

Analysis of Pore-Permeability Test of Low-Order Coal in Hailaer Basin

Zhenjie Sun¹, Kangnan Yan¹, Ding Gong¹, Hongbo Liu²

¹College Energy Resource, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

²Sichuan Water Conservancy Vocational College, Chengdu Sichuan

Email: 645843801@qq.com

Received: Dec. 20th, 2018; accepted: Jan. 2nd, 2019; published: Jan. 9th, 2019

Abstract

Hailaer basin is a fault depression-depression basin of the Meso-Cenozoic, with a sedimentary thickness of about 6000 m. It can be divided into five first-order structural units, subdivided into 16 depressions, and is rich in oil and natural gas reserves. In this paper, gas permeability and gas porosity of coal and rock reservoir samples in Chenqi sag and Hulun Lake sag of Hailaer basin were tested, and the permeability and porosity characteristics of coal and rock reservoirs in the two sag were analyzed based on the experimental results.

Keywords

Gas Permeability, Gas Porosity, Coal Rock Reservoir, Hailaer Basin

海拉尔盆地低阶煤岩孔渗测试分析

孙振介¹, 颜康楠¹, 龚 丁¹, 刘鸿博²

¹成都理工大学能源学院, 四川 成都

²四川水利职业技术学院, 四川 成都

Email: 645843801@qq.com

收稿日期: 2018年12月20日; 录用日期: 2019年1月2日; 发布日期: 2019年1月9日

摘 要

海拉尔盆地为中-新生代的断陷-坳陷型盆地, 沉积厚度约6000 m, 可划分为五个一级构造单元, 细分为16个凹陷, 含有丰富的石油与天然气储量。本文对海拉尔盆地的陈旗凹陷和呼伦湖凹陷的煤岩储层样品进行了气测渗透率、气测孔隙度试验, 并结合实验结果分析了两大凹陷煤岩储层的渗透性及孔隙特征,

在此基础上分析了海拉尔本地煤岩储层的孔渗基础物性。

关键词

气测渗透率, 气测孔隙度, 煤岩储层, 海拉尔盆地

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

海拉尔盆地位于内蒙古自治区北部境内, 大兴安岭以西, 为晚中生代 - 古近纪的断陷 - 坳陷型叠合盆地, 可划分为“两隆三坳”五个一级构造单元, 即: 扎赉诺尔坳陷、嵯岗隆起、贝尔湖坳陷、巴彦山隆起、呼和湖坳陷, 可进一步细分为 16 个凹陷组成, 凹陷多为长条状。盆地基底为海西 - 印支期花岗岩以及布达特群, 盆地内填充侏罗系、白垩系和新生界。其发育演化主要经历了地壳隆起、断陷、凹陷、萎缩四个阶段。海拉尔盆地盆内沉积物的总厚度为 6000 m 左右, 主要的生油层系为铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组等。已探明的石油地质储量 2009×10^4 t, 天然气地质储量 113.3×10^8 m³ [1] [2] [3] [4] [5]。

目前国内对低阶煤岩煤岩孔渗的研究大部分都是针对浅埋深、低孔隙度、低渗透率的高阶煤岩, 缺乏对低阶煤岩的研究。海拉尔盆地富含丰富的矿物资源, 国内对海拉尔盆地储层岩石物性尚未展开系统研究, 在海拉尔盆地的陈旗凹陷和呼伦湖凹陷中存在着大量发育不成熟的煤岩, 其中可能蕴含大量尚未开采的煤层气。本文在试验数据的基础上, 系统分析陈旗凹陷与呼伦湖凹陷的储层岩石基本物性, 通过实验数据发现海拉尔盆地中低阶煤岩的孔渗特征与一般高阶煤岩的孔渗特征有很大区别, 能更加清楚地认识两大凹陷储层中含气性特征(取样煤矿分布情况如图 1 所示)。

2. 低阶煤岩样品气测渗透率试验

2.1. 试验基本原理

岩石样品的绝对渗透率就是在均质流体与多孔介质不发生任何物理化学作用下, 当岩石孔隙完全饱和时, 均质流体在多孔介质中的渗透率。

在实验中, 我们采用氮气测定低阶煤岩样品渗透率, 因为由于低阶煤岩样品的孔道过大, 会使孔道颗粒表面吸附一层较薄的气体。氮气相对于其他气体较为稳定, 吸附能力较差, 所以采用氮气测定煤岩样品的渗透率会更加接近真实值。

