

青岛海韵国际大厦第四系大口径水源热泵 水井设计与施工

马连成, 宋仕冰, 刘世安

(青岛地矿岩土工程有限公司, 山东 青岛 266071)

摘要:水源热泵技术作为供热供冷的重要方法之一,其水井工程的参数需根据具体的水文条件、气候条件、气象条件和地质地层等进行设计。在对第四系大口径水源热泵水井工程设计技术参数、施工工艺流程、成井质量控制、抽水与注水、渗水试验综合成果进行分析的基础上,采用水源热泵供热供冷中央空调技术设计的第四系土层大口径水源热泵水井,作为供冷供热水源达到了各项技术指标,取得了较好的成效,可供类似工程参考。

关键词:水源热泵技术;第四系大口径水井;设计与施工;注水渗水试验

中图分类号:TK529;TE249 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)10-0040-04

Design and Construction of Quaternary Large Diameter Water-source Heat Pump Well in Haiyun International Center of Qingdao/MA Liang-cheng, SONG Shi-bing, LIU Shi-an (Qingdao Geologic and Mineral Geotechnical Engineering Co., Ltd., Qingdao Shandong 266071, China)

Abstract: As one of the important energy-saving methods in heat and cool supplying, the parameter design for the water-source heat pump well is based on the specific hydrological, climatic, meteorological and geological conditions. Based on the analysis and introduction on the design parameters, construction technological process, well completion quality control, water pumping & injection and seepage test, quaternary large diameter water-source heat pump well was designed with heat and cool central air-conditioning technology supplied by water-source heat pump. As the heat and cool supplying water-source, various technical indexes reached the requirement.

Key words: water-source heat pump technology; quaternary large-diameter well; design and construction; water injection and seepage test

1 概述

随着国民经济的迅速发展,在城市化的发展进程中,城市人口不断地增加,建筑规模越来越大,城市供冷供暖的能耗和污染问题越来越引起重视。需要研究开发以环保和节能为主要特征的空调系统。

水(地)源热泵技术,已成为建筑物环保和节能供热供冷重要方法之一,在青岛市建筑工程中已经广泛的应用。水(地)源热泵技术是合理利用开发各种地下循环的水源,从中提取能量进行供热供冷,以解决耗能和污染问题。但是由于各地的水文地质条件、气象气候情况、建筑物的层数高度规模、水源的水质水温水量、采用的取水方法等不同,施工的水井也不同。

在青岛海韵国际大厦工程中,采用水源热泵供热供冷中央空调技术,根据各种条件,设计第四系土层大口径水源热泵水井作为供冷供热水源,达到了

各项技术指标,取得了较好成效。

2 工程概况

青岛海韵国际大厦工程位于青岛市城阳区。拟建工程规划占地面积 14244 m²,总建筑面积 66078 m²。拟建建筑物包括 2 栋 15 层商务酒店、4 层裙楼和 2 层地下车库。

本工程采用水源热泵中央空调技术。根据条件共设 10 口抽灌两用井,要求单井取水量为 84 t/h,单井回灌量 40 t/h,在工况下进行 3 抽 7 灌,设计总取水量和总回灌量 < 255 t/h。抽水井和灌注井间距 < 35 m。

3 气候、气象、水文条件

采用水源热泵技术时,根据气候、气象、地下水源实际情况,进行可行性的前期研究分析,正确的设

收稿日期:2010-09-10

作者简介:马连成(1948-),男(汉族),山东青岛人,青岛地矿岩土工程有限公司工程研究员,岩土工程专业,从事地质探矿工程和岩土工程设计施工工作,山东省青岛市徐州路 79 号,mmmaama@126.com;宋仕冰(1963-),男(汉族),山东青岛人,青岛地矿岩土工程有限公司高级工程师,岩土工程专业,从事岩土工程设计施工工作。

计各种技术参数。

3.1 气候条件

青岛市地处暖温带季风型气候区域,属温带季风气候,因受海洋调节影响,表现出海洋性气候特点:空气湿润、温度适中、四季分明。具有春迟、夏凉、秋爽、冬长但不很严寒之特点。

3.2 气象条件

青岛地区历年最高气温 37.5℃,最低气温 -16.4℃,历年平均气温 12.2℃;历年相对湿度 73%;累年平均风速 5.5 m/s,11月至翌年2月风速最大,平均为 6.2 m/s,7、8月最小,为 4.7 m/s。

