

四川盆地理论CO₂地质利用与封存潜力评估

刁玉杰^{1,2}, 朱国维¹, 金晓琳², 张超², 李旭峰²

DIAO Yujie^{1,2}, ZHU Guowei¹, JIN Xiaolin², ZHANG Chao², LI Xufeng²

1. 煤炭资源与安全开采国家重点实验室/中国矿业大学(北京), 北京 100083;

2. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051

1. State Key Laboratory of Coal Resource and Mine Safety/China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China;

2. Center for Hydrogeology and Environmental Geology Survey, China Geological Survey, Baoding 071051, Hebei, China

摘要:结合CO₂地质利用与封存技术机理,在国际权威潜力评估公式的基础上,系统地提出了适合中国地质背景的次盆地尺度CO₂封存潜力评估方法及关键参数取值。同时,以四川盆地为例,依次开展了枯竭油田地质封存与CO₂强化石油开采、枯竭气田与CO₂强化采气、不可采煤层地质封存与CO₂驱替煤层气,以及咸水层地质封存技术的CO₂地质封存潜力。结果表明,四川盆地利用深部咸水层与枯竭天然气田CO₂地质封存潜力最大,期望值分别达154.20×10⁸t和53.73×10⁸t。其中,枯竭天然气田因成藏条件好、勘探程度高、基础建设完善,为四川盆地及其周边利用枯竭气田CO₂地质封存技术实现低碳减排提供了早期示范机会。CO₂地质利用与封存潜力评估方法,对进一步开展全国次盆地尺度理论封存潜力评估与工程规划具有重要意义。

关键词:CO₂地质利用;CO₂地质封存;次盆地尺度;潜力评估;关键参数

中图分类号:P618.13 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2017)06-1088-08

Diao Y J, Zhu G W, Jin X L, Zhang C, Li X F. Theoretical potential assessment of CO₂ geological utilization and storage in the Sichuan Basin. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(6):1088-1095

Abstract: Based on the mechanism of CO₂ geological utilization and storage technologies and the international authoritative evaluation formulae, the methodology of theoretical potential assessment at the sub-basin scale is proposed in this paper, and the solutions of key parameters are provided. Meanwhile, with the Sichuan Basin as a case study, the theoretical potential of depleted oil CO₂ storage and CO₂-EOR, depleted gas CO₂ storage and CO₂-EGR, unmineable coal bed seams CO₂ storage and CO₂-ECBM, and deep saline aquifer CO₂ storage are evaluated respectively. The results show that the total CO₂ storage potential of deep saline aquifers and depleted gas fields CO₂ storage could reach 154.20×10⁸t and 53.73×10⁸t on the average. Because of good traps, high degree of exploration and good infrastructures, depleted gas fields provide a great chance for carrying out demonstration or industrial CO₂ geological storage projects first for the CO₂ resources located in the Sichuan Basin. The methodology of potential assessment of CO₂ geological utilization and storage technologies has great exploring significance for sub-basin scale national potential evaluation and project planning in China.

Key words: CO₂ geological utilization; CO₂ geological storage; sub-basin scale; potential assessment; key parameters

中国南方分布着大量的CO₂工业排放源,仅四川省和重庆市每年就有约104.58×10⁶ t的CO₂排放到大气中^[1],面临着温室气体减排的巨大压力。而

四川盆地作为中国南方最大的沉积盆地,针对性地开展CO₂封存潜力评估,对该区利用CO₂地质利用与封存技术实现低碳减排具有重要的探索意义。

收稿日期:2016-08-04;修订日期:2017-04-14

资助项目:中国地质调查局项目《准噶尔等盆地二氧化碳地质储存综合地质调查》(编号:121201012000150010)、国家自然科学基金项目《基于咸水层封存高信度建模的CO₂分布饱和度差异性机理研究》(批准号:41602270)、国家发改委中国清洁发展机制基金赠款项目《碳封存项目地下空间国土资源管理指南研究》(编号:2014088)和英-中战略繁荣基金项目《重庆地区枯竭气田二氧化碳地质封存早期示范机会研究》(编号:FY 16-17)

