

Study on the Influence of Shale Gas Exploitation on the Water Resources Carrying Capacity—A Typical Shale Gas Area in Sichuan as an Example

Long Wang, Xie Wu

Safety, Environment & Technology Supervision Research Institute, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu Sichuan
Email: 109432400@qq.com

Received: Oct. 21st, 2019; accepted: Oct. 31st, 2019; published: Nov. 7th, 2019

Abstract

The shale gas exploitation will consume a large amount of water resources, and many scholars believe that it will burden the carrying capacity of local water resources. In this paper, we study the impact of shale gas exploitation on the local water resources carrying capacity in a typical shale gas area in Sichuan and Chongqing by analysing the local water resources situation and water consumption in shale gas exploitation. The result shows that the shale gas exploitation in this area causes little effects on local water resources. At the same time, it is in accordance with the local water quota.

Keywords

Shale Gas, Water Resources, Carrying Capacity, Sichuan Area

页岩气开采对水资源承载力影响研究——以四川地区某典型页岩气区块为例

王 龙, 吴 懈

中国石油西南油气田分公司安全环保与技术监督研究院, 四川 成都
Email: 109432400@qq.com

收稿日期: 2019年10月21日; 录用日期: 2019年10月31日; 发布日期: 2019年11月7日

摘要

页岩气在开采过程中会消耗大量水资源,不少学者认为会对当地水资源承载力造成负担。本文以四川地区某典型页岩气区块为研究对象,通过分析当地水资源现状及页岩气耗水情况,研究页岩气开采对当地水资源承载力的影响程度。结果表明,该区块页岩气开采对当地水资源可利用量影响较小,且符合当地用水总量控制指标。

关键词

页岩气, 水资源, 承载力, 四川地区

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

页岩气是指从页岩层中开采出来的一种非常重要的非常规天然气资源,较常规天然气相比,页岩气开发具有开采寿命长和生产周期长的优点。全球页岩气资源量为 456.2 万亿 m^3 , 约占非常规天然气资源量的 50% [1]。

目前,页岩气作为一种非常规能源已经被国土资源部定义为第 172 个独立矿种,成为了新能源开发的重要组成部分,但是在页岩气开发带来诸多机遇的同时,所造成的环境问题也引发了大量的争议[2],主要有以下几个方面: 1) 污染空气; 2) 影响当地气候; 3) 引发地质灾害; 4) 消耗大量水资源[3]。尤其是在耗水量方面,不少学者认为,页岩气的开采势必会对当地水资源承载力造成影响[4]。

我国页岩气开采目前所采用的压裂技术主要是水力压裂技术,该技术用水量较大,是常规天然气开采用水量的 $10^2\sim 10^5$ 倍。一个典型的页岩气水平钻井在钻探和水力压裂过程中需使用 100 万~400 万 gal 的水(约 $0.38\text{万} m^3\sim 1.5\text{万} m^3$) [5]。据调研,国外各大页岩气田的单井用水量也均在 $1\text{万} m^3$ 以上(详见表 1)。加之页岩气开采用水时段较为集中[6],短时间内的大量用水有可能会对当地水资源承载力造成影响。

Table 1. Statistics on single well water consumption in foreign shale gas fields

表 1. 国外页岩气田单井用水量统计表[4]

页岩气田	单井用水量
Marcellus 页岩气田	1.5 万 m^3
Barnett 页岩气田	1.0 万 m^3
Fayetteville 页岩气田	1.2 万 m^3
Haynesville 页岩气田	1.4 万 m^3

由于我国页岩气开采技术尚在起步阶段,各种节水节能措施尚未跟上步伐,在水力压裂过程中,水资源的消耗量更大,加之水循环利用技术的不成熟,更进一步加大了水资源的浪费。并且根据 EIA 统计,我国已探明的页岩气富集区主要处于水资源并不富裕的地区,页岩气开发势必会加重当地水资源利用负担,影响当地居民正常生产生活以及生态系统的可持续循环发展[7]。

