



分段压水试验在东平大牛矿区 水文地质勘查中的应用

汪云, 兰天, 蒋会生

(中国冶金地质总局山东正元地质勘查院, 山东 泰安 271100)

摘要:压水试验方法同样适用于矿区水文地质勘查的各阶段,特别是针对透水性不是很大的矿区,选择单管栓塞压水试验方法,有使用方便、操作简单、灵活易行、不受孔径限制等独具的特点。在同一钻孔中进行分段压水试验,计算各段的透水率、渗透系数,根据各段渗透性对矿区含水层、段进行划分,为矿区水文地质条件划分提供依据。

关键词:分段压水试验;透水率;渗透系数;水文地质勘查;东平大牛山矿区;山东省

中图分类号:P641.72

文献标识码:B

0 引言

钻孔压水试验是将水压入用栓塞隔离的一定长度的孔段内,观测其压力与流量,以了解岩体透水性的一种野外渗透试验方法。测定岩体透水性的方法很多,由于压水试验简单易行,适应性强,在地下水位以上和以下都可进行,可应用于较深的孔段。通过分段试验能了解岩体透水性在空间的分布变化,因此在工程勘察中被广泛应用,是测定和评价岩体透水性主要方法,压水试验方法以往主要用于水利水电、坝基、隧道等工程地质勘查中,在矿区水文地质勘查工作中应用较少,该次利用分段压水试验原理,大胆应用于矿区水文地质勘查,特别是针对透水性不是很大的($q < 10 \text{ Lu}$)矿区,选择单管栓塞压水试验方法^[1],在同一钻孔中进行分段压水试验,取10 m左右为一个压水试验段,测得岩层随深度变化的透水率和渗透系数,从而进行矿区含水层、段的划分,对查明矿区开采技术条件具有重要的意义。

东平大牛矿区位于山东省东平县,地处鲁中山地西南边缘,华北平原东端,为汶河冲积平原,区内地势平缓,北东高、南西低,地面标高一般在38.00~46.00 m。东平湖位于矿区的西北,大清河自东向西从矿区通过,矿区主要含水层有水量丰富且透水性好的第四纪松散岩类砂砾石孔隙水含水层和寒

武纪灰岩岩溶裂隙水含水层^[2],还有透水性较差的泰山岩群黑云变粒岩裂隙水含水层。其中泰山岩群黑云变粒岩的裂隙发育带是矿体开采的直接充水含水层,而寒武纪灰岩岩溶裂隙水通过断层和次生构造破碎带沟通矿体成为矿体开采的主要充水含水层,第四纪砂砾石孔隙水通过局部“天窗”补给泰山岩群黑云变粒岩裂隙水含水层和寒武纪灰岩岩溶裂隙水含水层。断层及次生构造破碎带是矿区充水的主要通道。矿区主要隔水层为第四纪的粘土、粉质粘土,寒武纪的页岩和做为矿体顶底板的泰山岩群黑云变粒岩。

为了确定矿体的直接充水含水层黑云变粒岩裂隙水的赋存情况,采用了分段压水试验,实践结果证明分段压水试验在该区的应用是非常有效的。

1 分段压水试验原理

1.1 分段压水试验的原理

压水试验是根据岩体吸水量计算了解岩体裂隙发育情况和透水性的一种原位试验。分段压水试验是用专门的止水设备把一定长度的钻孔试验段隔离出来,然后用固定的水头向这一段钻孔压水,水通过孔壁周围的裂隙向岩体内渗透,最终渗透的水量会

* 收稿日期:2012-10-16;修订日期:2012-11-07;编辑:陶卫卫

作者简介:汪云(1974—),女,湖北天门人,工程师,主要从事地质资源勘查工作;E-mail:wyluotong_001@163.com。

趋于一个稳定值。根据压水水头、试段长度和稳定渗入水量,可以判定岩体透水性的强弱。压水试验装置见图 1。

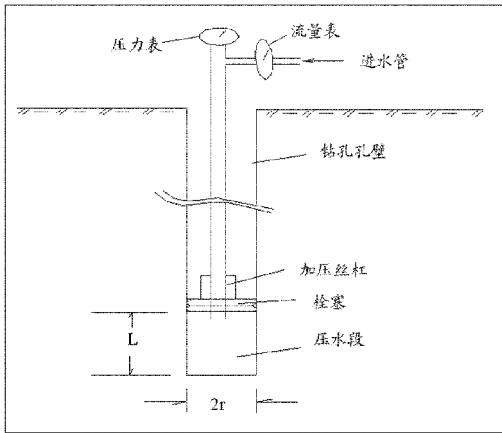


图 1 压水试验装置图

压水试验时,水从进水管进入压水段,并读取流量(Q),水的压力则从孔口的压力表读取(P)。孔内栓塞靠机械施加压力,使橡胶栓塞膨胀压紧孔壁,在栓塞与孔底之间形成一个封闭的压水区域。采用多级压力,多阶段循环的试验方法,试验最大压力通常为 1 MPa,每个阶段的试验时间较短,一般为 10 min 左右,用吕荣(Lu)作为岩体透水率的单位,吕荣试验方法优点是能了解在不同压力下及最大压力前、后同一压力下岩体透水性的变化情况,所得资料更丰富,更全面。能取得多组数据,可以相互校核,所得资料更为可靠,试验时间较短。