作者简介:刁玉杰(1983-),男,在读博士生,高级工程师,从事CO₂地质储存的研究。E-mail:diaoyujie1983@163.com

CO₂地质利用与封存技术可分为CO₂地质利用和CO₂地质封存两大类。其中,CO₂地质利用方式主要包括CO₂强化石油开采(Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery, CO₂-EOR)、CO₂驱替煤层气(Carbon Dioxide Enhanced Coal Methane, CO₂-ECBM)、CO₂强化天然气开采(Carbon Dioxide Enhanced Gas Recovery, CO₂-EGR)、CO₂增强页岩气开采(Carbon Dioxide Enhanced Shale Gas Recovery, CO₂-ESGR)、CO₂增强地热系统(Carbon Dioxide Enhanced Geothermal Systems, CO₂-EGS)、CO₂铀矿浸出增采技术(Carbon Dioxide Enhanced Uranium Leaching, CO₂-EUL)及CO₂强化深部咸水开采(Carbon Dioxide Enhanced Water Recovery, CO₂-EWR)^[2]。而CO₂地质封存的定义实际包括枯竭油气田、不可采煤层和咸水层CO₂地质封存技术。

许多中国学者先后开展了四川盆地的CO₂地质利用与封存技术的理论潜力评估^[3-8],为适合中国

沉积盆地地质背景的CO₂理论封存潜力评估方法研究奠定了基础。但以上成果主要集中在全国区域级别,随着评估方法的不断科学化、评估参数的不断更新,探索次盆地尺度的理论CO₂地质利用与封存潜力评估方法具有重要意义。

1 四川盆地地质背景

四川盆地是中国四大沉积盆地之一,总面积约26×10⁴km²(图1)。盆地基底为前震旦系,其上沉积盖层发育较全,主要为浅海地台及内陆湖盆相沉积,总厚度达6000~12000m。其中震旦系—中三叠统属海相沉积,以碳酸盐岩为主,厚度为4000~7000m,上三叠统一第四系为陆相沉积,厚度达2000~6000m。盆地现今的构造具有“两坳一隆”的特点,按区域构造结构可划分为川东南高褶区、川中低缓隆起区和川西北坳陷3个一级构造单元,又可进一步划分为6个二级构造单元。

