

生态恢复措施在西北地区油气管道工程中的适用性研究

王 经^{1*}, 程 磊², 郑学萍³, 尚玉杰¹, 周 尧², 韩 勇¹

¹国家管网集团工程技术创新有限公司, 天津

²国家管网集团西部管道有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐

³中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊

收稿日期: 2026年1月3日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年5月20日

摘 要

随着国家对生态管理和生态恢复的要求越来越高, 管道建设场地的生态恢复成为一项重要的工程。文章针对西北生态环境脆弱的特点, 通过对现有油气管道和其他行业生态恢复措施、成果案例等进行调研, 分析西北地区油气管道工程生态恢复现状和不足, 开展油气管道新型生态恢复措施研究, 提出适宜西北地区的生态恢复措施, 以期提高恢复效果, 减小对周边生态环境带来的不利影响, 为西北地区未来油气管道工程的生态恢复提供参考。

关键词

长输油气管道, 生态恢复, 西北地区, 水土保持

Study on the Applicability of Ecological Restoration Measures in Oil and Gas Pipeline Projects in Northwest China

Jing Wang^{1*}, Lei Cheng², Xueping Zheng³, Yujie Shang¹, Yao Zhou², Yong Han¹

¹PipeChina Engineering Technology Innovation Co., Ltd., Tianjin

²PipeChina West Pipeline Company, Urumqi Xinjiang

³China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei

Received: January 3, 2026; accepted: April 29, 2026; published: May 20, 2026

*通讯作者。

文章引用: 王经, 程磊, 郑学萍, 尚玉杰, 周尧, 韩勇. 生态恢复措施在西北地区油气管道工程中的适用性研究[J]. 环境保护前沿, 2026, 16(5): 794-804. DOI: 10.12677/aep.2026.165079

Abstract

With the increasing emphasis on ecological management and restoration by the state, the ecological restoration of pipeline construction sites has become a crucial project. This paper addresses the fragile ecological environment of Northwest China by reviewing existing ecological restoration measures and case studies from oil and gas pipelines and other industries. It analyzes the current status and shortcomings of ecological restoration in Northwest oil and gas pipeline projects, conducts research on new ecological restoration measures for pipelines, and proposes suitable restoration strategies for the Northwest region. The aim is to enhance restoration effectiveness, minimize adverse impacts on the surrounding ecological environment, and provide valuable insights for future ecological restoration efforts in Northwest oil and gas pipeline projects.

Keywords

Long-Distance Oil and Gas Pipeline, Ecological Restoration, Northwest China, Soil and Water Conservation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国经济发展及能源结构的调整,能源需求量急剧增大,油气管道敷设量激增[1]。管道运输具有低能耗、高效率、运量大等诸多优点,随着国内对油气需求量的逐年增加,油气管道运输已成为主要输送方式[2]。输油气管道工程呈线状延伸,属于线性开发建设项目[3]。长输管道的施工会对道路沿线的地貌环境、土壤结构以及生态景观方面造成很大影响,极易引起严重的水土流失,造成一系列危害[4]。西北地区生态环境比较脆弱,生态恢复工程难度较大,随着国家对生态管理和生态恢复的要求越来越高,管道建设场地的生态恢复成为一项重要工程。哈岸英等[5]学者针对不同地貌特征,划分出剥蚀残丘、山前洪积扇、山前洪积平原、沙滩地、沙丘和黄土梁峁六种立地条件类型,并分别提出针对性的植被恢复措施;白玉等[6]采用实地监测,筛选出4个草种作为西气东输二线工程(西段)管道绿化用草。张秀珍等[7]根据西气东输(陕西靖边至甘肃瓜州段)的植被恢复工作,提出了因地制宜、保护性治理、注重促进原生植被发育的建设思路。郑锟[8]针对新疆油气管道工程,结合不同立地类型区,从植物措施入手进行了管道水土保持研究。沈中原等[9]提出应根据“适地适树、适地适草”原则对不同侵蚀区类型采取不同的植被恢复方案。本文针对西北生态环境脆弱的特点,在调研现有油气管道及其他行业生态恢复措施与典型案例的基础上,分析了该区域油气管道工程生态恢复的现状与不足,进而开展新型恢复措施研究并提出适宜方案,旨在提升恢复效果、降低生态扰动,对未来西北地区油气管道工程生态恢复工程具有一定的借鉴意义。