3.3 降水条件

近50年最大降水量 1227.6 mm,最小降水量 386.3 mm,平均降水量 679.44 mm,降水集中在6~9月份(占全年降水量的70%~76%)。

4 地质地层和水文条件

设计施工前,进行了认真的地质勘探和水文地质调查工作。

4.1 地质地层条件

通过勘察查明,场地地层为第四系松散堆积层,结构简单,层序清晰,自上而下分述如下:

第①层:素填土,黄褐~褐色,干~稍湿,松散,主要成分以粘性土为主,偶见少量植物根系,层厚 0.40~1.10 m,层底标高 9.5~10.2 m。

第③层:粉质粘土,黄褐~褐黄色,可塑,局部相变为粉土,夹薄层粉细砂,上部含有少量粗砾砂、钙核及姜石,层厚 4.30~10.00 m,层底标高 -0.5~5.9 m。

第⑤层:细粒土质中、粗砂,黄褐~灰白色,饱和,分选较好,磨圆一般,呈次圆~次棱角状,成分以长石、石英为主,局部相变为粉砂、细砂,层厚 3.00~8.60 m,层底标高 -9.1~2.9 m。

第⑤₁层:粉质粘土,黄褐色,可塑,局部相变为粉土,夹粉细砂薄层,层厚 0.40~1.90 m,层底标高 -11~1 m。

第⑨层:细粒土质砾砂,黄褐色,饱和,颗粒级配不良,呈次棱角~亚圆状,以长石、石英为主,含少量细粒质土,局部相变为中粗砂,层厚 2.00~6.30 m,层底标高 -17.3~1 m。

第⑩层:泥岩,紫红~褐红色,岩心呈粘土状,透水性较差。

从以上地质资料看,该场地地下水类型主要为第四系微承压水,含水层为第⑤层细粒土质中、粗砂

和第⑨层细粒土质砾砂,在场地内分布较均匀,层顶埋深 6.70~11.90 m,厚度 6.50~13.00 m,该含水层富水性较好。

4.2 水文地质条件

根据本区水文地质长年监测资料,该地下水迳流方向为东北~西南向,流向 260°,水力坡度 2.42‰,地下水主要接受大气降水和侧向迳流补给,由侧向迳流及蒸发排泄。经过前期抽水和注水试验,有关地下水以及水文参数:实测静止水位埋深为 4.23~6.15 m,水位标高 3.83~5.75 m。在水源热泵可行性研究阶段,由抽注水试验井实测静止水位埋深为 7.60~7.80 m,水位标高 3.06~3.08 m。根据该场地周边地区几年水文地质监测资料统计,地下水位年变化幅度近 4.0 m。

5 水源热泵水井设计

根据上述地质地层、气象气候、水文地质条件的分析,本场地水量充足、水温适当、水质良好、供水稳定、回灌可靠,很适应设计施工供热供水源热泵水井。

该场地地下水类型主要为第四系微承压水,含水层为第⑤层细粒土质中、粗砂和第⑨层细粒土质砾砂,在场地内分布较均匀,层顶埋深 6.70~11.90 m,厚度 6.50~13.00 m,该含水层富水性较好。很适合设计采用第四系大口径水源热泵水井。

5.1 水井结构

水井设计结构如图1所示。

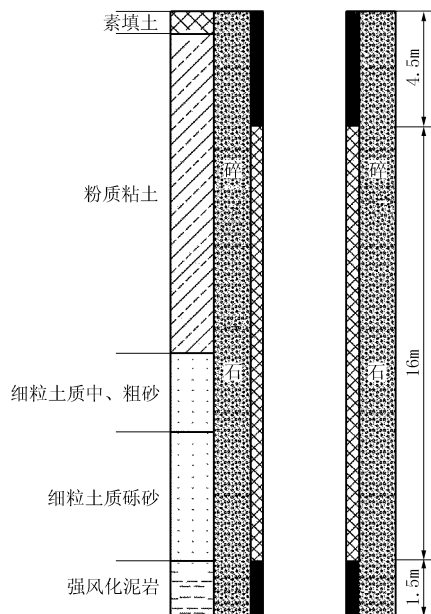


图1 主井成井示意图

5.2 水井的技术参数

根据工程水源热泵中央空调的需要,结合水文地质情况,设计水井10眼。

水源热泵水井的技术参数:

- (1)单井取水量为84 t/h,单井回灌量40 t/h;
- (2)开孔直径1100 mm,一径到底,一次性钻进成孔;
- (3)井深22 m,井管底部进入风化泥岩2 m;
- (4)滤水管采用 $\varnothing 700$ mm \times 6 mm \times 15 m桥式滤水管(桥高1.2~1.4 mm),井管与滤水管都采用电焊连接;
- (5)水井孔斜 $\geq 1/100$;
- (6)砾料的形状选择均质近圆形的颗粒,采用0.5~1.0 cm石渣(过筛)。

5.3 水井设计和施工执行的技术规程、规范

《供水水文地质勘察规范》(GB 50027-2001);《工程地质手册》(第四版);《地源热泵系统工程技术规范》(GB 50366-2009);《建筑工程地质钻探技术标准》(JGJ 87-92);《供水管井技术规范》(GB 50296)。

6 水井施工

水井施工中采用SP-300型机械钻进成井,钻进使用腰带四翼钻头,直径为1100 mm,一次性钻到中风化泥岩,进入泥岩2.0 m(井底为中风化泥岩),此口井成井深度为22 m左右,下部沉淀管长度为2 m。钻探技术要求符合《水文水井钻探管材系列》(GB 9808)、《水文水井钻探用套管、岩心管、取粉管螺纹》(GB 9809)、《水文水井钻探用钻杆》(GB 9810)、《水文水井钻探用钻铤》(GB 9811)、《水文水井钻探用钻杆接头》(GB 9812)和《水文水井钻探用钻柱特种接头》(DZ/T 0008)等标准。

6.1 水井施工工艺流程

放线定位→设备安装→调试钻机→钻头安装→埋设护筒→搅拌泥浆→开泵开钻→钻进进尺→钻孔到底→更换泥浆→破壁清孔→吊下井管→充填砾料→下泵洗井→抽水试验→施工结束。

6.2 钻探设备

SP-300型钻机2台,BW600型泥浆泵2台, $\varnothing 89$ mm钻杆100 m, $\varnothing 1100$ mm腰带四翼钻头6个,12 t吊车1台,SET500型全站仪1台。

6.3 钻进质量控制要点

为了保证水井质量和出水量,施工中要认真执行质量操作规程,严格遵守钻探质量技术要求。

(1)开孔时钻头对准井位,确保不发生偏差。

(2)钻具要垂直,保证钻孔垂直度,避免孔斜。

(3)钻进要求压力、转速均匀适度,泵量要大,保持孔壁完整。

(4)钻进含水地层,泥浆要求清水或自然造浆钻进,快速穿过,保持井壁不坍塌。

(5)使用泥浆护壁时,泥浆性能一般控制在密度1.1~1.2 kg/L;粘度为18~22 s,含砂量在8%。

(6)钻进要一径到底,保证钻孔直径的统一性、垂直度、井壁规则。

6.4 水井成井的质量控制

钻进到设计井深后,成井的各道工序要严把质量关,避免影响水井的质量。

6.4.1 破壁换浆

破壁方法是把钻头加上钢丝,在含水地层反复旋转,同时更换低密度低粘度的泥浆,采用大泵量进行冲洗,换浆。以保证下管、填砾和洗井工作的顺利进行。

6.4.2 成井井管

井管采用实管和桥式滤水管,直径700 mm,壁厚6 mm,桥式滤水管适用于第四系填砾成井。井管间要求焊接,焊缝要均匀,桥式滤水管要尽量对准含水层,井管要垂直,位于钻孔中心,下到孔底固定好。

6.4.3 填砾

填砾料的形状选择均质近圆形的颗粒,采用0.5~1.0 cm石渣(过筛)。

管外所填砾料下沉密实,围填达到足够高度。上部和底部用粘土封闭好。

6.4.4 洗井

在下管填砾后立即进行抽水洗井。洗井质量一般要达到:用不同工具反复洗井后,进行抽水试验,最后两次试验抽水在相同水位下降时的涌水量的单位涌水量之差不得超过15%;洗井抽水时的出水量,不小于正式抽水时的出水量;抽水最后10 min,含砂量不能超过标准,抽出的水要清。