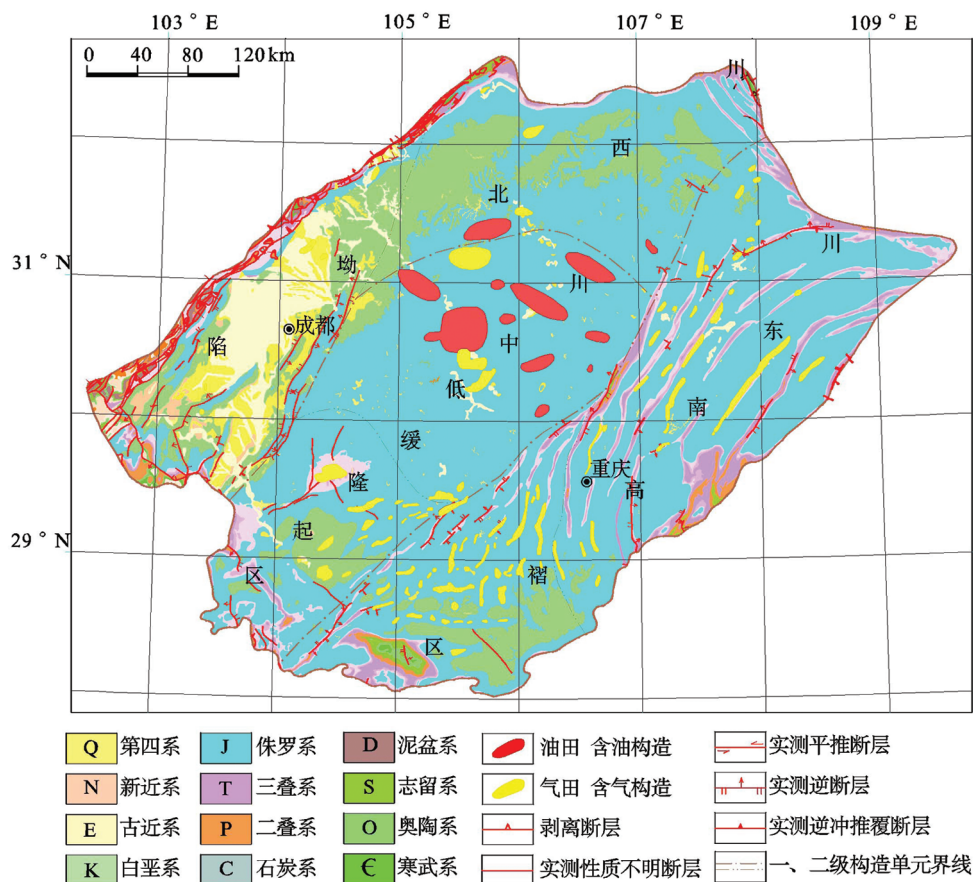


图1 四川盆地构造单元区划

Fig. 1 Division of geological structural units in Sichuan Basin

表 4 CO₂强化石油开采封存潜力Table 4 CO₂-EOR geological storage potential

构造单元	API	EXTRA /%	P _{LCO₂} /%	P _{HCO₂} /%	E _{ad}	G _{CO₂-EOR} /10 ⁸ t
川中低平构造区	34.97	10.46	33	66	0.75	0.16
川北低平构造区	34.97	10.46	33	66	0.75	0.05
合计						0.21

3.2 评估结果

四川盆地内部蕴藏有丰富的天然气资源,根据《中国油气田开发志·卷十三:西南油气区》^[14]各天然气田探明地质储量数据,分别对四川盆地主要天然气田枯竭气田和 CO₂-EGR 技术理论封存潜力进行了评估。结果表明,四川盆地利用枯竭天然气田可实现 CO₂地质封存 53.73×10⁸t,其中,27 个大中型气田利用枯竭气田地质封存技术可实现 CO₂地质封存 42.39×10⁸t。如果利用 CO₂-EGR 技术,可实现 CO₂地质封存 33.85×10⁸t,其中 27 个大中型气田可实现 CO₂地质封存 26.70×10⁸t。

4 不可采煤层地质封存与 CO₂-ECBM 封存潜力评估

4.1 评估方法

4.1.1 不可采煤层地质封存

利用 USDOE 计算公式,假设煤层中煤层气的体积空间可以全部用来封存 CO₂。其封存潜力计算公式如下:

$$G_{\text{CO}_2} = G_{\text{CBM}} \cdot R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4} \cdot \rho_{\text{CO}_2\text{std}} \cdot E_{\text{coal}} \quad (6)$$

式中: G_{CBM} 为煤层气资源潜力,由于煤层气勘探开发程度相对石油天然气资源较低,国土资源部^[15]仅公布了煤层气地质储量; $R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4}$ 为煤层 CO₂/CH₄ 吸附能力的比值; E_{coal} 为封存效率(有效系数); $\rho_{\text{CO}_2\text{std}}$ 为标准大气压条件下 CO₂ 密度;其他参数含义同公式(1)。

表 5 中国不同地区沉积盆地 CO₂-EGR 驱替效率取值建议^[9]Table 5 value of CO₂-EGR for different sedimentary basins in China

地区	沉积盆地	驱替系数
东部	东北地区、华北盆地、南襄盆地、江汉盆地、苏北盆地	0.42
中部	鄂尔多斯盆地、四川盆地、楚雄盆地	0.63
西北	新疆、青海和甘肃地区	0.55
东南	三水盆地、十万大山盆地	0.66
大陆架	大陆架海域沉积盆地	0.60

表 6 不同煤质 $R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4}$ 的取值Table 6 The values of $R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4}$ of different types of coal

类型	$R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4}$	C
褐煤	10	1.00
不粘结煤	10	0.67
弱粘结煤	10	1.00
长焰煤	6	1.00
气煤	3	0.61
肥煤	1	0.55
焦煤	1	0.50
瘦煤	1	0.50
贫煤	1	0.50
无烟煤	1	0.50

Reeves^[16]开展了美国煤层 CO₂-ECBM 封存潜力评估,并提出了不同煤质相应的 $R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4}$ 取值建议(表 6),但本文 E_{coal} 的取值采用 2011 年应用蒙特·卡罗方法(Monte Carlo method)提出的 P_{10} 、 P_{50} 和 P_{90} 三种概率率下的取值建议(表 7)。

4.1.2 CO₂-ECBM

CO₂-ECBM 的 CO₂地质封存潜力评估公式利用公式(7)计算:

$$G_{\text{CO}_2-\text{ECBM}} = G_{\text{CBM}} \cdot R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4} \cdot \rho_{\text{CO}_2\text{std}} \cdot E_{\text{coal}} \cdot C \quad (7)$$