在实验室中用气体测定岩石的渗透率时, 通常使用如下的计算式[6]

$$K = \frac{\bar{Q} \mu_g L}{A(p_1 - p_2)} \quad (1)$$

式中: A ——岩样的横截面积, 平方厘米; L ——岩样长度, 厘米; μ_g ——气体粘度, 厘泊; p_1 ——气体通过岩样前的压力, 0.1 兆帕; p_2 ——气体通过岩样后的压力, 0.1 兆帕; \bar{Q} ——气体的平均流量, 即 $\bar{Q} = \frac{2P_0 \cdot Q_0}{P_1 + P_2}$ 厘米 3/秒; P_0 = 大气压力, 0.1 兆帕; Q_0 ——在大气压力下测定的气体流量, 厘米 3/秒。必须指出, 上述公式所求得的 \bar{Q} 是指实验室条件下的数值, 要换算成标准温度、压力下的平均流量 \bar{Q} , 此时可按下式计算

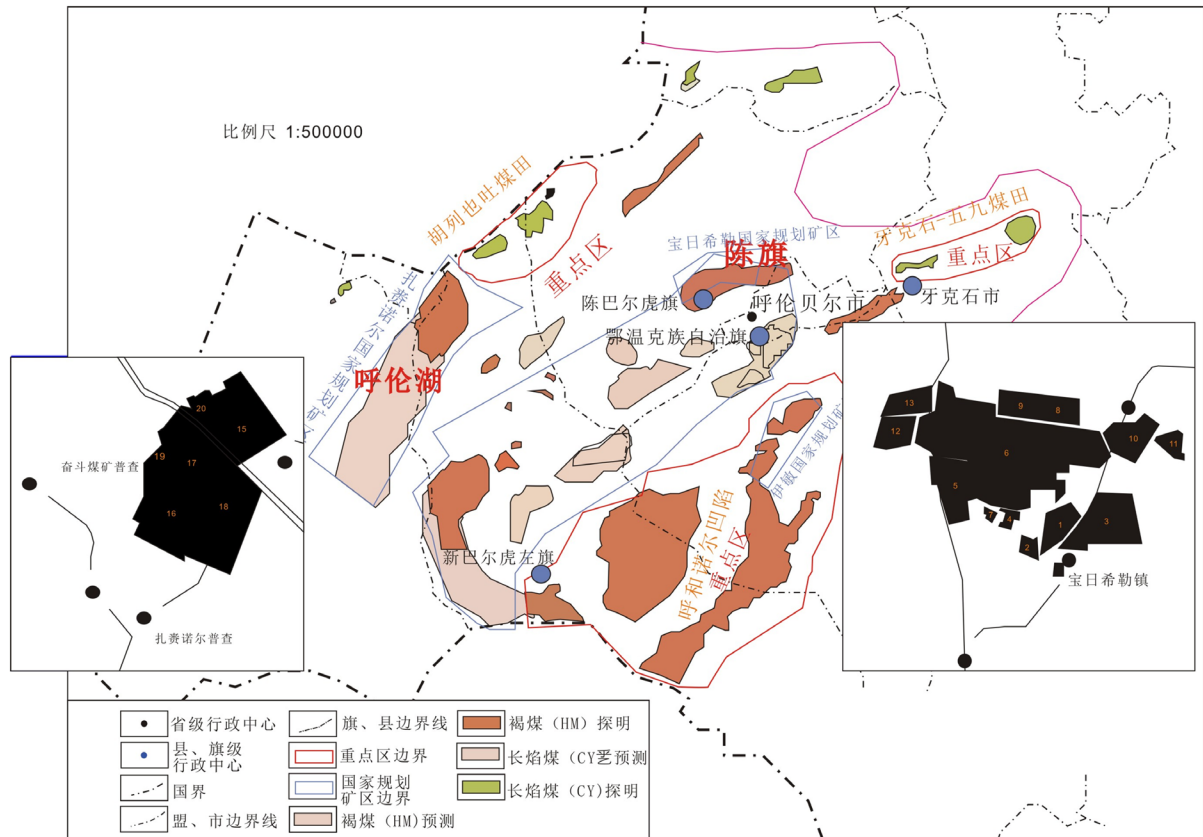


Figure 1. Distribution of coal mines in Chenqi sag and Hulun Lake sag
图 1. 陈旗凹陷、呼伦湖凹陷煤矿分布

