

石油长输管道工程对生态环境的影响

穆从如 杨林生

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)

摘要 分析石油长输管道工程对生态环境要素, 即天然植被、人工林地、牧场、农田、绿洲、土壤和野生动物的影响, 并提出工程对 7 种生态类型损失量的计算模型。在环境保护对策方面, 提出生态恢复能力的 3 种指标值, 用以表示施工后地表生态环境恢复的程度, 并以此提出降低工程损失和加快生态环境恢复的措施。

关键词 石油长输管道工程, 生态环境, 生态恢复能力。

随着我国石油天然气能源基地向边境开拓, 长输管道成为能源输送的重要手段。管道工程一次投资, 多年受益, 是势在必行的工程。管道的建设对环境产生一定的影响, 尤其对生态环境的破坏有必要作出恰当的评价。

长输管道工程性质决定其对环境影响, 是贯穿多种自然生态类型的线状干扰。施工期间工程对生态环境的影响属于高强度、低频率的局地性破坏和暂时性的干扰; 管道运行期间, 将产生地表温度、水分等物理现象异常, 以及对地面植被和野生动物繁殖、迁徙和栖息环境的影响等^[1]。

管道的敷设对生态环境的影响亦可分为暂时影响区和永久影响区。暂时影响区: 敷设管道开挖沟宽为管道直径的 2.5—3 倍, 沟深不小于管径加覆土厚度, 沟道开挖过程中机械碾压、人员践踏、土体翻出埋放地表, 使农作物、树木和天然植被遭砍伐、被铲除, 农田被掩覆, 野生动物受惊吓和驱赶, 其影响范围为管沟两侧各 50 m。永久影响区: 管道建成后的占地和对生态环境长久影响的范围。按《石油天然气管道保护条例》*, 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。

1 长输管道工程对生态环境影响的分析

1.1 对农业生产的影响

在管道施工现场, 当季无法种植作物, 一年一熟地区耽误全年收成, 两年三熟地区将减少 60% 以上。管道运行期间, 其所占土地只能种浅根作物, 而管道维修养护也影响农业收入。暂时影响区内, 农田在管道完工后即可生产, 土层翻动使肥力下降, 第二、三季产量将下降 20%—40%; 对菜园和果园影响更大, 难以恢复培熟的土层, 3—5 年内瓜菜产量明显下降, 果树将无收成。

管道通过灌区, 对主干渠道采用跨、埋越方式, 而灌排支、斗、农渠将被拆除, 从而改变了水利系统, 影响农业收入。只有在水利工程恢复之后, 农业损失才得以免除。

1.2 对牧业的影响^[2]

管道通过牧场的可能性更大。若按 3000 kg 鲜草计算载畜量(1 个羊单位), 那么对湿生草原的影响要大于干草原, 干草原的复原能力较差, 3—5 年内难现原貌。

1.3 对林业的影响

其影响包括对人工林如防护林、塬边林、村旁路边林和对大片次生林地的影响。管道施工减少了林地面积, 也减少木材蓄积量。其减少程度和恢复速率取决于林木的立地条件和施工以后所采取的恢复措施。在永久占地则得不到恢复。

1.4 对野生动物及其栖息环境的影响

* 1989 年 3 月 12 日国务院第 33 号令

收稿日期: 1994-07-30

管道工程应尽量避免自然保护区。严禁对珍稀野生动物繁殖和栖息地的破坏,并防止捕猎和惊吓动物。施工期要避开动物孵卵和育雏期。管道明管铺于地表时要留出动物通道。

1.5 对土壤的影响

(1) 开挖和回填对土壤的影响 工程沿线在不同类型土壤中开挖和回填,对土壤的影响有以下方面:① 破坏土壤结构,土壤上层的团粒结构一经破坏需要长时期的培育才能恢复和发展。土壤耕作层受到扰乱,这一层一般厚 15—25 cm,除开挖部分受到直接破坏以外,挖土堆放处也会影响耕作层,弃土的混合和扰动,也会改变耕作层的性质。② 改变土壤质地,上层和下层土壤的质地不尽相同,管沟下挖回填改变了土壤层次和质地,影响土壤发育,降低土壤耕作性能。