式中: $G_{\text{CO}_2-\text{ECBM}}$ 为 CO₂驱替煤层气封存潜力; C 为驱替效率;其他参数代表含义同公式(6)。

4.2 评估结果

根据国土资源部^[15]全国煤层气资源评价数据,对四川盆地开展不开采煤层地质封存与 CO₂-ECBM 封存潜力评估。结果表明(表 8),利用不可采煤层地质封存技术,可封存 CO₂ 3.55×10⁸~8.12×10⁸t,期望值 6.26×10⁸t。利用 CO₂-ECBM 技术,可封存 CO₂ 1.78×10⁸~4.06×10⁸t,期望值 3.13×10⁸t。

5 咸水层地质封存与 CO₂-EWR 潜力评估

5.1 评估方法

USDOE 提出纯粹的咸水层 CO₂地质封存计算

表 7 CO₂-ECBM 技术封存效率取值建议^[12]

Table 7 Storage efficiency of unmineable coal seams

P_{10}	P_{50}	P_{90}
21%	37%	48%

表8 四川盆地主要煤田CO₂-ECBM地质封存潜力
Table 8 Storage potential of CO₂ in unmineable coal seams and CO₂-ECBM in Sichuan Basin

地区	G_{CBM} /10 ⁸ m ³	$R_{\text{CO}_2/\text{CH}_4}$	C	$\rho_{\text{CO}_2\text{sd}}$ /kg·m ⁻³	$G_{\text{CO}_2}/10^8\text{t}$ P_{50}	$G_{\text{CO}_2-\text{ECBM}}/10^8\text{t}$ P_{50}
川南黔北	5084.57	1	0.50	1.977	3.72	1.86
川渝	3471.40	1	0.50	1.977	2.54	1.27
合计					6.26	3.13

方法,对咸水层的边界条件进行了界定^[12]。对于开放和闭合的2类咸水层系统,开放咸水层系统在CO₂注入后,会将该系统中的地下水驱替到其他的含水层系统中,从而实现CO₂地质封存^[17-20]。

但是,如果单纯考虑CO₂-EWR技术,开放和封闭咸水层系统的CO₂地质封存潜力大体相同,可利用公式(8)开展潜力评估:

$$G_{\text{CO}_2} = A \cdot h \cdot \varphi_e \cdot \rho_{\text{CO}_2} \cdot E_{\text{saline}}$$
 (8)

式中: A 为咸水层有效分布面积; h 为咸水层有效厚度; φ_e 为咸水层平均有效孔隙度; E_{saline} 为封存效率(有效系数),见表9;其他参数含义同上。

5.2 储盖层地质分析

次盆地尺度上,开展深部咸水层CO₂地质封存潜力评估,即在储盖层地质分析的基础上,将地下所有潜在的CO₂储层投影到地面,并综合考虑水文地质条件及地质安全性筛选后,圈定出有利储盖层分布远景区。CO₂地质封存远景区的一般圈定标准见表10。

5.2.1 垂向地层储盖组合

如图2所示,四川盆地内部存在9套储层,以须家河组为主力储层,其他储层一般厚度较薄,且分布范围较小。总体看,四川盆地所有的储层物性均较差,属超低孔、超低渗类储层。

(1)二叠系:栖霞组、茅口组顶部的白云岩古岩溶储层,长兴组溶孔-裂隙型白云岩储集层。

(2)三叠系:飞仙关组溶孔-裂隙型碳酸盐岩储

表9 咸水层CO₂地质封存系数取值建议^[21]
Table 9 CO₂ storage efficiency coefficients E_{saline} at regional scales of USDOE

岩性	P_{10}	P_{50}	P_{90}
碎屑岩	1.2%	2.4%	4.1%
白云岩	2.0%	2.7%	3.6%
灰岩	1.3%	2.0%	2.8%

表10 咸水层CO₂地质封存远景区圈定一票否决指标
Table 10 Veto over key factors of deep saline saquifer CO₂ geological storage prospective areas delineation

关键因素	一票否决
单层厚度	< 10m
储集条件	孔隙度 < 5% 渗透率 < 1mD
水文地质条件	地层水矿化度 < 3g/L 地下水动力条件 地下水强烈开启
地质安全性条件	活动断裂 < 25km 地震动峰值加速度 ≥ 0.40g

