

连云港职业技术学院河水源 热泵空调系统设计

武汉市建筑设计院 雷建平[☆] 陈焰华

摘要 介绍了该工程校园区域集中空调系统负荷计算、室外管网及河水源热泵空调系统设计情况,重点介绍了河水取水、水质处理的设计技术措施。

关键词 河水 水源热泵 机械压滤器 自动清洗

Design of river water source heat pump system for Lianyungang Technical College

By Lei Jianping[★] and Chen Yanhua

Abstract Presents the load calculation of central air conditioning system in the project, the outdoor pipeline network and the design of river water source heat pump system. Emphasizes the technical measures for river water intake and water quality management.

Keywords river water, water-source heat pump, mechanical pressure filter, self-cleaning

① [★] Wuhan Architectural Design Institute, Wuhan, China



雷建平

主要设计业绩

- ▶ 武汉国际广场
- ▶ 湖北省图书馆新馆
- ▶ 宜昌均瑶国际广场
- ▶ 武汉国际证券大厦
- ▶ 武汉大学中南医院内科病房综合楼



图 1 新校园鸟瞰图

1 工程概况

连云港职业技术学院的前身是 1983 年 3 月由教育部批准成立的连云港职业大学,1999 年 3 月与建于 1990 年的连云港职业技术教育中心合并组建。随着社会对职业技术人才需求的不断扩大,原校区已不能满足学院办学发展的需求。为改善办学条件,提高办学质量,大力发展高等职业技术教育,更好地为地方经济和社会发展服务,经有关部门批准,连云港职业技术学院决定在连云港市花果山科教园区兴建新校区,新校区鸟瞰图见图 1。新校区规划总用地面积 76.69 hm²,规划净用地面积 70.2 hm²,规划总建筑面积 49.95 万 m²,其中一期总建筑面积 32.31 万 m²,建筑密度 16.67%,容积率 0.71,绿地率 40.18%;近期在校生规模为

12 000 人,远期为 15 000 人。

新校区一期工程于 2007 年完成施工图设计,2008 年年底基本建成。

为营造舒适的现代化教学环境,提高教学档次,经多方面研究和探讨,新校区决定采用集中空

①[☆] 雷建平,男,1971 年 2 月生,大学,学士,高级工程师,高级程序员

430014 武汉市汉口四唯路 8 号武汉市建筑设计院设备所
(027) 82739215

E-mail: HVAC@163.com

收稿日期:2009-03-24

修回日期:2009-04-02

调系统。

2 空调冷、热负荷

新校区一期分为教学行政区、宿舍生活区、教学实验区及图书馆四大功能区,各功能区空调冷、热负荷如表 1 所示。

表 1 功能区空调冷、热负荷

功能区	单体名称	建筑面积/ m ²	冷负荷/ kW	热负荷/ kW
教学行政区	教学主楼东楼	27 378	3 970	2 053
	教学主楼西楼	28 712	4 225	2 145
	行政楼	10 370	1 203	850
	综合楼	8 418	995	715
	会堂及学生活动中心	7 185	1 200	970
	教工食堂	3 137	540	280
	教工单身公寓	4 761	450	440
	分区小计	89 961	12 583	7 453
宿舍生活区	学生宿舍 1~3 号楼	25 693	2 312	1 670
	学生宿舍 4~6 号楼	25 693	2 312	1 670
	学生宿舍 7,8 号楼	16 667	1 500	1 083
	学生宿舍 9,10 号楼	14 927	1 343	970
	学生宿舍 11,12 号楼	14 927	1 343	970
	东学生食堂	7 672	1 350	706
	西学生食堂	7 672	1 350	706
	分区小计	113 251	11 510	7 775
教学实验区	普通实验室	21 531	2 300	1 800
	科技楼南楼	27 459	1 850	1 480
	科技楼北楼	27 459	1 850	1 480
	科技楼厂房	4 738	117	62
	体育馆	7 099	1 285	1 028
	分区小计	88 286	7 402	5 850
图书馆		24 711	3 450	2 640
校区总计		316 209	34 945	23 718

校区各幢建筑集中空调系统的冷热源由设于图书馆地下室内的中心冷热源站提供,根据校区各功能分区交替使用的情况,同时考虑学校在最冷及最热月份为寒暑假时期,并结合二期建设预留发展的需要,空调冷热源系统设计总制冷量为 12 000 kW,总制热量为 11 200 kW。

