

含水层砂岩指数在新疆新生界砂岩 承压含水层单井出水量预报中的应用

纪媛媛¹, 周金龙^{1,2,3}, 陆成新⁴, 白铭⁴, 梁红涛⁴

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 中国地质科学院 水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061;
3. 中国地质大学 环境学院, 武汉, 430074; 4. 新疆地勘局 第二水文地质工程地质大队, 昌吉 831100)

摘要: 三塘湖以北地区是新疆最近探明的主要煤田之一, 在煤系地层之上覆盖有水量较丰富的新生界砂岩承压含水层, 是煤田开发过程中重要的供水水源之一。本文提出含水层砂岩指数的概念, 以三塘湖北煤田供水水文地质详查资料为基础, 建立承压含水层砂岩指数与单井出水量的关系。结果表明: 承压含水层砂岩指数与单井出水量间具有极显著的线性相关关系, 砂岩指数预测单井出水量的相对误差一般小于 50%, 平均绝对误差仅 7.59 m³/d, 平均误差 1.07%, 拟合程度较高; 宜井区(单井出水量 > 500 m³/d)相对误差一般 < 15%, 拟合程度高。该成果对于今后宜井区承压含水层单井出水量的预测以及地下水开采井的合理布置具有重要的现实意义。

关键词: 砂岩指数; 单井出水量; 地下水开采; 新疆三塘湖北

中图分类号: TV211.12

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)03-0185-04

Application of aquifer sandstone index in predication of water yield of single well on confined aquifer in Xinjiang

Ji Yuanyuan¹, ZHOU Jinlong^{1,2,3}, LU Chengxin⁴, Bai Ming⁴, Liang Hongtao⁴

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;
2. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, China;
3. School of Environmental Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 4. The Second Team of Hydrogeology and Engineering Geology, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Changji 831100, China)

Abstract: The northern area of Santanghu is one of the major coalfields which have been recently ascertained in Xinjiang. The coal-bearing stratum is covered with cenozoic sandstone confined aquifer. The cenozoic sandstone confined aquifer is one of the most important sources of water supply during coalfield development process. Based on detailed hydrogeological survey data of coalfield water supply in northern area of Santanghu, the paper proposed the concept of aquifer sandstone index (ASI) and set up the relation between ASI of confined aquifer and water yield of single well. The results show that there is a significant linear correlation between ASI of confined aquifer and water yield of single well. When using ASI to predict water yield of single well, the relative error is generally less than 50% and mean absolute error and average error is 7.59 m³/d and 1.07% respectively. The fitting degree is higher. The relative error is generally less than 15% in suitable well area while the water yield of single well is more than 500 m³/d with very high fitting degree. The result has important practical significance for prediction of water yield of single well of confined aquifer in suitable well area and rational arrangement of groundwater extraction well.

Key words: aquifer sandstone index; water yield of single well; ground water exploration; northern area of Santanghu in Xinjiang

收稿日期: 2014-03-15; 修回日期: 2014-04-02

基金项目: 新疆自治区地质勘查基金项目(S12-1-XJ01); 新疆自治区水文学及水资源重点学科基金(xjswszyzdxx20101202)

作者简介: 纪媛媛(1988-), 女, 山东人, 在读研究生, 研究方向为地下水利用与保护。

通讯作者: 周金龙(1964-), 男, 浙江人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事干旱区地下水利用与保护、灌区土壤水-盐运移监测与模拟等研究工作。

单井出水量是地下水开采布局的主要依据之一^[1],在水文地质勘查程度较低的待开发矿区,依据较多的矿山地地质勘探孔和有限的水文地质勘探孔的岩性资料预测特定含水层的单井出水量对于矿区开发过程中供水井的布局具有重要的现实意义。本文提出含水层砂岩指数的概念,并将其应用于新疆三塘湖北煤炭基地新生界砂岩承压含水层单井出水量的预测。

1 研究区新生界承压含水层特征

三塘湖以北地区是新疆最近探明的主要煤田之一,为待开发的整装煤田,自治区规划的“西煤东运”大型煤田基地,是自治区“358”项目的重点煤炭勘探区,其煤系地层是侏罗系。为配合新疆三塘湖煤田顺利开发,特在该地区开展水文地质详查工作^[2],钻孔分布见图1。