目前, 国内学者对页岩气研究主要还是集中在增产、增效上, 对于页岩气开发对水资源承载力等方面研究较少。Luo, X. [8]通过生态足迹法计算分析了岑巩县五个重点页岩气勘探区的水资源承载力, 算出研究区内现有水资源量可以支持页岩气勘探, 但会对生态环境的水资源承载力造成一定影响。姜孟等[9]采用系统动力学方法, 构建了以水资源、人口、产业发展和页岩气 4 大子系统为支撑的系统动力学模型, 用以评价页岩气开发区域水资源承载力, 并结合美国 Marcellus 页岩气地的 Bradford 郡实证数据进行了不同情景下的仿真模拟。

为探讨页岩气开采对水资源承载力的影响, 本文以四川地区某典型页岩气区块为研究对象, 拟通过分析当地水资源可用量以及页岩气开采用水量的关系, 研究页岩气开采对当地水资源承载力的影响程度, 并提出相应水资源影响减缓建议。

2. 典型区块水资源承载力分析

2.1. 区块简介

四川地区拥有非常可观的页岩气资源, 总量在 15 万亿 m^3 以上, 储量大, 分布广, 是我国页岩气主要储备区。当地水资源丰富、降雨量大, 但是由于降雨时空分布不均, 仍有不少地区深受干旱困扰。

该典型区块位于四川省南部, 地处云贵高原与四川盆地边缘山地过渡区域的斜坡地带, 属于高、中山地地貌, 区域内沟谷纵横, 地形崎岖, 地面海拔一般在 400 m~1300 m 左右, 属川中亚热带温暖湿润季风气候, 冬冷夏热, 春暖秋凉, 四季分明。年均气温 $12.6^{\circ}\text{C}\sim 19^{\circ}\text{C}$, 1 月份最冷, 一般气温为 $3^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$, 7 月份最热, 一般气温为 $26^{\circ}\text{C}\sim 39^{\circ}\text{C}$ 。年降水量丰沛, 达 1000~1200 mm, 但时空分配不均。

2.2. 区块页岩气开采用水情况

根据调查, 该区块页岩年最大取水量约为 200 万 m^3 (日最大取水量为 3 万 m^3 , 折合流量为 $0.34 \text{ m}^3/\text{s}$), 页岩气开采耗水量为 $20 \text{ m}^3/\text{万 m}^3$ (水/气), 满足四川省用水定额 $30 \text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 的要求[10]。该区块取水点采用岸边式取水泵房, 取水功能和配套设施完善。

2.3. 当地水资源状况

该区块所在河段内共有 5 个水文站。其中 A 水文站距离取水口较近, 控制流域面积 1214 km^2 , 与取水口处干流控制集雨面积接近, 差别仅有 6.26%。因此, 本文将 A 站作为依据站。

根据该水文站的水位资料以及综合水位流量关系曲线, 通过插补延长, 已具有 1959~2010 年 52 年完整连续的月平均、最枯径流量系列资料。

1) 参证站多年平均径流频率分析

采用 1959~2010 年的月平均径流系列进行频率计算, 经验频率按数学期望公式 $p = \frac{m}{n+1} \times 100\%$ 计算, 理论曲线采用 p -III 型, 目估适线确定 p -III 型分布的统计参数, 适线时侧重考虑平水和枯水年。各频率年径流量设计成果见表 2。

Table 2. Annual average flow results
表 2. 多年平均流量成果

均值 Q (m^3/s)	径流深 H (mm)	径流量 (万 m^3)	Cv	Cs/Cv	各频率设计值 Q_p (m^3/s)				
					p = 5%	p = 10%	p = 50%	p = 90%	p = 95%
41.1	1067.2	129,558	0.20	2	58.9	55.1	43.0	32.9	30.3

根据上述计算成果可见, 该水文站站多年平均流量为 $41.1 \text{ m}^3/\text{s}$, 相应年径流总量 $129,558 \text{ 万 m}^3$, 多年平均径流深 1067.2 mm 。

