

内蒙探区勘探开发生态影响及恢复措施

张同国

(中国石化中原油田安全环保处)

摘 要 以位居草原化荒漠区的达尔其和桑合油区为对象,分析了内蒙探区石油勘探开发过程中占地和污染物两大因素的影响程度、可逆性及时效性,提出了预防管理、工程治理、植被恢复和施工期治理等综合防治措施,并进行了 6 a 的跟踪监测。结果显示:丰富度、盖度、生物量等生态指标随恢复年限呈增长趋势;在植物品质分析中,铅、砷含量自然恢复曲线与背景恢复曲线基本吻合,证明所用原辅物料中没有加入铅、砷等有毒有害材料;因固化作用,人工恢复植被中铅、砷含量分别低于背景值 13% 和 18%。表明人工恢复措施可加快生态恢复效应,3~4 a 可恢复至背景值。

关键词 勘探开发;生态恢复;植被;生物量

中图分类号: X37

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)04-0036-05

0 引 言

内蒙探区包括巴彦淖尔市、乌兰察布市和锡林郭勒盟 3 个市,总面积 27 230.7 km²。1993 年进行勘探,2004 年正式开发建设,至 2011 年底,累计建井 280 口,计量站 8 座,集输管线 45 km,年产油近 10 万 t,年注水 20.7 万 m³。该区域整体干旱少雨,年均降水量为 140~264 mm,多集中在夏季,年日照时数 3 100 h,最大冻土层厚度为 1.93 m,≥10℃ 积温为 2 500℃,无霜期 118~150 d,年均蒸发量约 2 800 mm。整个勘探开发区的草原生态系统风蚀沙化严重,生态环境十分脆弱,破坏易,恢复难。勘探开发在推动当地经济发展的同时,也对生态环境产生不良影响^[1]。因探区面积大,选择了投产时间长、油井较多的达尔其、桑合油区(简称达、桑油区)为研究对象,依据环境影响评价要求,开展了勘探开发生态环境影响及恢复措施研究,对生态影响进行环境因素识别,不断总结完善相应的生态恢复措施,2005—2011 年,对样地内植被丰富度、盖度、生物量等指标进行对比分析,跟踪验证恢复措施的有效性,对探索草原化荒漠区实施油气勘探开发生态保护措施具有重要意义。

1 生态影响分析

勘探开发对生态环境的影响主要集中于施工建设占地、外排污染物两大类,种类不同,影响程度也不一样。

1.1 建设占地

勘探开发建设占地分为永久占地和临时占地。

◆ 永久占地 包括采油井场、集输站场、专用公路、生活区占地等,共约 11.04 hm²,呈点、线布局形式。永久占地将改变地貌,直接、全部破坏草原植被^[2],严重扰动地表、加大水土流失面积、增加土壤侵蚀、改变原有生态系统结构和功能,单井、计量站、联合站等设施占地将使生态系统斑块数量和破碎度增加。这种影响是长期、严重、不可逆的。

◆ 临时占地 临时占地包括钻井施工、作业施工、场站施工和施工便道等占地,以及土石方开挖、场地平整、搬运施工机械等破坏、干扰活动,共约 77.54 hm²。临时占地将较大程度地破坏土壤表层结构,造成地面裸露,表土温度变幅增大,减弱表层土体抗侵蚀能力,增加临时占地周边地表径流量和冲刷强度,水土流失程度加剧,植被退化、覆盖度降低,这种影响是短期、较重、可逆的。

达、桑油区主要占地影响见表 1。

1.2 污染物排放

勘探开发活动中的污染物主要来源于钻井、井下作业、采油、集输等过程,形成没有厂界的区域性污染源^[3],以点源排放为主,排放状态以间歇式排放为主,兼有连续排放。对生态环境产生影响的主要污染物包括废水、固体废物两大类。

◆ 废水 主要包括钻井、采油、井下作业和生活废水等。采油废水为稠油污水,因开采时在高温、高压作用下溶解了地层中的各种盐类,在采油和油气集输过程中还掺进了各种化学药剂,含油量和乳化程度高、

表 1 达、桑油区主要占地影响

开发建设 项目	永久占地			临时占地		
	破坏方式	破坏度/ %	破坏面积/ hm ²	破坏方式	破坏度/ %	破坏面积/ hm ²
采油井场	运营、生产永久占地 场地平整	100	4.44	—	—	0
钻井井场	—	—	0	污水池和泥浆池区、营区、材料区占地、 弃土、踩踏等	80	65.12
专用公路	路面建筑、铺设、碾压	100	6	施工便道、取土、机械碾压、弃土、弃石	50	4.2
集输管网	—	—	0	管道弃土、弃石、扰动、机械碾压	50	7.8
集输站场	厂区建设、运营、生产	100	0.5	原材料堆放、机械碾压、踩踏、弃土、弃渣	70	0.35
生活区	办公、生活建筑占地	100	0.1	原材料堆放、机械碾压、踩踏、垃圾倾倒	60	0.07
小计			11.04			77.54
合计						88.58