2. 西北地区油气管廊沿线生态环境特点

2.1. 西北自然概况

2.1.1. 沿线地貌

新疆已建的油气管廊主要敷设在伊利-吐鲁番-哈密盆地-天山南麓山前平原。依照成因,地貌主

要有以下几种类型：构造侵蚀中山、构造剥蚀低山、剥蚀-侵蚀的丘陵台地、流水侵蚀-堆积的河漫滩及河谷阶地、堆积平原(山前冲积、洪积、冲洪积、湖积平原；按照颗粒大小可划分为强倾斜砾质平原、缓倾斜细土平原)、风积地貌。

甘肃在酒泉、张掖、武威三市区的油气管道纵贯河西走廊，主要有西一线、西二线、西三线、乌兰线及其支线，基本沿兰新铁路、甘武铁路展布。河西走廊总体地形为南、北高，中间低。走廊内从西向东依次分布有宽滩山(1920.4 m)、绣花庙(2591.8 m)等山地，使走廊区呈高、低相间的起伏变化，最高点为绣花庙，最低点在布隆基(1350.3 m)。根据地貌形态和成因类型，管道沿线地貌分为：构造剥蚀中低山、剥蚀低山丘陵、洪积倾斜平原、冲洪积倾斜平原、风积沙地五类地貌区。在兰州市周边，管道敷设所经地貌类型主要是黄土梁峁、河流阶地、局部山前冲洪积平原。

结合西部管廊穿越的地貌单元统计分析可知，已建管廊所穿地貌单元里程及其占比，依次为山地 10.49%、丘陵 10.31%、洪积扇或山前平原 72.17%、黄土 5.43%、沙漠 1.42%、河谷 0.18%。洪积扇或山前平原占比最多，详见图 1。

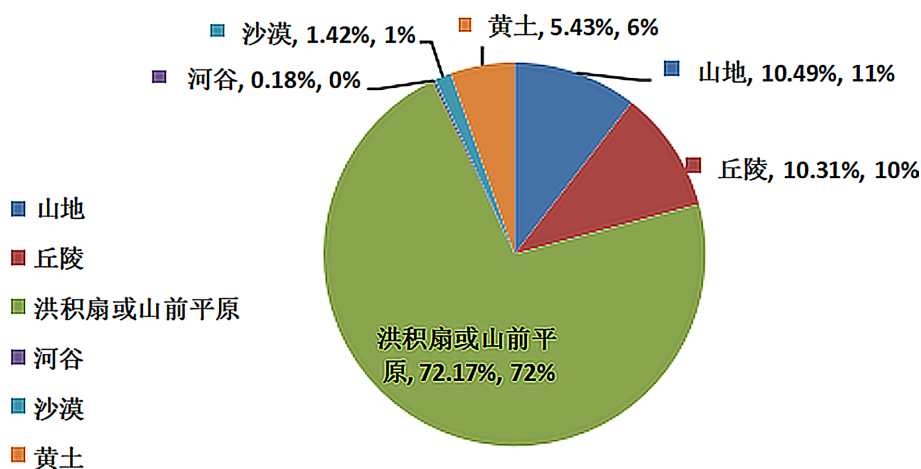


Figure 1. Proportion of geomorphic units crossed by pipelines in western China

图 1. 西部在役管道穿越地貌单元比例图

从宏观上分析，我国西北干旱区的绿洲(农业区)大多依托洪(冲)积扇发育而成。东天山南麓的吐鲁番、鄯善等地，便坐落于一个个独立的冲积扇之上；甘肃河西走廊西部，祁连山北麓的玉门市，地处形似银杏叶的昌马洪积扇东北边缘；酒泉与嘉峪关两市，扎根于北大河流域的冲洪积扇地带；张掖市位于黑河冲出峡谷后形成的冲洪积扇之上；武威市则坐落在石羊河出祁连山塑造的冲洪积扇区域。