(2) 工程固体废弃物对土壤的影响 管道外层保温材料的包扎,防护涂层的抹刷等都有

固体物质落于土壤中,这些难于分解的物质将长期影响耕作和农作物的生长。

(3) 工程对土壤养分含量的影响 工程施工和投产以后土壤有机质含量、氮、磷、钾含量降低,尤其是速效性养分不是复耕一、二季所能恢复的。根据某拟建管线地区几种生态类型中的土壤理化性状和不同土层的养分含量状况,以剖面加权方法计算的养分含量变化状况见表 1。

(4) 工程对土壤物理性质的影响^[3] 施工打乱土层,改变土壤容重,同时,地表植被受破坏后地表填筑物对太阳热能的吸收量增加,对热量的反射率也随之变化,这将导致管道埋设地段地面热量平衡状况的改变。类比调查表明,华北石油管道运行期间,地表土壤温度比相邻地段高出 1—3℃,蒸发量加大,土壤水分减少,秋季农作物提前 1—2 周成熟,冬季土表积雪提前融化。

表 1 输油管道工程对土壤养分的影响¹⁾

生态类型区	有机质(%)		全氮(%)		磷素(%)		钾素(%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
干旱荒漠区	0.49	42	0.005	6.8	0.012	10.4	0.012	8.2
荒漠绿洲区	0.78	53.8	0.070	41.2	²⁾ 4.4×10 ⁻⁶	40.0	73	40.1
干草原区	1.09	31.1	0.069	30.5	0.002	24.4	0.037	2.0
黄土高原区	0.66	46.5	0.044	50.6	²⁾ 2×10 ⁻⁶	33.3	²⁾ 61×10 ⁻⁶	32.5
河谷平原区	0.47	42.6	0.020	27.0	²⁾ 6×10 ⁻⁶	46.0	²⁾ 31×10 ⁻⁶	26.3
黄土台塬区	0.29	36.2	0.044	47.3	0.029	13.9	0.19	9.1
平 均		37.0		33.9	全磷	16.2	全钾	5.1
					速效磷	39.8	速效钾	32.9

1) A 是工程造成土壤养分的损失量, B 是损失量占现状含量的百分值 2) 速效性养分含量

2 管道工程对生态环境影响模型的建立和计算

根据工程施工要求需要永久占地和临时占地面积,按不同生态类型建立农业、牧业和林业损失量的计算模型^[4]。

2.1 农业种植作物产量计算模型

根据农作物产量和土壤养分含量、土壤物理性质的相关关系,建立农作物产量和土壤性质的多元回归方程:

$$W_1 = \sum a_i c_i + b_i D$$

(1)

式中, W_1 为该生态类型生长的优势农作物的单位产量; c_i 为耕层土壤养分因子,本模型中选用土壤有机质、全氮、全磷(或速效磷)和速效(或全)钾; D 为土壤物理因子,选用质地结构,土壤水分,土壤容重等; a_i 和 b_i 为模型系数。

在下列 5 种生态类型中,选取 15 组以上土壤和作物产量数据,建立产量和土壤的回归方程,确定系数 a_i 和 b_i 。式中 W 为农作物产量(kg/km²); H 为有机质含量(%); N 为全氮含量(%); P 为全磷含量(%); K 为速效钾含量(10⁻⁶); D 为土壤物理因子。