煤系地层上覆的新生界^[3]承压含水层^[4]为研究区地下水的主要供水目的层,新生界承压含水层的岩性较为多样,不同岩性层小计厚度 35.20 ~ 116.00 m (见表1),主要岩性为砂岩、砂砾岩等;隔水层主要为泥岩。新生界承压含水层顶板埋深一般为 10.32 ~ 76.93 m,地下水埋深一般为 3.23 ~ 103.64 m。区域内,南部的白依山和莫钦乌拉山山区为地下水的主要补给区,其补给源主要为山区的大气降水和冰雪融水,平原区地下水的补给来源主要有河水入渗、河道潜流、山区及山前暴雨洪流入渗、降雨入渗、山区基岩裂隙水侧向径流补给、山前泉水入渗补给、田间入渗补给、水库水入渗补给等;区域内,地下水的径流方向与地形坡度基本一致,从南部山前向洪积平原中下部径流,最终流向汉水泉方向;现状条件下,地下水主要排泄方式为侧向径流排泄。新生界砂岩承压含水层换算单井出水量^[5]为 248.75 ~ 1 253.05 m³/d。

2 砂岩指数及其确定方法

由表1可以看出,研究区承压含水层岩性多样,主要以粗砂岩和粉细砂岩为主。在相同厚度的情况下,不同岩性对单井出水量的贡献不同,颗粒越粗,对单井出水量的贡献越大,即该岩性层的权重^[6]越大。为此,引入含水层砂岩指数的概念。含水层砂岩指数是指将含水层不同岩性根据其其对出水量的贡献大小统一到砂岩的等效厚度。

根据研究区不同岩性承压含水层单井出水量的经验数据,设定3组不同岩性在折算砂岩指数时的

权重,详见表2。

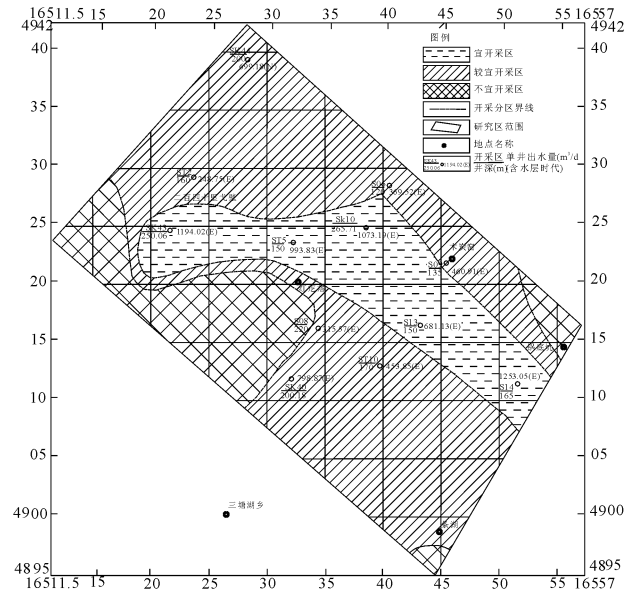


图1 新疆三塘湖北煤田供水水文地质详查钻孔分布图

表1 新疆三塘湖北地区含水层单井出水量、岩性及厚度统计表

钻孔 编号	承压井5m 降深时单井 出水量		岩性	厚度 m ³ /d, m
ST2	248.75	砂砾岩	9.79	
		粗砂岩	2.60	
		中细砂岩	21.56	
		含砾细砂岩	0.02	
		粉细砂岩	6.08	
ST5	993.83	泥质中砂岩、泥质砂岩	5.39	
		砂砾岩	6.68	
		含砾粗砂岩	41.55	
		中粗砂岩、含砾中砂岩	10.89	
		含砾泥质砂岩	16.88	
S6	369.52	泥质中砂岩、泥质砂岩	2.00	
		砂砾岩	21.60	
		粗砂岩	28.38	
S8	315.57	细砂岩	13.91	
		细砂岩	16.80	
		粉细砂岩	18.40	
S9	460.91	砾岩	8.90	
		砂砾岩	17.86	
		中粗砂岩、含砾中砂岩	22.88	
		细砂岩	6.52	
		泥质中砂岩、泥质砂岩	2.61	
S10	453.85	砂砾岩	27.60	
		粗砂岩	5.14	
		细砂岩	36.21	
		粉细砂岩	13.90	

