

川北红层基岩裂隙水单井出水量研究——以南充市店垭为例

马芳

杭州科谐科技咨询有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i4.4770

[摘要] 川北地区红层基岩裂隙水出水量是研究该区域基岩含水量的大小以及区域内所住居民用水量多少的重要数据。历来红层地区水文地质条件差,单井出水量一般为 $0.5\sim 5\text{m}^3/\text{d}$ 。本文运用解析法——潜水完整井Dupuit公式计算得到川北南充市店垭乡地区红层基岩裂隙水单井出水量:低山区为 $232.3\text{m}^3/\text{d}$,丘陵区为 $74.6\text{m}^3/\text{d}$ 。二者出水量不同的主要原因是地质构造、地层岩性及风化层裂隙发育程度等不同。

[关键词] 川北地区;红层基岩裂隙水出水量;潜水完整井Dupuit公式

中图分类号: P641.135 文献标识码: A

Study on the Single Well Output of Fractured Water from Red Bedrock in Northern Sichuan—Taking Dianya in Nanchong as an Example

Fang Ma

Hangzhou Kexie Technology Consulting Co., Ltd

[Abstract] The water output of the red-bed bedrock fracture in northern Sichuan is an important data for studying the amount of bedrock water content and the water consumption of residents in the area. Historically, the hydrogeological conditions in the red-bed area are poor, and the water output of a single well is generally $0.5\sim 5\text{m}^3/\text{d}$. In this paper, the analytical method—Dupuit formula was used to calculate the water output of a single well in the red-bed bedrock fractured water in Dianya Township area of Nanchong City, northern Sichuan: $232.3\text{m}^3/\text{d}$ in low mountainous areas and $74.6\text{m}^3/\text{d}$ in hilly areas. The main reasons for the difference in water output between the two are different geological structure, stratigraphic lithology and regolith fracture development degree.

[Key words] northern Sichuan; output of fractured water from red bedrock; diving complete well Dupuit formula

引言

红层形成于侏罗系-白垩系时期的陆相砂泥岩地层因土壤呈红色而得名,并且红层因其岩性地下水资源贫乏,很多红层地区属于贫水区。

本文选择研究四川省最缺水的地区——南充市店垭乡的红层基岩裂隙水出水量作为研究对象,用解析法——Dupuit潜水井流公式对店垭乡典型区域的红层基岩裂隙水出水量进行分析计算。

1 自然地理

1.1 地理位置

店垭乡隶属于四川省南充市南部县,地处南部县西北部,东邻太霞乡、西河乡,南接大坪镇、桐坪乡,西靠广元市剑阁县元山镇,北依广元市剑阁县演圣镇,距南部县城110km,区域总面积 44.4km^2 。

1.2 地形地貌

店垭乡地形以低山、丘陵为主,地形海拔高度在 $400\sim 700\text{m}$,平均海拔高度是 526m 。山区之间交错的地带形成了沟谷和部分阶地。

1.3 气象水文

店垭乡属于中亚热带湿润季风气候区。店垭乡境内主要有两条河流和一个小水塘,其中一条河为升钟水库尾西河支流河道,河长 14km ,属于长江支流嘉陵江;另一条河流为店垭乡东南角的升钟水库尾支流,该河在辖区内主要有 3km ,河宽为 $30\sim 60\text{m}$;水塘为店垭乡中学正西方一个占地面积 400m^2 的小水塘。

1.4 地层岩性

店垭乡地层岩性较为单一,主要的地层有:新生界第四系(Q_4)、中生代的侏罗系沙溪庙组(J_2s)及上统的遂宁组(J_3s),其

中第四系(Q₄)为冲积洪积物堆积形成的岩层,其为粘性差但富水性较好的粉质粘土;侏罗系上统蓬莱镇组(J_{3p}),以紫红色泥岩、粉砂岩及少量细砂岩为主,偶夹薄层状灰岩。岩石普遍以风化裂隙水为主,一般上端富水性较好,单井出水量从50~100m³/d不等,由于岩性的区域变化,向南、西南富水性减弱,单井出水量20~50m³/d^[1];中生代侏罗系遂宁组(J_{3s}),岩层受风化作用强烈,表层岩石中夹少量页岩、大量泥岩及粉砂岩,此岩层富水性差,单井出水量一般为20~50m³/d。

