

# 傍河取水辐射井技术应用研究

张治晖<sup>1,2</sup>, 赵华<sup>1,2</sup>, 王桂芬<sup>1</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048; 2. 北京中水科工程总公司, 北京 100048)

**摘要:**辐射井是傍河取水的有效开发模式,以富屯溪滩地辐射井傍河取水工程为例进行了试验研究,阐述了辐射井傍河取水的设计方法、涌水量计算、施工技术、试验井水质等。

**关键词:**辐射井;傍河取水;滤水管;反滤层;水质净化

**中图分类号:**TU991.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)02-0044-03

**Application Research on Radial Well Technology for Draft Water by Riverside/ZHANG Zhi-hui<sup>1,2</sup>, ZHAO Hua<sup>1,2</sup>, WANG Gui-fen<sup>1</sup>** (1. China Institute of Water Resources and Hydropower, Beijing 100048, China; 2. Beijing IWHR Corporation, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The radial well is an effective method for draft water by riverside and experimental study was made with the engineering case in Futunxi beach land. The paper described the design method, discharge calculation, construction technology and water quality of test of well radial well for draft water by riverside.

**key words:** radial well; draft water by riverside; filtration pipe; reversed filtration; water purification

## 0 引言

福建省邵武市简称“铁城”,位于武夷山南麓,富屯溪畔,史称南武夷,富屯溪穿城而过。邵武是由赣入闽的重要通道,也是闽北的交通枢纽和重要的物资集散地。由于近年来城区人口增加,经济快速发展,需水量增加。然而由于上游流域开发和沿岸植被遭破坏,致使来水量减少,河道流域自净化功能降低,水质污染日益严重,尤其是下游东关大坝蓄水发电后水流不畅导致城区生活污水倒灌,水体富营养化严重。经检测目前自来水公司取水口的水质只能达到三类标准,建设和开发新的城市供水水源势在必行,刻不容缓。经考察和比较,拟在城市上游苦竹湾建设第二水源地,供水水源采用地下水。

辐射井是由一口大口径的集水井(竖井)和自集水井向周围含水层任一方向、高程打进的多条水平辐射管所组成,地下水沿水平辐射管汇集至集水井中,如图1所示<sup>[1]</sup>。与普通管井相比,辐射井具有单井出水量大、井的寿命长、节约动力、管理运行费用低、维修方便等优点,享有“浅井之王”的美誉,是开发利用浅层地下水的理想井型<sup>[2~5]</sup>。

## 1 水文地质条件

邵武市境内的主要河流为富屯溪,发源于光泽

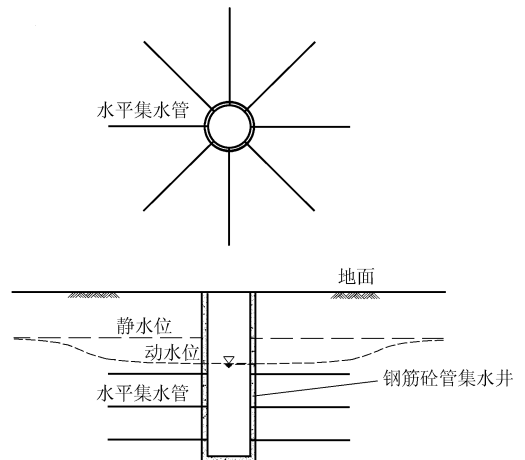


图1 辐射井结构示意图

县北部武夷山脉,呈北西-南东向斜贯全市,根据邵武水文站资料,富屯溪历史上最高洪水位 192.6 m,最低水位 184.63 m,汇水面积 2745 km<sup>2</sup>,平均径流量 108 m<sup>3</sup>/s,年平均径流量 33.96 × 108 m<sup>3</sup>/a。

水源地位于富屯溪滩地,上部为第四系上更新统冲洪积层,层厚 5.5 ~ 11.0 m,岩性上为细砂,下为砾(卵)石层,细砂层厚 2.0 ~ 4.0 m,砾(卵)石层厚 3.5 ~ 7.5 m。下部为震旦系,岩性为黑云斜长变粒岩。

水源地含水层为第四系上更新统冲洪积层,含

收稿日期:2009-07-08; 修回日期:2009-12-07

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(项目编号:2006BAD01B01,2006BAD11B05)

作者简介:张治晖(1970-),男(汉族),山东文登人,中国水利水电科学研究院高级工程师,水利水电工程专业,从事地下水开发利用、水资源、水文地质等方面的科研、设计与施工工作,北京市海淀区车公庄西路20号,zzh@iwahr.com。

泥量少,结构松散,无隔水层,孔隙大,透水性强,含水层厚度 3.5 ~ 6.0 m,地下水位埋深 4.7 ~ 5.5 m,渗透系数 178.4 ~ 277.1 m/d,导水性好,富水性较好。地下水补给来源主要为高阶地的地下水侧向补给与降水的垂直补给。同时含水层岩层直接与河、溪流接触,地下水与地表水有水力联系,连通性好,枯水期河水下降,地下水补给河水,洪水期河水位上涨,河水反补给地下水。

