

石油天然气勘探开发生态环境影响分类分级研究*

高启晨 郭志红 许文博 董文婉 梁涛

(中国石油集团安全环保技术研究院有限公司)

摘 要 石油天然气资源是国家能源安全的基石,但其勘探开发受到国家生态文明建设的制约。区分常规石油、常规天然气、非常规天然气等不同矿种,对生态环境影响因子筛选并建立评价指标体系,通过分类和分级建立打分系统,最终评价石油天然气勘探开发对生态环境影响程度大小,可为政府管理部门、矿权人提供经济评价和战略制定依据。

关键词 石油天然气; 勘探开发; 生态环境影响; 分类分级

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2020.04.002

文章编号: 1005-3158(2020)04-0004-05

0 引 言

石油、天然气是国家战略资源,是国民经济发展的动力能源,关系到国家安全和全面建设小康社会目标的实现。能源安全是国家战略安全的重要基石,油气安全在国家能源安全中始终发挥着重要作用。但我国油气矿产资源分布广泛,涉及环境敏感区域众多,随着全国生态保护红线划定和国家对环境保护的要求日益严格,油气资源勘探开发受到了极大的制约^[1];一些省份如辽宁省、甘肃省等新制定了油气田勘探开发的环境保护条例^[2-3];全国划定的生态保护红线区域也从政策上极大限制了勘探开发活动;国家宏观层面开始的生态环境系统修复规划也可能对油气田勘探开发规划产生深远影响^[4]。因此,研究制定环境敏感区生态环境分类分级方法及标准,解决近年来油气勘探开发中遇到的生态保护红线、重要生态功能区内勘探开发的历史遗留问题,实现对油气资源勘探开发生态环境影响分类、分级管理,从而做到油气资源开发与环境保护协调发展具有重要意义^[5]。

1 石油天然气勘探开发现状

1.1 石油天然气资源分布情况

中国油气资源储量丰富,勘探潜力巨大,但多数位于西部和近海地区,地理位置分布极不均衡。东部、西部和近海 3 大地区,石油可采资源量占全国 83.7%,西部、中部和近海地区天然气可采资源量占全国 86.63%。其中,石油资源主要集中在渤海湾、松辽、塔里木、鄂尔多斯、准噶尔、珠江口、柴达木和东海陆架等 8 大盆地;天然气资源主要分布在塔里木、四川、鄂尔多斯、东海陆架、柴达木、松辽、莺歌海、琼东南和渤海湾等 9 大盆地。

1.2 主要含油气盆地的生态环境特征

根据《全国生态功能区划》^[6],全国有 63 个重要生态功能区,体现了生态功能区对保障国家与区域生态安全的重要性,生态调节功能以水源涵养、生物多样性保护、土壤保持、防风固沙和洪水调蓄 5 类为主。油气田资源的分布与国家重点生态功能区有较多重叠,涉及平原、浅海、戈壁、黄土塬、山地和沙漠等地区,区域生态环境大多脆弱、敏感,主要油气田分布区的生态功能见表 1。

表 1 我国油气盆地主要生态功能

序号	主要油气盆地	主要生态功能
1	黄土高原地区	黄河流域水土流失重点保护和治理区,具有重要的土壤保持能力,对区域可持续发展和黄河下游地区生态安全具有重要意义。
2	松辽盆地	水源涵养和防风固沙。
3	柴达木盆地	防风固沙。
4	四川盆地边缘地区	属于国家重点生态功能区,分别是秦巴生物多样性生态功能区、川滇森林及生物多样性生态功能区、三峡库区水土保持生态功能区和武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区,主体生态功能是水土保持和生物多样性。

* 基金项目:自然资源部国家专项《国家矿产资源储量技术标准体系建设研究》课题资助,AY2017 评/ZJZ007。

高启晨,2005 年毕业于中国科学院生态环境研究中心生态学专业,博士,高级工程师,现在中国石油集团安全环保技术研究院有限公司从事环境影响评价及研究工作。通信地址:北京市昌平区黄河北街 1 号院 1 号楼,102206。E-mail:gaoqichen@petrochina.com.cn。