2.1.2. 地质概况

根据现场踏勘并结合调研资料，沿线工程地质情况分段描述如下：

新疆地层主要为：第一层粉质黏土或砾石，砾石颗粒含量约 25%，一般粒径 20~100 mm，最大可见 200 mm，母岩成分以砂岩、灰岩等为主，分布及厚度不均匀，厚度 0.0~0.5 m；第二层卵石或砂砾，一般粒径 30~80 mm，最大可见 200 mm，砂土充填，夹角砾薄层，厚度大于 4.0 m。地表植被覆盖率 10%~20%。

甘肃戈壁地貌，部分为冲积平原，地表为粉质粘土和粉土，大部分为丘陵戈壁地貌，地表为角砾、碎石、粗砾砂、粉土，浅黄色，厚度 0.5~2.0 m，中密~密实。下伏基岩为新近系砂岩、粉砂岩和奥陶系花岗岩、玄武岩等，局部基岩出露。地下水主要为基岩裂隙水，含水层厚度十几米至几十米，地下水贫乏。沿线植被稀少，主要为荒地，以沙蒿等为主，永昌以西植被覆盖率 10%~20%。永昌至景泰，植被覆盖率

20%~40%。

2.1.3. 水文概况

新疆伊利雪山融水较多,水量丰富。在哈密后段,山势较低,多为剥蚀丘陵,降雨稀少,蒸发量大,地下水补给来源、径流、排泄条件较差,地下水主要受地质构造、地形地貌、气候及地层岩性的控制。在丘间洼地内补给来源是暂时性洪水,地下水多具间歇性、季节性和水量小等特点,且地下水富水性差,水量极为贫乏。

甘肃地表河流稀少,地下水储藏较贫乏,大部分地区依靠降雨和融雪补给。部分地段虽存在地下水补给地下径流、灌溉渗透补给的情况,但受地下水利用率提升、补给渗漏量减少等因素影响,全省地下水呈逐年下降趋势,水资源愈发匮乏。

2.1.4. 土壤

项目区土壤类型主要有黄绵土、沙砾土、灰钙土、灌淤土、淡栗钙土、亚高山草甸土等。

2.1.5. 植被

西北地区油气管道沿线主要涉及的植被类型以草原、草甸、荒漠、沼泽为主,植被相对稀疏,主要有:绢蒿、驼绒藜、垫状驼绒藜、西藏亚菊、嵩草属、苔草属和羊茅属植物、合头草、琵琶柴、短叶假木贼、沙生针茅、镰芒针茅、戈壁针茅、碱韭、芦苇、香蒲、小香蒲、拂子茅、荆三棱等。

2.2. 西北存在的主要生态环境问题

2.2.1. 土地沙漠化

全新疆土地面积中有 $79.59 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 为荒漠化土地,占全疆土地总面积的 47.7%,是我国荒漠化面积最大、分布最广、危害最严重的地区,也是世界严重荒漠化地区之一。

2.2.2. 水土流失

根据全国第二次水土流失遥感调查成果,新疆水土流失的总面积约为 $103.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占新疆总面积的 62.4%。其中水蚀面积占新疆总面积的 6.9%;风蚀面积占新疆总面积的 55.5%。

2.2.3. 盐渍化

自然地理条件的影响,使新疆盐碱土分布广、面积大,且不适当的农业措施等人为因素,往往会造成土壤的次生盐渍化。土壤盐渍化问题是制约新疆耕地农业生产水平提高和人工绿洲健康发展的重要因素。

2.2.4. 草地面积减少、超载和退化

新疆天然草地面积为 $5725.88 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占全疆面积的 34.44%。但如今草地面积减少、牲畜头数迅速增长,已成为当前新疆最突出的生态环境问题之一。

2.3. 政府生态治理方针

近年来,新疆明确提出“环保优先、生态立区”的科学发展理念,坚持资源开发和生态环境发展“两个可持续”总方针。对水源涵养区、饮用水保护区、沙化土地禁封区、风景名胜区、自然生态良好区等生态环境敏感区实行最严格的环保措施,禁止一切资源勘探和开发。

新疆在加强塔里木河干流、哈密东天山等保护区建设和管理的同时,构筑由阿尔泰山地森林、天山草原森林和帕米尔高原-昆仑山-阿尔金山荒漠草原三大生态屏障以及环塔里木盆地、准噶尔盆地边缘绿洲区组成的“三屏两环”生态安全战略格局。