7 抽水、注水(渗水)试验

此10口井成井深度为22 m,下部沉淀管长度为1.5 m,过滤器长度16 m,上部套管长度4.5 m。抽水试验采用稳定流法。

对现场10口井进行了2组试抽水及2组2抽4灌稳定流抽水试验。抽水试验时泵体均下在21 m的位置。各井初始水位及抽水试验情况见表1,S-t曲线见图2。

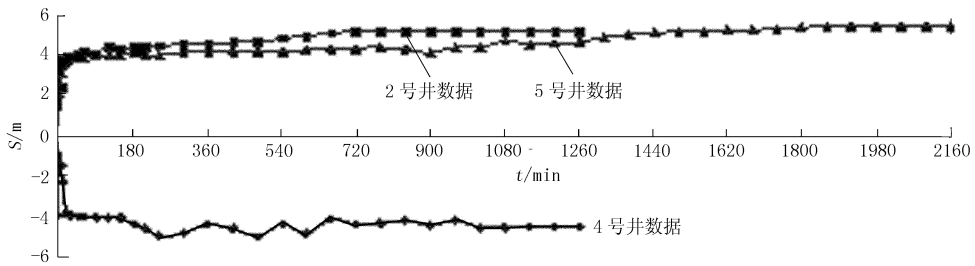


图 2 抽水试验的 S-t 曲线图

表 1 各井初始水位(埋深)及抽水试验表

井编号	初始水位 /m	枯水期抽水量 / (t·h ⁻¹)	丰水期抽水量 / (t·h ⁻¹)
1	5.01	56.8	98.0
2	5.23	24.8	42.8
3	5.47	55.2	111.0
4	5.23	87.8	151.6
5	5.47	47.5	81.9
6	5.53	54.9	94.8
7	5.75	36.9	63.8
8	5.23	41.8	72.1
9	5.70	76.9	132.8
10	5.37	84.8	146.4

大,施工时局部地段在构造裂隙发育处不可避免遇到地下水的渗透。试验采用钻孔注水试验,以常水头法进行渗透试验。孔底沉渣 ≥ 5 cm,确保套管下部与孔壁之间不漏水;用带流量计的注水管或量桶向套管内注入清水,使管中水位高出地下水位一定高度,测定试验水头值。保持试验水头不变,观测注入流量。开始按 1、2、2、5、5 min,以后均按 5 min 间隔记录一次流量,并绘制 $Q-T$ 曲线。直到最终的测读流量与最后 2 h 内的平均流量之差 $\geq 10\%$ 时结束。试验情况见表 2。

表 2 注水(渗水)试验表

井编号	丰水期回灌量 / (t·h ⁻¹)	枯水期回灌量 / (t·h ⁻¹)
1	53.7	8.6
2	27.2	4.3
3	52.1	9.7
4	83.0	13.3
5	44.8	7.2
6	51.9	8.3
7	19.9	2.4
8	32.6	10.3
9	75.2	11.6
10	80.2	12.8

7.1 稳定流抽水试验的水位降深次数

根据工程目的确定,一般进行 2 次,并符合下列规定:

- (1) 承压含水层最大降深值不低于含水层顶板;
- (2) 第二次水位降深值,取最大降深值的 1/2;
- (3) 各次试验的水泵进水口位置相同。

7.2 抽水试验的稳定要求

(1) 在抽水稳定延续时间内,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;

(2) 当水位降深 < 10 m,深井泵等抽水时,抽水孔动水位波动值 ≥ 5 cm;

(3) 一般情况下不超过平均水位降深值的 1%,出水量波动值不超过平均出水量的 3%;

(4) 抽水试验的稳定延续时间 ≤ 8 h,根据含水层类型、已有抽水试验资料、补给条件、水质情况等,稳定延续时间可适当调整。

7.3 注水(渗水)试验

本工程地下水主要以第四系孔隙水为主,基岩构造裂隙水为次。地下水的富水性、渗透性差异较

8 结论

青岛海韵国际工程采用水源热泵空调技术,根据具体掌握的的水文条件、气候条件、气象条件、地质层和水文条件,设计施工了第四系大口径水源井 8 口抽灌井、2 口回灌井。经过抽水注水试验,单井取水量 > 84 t/h,单井回灌量 40 t/h,满足了各项技术指标要求,取得了较好的成效,为在青岛地区第四系土层采用水源热泵空调技术提供了很好的经验。