## 2 辐射井设计

### 2.1 集水井设计

一般情况下井的深度愈深,含水层透水性愈好,水量愈大。欲想得到较大的水量,井需要有一定的深度,深度越深,开采水量愈大。由于本水源地含水层为砂砾石层,厚度 3.5 ~ 6.0 m,比较浅,为了取得大的水量,就要保证含水层中的地下水最大限度地得到开采,故设计深度达到含水层底。本工程设计竖井深度以进入震旦系风化岩层 2.0 m 为宜,即竖井井深按实际潜水层厚度并进入岩石层为设计井深。

竖井井管采用钢筋砼结构,采用沉井法施工,井管外径 5.0 m,壁厚 0.4 m,井管砼标号为 C25。

### 2.2 水平辐射管设计

水平辐射管的作用是把含水层中的地下水汇集到竖井内,水平辐射管层次和根数以砂层厚度为原则,水平管长度以技术能力为原则,力求越长越好,以充分地开发含水层水量。

水平辐射管布置 1 层,10 ~ 12 根,每根长度 20 m。滤水管采用钢滤水管,材料为无缝钢管,设计管径为 127 mm,壁厚 5 mm,孔眼为 13 mm,开孔率 6%,采用冲击顶进法施工,冲击打进含水层。

### 2.3 涌水量计算

国内外学者对辐射井涌水量的研究做了大量的工作,并取得了一定的成果。据不完全统计,关于辐射井涌水量的计算公式已有 20 多个,大致可分为两类:一是经验公式,二是半理论半经验公式。我们选用经验公式中的等效大口井法计算辐射井涌水量,潜水完整井的计算公式如下<sup>[6]</sup>:

$$Q = 1.366KS_0(2H - S_0)/\lg(R/r_r)$$

$$R = 10S_0 \sqrt{K} + L$$

$$r_r = 0.25^{1/n}L \quad (\text{当水平辐射管等长度时})$$

$$r_r = 2\sum L/(3n) \quad (\text{当水平辐射管不等长度时})$$

式中:  $Q$ ——辐射井出水量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;  $K$ ——渗透系数,

$\text{m}/\text{d}$ ;  $S_0$ ——水位降深,  $\text{m}$ ;  $H$ ——含水层厚度,  $\text{m}$ ;  $R$ ——辐射井影响半径,  $\text{m}$ ;  $r_r$ ——等效大口井半径,  $\text{m}$ ;  $n$ ——水平辐射管根数;  $L$ ——单根水平辐射管长度,  $\text{m}$ 。

以 F1 辐射井为例,地下水位埋深 5.0 m,含水层底板埋深 9.8 m,渗透系数  $K = 200 \text{ m}/\text{d}$ ,在降深  $S_0 = 3.0 \text{ m}$  时,根据上式计算得  $Q = 6188 \text{ m}^3/\text{d}$ 。施工完成后,进行了抽水试验,测得 F1 辐射井在降深 3.0 m 时的实际出水量为  $Q_{\text{实}} = 6021 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

## 3 辐射井施工

### 3.1 集水井成井

集水井是辐射井的主体部分,它是水平辐射管的施工场地和水平辐射管的集水场所。集水井有机械成孔法、沉井法等施工方法,一般情况下井深大于 15 m 采用机械成孔,小于 15 m 的采用沉井施工。

本项目井深较浅,采用沉井法施工。地下水位以上采用人工边挖边沉的方法沉至地下水位处,地下水位以下采用排水下沉,在井中安装水泵,将井中积水排出,人工直接开挖下沉。其工艺流程为:井位放线→平整场地→安装竖向提升系统→刃角立模→刃角钢筋制作→刃角混凝土浇筑→拆模→第一节井筒(节高 2.0 m)立内模→第一节井筒钢筋制作→第一节井筒立外模→第一节井筒混凝土浇筑→拆模→井筒内排砂下沉→第二节井筒立模、绑筋、浇筑、拆模、下沉,依次进行,每节 2.0 m,直至沉至地下水位→安装水泵→井筒排水下沉→井筒立模、绑筋、浇筑、拆模、下沉,依次进行,直至沉至风化基岩以下 2.0 m。由于沉井法属于常规施工方法,具体工艺不再详述。

### 3.2 水平辐射管施工

在含水层为粗、砾砂及砾石或卵石中施工水平辐射管,滤水管一般为钢滤水管,施工中既要能减少滤水管的顶进阻力,又要使滤水管的外侧周围很快形成良好的天然反滤层,把含水层的储水顺畅地汇集到辐射管中。

水平辐射管的滤水是辐射井成井的关键。辐射管的滤水效果,取决于滤水管滤水孔的结构形式、滤水孔直径、滤水孔隙率。施工中滤水孔选用圆形孔,圆形孔对滤水管的刚度影响小;滤水孔的孔径大小和滤水孔隙率主要取决于含水层粒径的大小,选择的原則是保证含水层中的泥砂及时排出,并形成稳定拱结构,经试验本项目滤水孔选择 13 mm,滤水孔隙率为 6.6%,即滤水孔孔距为 5 cm × 4 cm。