2 水文地质

2.1 地下水类型

据店垭乡260口人工井统计,蓄水池410口、山平塘71处、集中供水站15处、提灌站8处、小二型水库5处,单井出水量为20m³/d左右的占75%、>50m³/d占10%、干井和<20m³/d的占15%。第四系松散土层类孔隙水易蒸发,所以店垭乡的地下水以红层基岩裂隙水为主。

(1)第四系松散堆积物孔隙水。主要为第四系冲积砂砾卵石含水层(Q₄),上部一般为粘土、粉质粘土,下部为砂卵石夹少量砂和粘性土构成,含水层厚3~20m,地下富水性较好,上部砂土层入渗系数0.3m/d,单井出水量一般80~900m³/d。

(2)红层碎屑岩类裂隙水。①低山区裂隙水(J_{2sn})。单位面积上的水流量一般,富水性中等,平均渗透系数K=0.31m/d,井流量一般0.01~0.2L/s,局部富水地段单井出水量100~500m³/d。②丘陵区裂隙水(J_{2s})。主要由砂泥岩浅部风化裂隙组成的岩层,储水能力较差,富水性差,平均渗透系数K=0.06m/d,井流量一般小于0.05L/s,局部富水块段单井出水量100~500m³/d。

2.2 地下水系统的补给、径流、排泄

店垭乡红层区内地貌为低山、丘陵类型,地下水渗流场主要受地形地貌控制。

(1)第四系松散堆积物孔隙水。主要受大气降雨、农灌水入渗补给,一般从升钟水库尾水段支流下游运补给河流,第四系松散土层类孔隙水易蒸发。

(2)红层碎屑岩类裂隙水。主要受大气降水、农灌水、升钟水库段支流河流补给,因为店垭乡是山区地形,低山、丘陵相互交错,以渗流形式部分向低洼区排泄。地下水在含水层中的运移方式主要有沿层面裂隙作水平方向径流和上下裂隙间的相互补给径流^[2]。

2.3 地下水赋存特征

店垭乡大部分地区5m以下为红层基岩裂隙水,水化学类型以HC0₃-Ca型水为主,局部地带咸-微咸水浅埋为HC0₃-Na型水。由于区内岩性、地形地貌条件差异不大,地下水径流途径短,因此矿化度无明显变化规律,多在0.3~0.5g/L之间,为低矿化淡水。

3 红层基岩裂隙水出水量因素

影响红层基岩裂隙水出水量的因素有:地质构造、地层岩性及风化层裂隙发育程度等。

3.1 地质构造

在店垭乡区内钙质胶结的砂岩比泥质胶结的砂岩,裂隙率高0.5~1倍,有利于大气降雨的补给运移,岩层富水性好,相反在裂隙较为发育的岩层中,地下水较为富集,岩层的单井出水量较大。

3.2 地层岩性

在店垭乡主要的岩层遂宁组、蓬莱镇组为一套钙质泥岩、粉砂岩和巨厚层细粒长石砂岩组成,砂岩段含水性相对较好,是主要富水层位,而区内的泥岩段溶蚀现象发育较弱,是次要含水层。

3.3 风化裂隙发育程度

区域内构造裂隙少发育,多数风化裂隙,故此红层基岩裂隙水比较丰富,地下水位埋深相对浅,单井出水量就会比较大,而在部分区域岩层受风化作用较弱,风化裂隙发育程度较弱,地下水不易运移、富集及补给,因此单井出水量较少。

4 红层裂隙水出水量计算方法及评价

本次应用解析法——Dupuit潜水井流公式对店垭乡典型区域的红层基岩裂隙水典型的低山和丘陵区出水量进行分析计算。

解析法预测地下水动态的计算过程包括:

- (1)建立水文地质概念模型;
- (2)选择计算公式;
- (3)确定所需的水文地质参数。

研究区红层基岩裂隙水出水量的计算运用潜水井的Dupuit公式,该公式表示在无限潜水层中的一口完整潜水井。经过长时间定流量抽水后,在井附近形成相对稳定的降深漏斗。

在使用公式前应进行Dupuit假设条件:

- (1)流向井的水流近似水平,其等水头面仍为共轴的圆柱面,并与过水断面齐平;
- (2)通过不同过水断面的流量处处相等,并等于抽水量;
- (3)当计算基准面取在隔水底板时, $H=h^{[3]}$ 。