续表 1

序号	主要油气盆地	主要生态功能
5	准噶尔盆地	部分区域属于阿尔泰山地森林草原生态功能区,主体生态功能是水源涵养。
6	塔里木盆地	大部分区域属于国家重点生态功能区中的塔里木河荒漠化防治生态功能区和阿尔金草原荒漠化防治生态功能区,主要生态功能是防风固沙。
7	南海北部海域主要含油气盆地	海洋与海岸生物多样性保护优先区域,该区域的主体生态功能是保护海洋生物多样性。
8	东海陆架盆地	部分区域位于海洋与海岸生物多样性保护优先区域,该区域具有河口、海湾、滩涂湿地、红树林和海草床等典型海洋生态系统,主体生态功能是保护海洋生物多样性。

2 石油天然气勘探开发生态环境影响分析

根据石油天然气资源勘探开发过程,其对生态环境的主要影响因素包括非污染生态影响、污染物排放对生态环境和资源的影响。对石油天然气资源按照

常规石油、常规天然气和非常规天然气勘探开发生态环境影响建立矩阵分析表,从有无影响、影响程度、影响是否可逆及影响时间等方面进行生态环境影响分析见表 2。

表 2 石油天然气勘探开发生态环境影响矩阵

分类	环境质量										生态质量					
	水环境			大气环境				土壤环境	声环境		地表生态					地质灾害
	COD	水体石油类浓度	地下水石油类浓度	SO ₂	NO _x	VOCs	非甲烷总烃浓度	土壤石油类浓度	等效连续 A 声级	震动强度	生物多样性	水土流失指数	生态环境指数	植被覆盖度	土地荒漠化	地震影响
开发活动																
一、常规石油勘探开发生态环境影响因子																
勘探	0	0	0	0	0	0	0	0	—2BS	—2BS	0	0	0	—1BL	0	—
钻井及地面工程建设	—2BS	—2BS	—2BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BL	—3BS	—3BS	—1BL	—1BL	—1BL	—1BL	—1BL	—
井下作业	—2BS	—2BS	—2BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BL	—3BS	—3BS	0	0	0	0	0	—
油气采出	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—1BL	—2BS	—2BS	—1BL	0	—1BL	—1BL	0	—
退役期	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	0	0	0	0	0	—
二、常规天然气勘探开发生态环境影响因子																
勘探	0	0	0	0	0	0	0	—	—2BS	—2BS	0	0	0	—1BL	0	—
钻井及地面工程建设	—2BS	—2BS	—2BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—	—3BS	—3BS	—1BL	—1BL	—1BL	—1BL	—1BL	—
井下作业	—2BS	—2BS	—2BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—	—3BS	—3BS	0	0	0	0	0	—
油气采出	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—	—2BS	—2BS	—1BL	0	—1BL	—1BL	0	—
退役期	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—	—1BS	—1BS	0	0	0	0	0	—
三、非常规天然气勘探开发生态环境影响因子																
勘探	0	0	0	0	0	0	0	0	—2BS	—2BS	0	0	0	—1BL	0	—1KL
钻井及地面工程建设	—2BS	—2BS	—2BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BL	—3BS	—3BS	—1BL	—1BL	—1BL	—1BL	—1BL	—1KL
水利压裂	—2BS	—2BS	—2BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BL	—3BS	—3BS	0	0	0	0	0	—3KL
采气、采出水回收	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—2BS	—1BL	—2BS	—2BS	—1BL	0	—1BL	—1BL	0	0
退役期	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	—1BS	0	0	0	0	0	0