干旱荒漠生态类型区:

$$W = -168.7 + 98.6H + 621.4N - 356.9P + 0.2K + 150D$$

干旱荒漠绿洲农业区:

$$W = -210 + 199.8H - 274.3N + 7.3P - 0.1K + 169.9D$$

黄土高原农业区:

$$W = 9.73 + 122.53H - 934.05N + 12.65P + 0.20K + 209D$$

河谷平原农业区:

$$W = -15.05 + 440.13H - 273.63N + 0.34P + 0.15K + 13.73D$$

黄土台塬谷地农业区:

$$W = 286.2 + 137.35H + 3.60N - 30.80P + 35.20K - 0.37D$$

2.2 农业区种植作物产量预测

根据长输管道通过地区生态类型中各种土壤的理化性质赋值,即可求得覆土后管沟区域粮食产量(W_2),同理可以求得采取保护措施后管沟区域粮食产量(W_3)。

农业区工程造成的农业损失由 3 部分组成:管道永久性占地损失量(Y_1),暂时占地损失量(Y_2),施工范围的损失量(Y_3)。

永久占地农业损失量: $Y_1 = W_1 \times A_1$ (2)
式中, A_1 为永久占地面积, W_1 为作物单产。

暂时占地农业损失应考虑工程完成后农业措施之下的恢复率(K)为:

$$K = (W_1 - W_2) / W_1 \times n \quad (3)$$

n 为恢复年数, 每年恢复量(Q)为:

$$Q = K \times W_1 = (W_1 - W_2) / n \quad (4)$$

因此工程暂时占地第一年农业损失量为:

$$X_1 = W_1 - W_2$$

$$\text{第二年损失 } X_2 = W_1 - W_2 - Q$$

$$\text{第三年损失 } X_3 = W_1 - W_2 - 2Q$$

$$\text{第 } n \text{ 年损失 } X_n = W_1 - W_2 - (n-1)Q$$

当 $(n+1)$ 年农业恢复正常, 单位产量损失为:

$$X = X_n = n \times (W_1 - W_2) - n \times (n-1) \times Q / 2 \quad (5)$$

(4)代入(5)即得:

$$X = (W_1 - W_2) \times (n+1) / 2$$

管沟暂时占地农业损失量为:

$$Y_2 = A_2 \times X = A_2 \times (W_1 - W_2) \times (n+1) / 2 \quad (6)$$

式中 A_2 为工程暂时占地面积, 管道施工区, 用地为 A_3 , 农业单季损失为:

$$Y_3 = A_3 \times W_1 \quad (7)$$

2.3 草原畜牧业评价模型

草原牧场产草量的高低是草场生产能力的标志, 由鲜草生产量决定其载畜量。工程对草场畜牧业的影响在于破坏草原降低载畜量, 下式表示载畜量(Q)和草场产草量的关系:

$$Q = (W \times A \times b) / a$$

式中, W 是鲜草产量 (kg/km^2), A 为面积 (km^2), b 是鲜草利用率 (按 70% 计), a 是一个羊单位所需鲜草量 (以每年 3000 kg 计), 则工程永久载畜损失量为:

$$Q_1 = (W \times A_2) / 2100 \quad (8)$$

管沟区地表牧草的破坏恢复年数为 n , 则每年恢复为 $1/n$, 第一年载畜损失量为:

$$Q_{2.1} = (W \times A_2) / 2100$$

第 n 年载畜损失量为:

$$Q_{2n} = [1 - (n-2)/n] \times W \times A_2 / 2100$$

工程暂时载畜损失量为:

$$Q_2 = Q_{2.1} + Q_{2.2} \cdots + Q_{2.n} = (n+1) / 2 \times (W \times A_2) / 2100 \quad (9)$$

施工区载畜损失量为:

$$Q_3 = A_2 \times W / 2100$$

式中, A_2 为施工区面积。

2.4 工程对林业影响的评价模式

管道工程对林业影响包括两方面内容, 一是施工区一次性毁林损失, 二是工程后期林业恢复过程中的损失。一次性损失模式为:

$$Y_1 = A_1 \times W$$

式中, A_1 为施工区面积, W 为单位面积活林蓄积量。假设恢复年数为 n , 恢复率为 K , 施工后第一年单位面积活林蓄积量损失为:

$$Y_{2.1} = W - W \times K$$

第二年损失量为: $Y_{2.2} = W - 2 \times W \times K$

第 n 年损失量为: $Y_{2,n}=W-n\times W\times K$

林业恢复过程中损失总量:

$$Y_2 = [n \times W - n \times (n + 1) \times W \times K/n] \times A_2 \tag{11}$$