地下水数学模型的建立与求解

在Dupuit假设条件下,潜水稳定流运动的基本微分方程为:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h \frac{\partial h}{\partial y} \right) = 0 \quad \text{公式(4-1)}$$

根据潜线性化方法,转换柱坐标形式并令 r_w 为水井半径, h_w 为井中水位, H_0 为初始潜水面,其边界条件为:

当 $r=R$ 时, $h=H_0$; 当 $r=r_w$ 时, $h=h_w$

则得到通过任意过水断面的流量公式为

$$Q = 2\pi r h K \frac{dh}{dr} = \pi K \frac{d(h^2)}{dr} \quad \text{公式(4-2)}$$

$$r = \frac{d(h^2)}{dr} = \frac{Q}{\pi K} \quad \text{公式(4-3)}$$

按所要研究的区域边界条件积分有(也称为潜水井的Dupuit公式)

$$Q = 1.366K \frac{(2H_0 - s_w)s_w}{\lg \frac{R}{r_w}} \quad \text{公式(4-4)}$$

式中: s_w 为井中水位降深; Q 为抽水井流量; M 为含水层厚度; K 为渗透系数; r_w 为井的半径; R 为潜水井的影响半径,其含义是从抽水井起到实际观测不出水位降深处的径向距离,并且该处的降深为零。

低山区红层基岩裂隙水完整井(J5-J10)和丘陵区红层基岩裂隙水完整井(J15-J20)在店垭乡地区的分布。



图1 店垭乡红层低山区和丘陵区井的分布

(1)低山区红层基岩裂隙水完整井(J5-J10),该区域完整井(J5-J10)的参数情况及出水量结果汇总表见表1。

表1 店垭乡各低山区红层基岩裂隙水完整井参数及出水量结果汇总表

参数 \ 井号	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	合计
井的半径 r_w (m)	1.1	1.0	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1	/
井中水位降深 s_w (m)	1.4	1.2	1	1.6	1.1	1.9	1.2	/
影响半径 R	11	10.0	9.8	12	10.2	9.6	9.5	/
边界水头 H_0	30	30	30	30	30	30	30	/
出水量(m^3/d)	34.74	29.87	26.30	35.17	26.02	47.58	32.59	232.3

店垭乡低山区红层基岩裂隙水井群的总出水量为232.3 m^3/d 。

(2)丘陵区红层基岩裂隙水完整井(J15-J20),该区域完整井(J15-J20)的参数情况及出水量结果汇总表见表2。

表2 店垭乡各丘陵区红层基岩裂隙水完整井参数及出水量结果汇总表

参数 \ 井号	J15	J16	J17	J18	J19	J20	总计
井的半径 r_w (m)	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	/
井中水位降深 s_w (m)	2.3	2.25	2.3	2.2	2.4	2.3	/
影响半径 R	6.0	5.6	5.8	5.0	5.3	5.8	/
边界水头 H_0	26	26	26	26	26	26	/
出水量(m^3/d)	12.04	12.26	12.97	12.84	12.21	12.27	74.6

店垭乡丘陵区红层基岩裂隙水井群的总出水量为74.6 m^3/d 。

造成店区域低山区和丘陵区出水量不同的主要原因是地质构造、地层岩性及风化层裂隙发育程度等的不同,低山区较丘陵区地层中砂岩分布较多,且岩层较厚,风化程度大,风化裂隙较为发育,在低山区岩层中存在大量风化裂隙水,导致低山区基岩裂隙水的出水量大于丘陵区基岩裂隙水的出水量。

5 结果分析

通过解析法——Dupuit潜水井流公式计算出的店垭乡红层基岩裂隙水典型的低山区出水量232.3 m^3/d ,丘陵区出水量为74.6 m^3/d 。造成店垭乡红层基岩裂隙水典型的低山区和丘陵区出水量不同,主要原因是地质构造、地层岩性及风化层裂隙发育程度等的不同。

[参考文献]

[1]段仲源,寇敏燕,熊智彪,等.红层裂隙水特征与找水方法[M].石家庄:华北地质学院学报,2002.

[2]王晓东,蒋海东.四川省乐至县红层地下水分布富集规律及资源开发初探[M].北京:地球与环境,2005.

[3]薛禹群,吴吉春.地下水动力学[M].北京:地质出版社,2010.