注:十有利影响,一不利影响,0 无影响,1 弱影响,2 中影响,3 强影响,K 可逆影响,B 不可逆影响,L 长期影响,S 短期影响。

从表 2 可看出,非常规天然气对环境、生态与资源产生的影响与常规油气开发稍有不同,但总体基本一致。

3 石油天然气勘探开发生态环境影响指标体系

3.1 生态环境评价指标体系框架

指标体系的构建原则为按空间分类、按影响分级。

从石油天然气勘探开发活动空间布局是否位于生态保护红线、重要生态功能区和一般生态功能区,将生态环境影响分为 3 类。

采用专家打分法,构建 3 个层次的油气勘探开发生态环境影响分级评价指标体系,第一层为环境影响、生态影响和监督管理 3 个主题方面;第二层为常规油气、非常规天然气等勘探开发的主要影响因素;第三层次为主要影响因素的具体指标,具体见图 1。

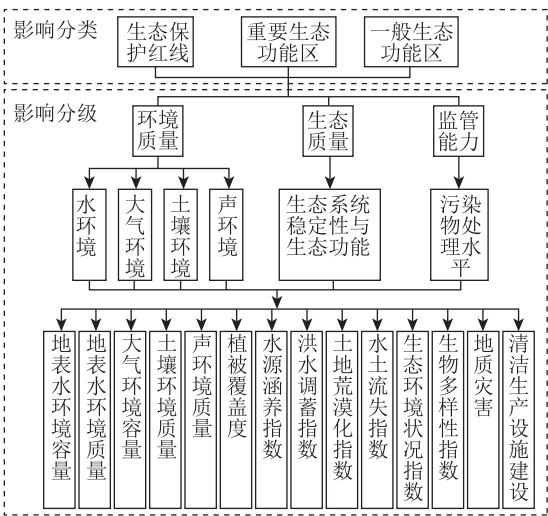


图 1 生态环境影响分类分级指标体系框架

3.2 石油天然气勘探开发生态环境影响评价指标体系

从环境质量影响、生态影响以及监督管理 3 个方面进行了指标筛选,得到石油天然气勘探开发生态环境影响综合评价指标体系,结果见表 3。

表 3 石油天然气勘探开发生态环境影响综合评价指标体系

评价目标	评价主题	管控目标	序号	指标名称	指标单位
环境影响	水环境质量	污染物浓度(包括 COD、水体石油类浓度等)不超标,水质不退化	1	地表水环境容量	—
			2	地下水环境质量等级	—
	大气环境质量	污染物浓度(包括 SO ₂ 、NO ₂ 、CO、烃类、PM ₁₀ 、PM _{2.5})不超标,大气环境不恶化	3	大气环境容量	—
	土壤环境质量	污染物浓度(土壤石油类)不超标,土壤环境不退化	4	土壤环境质量等级	—
	声环境质量	不对周边居民生活与健康造成危害	5	等效连续 A 声级	—
生态影响	生态系统稳定性与生态功能	生态系统稳定,符合生态功能区划要求,生态功能不退化	1	植被覆盖度	%
			2	土地荒漠化指数	—
			3	水源涵养指数	—
			4	水土流失指数	—
			5	洪水调蓄指数	—
			6	生物多样性指数	—
			7	生态环境状况指数	—
			8	地质灾害	—
监管能力	企业管理水平	清洁生产	1	清洁生产设施建设水平	—

4 石油天然气勘探开发生态环境影响分类分级

4.1 石油天然气勘探开发生态环境影响分类

根据区域环境敏感程度,依据全国生态功能区划和生态保护红线相关文件,将石油天然气勘探开发生态环境影响分为 3 类。

I 类:生态保护红线区,指生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域,是保障和维护国家生态安全的底线和生命线。