式中 A_2 是施工区面积。如果 K 为自然生产率, 恢复年代 n 与 K 的关系是: $n \times W \times K = W$

把 $n=1/K$ 代入(11)式得出:

$$Y_2 = W \times A_2 \times (1/K - 1)/2 \tag{12}$$

式中 K 为森林自然恢复率(即生产率), W 为单

位面积林木蓄积量, A_2 为管沟及施工区面积。

按上述模式, 以我国西部地区 5 种生态类型为例, 计算出工程对农作物产量影响的结果见表 2。长输管道工程以挖深 2 m, 宽 5 m, 计算永久占地面积, 施工影响区以管沟两侧各 10 m, 5 年内恢复过程中损失总量。在干旱草原区对畜牧业暂时损失量是 22.2 羊单位/km, 永久损失量是 0.55 羊单位/(km² · a), 在森林草原区对林业暂时损失量为 5000—6000 m³/km, 永

表 2 管道工程对农作物产量损失的估算

生态类型区	干旱荒漠区	荒漠绿洲区	黄土高原区	河谷平原区	黄土台塬区
暂时损失量(t/km ²)	3.0—3.2	13—14	6.0—6.5	15—16	12—13
永久损失量[t/(km ² · a)]	0.7—0.8	3.0—3.5	1.5—1.8	3.5—4.0	3.4—3.5

久损失量为 20—23 m³/(km² · a)。

3 长输管道工程生态保护对策研究

3.1 生态环境恢复能力指标^[5]

生态环境恢复能力是以下列 3 个主要指标表示: 地面植被覆盖度(S_r), 农业产量值(R_p)和土壤有机质含量(Q_r), 生态恢复能力(F_g)是上述 3 个指标的综合体现, 3 个指标的综合叠加, 即表示环境恢复的好坏, 表示为:

$$F_g = S_r + R_p + Q_r \tag{13}$$

式(13)中 S_r 表示施工前后地面植被覆盖度的比值。

$$S_r = S_{rb}/S_{ra}$$

式中 S_{rb} 是施工后地面植被覆盖度的期望值, S_{ra} 是施工前地面植被覆盖度现状值, 式(13)中 R_p 表示施工前后农业产量的比例:

$$R_p = R_{pb}/R_{pa}$$

式中 R_{pb} 和 R_{pa} 分别代表施工后的农业产量期望值和施工前的现状值。式(13)中 Q_r 表示施工前后土壤有机质变化, Q_{rb} 和 Q_{ra} 分别代表期望值和现状值。 $Q_r = Q_{rb}/Q_{ra}$

以荒漠绿洲农业区为例说明管道施工后生态环境恢复能力指标的确定。根据实地调查和资料分析, 该区施工前 3 个现状指标, 地面植被覆盖度现状值 S_{ra} 是 6.3%, 农业产量现状值 R_{pa}

是 6×10^5 kg/km², 土壤有机质现状值 Q_{ra} 是 1.41%。工程占用绿洲农业区, 施工后期望值要求高, 在短时间(3 年)内生态环境得到恢复, 地面植被覆盖度期望值 S_{rb} 为 6.0%, 农业产量期望值 R_{pb} 为 4.5×10^5 kg/km², 土壤有机质含量期望值 Q_{rb} 为 1.2%, 上述指标代入(13)式, 计算得出荒漠绿洲农业区施工后生态环境恢复能力(F_g)的数据是 2.55, 详见下式:

$$F_g = 6.0/6.3 + 45000/60000 + 1.2/1.41 = 0.95 + 0.75 + 0.85 = 2.55$$

2.55 的恢复能力说明对该区的要求较高, 良好的绿洲, 纵横交错的护田林都应在施工后得到迅速的恢复。按上述方法对我国西部地区管道工程造成损失进行生态恢复能力的计算, 结果列入表 3。