表 2 达、桑油区废水水质

类别	pH 值	石油类/ (mg/L)	COD/ (mg/L)	硫化物/ (mg/L)	悬浮物/ (mg/L)	矿化度/ (mg/L)
采油废水	6~7	25~70	300~4 500	0.1~5	100~900	2 000
钻井废水	7~9	6~40	200~4 000	0.2~4	—	—
作业废水	6~8	2.5~60	32~2 500	—	20~90	2 000
生活废水	6~8	0.1~30	80~600	—	8~70	—

注：“—”代表无需监测或无数据。

胶质沥青质含量高,BOD/COD_{Cr}<0.2,生化性差^[4]。

钻井废水由冲洗钻台、钻具、地面、设备用水及起下钻时的泥浆流失物、泥浆循环系统的渗透物等组成。主要有石油类、钻井液添加剂、岩屑等。

作业废水主要来自井下作业酸化、压裂及洗井等作业过程,主要含有油类、表面活性剂及酸、碱等物质。

矿区生活废水主要来自职工生活用水后产生的废水,每人每天排出生活废水约 45 L 计,有机物含量高,BOD/COD_{Cr}>0.35,可生化性强。

这些废水排入环境后,影响土壤的理化性质和植被生长,对生态平衡的干扰较大,且恢复期较长。废水水质情况见表 2。

◆ 固体废物 主要有废弃钻井泥浆、钻井岩屑、联合站和污水站沉降分离出来的油泥砂、井场及管线穿孔落地油等。钻井废弃泥浆和岩屑主要污染因子有 COD_{Cr}、石油类、重金属(Pb、Hg、Zn、As 等)、硫化物、pH 值、挥发酚、盐(尤其是氯化物)、碱等。含油污泥由细小固体、油及水组成,主要含蜡质、沥青质和胶质

较多,难生物降解。

这些固体废物能通过渗漏污染土壤和浅层地下水,影响周围农牧业用水,引发土壤理化性质变化,进而影响土壤侵蚀情况。同时,通过植被根、茎、叶吸收污染物质,对植被产生生理危害。一些植物被破坏后虽然能够自我恢复,但这种恢复过程比较漫长,特别是泥浆池上的植被恢复较难。钻井液中的无机盐含量在土壤中积累到一定程度后,会使土壤盐碱化程度加重,使植物难以生长。此外,钻井废弃泥浆中含有一定量的重金属离子(如 Pb、Hg、As 等)及有机污染物(如多环芳烃、卤化烃、有机硫化物等)都有毒性,能在土壤中和植物体内富集。总之,这些固体污染物造成土壤肥力减弱、结构恶化,直接破坏生态系统的稳定性,导致沙丘活化,加剧荒漠化进程。

因此,从局部来看,一口井、一座计量或集输站只是一个小的污染源,而数百口油井及集输站组成的污染源,则成为大的面源污染。呈现出点多、面广、线长的特点,其影响具有全方位性、综合性与双重性。

2 生态防治措施分析

在工程施工之初及结束后,根据当地生态恢复的经验、植物生长季节和气候条件,应采取预防管理、工程治理、植被恢复和施工期治理措施等综合防治措施,不同的施工阶段采取不同的恢复措施。具体做法如下。

2.1 预防管理

要做到“三优”:优化工程设计,单井、站场尽量少占土地,减少土石方开挖量,尽可能避开植被较好的地段;优化工程施工工艺,规范施工,在站场建设、管道敷设等施工过程中边开挖、边回填、边碾压、边采取挡渣、排水和植被恢复措施;合理设计施工时序,尽量缩短施工周期,减少疏松地面的裸露时间,尽量避开雨季施工;施工时,减少边坡弃土弃渣。

2.2 工程治理

对勘探开发过程中产生的各种污染物进行分类治理。

◆ 废水治理 投建 6 万 t/a 的桑合采油污水处理站,将采油、钻井、作业等废水收集、处理后回注地层,避免外排污染环境。

◆ 固废治理 钻井施工前做好污水池和泥浆池的防渗,渗透系数 $<10^{-9}$ cm/s;完钻后,在泥浆中加入硅酸盐、氧化钙、磷肥、粉煤灰等进行固化处理,1~3 个月上部覆土 50 cm 进行植被恢复。固化法可使泥浆中的毒性组分聚集、封闭、固定,降低其对土壤的侵蚀和沥滤程度,减少对环境的影响和危害,回填复耕也较容易。落地油、油泥砂等含油污泥掺煤混烧,严禁随意掩埋弃置。