新疆以水资源合理开发和配置为龙头,加大生态环境修复与保护力度,加大重大生态保护工程建设力度,加大环保行政管理工作力度,促进绿洲生态系统和荒漠生态系统、高山生态系统的和谐共生,促进人与环境和谐相处,促进资源开发、经济社会发展、生态环境协调、可持续发展。

3. 西北地区油气管道生态恢复措施分析

3.1. 管道生态恢复措施类型

目前油气管道工程常用的生态措施有:植草护坡、混凝土格构+植草护坡、生态袋护坡和堡坎、草袋护坡、植生带护坡、挂网喷播护坡等类型,此外,在公路、铁路、水运等线性工程中,尚有生态植被毯、混凝土预制异形块拼接等生态恢复措施,结合西北地区土壤脆弱、土层易流失、地下水富水性差,水源贫乏、植被恢复困难的特点,经过分析,适合西北地区的管道生态恢复措施主要以轻型结构、柔性材质、保土性能好、需水量小的措施为主,主要有以下七种形式:植草护坡、袋装土护坡和堡坎、生态植被毯、植生带护坡、混凝土格构+植草护坡、混凝土预制异形块+植草护坡、挂网喷播植被护坡。

3.1.1. 植草护坡

植草护坡适用于坡度小于25度的土质边坡,直接撒播草籽;坡度大于等于10度需在坡面上设置拦水埂,或排水渠。

植草护坡通过在岸坡种植植被,利用植物发达根系的力学效应(深根锚固和浅根加筋)和水文效应(降低孔压、削弱溅蚀和控制径流)进行护坡固土、防止水土流失,在满足管道安全需要的同时也满足生态环境的需求。

草种选择方面,管道沿线主要有草原植被、半荒漠植被、人工植被等,固土植物一般应选择耐酸碱性、耐高温干旱,同时应具有根系发达、生长快、绿期长、成活率高、价格经济、管理粗放、抗病虫害的特点。选择适宜的草种,草种的种类两三种以上为宜。

油气管道沿线植草护坡典型应用案例见图2:



Figure 2. Grass planting slope protection
图2. 植草护坡

3.1.2. 袋装土措施

袋装土可用作护坡、堡坎、拦水埂等形式,主要用于土质边坡或风化的岩石边坡防护和地坎恢复。袋装土材质常用的有生态袋装土和草袋装土,袋装土利用结构本身进行护坡固土、防止水土流失,在满足管道安全需要的同时也满足生态环境的需求。

袋装土稳定性较强,具有透水不透土的过滤功能,利于生态系统的快速恢复,施工简单快捷。最大的优势在于生态恢复与绿色环保。但是袋装土易老化,生态袋内植物种子再生问题也未解决,生态袋孔

隙过大，或袋状物破损，土体易在水流冲刷下带出袋体，造成沉降，影响设施稳定。

生态袋在公路、铁路行业的岸坡防护中应用比较广泛，图 3 为某高速公路在千灵山附近采用生态袋护坡施工前后的照片，可以看出生态袋生态恢复效果显著。



Figure 3. Ecological bag slope protection

图 3. 生态袋护坡

3.1.3. 生态植被毯

生态植被毯主要用于土质较缓的边坡防护恢复。采用专用机械设备，依据特定的生产工艺，把肥料、草种和保水剂按一定密度定植在可自然降解的无纺布或其他材料上，并经机器的滚压和针刺等工序而形成的产品，结构组成见图 4。