为了营造一个舒适、洁净的绿色校园环境和高品质使用空间,经充分调研后决定利用校区临近东盐河的地理优势,采用河水源热泵集中空调系统,并将其建设为连云港地区可再生能源规模化应用的科技示范项目,示范的主要内容包括实现建筑节能 50% 以上的目标、季节性供热系数达到 2.5 以上、季节性供冷系数达到 3.5 以上。

3 水文地质条件

连云港市地处北半球的中纬度地区,属于暖温带与北亚热带的过渡地带,1 月份平均气温为 $-0.1\sim 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,7,8 月平均气温为 $26.1\sim 26.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

东盐河是市区防洪工程的一条重要排水河道,上起魏跳桥与玉带河相连,下止猴嘴闸与排淡河相接,全长 15.6 km,平均宽度约 60 m,承担新海主城区及云台山区 47.6 km^2 的防洪排涝任务,同时又具有大浦河流域与排淡河流域涝水互调功能。电厂闸位于连云港市海州区新海电厂的西侧、蔷薇河东堤上,始建于 1967 年,设计过水流量为 $30\text{ m}^3/\text{s}$,主要功能是调引蔷薇河水,供主城区与东部地区农业用水、生态环境用水和新海电厂循环用水等。

连云港市地表水资源主要由大气降水补给,全市多年平均年降水量为 900.9 mm,主要集中在 7~9 三个月,年最大降水量为 1 380.7 mm,最小降水量为 520.7 mm;日最大降水量为 264.4 mm;最大连续降水量为 244.2 mm。

最冷月 1 月下旬至 2 月上旬平均水温约为 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$,最热月 7 月平均水温约为 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$,常年水深为 2.0~2.5 m;根据相关水质报告,河水水质指标中除悬浮物外,其他指标均能满足热泵机组产品说明书的要求。

4 冷热源系统

水源热泵系统是以自然界中存在的水体作为热源和热汇的热泵系统,系统夏季运行时,冷凝器向水体中排放热量,冬季运行时,蒸发器从水体中吸收热量。依据从水体中取排热方式的不同,水源热泵系统分为闭式系统(潜水式/抛管式)和开式系统。开式系统按水体与热泵机组连接的方式分为直接式系统和间接式系统。直接式系统是指河水经深度水处理后直接进入热泵机组的冷凝器或蒸发器,其主要优点是能充分利用河水的温度,没有温度梯度的损失,但要求冷凝器或蒸发器有较强的防污、防腐能力,并要增设水处理设备和清洗设备。间接式系统是指河水经简单水处理后不直接进入热泵机组的冷凝器或蒸发器,而是通过中间板式换热器将河水与热泵机组的冷凝器或蒸发器隔开,其主要优点是热泵机组的冷凝器和蒸发器受到了很好的保护,但中间换热器的设置产生了换热温度梯度的损失,同时增加了一级循环水泵的功耗,而板式换热器的定期清洗也相当复杂费时。

依据水文地质资料及相关设备供应商提出的技术要求,本工程的河水源热泵系统采用直接式系统。

冷热源站房设在位于校区中央位置的图书馆

的地下室内,系统原理图见图 2。采用 4 台螺杆式水源热泵机组,单台制冷量为 3 006 kW(冷凝器进出水温度 29 °C/33.5 °C,蒸发器进出水温度 12 °C/7 °C, $EER=5.96$),制热量 2 852 kW(蒸发器进出水温度 6.4 °C/3 °C、冷凝器进出水温度 40 °C/45 °C, $COP=4.25$)。空调循环水泵共 4 台,单台流量为 620 m³/h,扬程为 60 m,配用电动机功率为 160 kW;河水取水泵共 5 台(其中 1 台备用),单台流量为 760 m³/h,扬程为 32 m,配用电动机功率为 110 kW;所有水泵均配变频控制器。