集层;嘉陵江组一段和五段溶孔-裂隙型碳酸盐岩储集层;须家河组二段、四段和六段孔隙-裂隙型碎屑岩储集层;川西蓬莱镇组孔隙型碎屑岩储集层。

另外,对比四川盆地天然气藏,四川盆地盖层封闭条件较好,在盆地内部地下水系统较封闭且远离盆地深大断裂地区,能够成为CO₂地质封存的有效盖层。如龙潭组发育的总厚度大于50m的黑色页岩层,雷口坡期广泛沉积的膏盐岩,以及下侏罗统广泛发育的暗色泥岩,都能为咸水层CO₂地质封存提供良好的封盖条件。

5.2.2 远景区平面分布及其储层

平面上,远景区主要分布在川中地区和川西南地区;而川东地区由于地层深度、地质安全性与水文地质条件的影响,仅川东南地区分布远景区;其他地区分布零星。各远景区面积及构造位置见图3。

5.3 评估结果

咸水层CO₂地质封存潜力评估结果表明(表11),

表11 咸水层地质封存各储层CO₂封存潜力
Table 11 Storage potential of different reservoirs for deep saline aquifer CO₂ storage

储层	封存潜力 $P_{50}/10^8\text{t}$
蓬莱镇组	(1.29~9.30)5.40
须二段	49.39
须四段	55.40
须六段	39.19
嘉陵江组	(2.44~4.88)3.66
飞仙关组	(0.10~1.36)0.42
长兴组	(0.14~1.12)0.37
茅口组	0.23
栖霞组	0.14
合计	154.20

地 层				岩性柱状	储层	盖层	厚度 /m	孔隙度 /%	渗透率 /mD	构造 运动	盆地 演化
系	统	组	段								
第四系											
古近系											
白垩系											
侏罗系	上统	蓬莱镇组								燕山中期	前陆盆地
		遂宁组					> 200	12.44 (平均)	0.01~10		
	中统	沙溪庙组									
		千佛崖组									
	下统	自流井组									
三叠系	上统	须家河组	须六段							印支晚期	克拉通裂谷
			须五段				0~300	4~10	>1		
			须四段								
			须三段				100~200	>7	>1		
			须二段								
			须一段				100~200	>6	>1		
	中统	小塘子组									
		马鞍塘组									
	下统	天井山组									
			雷口坡组								
		嘉陵江组	嘉五段								
			嘉四段				25~30	5	>1		
			嘉三段								
			嘉二段								
		飞仙关组	嘉一段								
			飞四段				6~80	5	>1		
			飞三段								
飞二段											
二叠系	上统	长兴组				>10	>8 (平均)	>17.25 (平均)	东吴运动		
龙潭组					2.5~70	5.25 (平均)	6.05 (平均)				
中统	茅口组				10	5	>1				
	栖霞组				10	5	>1				
下统	梁山组										
石炭系											

砂岩

泥岩

砂质泥岩

石灰岩

白云岩

储层

盖层

砂岩
 泥岩
 砂质泥岩
 石灰岩
 白云岩
 储层
 盖层

图 2 四川盆地 CO₂地质封存垂向储盖组合Fig. 2 CO₂ geological storage vertical reservoir cap combination in Sichuan Basin

四川盆地总的咸水层 CO₂地质封存潜力为 77.81×10⁸~262.09×10⁸t, 期望值达 154.20×10⁸t。主力 CO₂地质储层为须家河组二段、四段和六段, 总封存量为 71.99×10⁸~245.96×10⁸t, 期望值达 143.98×10⁸t, 占

总封存潜力的 93.37%。

如表 12 所示, 按构造位置统计, 川中地区总封存潜力最大, 期望值达 89.26×10⁸t, 川西和川东地区总封存潜力期望值分别为 45.68×10⁸t 和 19.27×10⁸t。

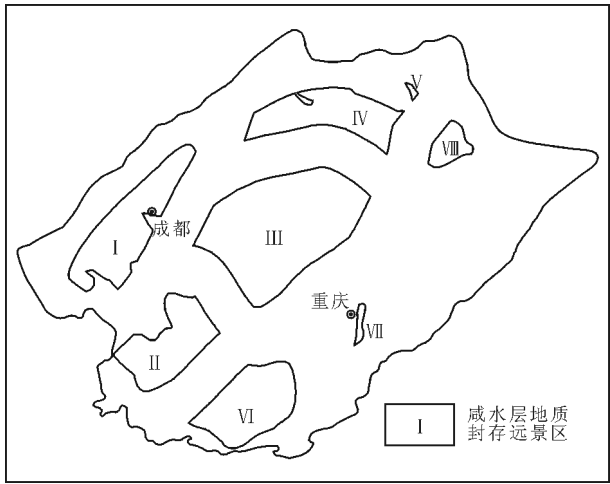


图3 四川盆地各远景区平面分布图
Fig. 3 Prospective areas for deep saline aquifers
CO₂ storage in Sichuan Basin