2.3 植被恢复

坚持灌、草相结合,深根性与浅根性相结合,速效性和永久性相结合,工程措施与植被措施相结合,对钻井井场、油区道路、集输站场等生态破坏区进行封禁育草生态治理。种子及补种技术指标见表 3。

2.4 施工期治理

主要指在项目工程施工期间对开挖土方所采取的水土流失和生态破坏防治措施,对施工区挖方土料堆放区、机械和人为活动扰动频繁区,采取遮盖等抑尘措施。汛期施工采用草袋拦挡和防雨布覆盖。管道敷设挖方土应分层放置,对临时堆土采取草袋拦挡或防尘网覆盖,施工结束后及时回填、平整、改造,避免水土流失,促进植被恢复。

表 3 油区封禁育草补种技术指标

防治分区	补种面积/ hm ²	播种量/(kg/hm ²)		
		驼绒藜	戈壁针茅	多根葱
钻井井场	65.12	2.25	2.25	0.75
集输管网	7.80	3.38	3.38	1.13
集输站场	0.35	2.63	2.63	0.88
油区道路	4.20	1.88	1.88	0.63
生活区	0.07	3.00	3.00	1.00
合计	77.54			

注:株行距(m×m)为 0.3×0.3;株间混交;补种方式为:穴状整地、穴播补种。

3 生态恢复效应分析

3.1 研究方法

2005 年开始,以破坏最重、面积最大的钻井类井场为对象,在围封状态下分别进行人工恢复和自然恢复,并选取远离井场的原始背景点为对照点。对历年来的钻井井场(样地)进行研究,每个样地选取 3 个重复样方,样方大小 1 m×1 m。齐地面剪取茎叶并收集落地枝叶,记录植物种类、株丛数、营养、盖度和生长高度等,称重后,装袋、记录、保存。

3.2 计算方法

物种丰富度 $S=N$
地上现存量 $W=(E+F+Y)/3$
盖度 $C=\sum S_i/S$

式中: N —物种总个体数; E —活体生物量; F —立枯量; Y —凋落物量; S_i —某种植物体地上部分垂直投影面积; S —样地面积。

物种多样性分析通常采用丰富度指数、多样性指数和均匀度指数进行计算,但根据呼格吉勒图等人的研究,物种多样性指数与物种丰富度、均匀度指数显著正相关^[6],所以此处只进行物种丰富度计算,不再进行多样性和均匀度等其他指数计算。

3.3 结果分析

3.3.1 丰富度变化

物种丰富度指数(S)是表明群落中物种多少的参数。物种丰富度变化趋势见图 1。

由图 1 可知,人工恢复和自然恢复状态下,物种数量皆呈逐年增加趋势,但人工恢复时,恢复速度较快,4 a 时即可基本恢复至对照水平,即 27 种;而自然状态下,恢复进度较慢,6 a 时才恢复至 20 种,未达