1.2 压水试验中数据的来源及各参数的确定

1.2.1 试验段压力的确定

$$P = P_p + P_z - P_0 \quad (1)$$

表 1 sh40-1 钻孔 01 段透水率及渗透系数计算

简要说明	水位/孔深(m)			试验段起止长度(m)				水位/孔深(m)			试验段起止长度(m)	
	13.16/110.70			98.00~110.70				13.16/110.70			98.00~110.70	
实验数据	最终流量 (m ³ /min)	压力表度 数(MPa)	水柱压力 (MPa)	水管 长度	水管 内径	试验段 长度	试验孔 半径	摩擦系 数 f	重力加 速度 g	压力水头损失 值 P(MPa)	总压力 S(MPa)	透水率 q
第一压力点	0.0034	0.30								0.0003	0.4297	
第二压力点	0.0051	0.60								0.0007	0.7293	
第三压力点	0.0079	1.00	0.13	107.70	0.031	12.70	0.038	0.0003	9.81	0.0016	1.1284	0.55
第四压力点	0.0062	0.60								0.0010	0.7290	
第五压力点	0.0038	0.30								0.0004	0.4296	
单位吸水量 w (L/min·m ²)	0.0055			渗透系数				K=0.527wlg(1.32L/r)=0.0068				

式中:P为试验段压力(MPa); P_p 为压力表指示压力(MPa); P_z 为压力表中心至压力计算零线的水柱压力(MPa); P_0 为管路压力损失(MPa)。

$$P_0 = \lambda \frac{L_p V^2}{d^2 g} \quad (2)$$

式中: λ 为摩擦系数, $\lambda=2 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-4}$; L_p 为工作管长度(m); d 为工作管内径(m); V 为管内流速(m/s); g 为重力加速度, $g=9.8 \text{ m/s}^2$ 。

1.2.2 岩体渗透系数及透水率的确定

每段压水试验分别取 0.3 MPa,0.6 MPa,1.0 MPa,0.6 MPa,0.3 MPa 共 5 个压力值,分别读取对应的流量数并记录。首先作出 P-Q 曲线,根据 5 个点的分布情况确定 P-Q 曲线类型,选择相应的透水率和渗透系数计算^[3](计算公式参照 DZ/T0132-94《钻孔压水试验规程》)。

单孔压水试验测得的渗透系数为压水段的平均渗透系数,而不是各向异性岩层的渗透系数。大多数情况下,有了含水层各段的平均渗透性,基本可以满足对开采技术条件判别和矿坑水量计算的要求^[4,5]。因此,在矿区水文地质勘探初期,采取单孔压水试验方法,在矿床范围内根据勘探阶段的不同,选取一定比例的地质钻孔进行单孔分层压水试验,并据此作出钻孔渗透性柱状及剖面图是一种简单实用的方法。

2 分段压水试验的资料整理及应用

2.1 分段压水试验资料的整理

(1)计算钻孔各段的透水率和渗透系数(表 1)。

(2)根据钻孔每一段的透水率和渗透系数绘制

钻孔渗透性柱状图(图 2),根据其变化特征来确定

序号	钻孔分段深度 (m)	渗透系数 k (m/d)	透水性 q	岩石名称	渗透系数				
					0.004 0.4	0.006 0.6	0.008 0.8	0.016 1.0	透水性
1	97.90	0.0087	0.71	黑云变粒岩					
2	109.60	0.0106	0.87	黑云变粒岩					
3	121.30	0.0112	0.92	黑云变粒岩					
4	133.20	0.0100	0.82	黑云变粒岩					
5	144.80	0.0118	0.97	黑云变粒岩					
6	156.60	0.0090	0.74	黑云变粒岩					
7	168.70	0.0081	0.66	黑云变粒岩					
8	180.40	0.0112	0.92	黑云变粒岩					
9	192.20	0.1264	10.29	黑云变粒岩					
10	203.30	0.0140	1.17	黑云变粒岩					
11	214.80	0.0095	0.70	黑云变粒岩					
12	226.50	0.0083	0.68	黑云变粒岩					
13	236.40	0.0086	0.71	黑云变粒岩					
14	250.00	0.0105	0.86	黑云变粒岩					
15	261.60	0.0066	0.54	黑云变粒岩					
16	273.20	0.0086	0.71	黑云变粒岩					
17	288.20	0.0065	0.43	黑云变粒岩					