2) 参证站最枯月平均流量频率分析

依据 1959~2010 年月最枯流量连续系列, 对最小流量系列进行频率分析, 方法同前。计算得该站最枯月平均流量均值为 $18.0 \text{ m}^3/\text{s}$, 在 $p = 95\%$ 保证率时, 最枯月平均流量为 $8.92 \text{ m}^3/\text{s}$, 该站最枯月平均流量设计成果见表 3。

Table 3. Results of average flow in the driest month

表 3. 最枯月平均流量成果

均值 Q (m^3/s)	径流深 H (mm)	径流量 (万 m^3)	Cv	Cs/Cv	各频率设计值 Qp (m^3/s)				
					p = 5%	p = 10%	p = 50%	p = 90%	p = 95%
18.0	38.3	4650	0.38	2	32.4	28.8	18.2	10.6	8.92

3) 取水口径流计算

该区块取水口以上控制流域面积 1290 km^2 , 距上游的 A 水文站 7.5 km , 区间集雨面积 76 km^2 , 区块取水口与参证站之间面积差别为 6.26% 。因此, 取水口处天然径流依据 A 站的成果采用面积修正进行计算, 修正系数为 1.06。取水口断面径流频率计算成果见表 4。

Table 4. Calculation results of runoff frequency of water intake section

表 4. 取水口断面径流频率计算成果

时段	均值 Q (m^3/s)	径流深 H (mm)	径流量 (万 m^3)	Cv	Cs/Cv	各频率设计值 Qp (m^3/s)				
						p = 5%	p = 10%	p = 50%	p = 90%	p = 95%
年(5-4 月)	43.6	1067.2	137,331	0.20	2	62.43	58.41	45.58	34.87	32.12
历年最枯月	19.1	38.3	4929	0.38	2	34.34	30.53	19.29	11.24	9.46

2.4. 页岩气开采对水资源承载力影响论证

1) 对水资源可利用量的影响

通过水文分析计算, 该区块取水口处多年平均流量为 $43.6 \text{ m}^3/\text{s}$, 多年平均径流量为 $137,331 \text{ 万 m}^3$, 最枯月平均径流量 4929 万 m^3 。区块取水口最大年取水量为 200 万 m^3 , 仅占取水口断面多年平均来水量的 0.04% , 占最枯月平均径流量的 4.05% 。取水河段来水完全满足本区块取水要求。

由于参证站至本区块取水口之间河段较短, 无集中取水口, 考虑多年平均流量的 10% 作为河道生态基流(即 $4.36 \text{ m}^3/\text{s}$), 用以保障河道生态景观用水需要。扣除生态流量后, 区块取水口处多年平均可供水量为 $123,598 \text{ 万 m}^3$, 区块取水口最大年取水量仍仅占取水口断面多年平均可供水量的 0.16% 。取水河段可供水量完全满足取水口取水要求。

结合本区块钻井施工期用水的实际, 在分析年可供水量的同时, 对历年最枯月来水满足区块需水最大的极端不利情况进行分析。在枯水期, 考虑历年最枯月平均流量的 20% 作为河道生态基流(即 $3.82 \text{ m}^3/\text{s}$), 扣除生态流量后, 区块取水口处历年最枯月可供水量为 3943 万 m^3 , 区块取水口最大年取水量占取水口断面最枯月可供水量的 5.07% 。取水河段最枯月可供水量完全满足取水口取水要求。

2) 对区域用水总量控制指标的影响

依据四川省人民政府《关于实行最严格水资源管理制度的实施意见》(川府发〔2014〕31 号文)的要

求, 区块所在市 2015 年、2020 年、2030 年用水总量控制指标分别为 13.1 亿 m^3 、16.9 亿 m^3 、19.5 亿 m^3 。依据该市用水总量控制, 到 2020 年, 区块所在县用水总量控制目标为 14314 万 m^3 , 对当地用水量进行扣减后, 该县可利用水量为 6785 万 m^3 。本工程最大年取水总量为 200 万 m^3 , 占余水量指标的 2.95%, 因此, 该区块页岩气开用水量与所在县用水总量控制指标是相符合的。