Ⅱ类:重要生态功能区,是根据区域生态系统格局、生态环境敏感性与生态系统服务功能空间分布规

律,将区域划分成不同生态功能的地区,包括全国重要生态功能区所有类型^[6]。

Ⅲ类:一般生态功能区,是全国生态功能区划中位于生态保护红线与重要生态功能区以外的区域。

4.2 生态环境影响指标分级

基于石油天然气勘探开发生态环境影响指标体

系,结合不同功能区对生态环境的要求,综合考虑石油天然气勘探开发生态环境影响,将每项指标的影响程度分为 3 级,每级分别代表影响程度大、影响程度中等、影响程度小,对应每项得分分别为 3,2,1 分,评分人可根据实际情况给予赋分,具体分级见表 4。

表 4 石油天然气勘探开发生态环境影响指标分级

次目标层	准则层	指标层	影响程度		
			影响小(1 分)	影响中(2 分)	影响大(3 分)
环境影响	水环境质量	地表水环境容量	小于所处功能区地表水环境容量的 0.9 倍	介于所处功能区地表水环境容量的 0.9~1 倍(不包括 1)	高于所处功能区地表水环境容量
		地下水环境质量等级	小于所处功能区地下水环境质量标准的 0.9 倍	介于所处功能区地下水环境质量标准的 0.9~1 倍(不包括 1)	高于所处功能区地下水环境质量标准
	大气环境质量	大气环境容量*	小于所处功能区大气环境容量的 0.9 倍	介于所处功能区大气容量的 0.9~1 倍(不包括 1)	高于所处功能区大气环境容量
	土壤环境质量	土壤石油烃类含量	小于所处功能区土壤环境质量标准的 0.9 倍	介于所处功能区土壤质量标准的 0.9~1 倍(不包括 1)	高于所处功能区土壤环境质量标准
	声环境质量	等效连续 A 声级*	小于所处功能区声环境质量标准的 0.9 倍	介于所处功能区声环境质量标准的 0.9~1 倍(不包括 1)	高于所处功能区声环境质量标准
生态影响	生态系统稳定性与生态功能	植被覆盖度*	无变化或少量减少	有变化但覆盖度等级不变	覆盖度等级降低
		土地荒漠化指数	荒漠化水平无显著变化	荒漠化水平少量升高但区域生态功能等级不变	荒漠化水平显著升高或导致区域生态功能退化
		水土流失指数	土壤侵蚀水平无显著变化	土壤侵蚀水平少量升高但区域生态功能等级不变	土壤侵蚀水平或导致区域生态功能退化
		水源涵养指数*	水源涵养水平无显著变化	水源涵养水平少量降低但区域生态功能等级不变	水源涵养水平显著降低或导致生态功能退化
		洪水调蓄指数	洪水调蓄水平无显著变化	洪水调蓄水平少量降低但区域生态功能等级不变	洪水调蓄水平显著降低或导致生态功能退化
		生态环境状况指数	生态环境状况无显著变化	生态环境状况一般	生态环境状况较差
		生物多样性指数	生物多样性无显著变化	生物多样性少量降低但区域生态功能等级不变	生物多样性显著降低或导致生态功能退化
		地质灾害	无地质灾害影响	地质灾害发生性低	地质灾害发生性高
监管能力	清洁生产	清洁生产设施建设水平	清洁生产设施建设完善	清洁生产设施基本具备但需提升品质	清洁生产设施建设不完善

注: * 表示石油天然气勘探生态环境影响指标。

其中,环境类指标参考《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》等相关承载力指南与研究标准,按处于油气田所处功能区环境质量(容量)要求的 0.9 倍以下、0.9~1 倍、超过标准要求进行划分。生

态类指标结合地区实际生态环境状况以及地区的生态环境质量要求进行确定。

4.3 综合生态环境影响分类与等级划分

基于 3 种类型对石油天然气勘探开发生态环境

影响进行分类;运用专家打分法构建生态环境影响分级指标体系,通过对各单项指标得分相加即可获得生态环境影响总体得分。具体等级划分与分级计算方法如下。

1) 生态环境影响分类

若勘探开发区域位于红线区域内,则无论位于红线区内面积大小如何,都将评价油气田所处地类划分为生态保护红线区(I类空间)。

若勘探开发区域较大范围用地(20%以上)位于重要生态功能区且无占用生态红线,或开发区域有较大范围用地(10%以上)位于重要生态功能区且无占用生态红线,则将评价油气田所处地类划分为重要生态功能区(II类空间)。

