

雷州半岛电厂项目地下水抽水试验研究

刘树锋, 黄健东

(广东省水利水电科学研究院, 广东省水动力学应用研究重点实验室, 广东 广州 510610)

摘要:大唐雷州发电项目选址在雷州市西部沿海, 属雷州半岛西南部干旱地区, 地表水资源缺乏。为解决电厂水源问题, 在厂址区域开展了地下水抽水试验, 探讨该项目地下水源的可行性。试验研究对雷州半岛干旱地区水资源挖潜开发利用, 解决该地区水资源短缺对工业经济发展的制约有一定的生产意义, 也可对相关实践提供一定的参考借鉴。

关键词:雷州半岛; 地下水; 抽水试验

中图分类号: P641 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-0112(2011)06-0015-03

雷州半岛位于广东省西南部, 地处我国大陆的最南端。由于地处低纬度, 地形平坦, 蒸散发能力大而造雨能力相对较低, 河流短小, 地表水奇缺, 是广东省的苦旱地区。为满足广东国民经济发展对电力的需求, 加快粤西经济发展, 拟在雷州市西岸沿海建设一座燃煤电厂。电厂建设 $2 \times 1\,000\text{MW}$ 机组年淡水用量为 520万 m^3 , 由于电厂供水保证率较高 ($P=97\%$) 且厂址处在水资源不丰富的雷州半岛西南干旱区, 为解决电厂水源问题, 在厂址区域开展了地下水抽水试验, 根据试验结果对该项目地下水源的可行性进行探讨^[1-2], 可以丰富雷州半岛水资源开发利用的实践。

1 区域地下水资源概况

1.1 地下水资源量

雷州半岛地下水资源较丰富, 分布较广, 是该地区的主要供水水源。据统计近几年雷州半岛地下水供水量占总供水量的 32% 左右, 而湛江市区的地下水供水量占市区总供水量的比例高达 62%。根据《雷州半岛地下水资源分析》的计算成果, 地下水埋深小于 30m 的浅层地下水为 8.86 亿 m^3 , 埋深 30 ~ 200m 和 200 ~ 500m 的中深层地下水为 4.04 亿 m^3 , 雷州市地下水资源量为 12.9 亿 m^3 。

电厂区域处于雷琼自流盆地西南部, 根据调查分析计算, 该区域(主要统计了电厂附近雷州市乌石、覃斗镇)地下水总补给量为 15 858 万 m^3/a , 其中地表水补给量为 13 068 万 m^3/a , 侧向补给量为 2 790 万 m^3/a ; 中深层承压水允许开采量为 6 260 万 m^3/a , 其中中层承压

水允许开采量为 3 481 万 m^3/a , 深层承压水允许开采量为 2 779 万 m^3/a 。

1.2 区域地下水开采现状

根据野外调查, 现状电厂附近区域中深层开采深井有 45 口, 单井开采量为 0 ~ 29 万 m^3/a , 总开采量为 268.7 万 m^3/a 。其中乌石镇自来水供水所有 4 口井, 开采量为 23.2 万 m^3/a , 抗旱井有 23 口, 开采量为 134.1 万 m^3/a , 其它生活用水井有 18 口, 开采量为 111.4 万 m^3/a 。

当地由于地表水资源缺乏, 农村生活用水一般都开采浅层地下水作为生活饮用水水源, 目前调查区农村浅层地下水开采量约为 201 万 m^3/a 。

区域地下水现状开采量合计为 470 万 m^3/a 。

2 抽水试验方案^[3]

2.1 试验井布置

电厂厂址位于乌石镇沿海, 根据区域地下水汇流方向, 在厂址东北部布置 1 个抽水试验井和 2 个观测井, 井距为 50 ~ 100m, 设计位置见图 1。

抽水试验井和观测井井深均为 220m。抽水试验井主孔钻探口径均采用 380mm, 孔深为 0 ~ 100m 下 $\phi 219\text{mm}$ 钢管, 孔深为 100 ~ 220m 下 $\phi 159\text{mm}$ 钢管; 观测孔钻探口径均采用 280mm, 均下入 $\phi 127\text{mm}$ 钢管。