图 2 sh40-1 钻孔渗透系数、透水性随深度变化曲线图
不同的含水层、段(其岩性为黑云变粒岩)。

从图 2 中可以明显看出透水性率和渗透系数上强下弱和在构造角砾岩上部突然增强的变化特点。这

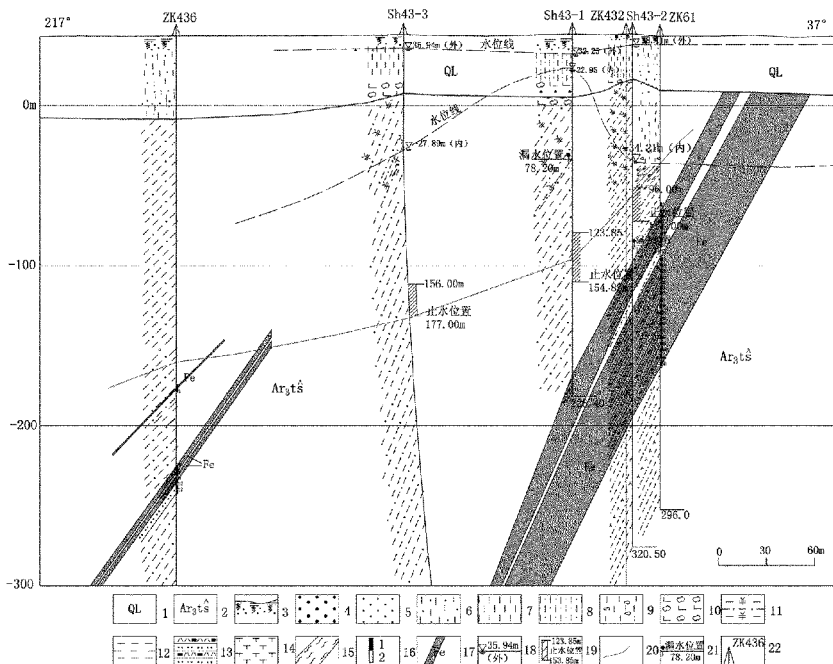


图 3 43 线双层水位剖面示意图

1—临沂组;2—泰山岩群山草峪组;3—腐殖土;4—中砂;5—细砂;6—亚粘土;7—粘土;8—砂质粘土;9—含砾粘土;10—钙质胶结层;11—风化黑云变粒岩;12—黑云变粒岩;13—磁体角闪石英岩;14—正长岩;15—构造糜棱岩;16—取样位置及编号;17—铁矿体;18—水位标高(外管);19—止水位置;20—弱、微含水带界线;21—漏水点位置;22—钻孔位置及编号

大牛矿区矿体赋存在泰山岩群山草峪组黑云变粒岩中,黑云变粒岩层的渗透系数总体都比较小,据 12 个分层压水钻孔 282 段压水试验结果统计(表 2),黑云变粒岩裂隙岩层渗透系数的平均值 $K =$

也符合含水层渗透性的基本规律随深度的增加而呈逐渐减少的趋势,即含水层的透水性上部大下部小是普遍规律,这为含水层位的划分提供了有利的理论依据。

(3)含水层位的划分。根据《水利水电工程地质勘察规范》(GB50487-2008)关于岩土体渗透性分级标准^[6],对分段压水试验取得的渗透系数和透水性率进行对比研究,在剖面上将不同钻孔渗透性变化相同的位置连接起来,进行含水层位划分,用以确定相应的矿区水文地质条件(图 3)。

2.2 分段压水试验资料的分析研究及应用

分段压水试验在水文地质勘查应用中主要是结合矿床充水特点,把研究重点放在矿体周围的顶、底板和隔水层上,重点是搞清隔水层的分布范围、厚度、隔水性能以及矿体的关系等。每一个含水系统的介质都是由一些具有各自特征的多层含水体和隔水体相间组成,它们都有自己的含水特征和层位。

系数 K 平均值为 0.035 m/d , 下部 K 平均值为 0.008 m/d , 上部渗透系数为下部的 4.38 倍。依据资料对含水层进行分类, 发现 -250 m 以上和矿体顶板 40 m 以外为上部层弱透水带, 而 -250 m 以下和矿体顶板 40 m 以内为微透水带, 这个分层位置至关

重要, 按照这个位置分层下入长期观测管, 明确了泰山岩群变质岩类裂隙含水层中存在两层水位现象, 两层水的存在又成为采矿极为有利的水文地质条件。为下一步矿山开采治水提供有利的设计依据。