若勘探开发区域较大范围用地(80%以上)位于一般生态功能区且无占用生态红线,或开发区域有较大范围用地(90%以上)位于一般生态功能区且无占用生态红线,则将评价油气田所处地类划分为一般生态功能区(III类空间)。

2) 生态环境影响分级

分级指标体系中每项指标的影响程度分为3级,逐级分别代表影响程度大、影响程度中等、影响程度小,对应每项得分分别为3,2,1分,评分人可根据实际情况给予赋分,加和总分平均划分为3个等级,其中:

① 勘探总体得分

所有类型常规油气勘探生态环境影响评价总体得分位于4代表“生态影响小”,得分位于5~8之间代表“生态影响中等”,9~12之间代表“生态影响大”。

② 开发总体得分

常规石油:得分位于29~48代表“生态影响小”,位于48~68代表“生态影响中等”,69~87代表“生态影响大”。

常规天然气:得分位于28~46代表“生态影响小”,位于47~66代表“生态影响中等”,67~84代表“生态影响大”。

非常规天然气:得分位于31~51代表“生态影响小”,位于52~73代表“生态影响中等”,73~93代表“生态影响大”。

③ 综合生态环境影响评价总体得分

常规石油:得分位于33~54代表“综合生态影响小”,位于55~76代表“综合生态影响中等”,77~99代表“综合生态影响大”。

常规天然气:得分位于32~53代表“综合生态影

响小”,位于54~75代表“综合生态影响中等”,76~96代表“综合生态影响大”。

非常规天然气:得分位于35~58代表“综合生态影响小”,位于59~82代表“综合生态影响中等”,83~105代表“综合生态影响大”。

5 结 论

本研究从实际应用出发,全面分析了石油天然气勘探开发生态环境影响因子,选择简化和易于操作的分类分级指标,在生态环境影响分类、分级两个层面设计了综合指标体系,为油气田勘探开发提供了决策依据。特别是在分级层面细化了不同分类空间的生态环境影响指标,辅助矿权人勘探开发前的科学决策,从而避免勘探开发中政策上的“一禁了之”,对位于I类和II类空间的勘探开发决策判断具有重要的意义。同时,通过全面的生态环境影响分类分级,也为政府部门油气资源潜力分布分析和经济评价提供依据,并为国家发展战略的制定提供更为明晰和可信的参考依据。

参 考 文 献

- [1] 中共中央办公厅,国务院办公厅.关于划定并严守生态保护红线的若干意见[EB/OL].(2017-02-07)[2020-07-30].
http://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5174504.htm.
- [2] 辽宁省第十三届人民代表大会常务委员会.辽宁省石油勘探开发环境保护条例[EB/OL].(2019-09-27)[2020-07-30].
<http://lnrd.gov.cn/important/show-43024.html>.
- [3] 甘肃省人民代表大会常务委员会.甘肃省石油勘探开发生态环境保护条例[EB/OL].(2019-11-29)[2020-07-30].
http://www.gsrw.gov.cn/html/2019/lfdt_1129/18575.html.
- [4] 国家发展改革委,自然资源部.关于印发《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035年)》的通知[EB/OL].(2020-06-03)[2020-07-30].
http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/12/content_5518982.htm.
- [5] 熊运实.油气田开发面临的生态保护红线问题及对策与建议[J].油气田环境保护,2018,28(6):1-3.
- [6] 环境保护部,中国科学院.关于印发《全国生态功能区划(修编版)》的公告[EB/OL].(2015-11-23)[2020-07-30].
http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201511/t20151126_317777.htm.

(收稿日期 2020-08-03)

(编辑 王蕊)