2.2 抽水试验方案

本次抽水试验采用稳定流抽水试验方案。

1) 进行 3 个落程抽水试验。其中最大下降值可接近孔内的设计动水位, 其余次下降值宜分别为最大下降

收稿日期: 2011-02-15; 修回日期: 2011-05-06

作者简介: 刘树锋(1978-), 男, 在职博士, 工程师, 主要从事水文水资源研究。

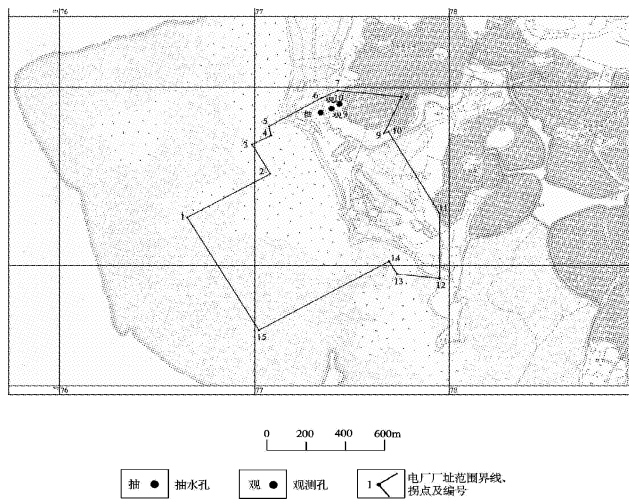


图1 地下水抽水试验井布置

值的1/3和2/3。各次下降的水泵吸水管口的安装深度应相同。

2) 抽水试验的稳定标准,应符合在抽水稳定延续时间内,抽水孔出水量和动水位与时间关系曲线只在一定的范围内波动,且没有持续上升或下降的趋势。采用深井泵抽水,以水位波动范围不超过10cm,出水量波动范围不大于正常出水量的5%,最远的观测孔水位波动

不超过2~3cm为稳定。

3) 静止水位观测,1h测定1次,3次所测数字相同或4h内水位相差不超过2cm。

4) 动水位和出水量观测的时间,在抽水开始后的第5、10、15、20、25、30min各测1次,以后每隔30min或60min观测1次;水温、气温观测的时间,每隔2~4h同步测量1次。

5) 抽水试验结束或中途因故障停泵应立即进行恢复水位观测,观测时间间距为1、3、5、10、15、30min观测1次,以后每隔30min观测1次,直至完全恢复。

3 抽水试验成果与分析计算

3.1 抽水试验成果

试验施工水井3眼,其中1眼抽水试验井(SK5)和2眼观测井(观9、观10),按3次降深分别进行了抽水试验。第1次降深为7.84m,抽水延续时间为10h,稳定时间为8h,停泵后水位恢复至抽水前的水位时间为8h34min;第2次降深为15.20m,抽水延续时间为10h,稳定时间为8h,停泵后水位恢复至抽水前水位时间为2h34min;第3次降深为21.30m,抽水延续时间为11h,稳定时间为8h,停泵后水位恢复至抽水前的水位时间为5h04min。抽水试验成果详见表1。

表1 SK5 抽水试验成果

落程 编号	试段深度 /m	抽水 时间 /(h:min)	稳定 时间 /(h:min)	含水层 厚度 /m	滤水管 直径 /mm	滤水管 长度 /m	静止 水位 /m	静止水位/m			降深 /m	出水量 /(L·s ⁻¹)	单位 出水量 (L·s ⁻¹ ·m ⁻¹)	井口 水温 /°C	成井 深度 /m
								SK5	观9	观10					
1	79.61~220.61	10:00	8:00	85.51	165	36	1.2	1.2	0.9	0.21	7.84	10.278	1.311	-	218
2	79.61~220.61	10:00	8:00	85.51	165	36	1.2	1.2	1.4	0.32	15.20	16.944	1.115	-	218
3	79.61~220.61	11:00	8:00	85.51	165	36	1.2	1.2	1.8	0.48	21.30	22.222	1.043	-	218

3.2 试验成果分析

根据抽水试验成果,绘制了 $Q = f(s)$ 、 $q = f(s)$ 、 $Q - t$ 、 $S - t$ 曲线,见图2~图4。 $q = f(s)$ 曲线为1条由右往左倾斜的曲线,表明抽水过程中随着井内水位降深增大,单位涌水量逐渐变小; $Q = f(s)$ 曲线呈指数曲线,曲线形状符合承压水曲线特征;抽水试验 $Q - t$ 、 $S - t$ 及水位恢复曲线显示抽水过程中起始阶段水量大、水位下降快的特征。