续表 1

钻孔编号	承压井 5m 降深时单井出水量	岩性	厚度
S13	681.13	砾岩	7.46
		粗砂岩	19.60
		细砂岩	39.41
S14	1253.05	砾岩	10.10
		粗砂岩	38.81
		细砂岩	18.11
SK10	1073.19	粗砂岩	72.20
		粉细砂岩	43.80
SK40	798.87	中粗砂岩、含砾中砂岩	12.60
		粉细砂岩	85.00
SK43	1194.02	粗砂岩	99.80
		细砂岩	12.80
SK44	699.18	粗砂岩	37.59
		细砂岩	7.80

表 2 不同岩性换算含水层砂岩指数的权重

岩性	权重 1	权重 2	权重 3
砾岩	1.50	1.50	1.80
砂砾岩	1.40	1.50	1.60
含砾粗砂岩	1.30	1.30	1.30
粗砂岩	1.20	1.30	1.30
含砾砂岩	1.30	1.30	1.30
中粗砂岩、含砾中砂岩	1.15	1.30	1.30
中细砂岩	1.00	1.00	1.00
含砾细砂岩	0.90	0.90	1.00
细砂岩	0.80	0.80	0.80
含泥砾细砂岩	0.80	0.80	0.80
粉细砂岩	0.70	0.70	0.70
含砾泥质中粗砂岩、泥质中粗砂岩	1.00	1.00	1.00
含泥中细砂岩	0.80	0.80	0.80
含砾泥质砂岩	0.80	0.80	0.80
泥质中砂岩、泥质砂岩	0.80	0.80	0.80
泥质粉砂岩	0.60	0.60	0.60

含水层砂岩指数计算公式为:

含水层砂岩指数 = 第 1 种岩性权重 × 第 1 种岩性厚度 + 第 2 种岩性权重 × 第 2 种岩性厚度 + …… + 第 n 种岩性权重 × 第 n 种岩性厚度

根据表 2 中的权重及含水层砂岩指数计算公式,得到研究区钻孔的含水层砂岩指数,详见表 3。

3 含水层砂岩指数与单井出水量的确定

依据表 3 数据,进行线性回归分析^[7-8],得到单井出水量分别与第 1 组权重、第 2 组权重、第 3 组权

重时的砂岩指数的回归方程、相关系数、临界相关系数^[9],详见表 4。由表 4 可以看出,3 组权重下的砂岩指数与单井出水量的相关性均为极显著相关,其中第 1 组权重的砂岩指数与单井出水量的相关性最好。第 1 组权重的砂岩指数与单井出水量的拟合曲线见图 2。

表 3 三塘湖北地区钻孔含水层砂岩指数统计表
m³/d, m

钻孔编号	5m 降深时单井出水量	含水层厚度合计	第 1 组权重的砂岩指数	第 2 组权重的砂岩指数	第 3 组权重的砂岩指数
ST2	248.75	45.44	46.97	48.21	49.19
ST5	993.83	78.00	90.99	93.30	93.96
S6	369.52	63.89	75.42	80.42	82.58
S8	315.57	35.20	26.32	26.32	26.32
S9	460.91	58.77	71.97	77.19	81.64
S10	453.85	82.85	83.51	86.78	89.54
S13	681.13	66.47	66.24	68.20	70.44
S14	1253.05	67.02	76.21	80.09	83.12
SK10	1073.19	116.00	117.30	124.52	124.52
SK40	798.87	97.60	73.99	75.88	75.88
SK43	1194.02	112.60	130.00	139.98	139.98
SK44	699.18	45.39	51.35	55.11	55.11

表 4 不同权重的砂岩指数与单井出水量相关关系

砂岩指数	回归方程	相关系数	临界相关系数
		R	($\alpha = 1\%$)
第 1 组	$y = 8.7436x + 48.569$	0.7082	0.6614
第 2 组	$y = 8.0109x + 73.629$	0.7023	0.6614
第 3 组	$y = 7.9251x + 69.697$	0.6935	0.6614