滤水管顶帽(钻头)为降低顶进中的阻力以利于顶进而设置于辐射管的前端,根据冲击顶进施工法的特点,将以往单独加工顶帽后再和滤水管连接在一起的工艺,改为直接把滤水管的前端割成锯齿状,然后加工焊成圆锥形顶帽,在顶帽设2~3个排砂孔,孔径20 mm。由于顶帽和滤水管为一个整体,不仅加工简单,而且刚度大。

施工方法采用冲击顶进法,施工设备选用中国水利水电科学研究院自行研制的具有扭力、推力、拉力和振冲力的全液压水平钻机,在高频冲击下,含水层中的泥沙在含水层的一定水头下随水排入集水井中,使粗粒在辐射管周围形成天然反滤层。

#### 4 试验井的水质

砂卵石组成的含水层,渗透性强,起到良好的天然过滤、净化作用。高浑浊度的河水在经过天然砂砾石含水层渗滤后,浊度明显降低,水质明显提高。

本次共完成5眼辐射井的试验和施工,井深9.5~12 m,含水层厚4.5~6.0 m。辐射井完成后,进行了抽水试验,确定井的出水能力。每眼井取一个水样,分别进行水质分析,5眼辐射井地下水的浑浊度为0.3~0.5 NUT,矿化度为0.5~0.9 g/L, pH值为7.0~7.3,水质较好,基本达到国家饮用水标准。

#### 5 结语与建议

(1)辐射井具有单井出水量大、寿命长、管理方便、维修便利、占地少等特点,可广泛应用于城镇和厂矿供水。对于含水层较浅的地区,利用辐射井也可以取得较大的水量,用于集中供水的乡镇和农村供水,设一眼井即能满足供水要求,管理非常方便,在农村饮水安全和城镇、厂矿供水中应用广泛。

(2)辐射井是傍河取水的高效开发模式,对于

含水层在30 m以内,含水层岩性在细砂以上的滩地进行水源开发,根据含水层厚度布置一层或多层,这样的设计能够最大限度地开发地下水资源。同时,水平辐射管是在含水层底部打进,从底部取水,最大限度地利用含水层良好的天然过滤、净化作用,达到净化地表水的作用。

(3)傍河取水辐射井竖井在井深15 m以内可以采用沉井法施工,大于15 m应采用机械成孔、漂浮法下管的工艺施工。水平辐射管在细颗粒含水层中采用套管法施工,在粗颗粒含水层中可采用冲击顶进法施工,达到设计长度。目前,采用中国水科院研制的冲击式全液压旋转水平钻机进行施工,在砂卵石含水层中采用 $\varnothing 127$  mm滤水管的施工长度已经超过30 m。

(4)傍河取水辐射井的滤水管应根据水文地质、水量要求、含水层岩性等条件选择适当的管径、壁厚、开孔率、滤水孔大小等,有条件的应通过试验确定上述参数。

(5)在傍河取水辐射井开发模式中,合理确定井位和布井、合理的水位降深、水平辐射管长度和管径与出水量的关系、滤水孔的合理布置等,仍是今后要解决的重要课题,我们正在进行这方面的研究。

#### 参考文献:

- [1] 张治晖,赵华.辐射井技术及其应用研究[A].中国水利水电科学研究院第七届青年学术交流会议论文集[C].北京:中国水利水电科学研究院,2002.89-95.
- [2] 张治晖.辐射井技术[J].中国水利,2008,(23):63.
- [3] 张治晖,李来祥,尹红莲.利用辐射井技术开发黄河滩地浅层地下水的研究[J].中国农村水利水电,2002,(3):12-13.
- [4] 张治晖,赵华,徐景东,等.辐射井在银北灌区开发浅层地下水中的应用[J].中国农村水利水电,2004,(3):49-51.
- [5] 水利部农村水利司.机井技术手册[M].北京:中国水利水电出版社,1995.284-288.
- [6] SL 256-2000,机井技术规范[S].

## 未来5年内重庆市将融资300亿元修建高速公路

重庆日报2010-01-28消息 2015年,重庆市高速公路通车里程将达到3000 km。建设资金从何而来?近日,重庆市交委与中国平安保险集团、重庆高速公路集团与平安信托,分别签订《战略合作协议》。重庆高速公路集团负责人透露,未来5年内,重庆市将融资300亿元修高速公路。

继2009年竣工412 km高速公路后,2010年,重庆市还将建成通车高速公路约400 km,全市高速公路通车里程达到2000 km。此外,5年内重庆市还将新建1000 km高速公路。

短时间内大规模“上马”新项目,资金成为最大的“拦路

虎”。为解决“口粮”问题,高速集团开始将保险资金、产业投资基金等引入重庆交通基础设施建设。协议签订后,仅平安投入到重庆高速公路的资金,就有100亿元左右。除了直接利用保险资金,平安还利用专业优势,帮助重庆高速集团制定了一整套融资方案。

此外,高速集团还加快了上市融资的步伐。据透露,一个名为“重庆高速公路集团投资有限公司”的法人单位,已经在重庆工商注册登记。该公司集合了高速集团绝大多数优良资产,资产规模约150亿元,目标是5年内实现上市。