3) 对水生态的影响

该区块的取水、用水虽在一定程度上减小了所在水功能区的水资源量, 但这种影响很小, 区块取水不会对水功能区原天然河道的水文情势及水资源分配产生大的影响, 不会对水功能区水流的流量、流速产生大的影响, 取水也不会对水功能区的水质产生影响。

3. 结论及建议

3.1. 结论

综上所述, 该典型页岩气区块开采对当地水资源可利用量影响较小, 且符合当地用水总量控制指标。

3.2. 建议

虽然该区块页岩气开采对当地水资源承载力影响较小, 但为进一步降低这种影响, 下面给建设单位提出几点建议:

- ① 建设单位应根据相关的法律法规, 切实与当地政府、当地群众做好相关的协调和补偿工作。
- ② 页岩气压裂取水特点是时段短且较灵活, 应尽量调整工期以避免在最枯年最枯月取水。
- ③ 尽量采用蓄水池屯水, 夜间取水等方式;
- ④ 水源输送尽量采用管道输送, 可有效减少输送过程中的蒸发, 且便于压裂后管道拆除。

4. 不足与展望

通过对四川地区典型页岩气区块开采对水资源承载力的分析研究, 可以得知该区块对当地水资源承载力影响较小, 也可以推论页岩气开采对四川地区水资源承载力的影响也较小。但是, 由于四川地区本身具有降雨量大, 地表水资源丰富等特点, 本文结论不足以支撑省外、国外页岩气田开采对水资源承载力的影响。

为得到页岩气开采对水资源承载力的具体影响, 在接下来的工作中, 应以本研究为基础, 逐步建立页岩气开采用水量与当地水资源量的影响模型, 用以更准确的预测页岩气开采对当地水资源承载力的影响程度。同时, 还应发展新的、用水量更少的压裂技术, 并加快研发水资源循环利用技术, 从源头减少水资源用量, 最大程度降低对水资源承载力的影响。

参考文献

- [1] 潘继平. 页岩气开发现状及发展前景——关于促进我国页岩气资源开发的思考[J]. 国际石油经济, 2009(11): 22-25+100-101.
- [2] 顾家瑞. 美国多措并举控制页岩气开发环境污染[J]. 中国石油和化工经济分析, 2012(7): 16-18.
- [3] 冯连勇, 邢彦姣, 王建良, 等. 美国页岩气开发中的环境与监管问题及其启示[J]. 天然气工业, 2012(9): 102-105.
- [4] 夏玉强. 页岩气开采的水资源挑战与环境影响[J]. 科技导报, 2010, 28(18): 103-110.
- [5] Office of Fossil Energy and National Energy Technology Laboratory, US Department of Energy (2009) Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer. Ground Water Protection Council, Oklahoma City.
- [6] 周志恩, 方维凯, 陈敏, 等. 页岩气开发环境影响评价探讨[J]. 环境影响评价, 2015, 37(6): 62-67.
- [7] 杨幸, 翟勤, 龚浩. 浅析页岩气开发项目的环境影响评价[J]. 重庆环境科学, 2013(4): 60-62.

- [8] Luo, X., Wang, G., Mou, Y., *et al.* (2017) The Analysis of the Water Resource Carrying Capacity in the Shale and Gas Exploration Area, Southwest China Karst Region—A Case Study from Cenggong County. *Open Civil Engineering Journal*, **11**, 258-269.
- [9] 姜孟, 李华姣. 基于系统动力学的区域页岩气开发水资源承载力评价模型研究[J]. 资源与产业, 2016, 18(6): 33-39.
- [10] 四川: 关于公布《四川省用水定额(修订稿)》的通知[EB/OL]. <http://www.jszg.com.cn/Index/Display.asp?NewsID=13080>, 2010-05-04.