$$\bar{Q} = \frac{p_0 \cdot \overline{Q'293}}{T_0} \quad (2)$$

式中 T_0 ——实验室测定岩样时的温度， K 。

2.2. 气测渗透率试验技术要求

1) 试验样品制备

试样是煤岩钻孔岩芯。根据试验要求，将钻孔岩芯切割成圆柱体试件。试件切割成型后，圆柱体试件的两端面进行了手工精磨处理，其平行度和平整度达到了试验要求。

2) 试验仪器及参数设置

岩石气体渗透率测定仪为 STY-2 型气体渗透率仪，仪器流程如图 2 所示。

包括：1,11-气瓶；2,13,14-水平阀；3-干燥过滤器；4-压力调节器；5,6-微调压稳压阀；7,8,10-标准压力表；9-岩芯夹持器；12-微调阀；15-皂膜流量计。

除此而外，还需要计时秒表，测量岩样直径和长度的千分卡尺。

2.3. 试验结果

根据表 1 气测渗透率实验结果可以看出，该地区气相渗透性较好。海拉尔盆地陈旗凹陷与呼伦湖凹陷低阶煤岩样品的气测渗透率数值偏大，且陈旗凹陷低阶煤岩样品的气测渗透率数值总体要低于呼伦湖凹陷煤岩样品的气测渗透率数值，但呼伦湖凹陷有个别煤岩样品的气测渗透率数值过低。

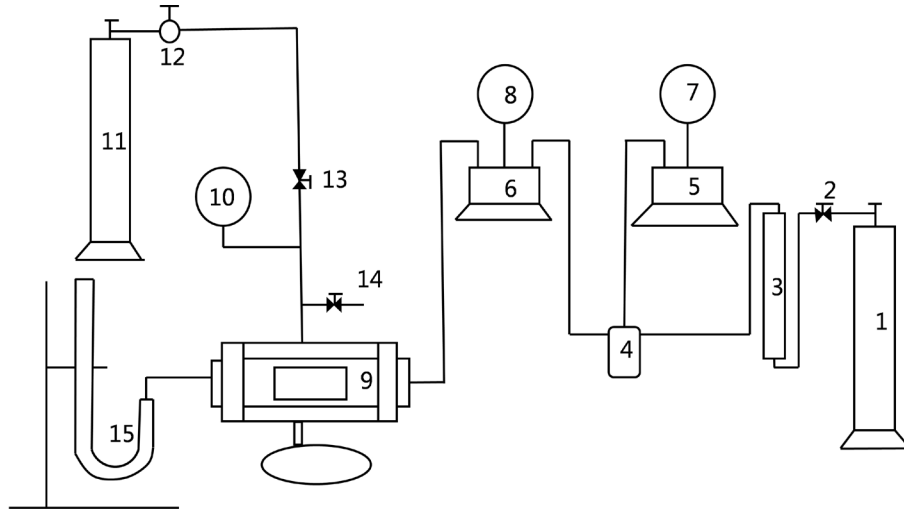


Figure 2. Flow chart of gas permeability tester
图 2. 气测渗透率试验装置流程图

3. 低阶煤岩气测孔隙度试验

3.1. 试验基本原理

根据波义尔定律： $p_1V_1 = p_2V_2$ 。其中已知 p_1, V_1 ，测定 p_2 就可算出 V_2 。在一定的压力 p_1 下，使一定体积 V_1 的气体向处于常压下的岩心室膨胀，测定平衡后的压力，可求得原来气体体积 V_1 与岩心室的体积之和 V_2 。在岩心室中放入岩样后，重复上述过程得到 V_3 ， V_2-V_3 即为岩样的固体体积。