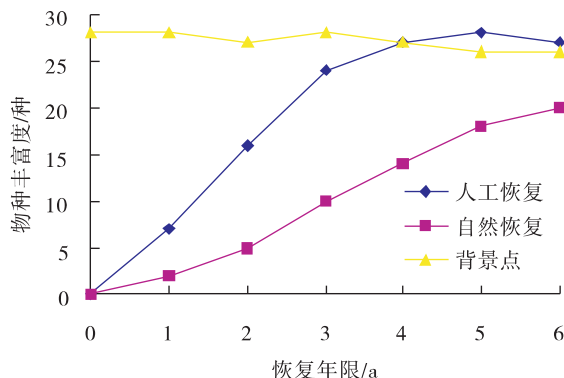


图1 物种丰富度变化趋势

到当年对照值 26 种。

3.3.2 盖度变化

盖度指的是植物体地上部分垂直投影所覆盖的面积占调查面积的百分比。盖度值越大,所覆盖的土地面积越大,表明植被恢复的越好,越利于防风固沙。盖度变化趋势见图 2。

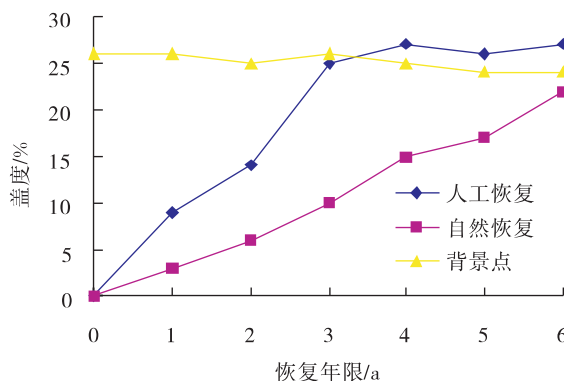


图2 盖度变化趋势

由图 2 可知:与丰富度一样,无论是人工恢复还是自然恢复,盖度都随恢复年限呈增长趋势;人工恢复盖度增加较快,3 a 即可由最初的 9% 恢复至背景值 25%;而自然状态下,恢复进度缓慢,6 a 时才达到 22%,接近当年背景值;在人工恢复状态下,第 4 a 盖度超过了背景值,说明人工状态下的生态环境更适宜物种生长发育;背景对照点盖度由最初的 26% 下降至第 6 a 的 24%,表明该区域整体环境有所恶化。

3.3.3 生物量变化

生物量是生物在某一特定时刻单位空间的个体数、质量或其含能量,可以是鲜重或干重,通常用 kg/m^2 、 g/m^2 或 t/hm^2 表示。生物量越大,单位面积产出量越高,植被恢复越好,因此生物量在一定程度上可以代表生产力。生物量变化趋势见图 3。

由图 3 可知,人工恢复生物量增长较快,3 a 期即

可由最初的 $15 \text{ kg}/\text{m}^2$ 恢复至接近背景值 $60 \text{ kg}/\text{m}^2$;自然状态下,恢复进度缓慢,6 a 时才达到 $55 \text{ kg}/\text{m}^2$,接近原始状态;背景对照点生物量由最初的 $65 \text{ kg}/\text{m}^2$ 下降至第 6 a 的 $60 \text{ kg}/\text{m}^2$,表明该区域整体环境有所恶化。

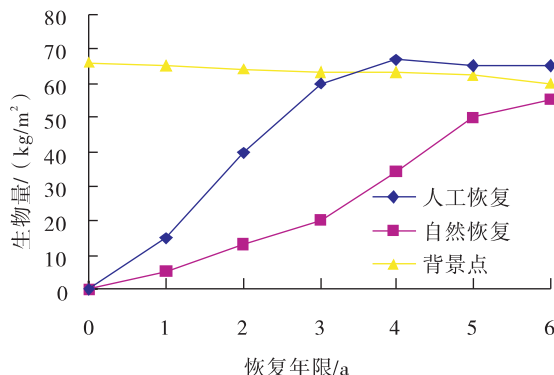


图3 生物量变化趋势

3.3.4 植被品质的变化

因植被对重金属具有累积效应,可沿食物链传递。因此需对植被进行品质分析,研究植被中重金属等有毒有害成分含量的演化规律。采用梅花布点法对井场附近(泥浆池)戈壁针茅中的铅、砷等成分进行采样监测,结果见图 4、图 5。

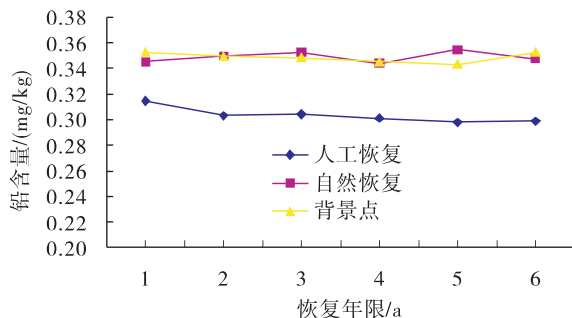


图4 植物中铅含量变化趋势

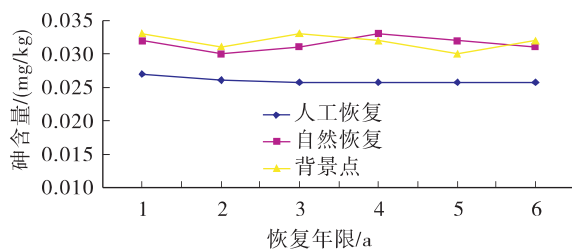


图5 植物中砷含量变化趋势

由图 4、图 5 可知:

◆ 背景点中铅、砷的含量分别为 $0.353 \text{ mg}/\text{kg}$ 和 $0.033 \text{ mg}/\text{kg}$ 左右,表明当地土壤中含有一定的铅、砷成分,导致植物中铅、砷含量均有检出。