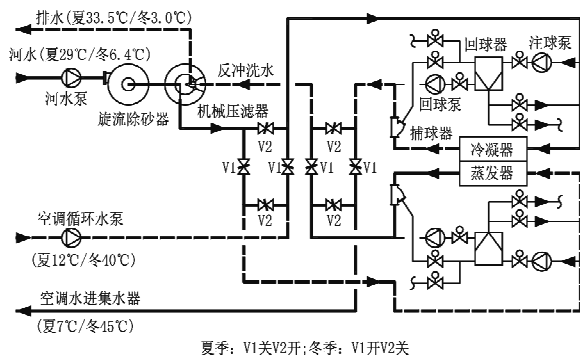


图 2 河水源热泵系统原理图

5 取、排水系统

本工程取用河水总量为 2 700 m³/h,夏季设计取水温度为 29 °C,排水温度为 33.5 °C;冬季设计取水温度为 6.4 °C,排水温度为 3 °C。

取水头部采用箱式取水口,设在距东盐河南岸 15 m 处,采用钢筋混凝土预制,其净长为 5.3 m,净宽为 2 m,净深为 4.2 m,在面向河心的一侧设长 5 m、高 0.5 m、间隙为 50 mm 的粗格栅,取水管道采用 DN1000 的钢筋混凝土管,采用顶管法施工,管道坡度为 0.002,如图 3 所示。在取水管道沿线设有 2 口工作井和 2 口接收井,1# 工作井净

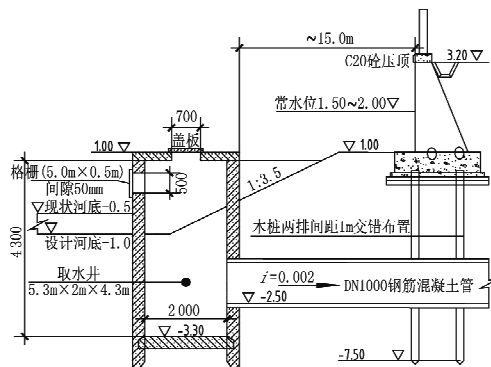


图 3 河水取水头部示意图

尺寸为 5.0 m×3.5 m×8.05 m(深),内设 1.5 m×2.0 m、间隙为 20 mm 的平板格栅,同时设有 2 个 1.25 m×2 m 的平板滤网,滤网网眼尺寸为 5 mm×5 mm,井的进水管上设 DN1000 的双向闸门;2# 接收井内径为 3 m,深 8.19 m;3# 工作井内径为 5.5 m,深 8.38 m;4# 接收井净尺寸为 6 m×7 m×8.78 m(深),作为机房河水取水井使用;所有井底均设 1 m 深的沉淀层,取水管线总长 503 m。

校园中心设有总汇水面积约为 32 700 m² 的景观水体,河水经热泵机组换热后排入景观水体,再经 480 m 长的明渠在取水口下游 150 m 处排回东盐河。

6 水处理系统

要保证水源热泵机组长期高效运行,同时又不对河水水质产生不利影响,传统的化学和电子水处理方法都难以满足系统设计的要求,本工程水处理系统设三类过滤、清洗系统:旋流除砂器、自动再生机械压滤器及胶球式自动清洗器,均为物理处理方法。旋流除砂器作为一级过滤器。

自动再生机械压滤器是一种新型的专利产品,其工作原理如图 4 所示。水源水进入自动再生压滤器的过滤腔体原水区①,水体中的短纤维等杂物被滤网拦截,过滤后的清洁水从过滤水区②送出;经换热器换热后的河水从反冲洗区③对过滤器的滤网进行在线自动反冲洗,反冲洗后的水经排水区④,通过管道排出。其特点是无需人工清洗过滤器,可以连续过滤、自清洗,能有效地除去水中的毛发、短纤维等悬浮物,对于粒径大于 100 μm 悬浮物的去除率可达 95%。本工程采用 4 台压滤器并联运行,单台处理水量为 800 m³/h,水压降为 4 m,每台配置 1 台 3 kW 的电动机作为驱动滤网旋转的动力。