3.3 水文地质参数计算

1) 计算公式

根据区域地质勘查结果,把抽水试验井视作承压完整井。渗透系数 K 值采用裘布依2个观测孔的公式、影响半径 R 值的选择有2个观测孔承压完整井的条件下 R 值的计算公式以及吉哈尔特经验公式进行计算。

① 渗透系数 K

$$K = \frac{0.366Q}{M(S_1 - S_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}$$

式中 K 为渗透系数,m/d; Q 为涌水量,m³/d; M 为含水层厚度,m; S_1 、 S_2 分别为观测孔的水位降深,m; r_1 、 r_2 分别为观测孔至抽水井中心距离,m。

② 影响半径 R

采用带观测孔的有关计算公式:

$$\lg R = \frac{S_1 \lg r_2 - S_2 \lg r_1}{S_1 - S_2}$$

式中 R 为影响半径,m;其余符号同前。

采用吉哈尔特经验公式:

$$R = 10S \sqrt{K}$$

式中符号同前。

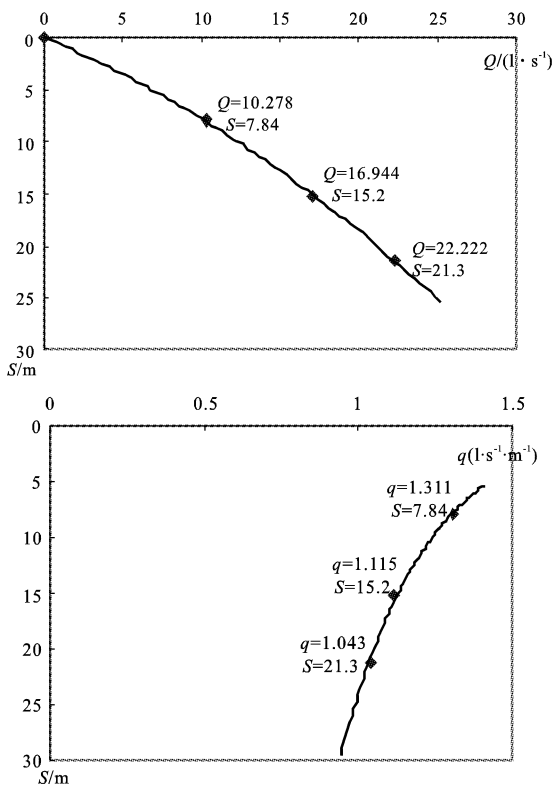


图2 SK5抽水试验 $Q-s, q-s$ 曲线

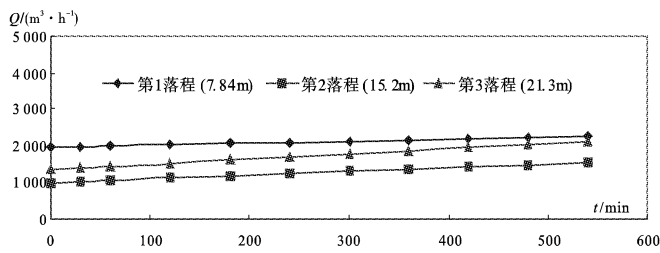


图3 抽水试验 $Q-t$ 曲线

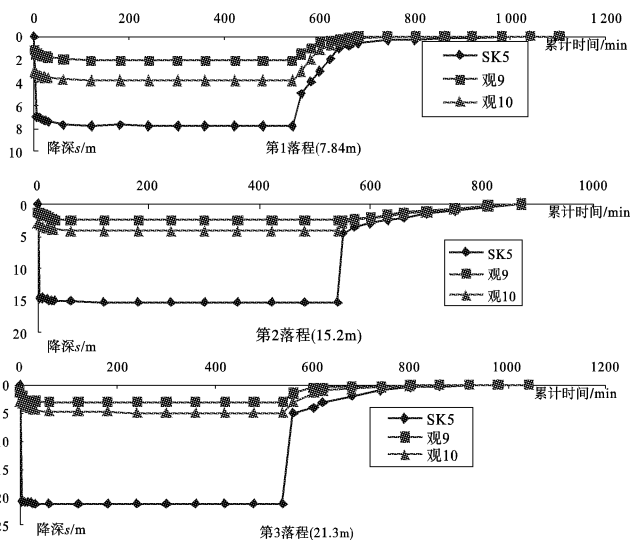


图4 抽水试验 $S-t$ 曲线

2) 计算结果

根据上述公式及相关参数,计算出本区段的平均渗透系数 K 为 12.93m/d,影响半径 R 为 769.8m,计算结果如表2所示。

表2 水文地质参数计算结果一览

井号	抽水井			孔号	观测孔		水文地质参数		
	含水层厚度 M /m	井径 r_w /m	降深 S_w /m		涌水量 Q $/(m^3 \cdot d^{-1})$	抽水孔至观测孔距离 r /m	降深 S /m	渗透系数 K $/(m \cdot d^{-1})$	影响半径 R /m
SK5	36.00	0.165	7.80	888.02	观9	50	0.90	10.82	615.8
					观10	85	0.71		
SK5	36.00	0.165	15.20	1463.96	观9	50	1.4	12.10	707.9
					观10	85	1.02		
SK5	36.00	0.165	21.30	1919.98	观9	50	1.8	15.87	985.7
					观10	85	1.48		
平均值							12.93	769.8	

4 地下水源取水可靠性分析^[4]

4.1 水量可靠性

区域中深层地下水可开采量为 6 260 万 m^3/a ,地下水现状开采量合计为 470 万 m^3/a ,占中深层地下水可开采量的 7.5%,具有较大的开采潜力。电厂项目设计新增开采总量为 520 万 m^3/a ,占中深层地下水可开采量的 8.3%,新增开采后总开采量占中深层地下水可开采量的 15.8%。而且区内地下水补给较充足,该区域处于地下水排泄区,增大地下水开采量后,含水层能很快得到补充,项目的设计开采量能够得到保证。