注:回归方程中 x 为砂岩指数, y 为单井出水量 (m³/d), $n = 12$ 。

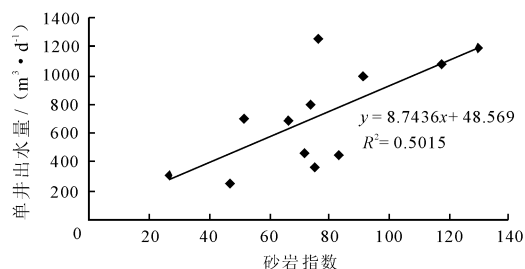


图 2 第 1 组权重的含水层砂岩指数与单井出水量拟合曲线

根据第 1 组权重的砂岩指数与单井出水量的拟合方程,预测单井出水量并与实测单井出水量对比,结果见表 5。由表 5 可以看出,含水层砂岩指数预测单井出水量的相对误差一般小于 50%,平均绝对误差仅 7.59 m³/d,平均误差 1.07%,拟合程度较高;宜井区(单井出水量 > 500 m³/d)相对误差一般 < 15%,拟合程度高。

表5 预测单井出水量与实测单井出水量对比表 m^3/d , %

钻孔编号	实测单井 出水量	预测单井 出水量	绝对 误差	相对 误差
ST2	248.75	463.97	215.22	86.52
ST5	993.83	853.29	-140.54	-14.14
S6	369.52	715.59	346.07	93.65
S8	315.57	281.33	-34.24	-10.85
S9	460.91	685.04	224.13	48.63
S10	453.85	787.06	333.21	73.42
S13	681.13	634.35	-46.78	-6.87
S14	1253.05	722.54	-530.51	-42.34
SK10	1073.19	1085.92	12.73	1.19
SK40	798.87	702.91	-95.96	-12.01
SK43	1194.02	1198.24	4.22	0.35
SK44	699.18	502.67	-196.51	-28.11
平均	711.82	719.41	7.59	1.07

将表5中的单井出水量划分为3组,即100~500、500~1000和1000~1500 m^3/d ,分别统计实测单井出水量和对应的预测单井出水量,后2组(富水性较好和富水性中等,为研究区的宜井区)的实测单井出水量和对应的预测单井出水量平均值接近,后2组预测值除S14井外均在分组范围内,见表6。

表6 分组预测单井出水量与实测单井出水量对比表 m^3/d

出水量分组	钻孔编号	实测单井出水量	预测单井出水量
100~500	ST2	248.75	463.97
	S8	315.57	281.33
	S6	369.52	715.59
	S10	453.85	787.06
	S9	460.91	685.04
	平均值	369.72	586.60
500~1000	S13	681.13	634.35
	SK44	699.18	502.67
	SK40	798.87	702.91
	ST5	993.83	853.29
	平均值	793.25	673.30
1000~1500	SK10	1073.19	1085.92
	SK43	1194.02	1198.24
	S14	1253.05	722.54
	平均值	1173.42	1002.23

综上所述,在特定区域内(补给径流排泄条件相近、含水层富水性较好~中等),根据承压含水层的砂岩指数预测单井出水量是可行的。

4 结 语

拟合方程 $y = 8.7436x + 48.569$ 能够较好的反映新疆三塘湖北地区砂岩承压含水层富水性较好~中等区域的含水层砂岩指数(x)与单井出水量(y)的关系,可以用于三塘湖北地区砂岩承压含水层宜井区单井出水量的预测,在类似地区也可依据当地的实际资料建立相应的拟合方程进行单井出水量的预测。该成果对于今后依据煤田勘探井新生界岩性资料,预测承压含水层宜井区单井出水量,合理布置地下水开采井具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 谢含华. 红层区地下水分布规律及开发利用技术研究[J]. 水资源与水工程学报, 2011, 22(2): 69-73.
- [2] 白铭, 李续续, 张静. 新疆三塘湖煤田供水水文地质详查报告[R]. 昌吉: 新疆地矿局第二水文地质工程地质大队, 2013.
- [3] 刘世忠. 孟津井田新生界含水层的分布状况及富水特征[J]. 煤炭技术, 2008, 27(2): 92-94.
- [4] 张人权, 梁杏, 靳孟贵, 等. 水文地质学基础(第六版)[M]. 北京: 地质出版社, 2011.
- [5] 孙尚云, 王大设, 陈从磊. 基于Excel的钻孔单位涌水量换算[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 2013, 33(3): 20-23.
- [6] 龙必能. 基于指标权重的湖库营养状态识别[J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(6): 194-199.
- [7] 段俭君, 徐会军, 王子河. 相关分析法在矿井涌水量预测中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(6): 114-116+76.
- [8] 赵艳涛, 常金霞. 一元线性回归法径流预测在新疆克孜尔水库的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(5): 226-228.
- [9] 张凯山. 统计学在环境科学与工程中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2012.