表 2 钻孔压水试验渗透系数和透水率统计

孔号	上层		顶板 40m		矿层		底板		平均	
	$K(\text{m/d})$	$q(\text{lu})$	$K(\text{m/d})$	$q(\text{lu})$	$K(\text{m/d})$	$q(\text{lu})$	$K(\text{m/d})$	$q(\text{lu})$	$K(\text{m/d})$	$q(\text{lu})$
Sh40-1	0.0026	0.45	0.0200	0.2	0.0057	0.48	0.0050	0.32	0.0045	0.36
Sh40-2	0.0200	1.87	0.0085	0.82	0.0095	0.86	0.0072	0.59	0.0163	1.34
Sh41-1	0.0131	1.2	0.0086	0.74	0.0066	0.51	0.0077	0.63	0.0089	0.77
Sh41-2	0.0194	1.84	0.0096	0.8	0.0103	0.85	0.0134	1.09	0.0171	1.41
Sh43-1	0.0096	0.74	0.0020	0.17	0.0048	0.41			0.0068	0.57
Sh43-2	0.0389	4.28	0.0045	0.64	0.0040	0.32	0.0059	0.44	0.0106	0.86
Sh43-3	0.0041	0.31	0.0046	0.36					0.0041	0.32
Sh45-1	0.0135	0.8	0.0223	1.86	0.014	1.14	0.0110	0.97	0.0135	1.11
Sh45-2	0.0672	6.21	0.0094	0.8	0.0059	0.48	0.0072		0.0503	3.88
Sh45-3	0.0070	0.58	0.0056	0.45	0.0028	0.23	0.0017	0.14	0.0063	0.51
Sh47-1	0.1159	13.19	0.0133	1.14	0.0109	0.9	0.0081	0.52	0.0806	7.06
Sh47-2	0.1093	10.29	0.0062	0.51	0.0050	0.48	0.0100		0.0873	7.02
平均	0.0351	3.48	0.0096	0.71	0.0072	0.61	0.0077	0.59	0.0255	2.10

3 结语

压水试验法是国内外长期用来测量和评价岩层渗透性的有效方法, 在同一钻孔中进行分段压水可以测得岩层渗透性柱状剖面图, 对查清矿床水文地质条件, 确定含水层的划分有重要意义, 尤其是对具有双层水位的矿床更有实用价值。

(1) 采用分段压水试验以及上、下水位分层观测水位的方法, 根据分段压水获得的岩层渗透系数的大小, 可以把含水层与隔水层的界限基本划分开。

(2) 分段压水试验能够分辨矿体的直接顶、底板岩层是否属隔水层, 矿床是否为双层水位矿床。两层水的存在又成为采矿极为有利的水文地质条件, 由于两层水的存在, 矿床宜于采取深层局部疏干浅

部封堵治水方案, 大幅度减少矿坑涌水量, 大幅降低矿山治理地下水投资。

参考文献:

- [1] 丛山. 双层水位矿床地下水深层局部疏干方法的理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
- [2] 刘涛, 李明建, 曹保国. 武所屯煤矿 12 煤老空积水区水文地质参数研究[J]. 山东国土资源, 2010, 26(5): 23-26.
- [3] DZ/T0132-94. 钻孔压水试验规程[S]. 1994.
- [4] 邢业江, 聂佩孝. 山东张宝庄铁矿水文地质特征研究[J]. 山东国土资源, 2012, 28(4): 31-33.
- [5] 王仕昌, 宋印胜, 李培远. 山东省济宁铁矿区济宁岩群变质岩水文地质特征[J]. 山东国土资源, 2011, 27(9): 38-43.
- [6] GB50487-2008. 水利水电工程地质勘察规范[S]. 2008.

Application of Segmented Water Pressure Test in Hydrogeological Exploration in Daniu Mine in Dongping County

WANG Yun, LAN Tian, JIANG Huisheng

(Shandong Zhengyuan Geological Exploration Institute belongs to China Metallurgical Bureau, Shandong Tai'an 271100, China)

Abstract: The water pressure test method is equally applicable to mine hydrology geological prospecting in each stage, especially for mining areas with less water permeability. Single tube embolization water pres-

sure test method has the characteristics of easy to use, simple operation, and not restricted by aperture. Water pressure test has been carried out in the same borehole. Permeable rate and the coefficient of permeability of each section have been calculated. According to different permeability, water-bearing strata and parts have been divided. It will provide a basis for the division of hydrogeological conditions in mines.

Key words: Segmented water pressure test; permeable rate; permeability coefficient; hydrogeological exploration; Daniu mine in Dongping county; Shandong province