◆ 从铅、砷自然恢复与背景点恢复曲线可知,自然恢复曲线上的监测值没有高于背景值,两者之间基本重合,表明在钻井等勘探开发活动中,所用钻井泥浆等

原辅物料中没有加入铅、砷等有毒有害材料,并且也未从地层中带出相应成分。

◆ 由于采取了泥浆固化等人工恢复措施,加入了氧化钙等碱性物质,砷转化为亚砷酸钙、砷酸钙沉淀;铅离子与碳酸根形成碳酸盐沉淀,铅、砷难以从固化体中解析出来,离子态数量减少。因此,植物在生长过程中摄取的铅、砷含量与背景值相比分别下降了13%和18%,这表明钻井泥浆固化可以有效降低植被中的铅、砷含量,人工措施是有效的,铅、砷含量未受到勘探开发活动的影响。

4 结 论

◆ 勘探开发中的主要生态影响因素包括占地和污染物两大类,其中,永久占地影响严重,不可逆;临时占地影响较重,可逆;废水和固废两类污染物影响均较重,且可逆,但历时较长。

◆ 为有效恢复生态环境,应采取预防管理、工程治理、植被恢复和施工期治理措施等综合治理措施,并坚持工程与植物措施相结合,灌与草相结合,深根性与浅根性相结合,速效性和永久性相结合。

◆ 人工恢复状态下,植被丰富度、盖度、生物量的恢复效应随恢复年限增长明显,3~4 a时可恢复至背景值,而自然恢复状态下,6 a时与背景值尚有一定差距,人工恢复比自然恢复至少缩短3 a,因此,所采用的各项生态恢复措施是有效的。同时,由背景值变化趋势反映出当地整体环境状况有恶化倾向。

◆ 铅、砷含量自然恢复曲线与背景恢复曲线基本吻

合,证明所用原辅物料中没有加入铅、砷等有毒有害材料。

◆ 由于固化作用,植物难以摄取土壤中的铅、砷离子,与背景值相比分别下降了13%和18%,并且两者分别低于GB 14935—1994《食品中铅限量卫生标准》、GB 4810—1994《食品中砷限量卫生标准》的要求,这表明人工措施是有效的,植被中铅、砷含量未受到勘探开发活动的影响。

在内蒙古等荒漠化草原地区,推广应用上述生态恢复措施,可以在进行油气勘探开发时,避免对当地脆弱的生态环境造成不良影响。

参 考 文 献

- [1] 詹鲲.油田企业环境保护[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [2] 冉新庆.浅议库车草湖地区石油开发对周边自然生态环境造成的破坏及影响[J].科技信息(学术版),2007(19):252-253.
- [3] 潘红磊,张士权.油气田开发对湿地的影响及保护措施[J].油气田环境保护,1997,7(4):36-39.
- [4] 刘东升,曹云森.油田环境保护技术综述[M].北京:石油工业出版社,2006.
- [5] 任磊,黄廷林.土壤的石油污染[J].农业环境保护,2000,19(6):360-363.
- [6] 呼格吉勒图,宝音陶格涛,包青海.不同干扰对典型草原群落物种多样性和生物量的影响[J].草业学报,2009,18(3):6-11.

(收稿日期 2013-04-18)

(编辑 王 薇)

(上接第33页)

4 结 论

采用一维数值计算程序Hydrus-1D对地下水中石油类污染物的迁移转化进行模拟,结果表明:污染物在足够长的时间(200 d)下渗至5 m,浓度为4 mg/L,污染物主要集中在地下2.5 m以内。因此,干化池的含油污水在自然蒸发、渗降的过程中对地下水不会造成较大污染。为避免渗漏的污水对土壤造成污染,需要经常检测干化池是否存在渗漏,消除污染源。

参 考 文 献

- [1] 胡江春,龙建林,王红芳,等.新疆塔河油田水文地质调

查研究[J].矿业研究与开发,2007,27(3):33-34.

- [2] 陈家军,王红旗,奚成刚,等.龙南油田水环境中石油类污染物迁移数学模拟[J].水资源保护,1999(4):11-15.
- [3] 王洪涛,罗剑,李雨松,等.石油类污染物在土壤中迁移的数值模拟初探[J].环境科学学报,2000,20(6):755-760.
- [4] 王洪涛.多孔介质污染物迁移动力学[M].北京:高等教育出版社,2008.
- [5] 付宏渊,严志伟,李海.土柱溶质运移试验的理论验证及影响因素敏感性分析[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2011,8(4):4-8.
- [6] 王俊,黄岁樑.土壤水分特征曲线模型对数值模拟非饱和渗流的影响[J].水动力学研究与发展,2010,25(1):16-22.

(收稿日期 2013-03-08)

(编辑 张 爽)