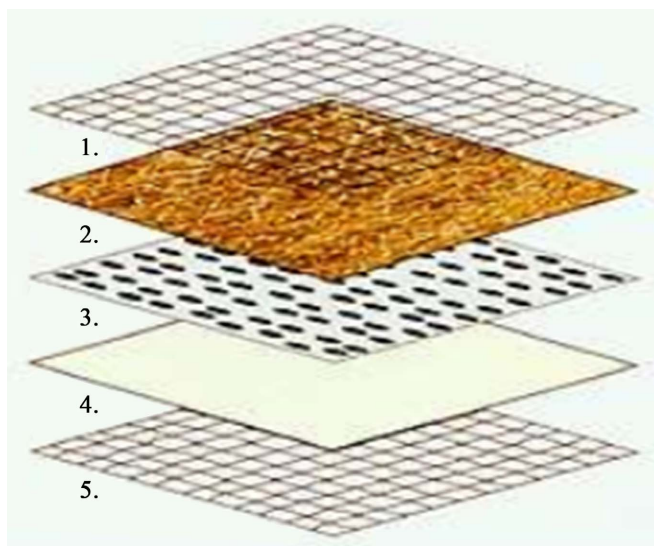


Figure 4. Structure of ecological vegetation blanket with seeds: 1. net; 2. plant fiber layer; 3. seeds; 4. paper; 5. net

图 4. 带种子的生态植被毯结构：1. 网；2. 植物纤维层；3. 种子；4. 纸；5. 网

生态植被毯利用植物发达根系的力学效应(深根锚固和浅根加筋)和水文效应护坡固土、防止水土流失。其稳定性较好，具有透水不透土的过滤功能，利于生态系统的快速恢复，施工简单快捷，但是只适用坡度较缓的土坡防护。

生态植被毯工程案例见图 5。



Figure 5. Ecological vegetation blanket
图 5. 生态植被毯

3.1.4. 植生带护坡

植生带主要用于土质边坡或风化的岩石边坡防护恢复。利用聚丙烯等片状材料经热熔粘连成蜂窝状的网片，在蜂窝状单元中填土植草，起到固土护坡作用。植生带具有材料轻、耐磨损、抗老化、韧性好、抗冲击力强、运输便利、施工方法方便的优点。但是，植生袋适用的坡度不能太陡，不适宜水淹。

植生带护坡工程案例见图 6。



Figure 6. Slope protection with vegetation belt
图 6. 植生带护坡

3.1.5. 混凝土格构 + 植草措施

混凝土格构 + 植草措施主要用于土质边坡或风化的岩石边坡防护。格构可采用拱形、菱形、正方形、长方形等形式。图形中间采用种植植被。植物根系与坡体有机融为一体，形成了对坡体的锚固作用，也

起到了透气、透水、保土、固坡的效果。混凝土现浇结构形式多样,可以根据不同的需求选择不同形状,图形中间的位置既可以用来种草,也可用来外观美化,具有较强的水循环能力和抗冲刷能力。但是坡体土需压实、压紧,否则经雨水冲刷易形成凹陷地带;其次,成本较高,施工工作量较大,在雨水少的地方养护较困难,不适合砂质土层。

格构可单独使用,也可和工程措施结合使用。工程案例见图7。



Figure 7. Concrete lattice structure + grass planting measures
图7. 混凝土格构 + 植草措施

3.1.6. 混凝土预制异形块拼装 + 植草措施

混凝土预制异形块拼装 + 植草措施主要用于土质边坡或风化的岩石边坡防护。比较稳定的岸坡防护通常采用工程措施和植物措施相结合的形式,一般坡底采用混凝土或浆砌石等刚性结构,坡上半部分采用异形块拼接的形式,在异形块中或之间种植植被,这种具有连续贯穿的多孔结构,为动植物提供了良好的生存空间和栖息场所,异株植物根系的盘根交织与坡体有机融为一体,形成了对坡体的锚固作用,也起到了透气、透水、保土、固坡的效果。

混凝土预制异形块拼装 + 植草措施形式多样,可以根据不同的需求选择不同外形的多孔砖;多孔砖的孔隙既可以用来种草,具有较强的抗冲刷能力,施工方便。但是坡度不能过大,否则多孔砖易滑落,坡体必须坚固,土需压实、压紧,否则经雨水冲刷易形成凹陷地带。

混凝土预制异形块拼装 + 植草措施典型工程案例见图8。

3.1.7. 挂网喷播护坡

挂网喷播护坡主要用于岩石边坡防护恢复,是将草种、肥料、保水剂、土壤、有机物、稳定剂等混合物充分混合后,通过喷射机按设计厚度均匀喷到需防护的坡面,以达到护坡固土、防止水土流失,既满足管道安全的需要,又满足生态环境的需求。挂网喷播护坡适合大坡度石质边坡,施工快捷、植物生长快、绿期长、成活率高。但是挂网喷播护坡造价较高,刚施工完雨水易冲刷,配套设备移动不方便。