6 结 论

本文首次系统提出了在次盆地尺度上,CO₂的地质利用与封存潜力评估方法及其关键参数取值。对于枯竭油田地质封存与CO₂-EOR、枯竭气田地质封存与CO₂-ECBM、不可采煤层地质封存与CO₂-ECBM,能够充分利用已有权威地质储量数据开展潜力评估,评估精度进一步提高。对于咸水层CO₂地质封存,应注重地下储盖层地质剖析,充分结合储集条件、水文地质条件和地质安全性条件,圈定出远景区并开展封存潜力评估,更符合地质研究思路。

理论封存潜力评估结果表明,四川盆地利用咸水层CO₂地质封存技术潜力最大,期望值达154.20×10⁸ t。盆地内部天然气资源丰富,利用CO₂枯竭气田封存技术,可实现CO₂封存53.73×10⁸ t,如果利用CO₂强化天然气开采技术,可实现CO₂封存33.85×10⁸ t。

表12 咸水层地质封存各远景区CO₂封存潜力
Table 12 Storage potential of different prospective areas for deep saline aquifer CO₂ storage

远景区	I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	VI 区	VII 区	VIII 区
面积/km ²	9067	7012	19732	7360	125	7731	342	1714
封存潜力期望值/10 ⁸ t	45.68	12.74	58.55	17.94	0.03	16.37	0.48	2.41
构造位置	川西北		川中			川东南		

尽管四川盆地深部咸水层CO₂地质封存潜力最大,但由于其附带经济效益,且缺乏基础设施及地质资料,前期投入成本高,实施咸水层封存的技术经济障碍尚多,可能是中长期CO₂深度减排的主要方式。而枯竭天然气田因其良好的圈闭条件、气层低压状态、地质资料丰富、基础设施完善等优势,为该区利用枯竭气田CO₂地质封存技术实现低碳减排提供了早期示范机会。

致谢:衷心感谢中国科学院武汉岩土力学研究所李小春研究员及其团队、重庆大学许江教授及其团队对本文提出的宝贵建议。

参考文献

[1]白冰,李小春,刘延锋,等.中国CO₂集中排放源调查及其分布特征[J].岩石力学与工程学报,2006,25(1):2918-2923.
[2]中国21世纪议程管理中心.《第三次气候变化国家评估报告——中国二氧化碳利用技术评估报告》[M].北京:科学出版社,2014.
[3]张洪涛,文冬光,李义连,等.中国CO₂地质埋存条件分析及有关建议[J].地质通报,2005,24(12):1107-1110.
[4]刘延锋,李小春,白冰.中国CO₂煤层储存容量初步评估[J].岩石力学与工程学报,2005,24(16):2947-2952.
[5]刘延锋,李小春,方志明,等.中国天然气田CO₂储存容量初步评估[J].岩土力学,2006,27(12):2277-2281.
[6]李小春,刘延锋,白冰,等.中国深部咸水含水层CO₂储存优先区域选择[J].岩石力学与工程学报,2006,25(5):963-968.
[7]Guo J, Wen D, Zhang S, et al. Potential and Suitability Evaluation of CO₂ Geological Storage in Major Sedimentary Basins of China, and the Demonstration Project in Ordos Basin[J]. Acta Geological Sinica (English Edition), 2015, 89(4): 1319-1332.
[8]Wei N, Li X, Fang Z, et al. Regional Resource Distribution of On-shore Carbon Geological Utilization in China[J]. Journal of CO₂ Utilization, 2015, 11: 20-30.
[9]Li X, Wei N, Fang Z, et al. CO₂ Point Emission and Geological Storage Capacity in China[J]. Energy Procedia, 2009, 1: 2793-2800.
[10]Dahowski R T, Dooley J J, Davidson C L, et al. Building the Cost Curves for CO₂ Storage: North America. Technical Report. IEA Greenhouse Gas R&D Programme, 2015[EB/OL][2016-08-03]<http://www.globalccsinstitute.com/publications/building-cost-curves-co2-storage-north-america>. 2015.
[11]国土资源部油气资源战略研究中心等.全国石油天然气资源评价[M].北京:中国大地出版社,2010.
[12]Goodman F, Hakala A, Bromhal A, et al. U. S. DOE Methodology for the Development of Geologic Storage Potential for Carbon Dioxide at the National and Regional Scale[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control., 2011, 5: 952-965.