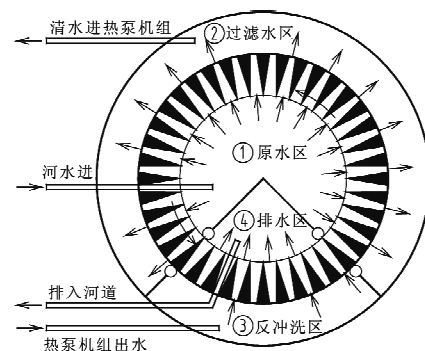


图 4 自动再生机械压滤器原理图

为防止藻类及微生物生长影响热泵机组的换热能力,为热泵机组的蒸发器和冷凝器系统配置了自动清洗器。目前常用的换热器自动清洗器有胶球式和管刷式两种。胶球式自动清洗器一般应用于采用光管换热的蒸发器和冷凝器,胶球由控制器控制,由空气压缩机或水泵提供动力注入系统,随机穿过换热器的铜管并对其内壁进行清洗,在换热器的出水端由捕球器收集后返回集球器内,如此反复循环,胶球的直径应依据相应换热器所采用的铜管规格来确定。另外,胶球的选用还应考虑循环水的密度、含砂量、杂质等因素。管刷式自动清洗器能同时应用于采用光管和高效换热管的蒸发器和冷凝器,系统由管刷、管笼、四通换向阀及控制器构成,其安装相对较复杂,并占用较大的空间。安装时首先要打开换热器的两个端盖,在每一根铜管的两个端头各安装一个管笼,并在某一端的各管笼内安装管刷,然后在换热器的进水管之间安装四通换向阀,系统运行时由控制器依据设定的频率改变四通换向阀内的水流方向,让换热器内的水流产生瞬间的逆流,从而让管刷在铜管的两端来回移动一次,达到清洗铜管内壁的目的。

本工程的 4 台热泵机组共配置了 4 套胶球式自动清洗器,每 2 台机组的蒸发器或冷凝器共用一套清洗器(详见图 2),胶球的注入采用水泵为动力,捕球器采用 T 形,同时作为水系统的一个三通使用,每套清洗器均设 PLC 控制器。

7 室外管网

空调水系统采用一次泵变流量系统,依据校区使用时段上的差异,分为 4 个水循环环路,教学行政区、宿舍生活区、教学实验区、图书馆各为一个环路,水系统采用两管制异程式设计,在每栋楼各引入管的供水干管上设静态流量平衡阀、Y 形过滤器、压力表、温度计、蝶阀,回水干管上设蝶阀、动态压差控制阀、压力表、温度计、蝶阀。

室外空调供回水干管采用整体式直埋保温管,保温层为聚氨酯,保护层为聚乙烯管壳,离制冷机房最远的教工单身公寓的室外空调供回水干管总长约为 2 040 m,空调水管设计比摩阻不超过 120 Pa/m。

室外空调供回水管最大规格为 DN500,最小规格为 DN100,室外管线总长约为 9 920 m,总水

容积为 870 m³。校区内包含外网在内的所有水系统的总水容积约为 1 180 m³,在制冷机房内设落地式定压罐作为空调水系统的定压装置,定压罐的有效调节容积为 3 m³;空调系统的补水采用软化水,系统因超压而产生的泄水均排入软化水箱内。根据校区分时段分区空调的使用模式,在空调供回水管之间设自力式压差控制阀,避免系统在夏季分区切换时非空调区系统膨胀发生事故;另外,当分区使用空调时,切断非空调区域的空调供水管,使空调系统内的水在一个大管网内自由膨胀,减少系统的补水和泄水,达到节水、节电的目的。

8 其他

8.1 依据可再生能源应用示范项目检测及验收的要求,在空调水系统上设能量表,流量计采用超声波流量计,流量范围为 1 500~4 000 m³/h。在河水取水总管上设热电阻共用无纸记录仪,实时记录取用河水的温度,同时设超声波流量计,流量范围为 1 500~4 000 m³/h。水源热泵机组、空调循环水泵及河水取水泵均设独立的用电计量装置。

8.2 本项目河水取水量较大,河水经换热后先排入校园中心区的景观水体后再排回河内,很好地解决了人工水景的水源问题,对水体的自然热扩散也相当有利,但如此大量的与自然环境水温不一致的河水的引入对环境的影响还有待系统运行的实践来检验。

8.3 大学校园空调使用时间的特殊性有利于充分发挥水源热泵空调系统的性能,本示范项目要求的季节性供热系数达到 2.5 以上、季节性供冷系数达到 3.5 以上应该没有问题,但其节能性的结果是否具备可复制性,还有待进一步观察、测试和研究。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院. GB 50366—2005 地源热泵系统工程技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005
- [2] 徐伟. 中国地源热泵发展研究报告(2008)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2008
- [3] 吴荣华. 污水及地表水地源热泵系统规范化设计研究[J]. 暖通空调, 2006, 36(12): 63-69
- [4] 马最良. 地源热泵系统设计与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2007: 113-115