挂网喷播护坡工程案例见图9。

3.2. 西北地区草树种选择

各种生态恢复措施中,植被恢复的效果与草树种的选择直接相关。西北地区气候干旱,冬季温度较低,土壤贫瘠,日照时间长。因此,宜选择耐旱、耐寒、喜光、耐盐碱的草树品种。通过调研对比,拟选

取适宜西北地区油气管道植被恢复的草树种，乔木品种主要为新疆杨，灌木品种主要有怪柳、柠条、白榆、沙枣、沙柳，草品种主要有早熟禾、冰草、披碱草、紫花苜蓿、草木樨。各类草树种的特性见表 1。



Figure 8. Assembled precast concrete special-shaped blocks + grass planting measures
图 8. 混凝土预制异形块拼装 + 植草措施



Figure 9. Shotcreting with wire mesh for slope protection
图 9. 挂网喷播护坡

Table 1. Characteristics of grass and tree species
表 1. 草树种特性表

类型	种分	分类	特点	抗性
乔木	新疆杨	杨柳科	枝较小且具有顶芽，芽鳞在 2 枚以上。单叶。雌雄异株，没有花瓣，有环状花盘及苞片。种子小，具冠毛。寿命长、材质好、干形好、早期不速生、无性繁殖难、造林成活率低、喜光强阳性树种，成林长势受影响。	早期速生、适应性强、分布广、种类和品种多、容易杂交、容易改良遗传性、容易无性繁殖等特点。
灌木	怪柳	怪柳科	怪柳落叶灌木，叶互生，披针形，鳞片状，小而密生，呈浅蓝绿色。小枝下垂，纤细如丝，婀娜可爱。总状花序集生于当年枝顶，组成圆锥状复花序；花粉红色，夏秋开花，有时一年开三次花。蒴果 10 月成熟，通常不结实。	喜光、耐旱、耐寒，亦较耐水湿。极耐盐碱、沙荒地，根系发达，萌生力强，极耐修剪刈割。

续表

柠条	豆科	灌木, 又叫毛条、白柠条, 落叶大灌木饲用植物, 根系极为发达, 主根入土深, 株高为 40~70 厘米, 最高可达 2 米左右。适生长于海拔 900~1300 米的阳坡、半阳坡。	抗旱性、抗热性、抗寒性和耐盐碱。
白榆	榆科	也称榆树, 落叶乔木或小灌木, 树冠圆球形, 小枝灰白色, 无毛。 阳性树种, 喜光, 耐旱, 耐寒, 耐瘠薄, 不择土壤, 适应性很强。根系发达, 抗风力、保土力强。萌芽力强, 耐修剪。生长快, 寿命长。不耐水湿。	具抗污染性, 叶面滞尘能力强。
沙枣	胡颓子科	沙枣为灌木或乔木, 高 3~10 (15) 米。树皮栗褐色至红褐色, 有光泽, 树干常弯曲, 枝条稠密, 具枝刺, 嫩枝、叶、花果均被银白色鳞片及星状毛。	抗旱, 抗风沙, 耐盐碱, 耐贫瘠。
沙柳	杨柳科	沙柳为沙漠植物, 也是极少数可以生长在盐碱地的一种植物。其幼枝黄色, 叶线形或线状披针形, 枝条丛生不怕沙压, 根系发达, 萌芽力强, 是固沙造林树种。	抗逆性强, 较耐旱, 喜水湿; 抗风沙, 耐一定盐碱, 耐严寒和酷热。
早熟禾	禾本科	生长低矮, 根茎发达, 幼苗活力强, 出苗快; 返青早、生长迅速、持绿期长; 受损后迅速恢复能力强; 极强的耐寒性; 耐瘠薄, 易养护, 在低水肥条件下, 仍能保持叶色鲜绿, 坪质优美。	适应性强, 出色的抗旱、抗病性。
冰草	禾本科	多年生草本, 根系较发达, 耐旱和耐寒性强, 是一种比较典型的草原性旱生植物。沙生冰草返青早, 沙生冰草再生性也较好, 适于放牧利用。到冬季地上部分茎叶能较好地残留下来, 渐干枯的叶子也能牢固地残留在茎上。沙生冰草对土壤不苛求, 但通常喜生于沙质土壤、沙地、沙质坡地及沙丘间低地。沙生冰草在沙地植被中主要作为伴生种出现, 有时在局部覆沙地段或沙质土壤上可成优势种, 形成沙生冰草草原。	耐旱和耐寒性强。
披碱草	禾本科	多年生草本, 疏丛型, 须根状, 根深可达 100 厘米。秆直立, 高 70~160 厘米。叶片长 8~32 厘米, 宽 0.5~1.4 厘米, 叶缘被疏纤毛。披碱草具有一定的抗寒、抗旱能力, 适应性较强。耐寒冷, 耐干旱, 绿期长。	耐踏, 对二氧化硫抗性强。
紫花苜蓿	豆科	多年生草本植物, 根系发达, 抗逆性强, 适应范围广, 能生长在多种类型的气候、土壤环境下。	抗寒耐旱能力强。
草木樨	豆科	二年生或一年生草本, 草木樨的耐旱能力很强, 当土壤含水率为 9% 时即可发芽。	耐寒、耐瘠性也强, 也有一定的耐盐能力, 对土壤要求不严。