- [13]CSLF. Estimation of CO₂ Storage Capacity in Geological Media (Phase), Prepared by the Task Force on CO₂ Storage Capacity Estimation for the Technical Group of the Carbon Sequestration Leadership Form[EB/OL](2007-06-15)[2016-08-03].<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=5F350840888988FDCA7ADA39EB02EF36?doi=10.1.1.352.8121&rep=rep1&type=pdf>.2007.
- [14]《中国油气田开发志》总编纂委员会.《中国油气田开发志·卷十三:西南油气区》[M].北京:石油工业出版社,2011.
- [15]国土资源部油气资源战略研究中心等.全国煤层气资源评价[M].北京:中国大地出版社,2009.
- [16]Reeves S R. Assessment of CO₂ Sequestration and ECBM Potential of U.S. Coalbeds[EB/OL][2016-08-03]<https://www.osti.gov/scitech/biblio/923256>. 2003.
- [17]Nicot J P. Evaluation of Large-scale CO₂ Storage on Fresh-water Sections of Aquifers: an Example From the Texas Gulf Coast Basin[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control., 2008, 2: 582-593.
- [18]Zhou Q, Birkholzer J T, Tsang C F, et al. A Method for Quick Assessment of CO₂ Storage Capacity in Closed and Semi-Closed Saline Formation[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control., 2008, 2: 626-639.
- [19]Birkholzer J T, Zhou Q, Tsang C F. Large-scale Impact of CO₂ storage in Deep Saline Aquifers: A Sensitivity Study on Pressure Response in Stratified Systems[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control., 2009, 3: 181-194.
- [20]IEA GHG (International Energy Agency Greenhouse Gas R&D Programme). Development of Storage Coefficients for CO₂ Storage in Deep Saline Formations 2009/13[EB/OL][2016-08-03]<http://www.ieaghg.org/>.2007.
- [21]Bachu S. Review of CO₂ Storage Efficiency in Deep Saline Aquifers[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control., 2015, 40: 188-202.

《地质通报》第 36 卷第 7 期要目预告

内蒙古鄂尔多斯地区早白垩世剑龙类化石新材料	侯彦冬等
保山地体寒武纪基性火山岩及其大地构造意义	徐晓尹等
秦祁结合部位宝鸡地区早泥盆世香泉 A 型正长花岗岩年龄、地球化学特征及其构造意义	徐 通等
新疆大红柳滩地区奇台达坂北侧新近系泉水沟组火山岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义	赵江林等
东昆仑它温查汉西花岗岩闪长斑岩年代学、岩石学、地球化学特征及成矿意义	杨 涛等
东昆仑哈日扎多金属矿区花岗岩斑岩与闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义	王小龙等
新疆于田县阿羌火山岩的时代再讨论	李博秦等
临沧地体亲缘性及南段组物源分析	
——来自泥盆纪—石炭纪南段组碎屑锆石 U-Pb 年龄的证据	刘桂春等
西藏穹若巴勒—白龙地区阿布山组沉积岩石、地球化学特征及碎屑锆石对其物源信息的指示意义	王志龙等
渤海海域庙西北凸起中生界花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及其地质意义	赵国祥等
粤东横田花岗岩斑岩: SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄、岩石地球化学和锆石 Lu-Hf 同位素组成及其地质意义	范飞鹏等
滇西南澜沧江带红豆山铜矿花岗岩地质地球化学特征及成岩时代	王 磊等
豫西崤山老里湾岩体年代学、地球化学特征及其成矿作用	王利功等
北京西山大石河山峡阶地发育特征	郑桂森等
辽河东部凹陷大平房地区的走滑活动及对构造圈闭的控制作用	王雅芳等
大兴安岭中南段昌图锡力锰、银、铅、锌多金属矿床的发现及其意义	金若时等
东昆仑地区夏日哈木铜镍矿床成矿模式及找矿方向	潘 彤等
贵州天柱大河边铅锌矿床的发现及其意义	温汉捷等
云南禄劝鲁鲁铅锌矿床 Rb-Sr 同位素年代学与 S、Pb 同位素地球化学特征	王文元等