10%~15%。

(2) 投资少、工程造价低。塑性水泥石衬砌,不仅免除了购买石料和长途运费,而且衬砌厚度薄,水泥石用量少,工程造价还不到浆砌石衬砌的 1/5。

(3) 塑性水泥石施工技术简单。可以利用通用的拌合机和平板震捣器施工,也可全部采用人工拌合、压实和抹面,易于被当地小型施工队伍掌握。

由于水泥石衬砌的突出优点,在国内外得到广泛应用,尤其在河道护岸、海堤护坡、渠道防渗等工程中,都有应用水泥石衬砌的实例。

#### 3.2 水泥石在管堤衬砌中应用的可行性

塑性水泥石与混凝土比较,它的强度偏低、抗冻融性差、干缩性较大,这些缺点又限制了它在高标准

工程中的应用。但是在输油管堤衬砌中应用仍具有可行性。

(1) 输油管堤属于矮小堤坝,衬砌的主要目的是防治管堤土壤侵蚀,衬砌坡面不受任何外荷载作用,衬砌体要求的强度较低,厚度较薄,为了管道防腐维修,管堤顶部可以不进行衬砌。

(2) 管堤虽然处于寒冷地区,但冬春季降雨很少,堤坡上基本是不积冰雪的,故衬砌体要求的抗冻融性可低一些,即使水泥石衬砌表面出现一些冻融破坏现象,也仍可继续起到防侵蚀的作用。

(3) 为了防治塑性水泥石衬砌的无规则龟裂,可以就地掺用一些砂砾料,采用较密的衬砌伸缩缝,因无防渗要求伸缩缝可不进行止水处理。

#### 3.3 塑性水泥石衬砌试验

实验中采用的是管堤侧的盐碱化粉砂土,普通硅酸盐 425<sup>#</sup> 水泥,衬砌堤坡平均厚度 3.2 cm,现场浇筑分缝尺寸在 2.0×2.0~0.68×0.75 m 之间,共 6 种板块。为改善水泥石的颗粒级配,进行了不同掺砂量实验,为提高水泥的强度和抗龟裂性能,除掺砂砾外还进行了掺加 CW 土壤固化剂和 PP 改性纤维实验。

通过室内外实验观测,可得出如下初步成果。

(1) 塑性水泥中的水泥:土=1:6~1:8,压实干密度达 1.7 g/cm<sup>3</sup> 以上,其水泥石的强度皆可达 2.5 MPa 以上,可以满足防治盐碱化管堤土壤侵蚀的要求。水泥掺量越多,土壤颗粒级配越好,拌合水泥石时用水量越少,其水泥石的强度越高(表 1)。

表1 不同掺混合砂的水泥石强度

序号	配合比				28 d 强度/ MPa
	水泥	土	混砂	水量/%	
1	1	8	0	23.0	2.6
2	1	2	6	19.5	4.3
3	1	4	4	21.0	3.1
4	1	6	2	21.0	2.7
5	1	4	2	23.0	4.4

(2) 水泥石中掺加混合砂砾,可以明显地提高水泥石的强度和抗裂性能;而掺加 CW 土壤固化剂提高水泥石的强度效果不明显;掺加 PP 改性纤维减少水泥石板的龟裂效果也不明显;在板面尺寸达 2.0 m×2.0 m 时,板面皆有龟裂产生。

(3) 水泥用量越大,水泥石拌合时含水量越高,水泥石板容易出现龟裂;在现场浇筑塑性水泥石时,建议板块的分缝宜小于 1.0 m×1.0 m。

(4) 在严重盐碱化管堤上,堤坡采用塑性水泥石衬砌,一般工程造价在 10~15 元/m<sup>2</sup> 之间,是管堤衬砌较经济适用的措施。