4. 结论

1) 适合西北地区油气管道生态恢复的工程措施主要有以下七种形式: 植草护坡、袋装土护坡和堡坎、生态植被毯、植生带护坡、混凝土格构 + 植草护坡、混凝土预制异形块 + 植草护坡、挂网喷播植被护坡。经实际工程案例验证, 上述工程措施在西北地区油气管道生态恢复中具有较好的应用效果。

2) 西北地区油气管道生态恢复工程宜选择耐旱、耐寒、喜光、耐盐碱的草树品种, 乔木品种主要为新疆杨, 灌木品种主要有怪柳、柠条、白榆、沙枣、沙柳, 草品种主要有早熟禾、冰草、披碱草、紫花苜蓿、草木樨。

3) 由于上述工程措施在材料、结构等方面的特点, 在实际应用中仍存在一定的局限性: 如植草护坡和生态植被毯仅适用于坡度较小的边坡、生态袋易老化、混凝土格构 + 植草措施养护较困难、挂网喷播

护坡造价较高且配套设备移动不方便等。未来随着柔性复合材料技术研究的进展和工程设备的研发,有望改善材料寿命、结构强度及施工成本等一系列问题,使生态恢复措施在长输管道工程中得到更广泛的应用。

参考文献

- [1] 李影, 李国义, 马文鑫. 我国油气管道建设现状及发展趋势[J]. 中国西部科技, 2009, 8(14): 6-8.
- [2] 宋艾玲, 梁光川, 王文耀. 世界油气管道现状与发展趋势[J]. 油气储运, 2006, 25(10): 1-6.
- [3] 黄一劲, 柴宗新, 刘淑珍. 油气管线工程的水土流失特点与防治要点[J]. 中国水土保持, 2008(1): 42-43.
- [4] 陈雅玲. 长输管道建设过程中水土流失特点及防治措施探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(13): 98-99.
- [5] 哈岸英, 朱记伟, 马斌, 等. 西气东输管道工程宁夏段水土保持生物植被恢复措施研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(4): 52-55.
- [6] 白玉, 徐成, 秦百顺, 等. 长输管道植被恢复及关键种植技术[J]. 水土保持通报, 2016, 36(1): 201-205.
- [7] 张秀珍, 冯强, 崔瀚中. 实施植被恢复打造绿色管线——石油管道工程植被恢复工作的探索[J]. 甘肃农业, 2014(23): 107-108.
- [8] 郑锬. 新疆油气管道工程的水土保持植物措施[J]. 中国水土保持科学, 2013, 11(S1): 29-33.
- [9] 沈中原, 赵罡, 李占斌, 等. 生态脆弱区输气管道沿线生态修复措施探讨——以西气东输宁夏段为例[J]. 安全与环境学报, 2005, 5(5): 71-74.