4.2 地下水水位影响分析

中层承压水的水位动态主要受控于开采量,区域补给区和大部分未开采的地段地下水位动态变化不大,水位年变化幅度在 0.5 ~ 10m,枯水年相对变化大,与 20 世纪 90 年代相比水位降低 4m 左右。

若开采 100m 以下的中层承压水,增加开采量为 520 万 m^3/a ,开采后抽水影响范围地下水位将普遍存在不同程度的下降,但由于补给量较大,开采后水源含水层能很快得到补充,地下水位一般不会大幅持续下降。且区内有 19 口 20 世纪 90 年代的井,现已报废,本次新增加水量开采后,实际增加开采量不会太大,其地下水位仍将趋于稳定。

4.3 成井工艺

电厂项目取水规模为 690 m^3/h (1.66 万 m^3/d),根据抽水试验成果,

(下转第 35 页)

(上接第 17 页)

开井深度为 218m 的单井出水量为 $1\ 919.98\text{m}^3/\text{d}$ 。可设计 3 组井组共 9 眼深井开采中深层地下水作为补充水源,每井组为 3 口井,深度分别为 220m、300m、360m,开采不同深度的地下水(即分层开采),井距大于 6m;井组之间以及与现有开采井的距离为 800 ~ 1 000m 以上(抽水试验影响半径为 769.8m)。在该井距内干扰抽水影响微小,对其他用水户影响不大。井管可采用 DG325 铸铁管,滤水管直径为 300mm,滤水管外缠铜丝,管材质量可靠。

按上述设置井位、层位、成井工艺和成井技术,电厂的取水则是可靠的。

5 结语

大唐雷州发电项目选址在雷州市西部沿海,属雷州半岛西南部干旱地区,地表水资源缺乏。为解决电厂水源问题,在厂址区域开展了地下水抽水试验,试验结果

表明项目取用地下水在水量上是可靠的。试验研究对雷州半岛干旱地区水资源挖潜开发利用,解决该地区水资源短缺对工业经济发展的制约有一定的生产意义,也可为相关实践提供一定的参考借鉴。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部,中华人民共和国国家发展计划委员会令第 15 号. 建设项目水资源论证管理办法[S]. 2002.
- [2] 广东省水利水电科学研究院. 广东大唐国际雷州发电厂地下水抽水试验报告[R]. 广州:广东省水利水电科学研究院,2010.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局(建设 P). 供水水文地质勘察规范[S]. 2001.
- [4] 水利部水资源司. 建设项目水资源论证培训教材[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

(本文责任编辑 王瑞兰)