3.2 降低工程损失和加快生态恢复的措施

(1) 在工程总体规划中必须考虑施工对生态环境和农业生产的影响, 将农业损失纳入工程预算, 在施工过程中, 除考虑工程本身高效原则以外, 也必须考虑减少对环境的影响的原则^[6]。

(2) 管道工程通过农业区, 尤其是占用园田、果园等经济农业区时, 要尽量缩小影响范围, 减少损失, 降低工程对农业生态系统的破坏。

表 3 各生态类型区的期望值和恢复能力¹⁾

生态类型区	现状值			期望值			生态恢复力
	S_{ra}	R_{pa}	Q_{ra}	S_{rb}	R_{pb}	Q_{rb}	
干旱荒漠区	0.5	0	0.6	0.1	0	0.4	1.8
荒漠绿洲区	6.3	6×10^5	1.41	6.0	4.5×10^5	1.2	2.55
干草原区	40	1.95×10^5	3.30	30	1.5×10^5	2.0	2.12
黄土高原区	20	1.68×10^5	1.33	10	1.0×10^5	0.65	1.58
森林草原区	34	0	2.50	20	0	1.50	2.18
河谷平原区	30	6×10^5	1.20	20	5×10^5	0.90	2.24
黄土台源区	27	6×10^5	1.10	20	5×10^5	0.88	2.37

- 1) 表中符号含义和单位与文中相同
- (3) 提高工程施工效率, 缩短施工时间, 采取边埋管道边分层覆土的措施, 以保持耕作层肥力, 减少裸地和减少管沟暴露时间, 缩短农业生产季节的损失。
- (4) 因地制宜地选择施工季节, 尽量避开农作物生长和收获期, 减少农业当季损失。同时还要注意自然灾害的多发期, 以利于工程的进行。
- (5) 管道施工中要采取保护土壤的措施, 对于农业熟化土壤要分层开挖, 分别埋放, 分层复原的方法, 减少因施工生土上翻耕层养分损失农作物减产的后果, 同时要避免间断覆土所造成的土层不坚实形成水土流失等问题。
- (6) 在施工中尽量减少对木树林地的砍伐, 要安排好施工队伍的能源燃料供应, 避免从当地植被中获取能源。施工后根据不同地区特点采取植被恢复措施, 种植速生树木和耐瘠薄的先锋灌木草本植物, 在农地可种植绿肥作物, 加速农业土壤肥力的恢复。
- (7) 管道工程要处理好与农田水利工程的关系, 尽可能减少对灌排渠道的破坏, 还要使农田机械化耕种不受管道工程的影响, 在管道经过坡地时要增设护坡堤, 防止填土的坍塌所造成的滑坡、泥石流等, 并结合修筑梯田, 植树种草种绿肥, 加速生态环境的恢复。
- 致射 参加本工作的还有王景华和王维中等同志, 一并感谢。

参考文献

1 Lvantsov O M. 张力波译. 北方地区长输管线施工和运行中的环境保护问题. 北京: 石油工业出版社, 1989: 201

2 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理总论. 北京: 科学出版社, 1985: 249

3 Rees C P. Environmental impact assessment pipeling. pipes & pipelines international, 1980: 15—21

4 穆从如. 油田开发环境影响评价文集. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 42

5 王景华等. 区域环境与影响评价. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 208

6 穆从如. 自然资源合理利用与保护. 北京: 中国环境科学出版社, 1993: 59

(上接第 68 页)一事实表明, 为保证居民生活饮水用的放射卫生质量, 坚持进行水质放射性检测是十分必要的。

参考文献

1 中华人民共和国国家标准. 生活饮用水卫生标准 GB5749-85: 2

2 马俊杰等. 生活饮用水中总 α 的快速测定. 中华放射医学与防护杂志. 1993, 13(3): 91

3 马俊杰, 吴洪竹. 水样中 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 与总 α 比值的测定及其在饮用水总 α 检测中的应用. 中华预防医学杂志. 1992, 26(4): 248

toxic organics in suspended solid and sediment. More attention should be paid to the fact.