3.2. 气测孔隙度实验技术要求

1) 试验样品制备

试样是煤岩钻孔岩芯。根据试验要求，将钻孔岩芯切割成圆柱体试件。试件切割成型后，圆柱体试件的两端面进行了手工精磨处理，其平行度和平整度达到了试验要求。

Table 1. Permeability test results of coal and rock samples

表 1. 煤岩样品渗透率测试结果

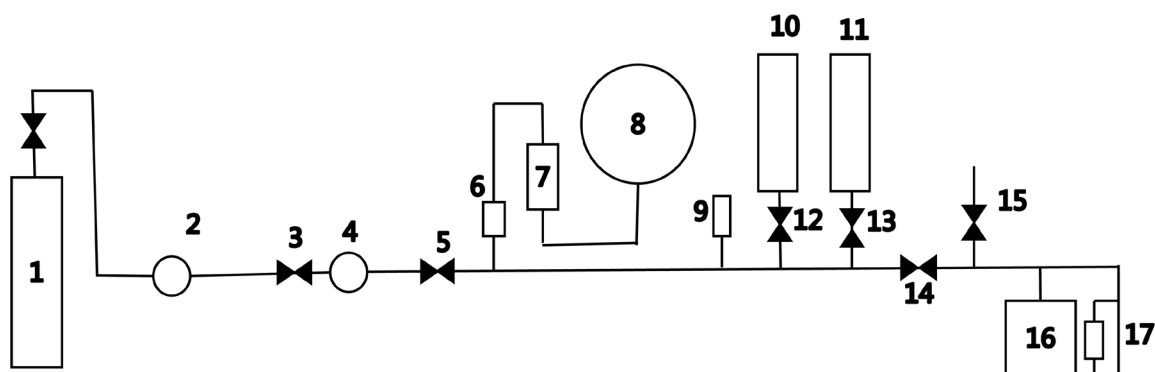
样品编号	样品编号	序列编号	平均长度	平均直径	围压	平均渗透率
			mm	mm	MPa	MD
陈旗	11-2	1	45.89	25.15	1.5	1340.543
	20-2	2	32.33	24.64	1.5	136.723
	11-1	3	21.87	24.97	1.5	30.633
	33-2	4	49.74	25.55	1.5	156.322
	19-1	5	45.46	25.11	1.5	163.021
	30	6	25.45	25.14	1.5	182.053
	5-1	7	19.02	25.43	1.5	265.987
	52-2	8	32.38	25.05	1.5	111.742
	52-1	9	42.42	25	1.5	91.032
	63-3	10	49.01	25	1.5	1250.012

Continued

呼伦湖	17-1	11	35.93	25.01	1.5	1141.033
	17-3	12	42.83	25	1.5	315.581
	4-1	13	36.09	25.13	1.5	145.982
	36-3	14	46.12	25	1.5	147.972
	25-2	15	49.21	25	1.5	509.017
	35-1	16	34.97	25.06	1.5	775.015
	1-3	17	46.08	24.8	1.5	414.987
	32-1	18	34.66	25.06	1.5	1225.293
	36-1	19	35.06	25.01	1.5	135.989
	25-1	20	34.89	24.59	1.5	414.011
	7-1	21	25.09	24.18	1.5	411.009
	38	22	20.27	24.68	1.5	17.933
	20	23	23.6	25.13	1.5	736.014
	35	24	19.89	25	1.5	450.737
	17	25	23.46	25	1.5	12.798
	32	26	18.41	25	1.5	691.496
	25-3	27	18.3	24.28	1.5	112.496
	1-1	28	16	24.81	1.5	136.013
	1-2	29	23.94	24.98	1.5	206.309
	18	30	23.2	25	1.5	601.755

2) 试验仪器及参数设置

氦孔隙度仪器：可测岩样的孔隙体积和固体体积。装置流程图如图3所示。



1-氦气瓶；2-调节器；3-气源阀；4-压力调节器；5-供气阀；6-缓冲器；7-油面观察；8-压力表；9,10,11-标准室；12,13-阀门；14-测试阀；15-放空阀；16-岩心室；17-夹持器