Key words: organic pollutants, sediment, suspended solid.

HPLC Determination of Trace Phenols in Surface Water by Using a Concentration Technique Based on a Macromolecular Porous Resin GDX-502.

Bao Nan et al. (Center of Experiment, Shandong Univ., Jinan 250100): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 73–77

A simple method was described for the quantitative determination of phenols in surface water. The resin concentration technique was used instead of solvent extraction, by taking a macromolecular porous resin GDX-502 as an excellent adsorbent and dioxane as an excellent eluant. The eluate was analysed by a reversed-phase HPLC equipped with a UV detector. Recoveries of nine phenols were higher than 90%, except for 2, 4-dinitrophenol, and the average relative standard deviation ($n=5$) was 2.4%. The detection limits of nine phenols were 2.0–8.6 ng. Trace concentration at $\mu\text{g/L}$ level of these phenols pollutants can be determined. The developed method has been applied to determining phenols of urban lake water and river water with satisfactory results.

Key words: phenols, GDX resin, concentration, analysis by HPLC.

Study on the Economic Legal System for China's Sustainable Development.

Wang Mingyuan et al. (Center of Environmental Science, Peking University, Beijing 100087): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 78–82

Economic instruments were pointed out to have a very important role to play in the process towards sustainable development in China, and in essence, to allow the environmental resources to be used on a charged basis and the principle of polluter pays to be actually performed. The economic instruments for use in the sustainable development should mainly include an environmental fees imposing system, an environmental taxation system, financial incentives systems, emission permits trade systems, assurance systems on obligation to environmental damage, and the like. A detailed discussion was made on the concepts, natures, roles, current statuses, perfections and implementations of both environmental fees imposition and taxation systems, and the relationship between both. The issues of the application of financial subsidization and emission permits trade systems to the sustainable development

in China were also analyzed. Finally, it was stressed that the related environmental legislations should be further perfected so as to make strengthened economic instruments and compulsory environmental management.

Key words: sustainable development, economic instrument, environmental fees, environmental taxation.

Study on the Ecological and Environmental Effects of Constructing a Long Oil Pipe Work.

Mu Congru and Yang linsheng (Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 83–87

The effects of constructing a long oil pipe work on the ecological and environmental elements, such as natural vegetation, forest, grasslands, farmlands, oasis, soils and wild animal habitats, were analyzed. The models for calculating the losses of 7 ecotypes caused by such a pipe work construction were developed. In studying the response strategies for environmental protection, 3 indicators representing the ability of ecological restorage were suggested to describe the extent to which a damaged surface ecosystem can be rehabilitated after the completion of such a work. Based on this, the measures were suggested to minimize the losses by such a pipe work and to speed up the rehabilitation of a damaged ecosystem.

Key words: long oil pipe work, environmental impact, damaged ecosystem, ecological rehabilitation.

Theoretical Analysis of an Internal Circulating Bio-Fluidised Bed Reactor.

Zhou Ping, Qian Yi (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 88–90

An analysis on the flow pattern, the organic matter degradation by biofilm, and the biofilm forming in an internal circulating three-phase biofluidised bed was conducted, based on the reactor theory, biofilm kinetics and hydrodynamics. It was found that D/ud was constant in the reactor and the efficiency factor was calculated for a general municipal wastewater treatment system and the relationship between circulating velocity and reactor size was established. Some possible optimization ways to increase the reactor efficiency was also suggested.

Key words: internal circulating three-phase biofluidized bed, reactor, kinetics, hydrodynamics.