Figure 3. Flow chart of gas porosity tester

图3. 气测孔隙度试验装置流程图

仪器设置有两个已知体积腔室，其中一个装入岩石样品，另一个充注一定压力氦气，而后连通两个腔室使氦气等温膨胀，根据波义尔定律，可以计算样品骨架体积。

3.3. 气测孔隙度试验结果

根据表 2 气测孔隙度实验结果可知, 海拉尔盆地陈旗凹陷和呼伦湖凹陷的低阶煤岩孔隙体积较大, 数值在 25%~40%之间, 且两个凹陷煤岩样品孔隙度大小相近。

Table 2. Porosity test results of low order coal gas

表 2. 低阶煤岩气测孔隙度试验结果

序号	样品号	长度(cm)	直径(cm)	孔隙度(%)
陈旗	33-1	2.407	2.473	37.903
	20	1.374	2.512	38.066
	52-3	2.009	2.52	21.014
	20-2	3.233	2.464	38.098
	11-1	2.187	2.497	32.509
	11-2	4.589	2.515	37.437
	20-1	3.53	2.455	39.107
	33-2	2	2.405	34.695
	4	1.623	2.501	23.989
	36-1	3.506	2.501	36.995
呼伦湖	35-1	3.497	2.506	33.764
	4-1	3.609	2.513	29.996
	25-1	3.489	2.459	39.503
	32-1	3.466	2.506	38.277
	38	2.027	2.468	30.569
	17-1	3.593	2.501	40.502
	20	2.36	2.513	31.931
	1-1	1.6	2.481	25.406
	36-3	4.612	2.5	38.497
	1-3	4.608	2.48	30.408
	34-3	4.917	2.499	37.712
	32-3	5.034	2.5	39.615
	34-2	4.84	2.515	37.801
	4-3	4.4	2.42	24.097
	7-1	2.509	2.418	24.608
	25-4	1.821	2.402	29.131
	32	1.843	2.461	29.885
	25-3	1.83	2.428	31.801
34	1.76	2.45	28.523	
38	1.523	2.434	28.901	

造成低阶煤岩孔隙度偏大的主要原因可能是由于煤岩内部发育大量微孔、裂缝或在制备煤岩样品时低阶煤岩很容易产生新的裂缝，上述因素都会导致低阶煤岩孔隙度变大。

4. 陈旗凹陷、呼伦湖凹陷渗透率及孔隙度试验分析

1) 根据实验结果，可以明显看出海拉尔盆地陈旗凹陷与呼伦湖凹陷的煤岩样品气测渗透率数值相比一般煤岩偏大，且陈旗凹陷煤岩样品的气测渗透率总体要低于呼伦湖凹陷煤岩样品的气测渗透率，表明陈旗凹陷、呼伦湖凹陷的气相渗透性较好。

2) 海拉尔盆地陈旗凹陷和呼伦湖凹陷的煤岩样品相比于一般煤岩孔隙体积偏大，孔隙度的测试数值大多在 25%~40%之间，且两个凹陷样品孔隙度大小相近。

3) 低阶煤岩发育成熟度较低，煤岩孔隙度较大，内部孔隙结构较为复杂，由于滑脱效应的影响，在采用气测试验方法时，孔渗实验数据也许比实际值要偏大。

4) 在实验中需要注意的是，在处理低阶煤岩样品时，不能与其他类型的岩心样品一样，而是要更加细致。因为低阶煤岩成熟度较低，质地较脆，在岩心样品的钻取、烘干过程中很容易使样品产生裂缝，甚至发生断裂，对样品造成损坏。

参考文献

- [1] 张长俊, 龙永文. 海拉尔盆地沉积相特征与油气分布[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 1-8.
- [2] 陈守田, 刘招君, 崔凤林, 等. 海拉尔盆地含油气系统[J]. 吉林大学学报, 2002, 32(2): 151-154.
- [3] 陈守田, 刘招君, 刘杰烈. 海拉尔盆地构造样式分析[J]. 吉林大学学报, 2005, 35(1): 39-42.
- [4] 冯志强, 张晓东, 任延广, 等. 海拉尔盆地油气成藏特征及分布规律[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(5): 16-19.
- [5] 陈均亮, 吴河勇, 朱德丰, 等. 海拉尔盆地构造演化及油气勘探前景[J]. 地质科学, 2007, 42(1): 147-159.
- [6] 罗蛰潭. 油层物理[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 1-3.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org