

文章编号: 1671-6612 (2019) 03-256-06

# 某办公楼和生产车间水环热泵空调系统设计

彭淑英

(上海勘测设计研究院有限公司 上海 200434)

**【摘要】** 以水环热泵空调系统在某办公楼和生产车间的应用为例,对空调冷热源、循环水系统、辐射供暖供冷末端进行了介绍。并从系统配置、运行费用等方面对办公楼地埋管地源水环热泵空调系统与设置分体空调系统进行比较,总结出地埋管地源水环热泵空调系统在节能保方面具备优势。

**【关键词】** 水环热泵空调系统;辐射供暖供冷;地源热泵;节能

中图分类号 TU831 文献标识码 A

## Application Analysis of Radiant Heating/Cooling in a Production Plant and Office Building

Peng Shuying

(Shanghai survey and design research institute Co., Ltd, Shanghai, 200434)

**【Abstract】** Taking the application of water loop heat pump air conditioning system in a certain office building and production workshop as an example, the cooling and heating source of air conditioning, circulating water system and the cooling and heating end of radiant floor are introduced. And compared to the split air conditioning system between the system configuration, operation cost, the ground source water loop heat pump air conditioning system of the office building has advantages in energy conservation.

**【Keywords】** water ring heat pump; radiant heating and cooling; ground source heat pump; energy saving

## 0 引言

随着人们生活水平的提高,对室内环境舒适度的要求也越来越高,但建筑能耗所占的比例越来越大,而合理的空调形式、用能方式对建筑节能意义重大,因此,合理选择建筑物的空调系统冷热源及室内采暖及空调形式是建筑节能的关键。暖通设计师应就地取材,合理利用可再生能源,降低能源消耗。近几年,水源热泵空调系统在我国得到广泛应用,而水环热泵作为一种节能型空调系统已在诸多工程中成功应用。

水环热泵空调系统在制热时以水为加热源,而在制冷时以水为排热源。这种空调系统具有如下优点:(1)可再生能源,排热设备可采取天然冷源(如井水、河水、地下水)加换热设备方案;(2)高效节能;(3)空调系统简单,不需要主机房;(4)初投资少;(5)计费方便,可实现分户计量,满足节

能发展方向;(6)使用灵活,同时满足制冷、制热需求;(7)系统可靠性高,维修方便;(8)投资灵活,可实现分期分批投资。

本文以水环热泵空调系统在某办公楼和厂房的应用为例,对空调冷热源、循环水系统、辐射供暖供冷末端进行了介绍,为同类型的水环热泵空调系统设计提供一定的参考。

## 1 工程概况及特点

该工程为德国独资企业-某叉车有限公司新建厂房,建设地点位于上海市青浦区,联合厂房包括单层高大车间和3层办公楼,办公楼紧贴生产车间。生产车间净高最低处为8.0m,总高度为12.03m,办公楼每层层高为3.7m。联合厂房建筑面积约为39959.84m<sup>2</sup>,办公楼建筑面积为3995.9m<sup>2</sup>。根据项目要求,办公室设置舒适性空调;

工作人员淋浴房设置生活热水供应;生产车间夏季设空调,室内温度要求不高于30℃,冬季不控制室温。



图1 建筑效果图

Fig.1 Effect chart of the building

## 2 空调系统设计

### 2.1 负荷计算

利用天正暖通计算软件计算各冷热负荷。办公楼夏季空调计算冷负荷为607kW,新风负荷为177.9kW,冷负荷指标为151W/m<sup>2</sup>;办公楼冬季采暖计算热负荷为257kW,新风负荷为185.69kW,热负荷指标64.3W/m<sup>2</sup>。夏季空调计算冷负荷约1619kW,冷负荷指标为46.8W/m<sup>2</sup>。室内外计算参数见表1、表2。

表1 室外气象计算参数

Table 1 Outdoor meteorological parameters

	空调室外计算 干球温度(℃)	空调室外机计算 湿球温度(℃)	空调室外计算 相对湿度(%)	通风室外计 算温度(℃)	通风室外机计 算相对湿度(%)	大气压力 (hPa)	平均风速 (m/s)
夏季	34	28.2		31.2	69	1005.4	3.1
冬季	-4		75	4.2		1025.5	2.6

注:室外计算参数依据GB50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》确定。

表2 主要空调房间室内设计参数

Table 2 The main design parameters of air conditioning room

	温度(℃)		相对湿度(%)		噪声 dB(A)	新风量 m <sup>3</sup> /h·人
	夏季	冬季	夏季	冬季		
会议室	25	20	≤60	≥30	≤50	20
办公室	24	20	50±10	≥40	≤45	50
生产车间	≤30	—	—	—	—	-

### 2.2 设计的依据和思路

以GB50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》、GB50016—2014《建筑设计防火规范》、《全国民用建筑工程设计技术措施 暖通空调·动力》(2009版)通过对当地资料的收集并结合业主使用要求,本着低运行费、可靠度高、调节灵活的原则,冷热源采用水环热泵空调系统,办公楼末端采用地板辐射供暖/供冷盘管加水环热泵辅助的方式,生产车间末端采用水环热泵的方式,排除室内余热;办公楼设置新风系统排除余湿、异味,基本实现温度与湿度的独立控制。

### 2.3 空调冷热源

本项目冷热源根据服务用途可划分为地板辐射供暖/供冷地源热泵机组、办公室厂房夏季供冷水源热泵机组、办公楼新风水源热泵机组,所有的水源热泵机组都并联在一个水环路系统上。

地板辐射冷热源采用水源热泵机组,冬季供应28~25℃热水。夏季供应12~18℃冷水。办公室冬季室内热负荷由地板辐射供暖方式承担;夏季冷源一部分来自地埋管水源热泵机组,夏季冷负荷不足的部分由小型水源热泵器承担。空调冷热源设置情况见表3。

表3 冷热源

**Table 3 Heating and cooling source**

名称	服务区域	数量 (台)	水流量 (m <sup>3</sup> /h)	冷却能力 (W)	加热能力 (W)	功率 (W)
水源热泵空调器	办公室	101	0.52	2450	2700	620
水源热泵空调器	车间	86	4.5	20000	24500	5350
整体卧式新风机	办公室新风机	3	16.4	80000	79000	17200
水-水式水源热泵	办公室地暖	6	6	15000	20200	279

2.4 空调循环水系统

循环冷却水环路分为两路循环水，一路供给办公室用循环冷却水，一路供给生产车间用循环冷却

水，两路循环冷却水均配备变频水泵，供给办公室冷却水变频水泵一用一备，供厂房冷却水泵变频水泵两用一备。循环水系统主要设备见表 4。

**表 4 循环水系统主要设备**

**Table 4 Heating and cooling source**

名称	服务区域	规格	数量 (台)	水流量 (m <sup>3</sup> /h)	功率 (kW)
水-水式换热器	地埋管换热器	热量: 300kW	1	129	
水泵	办公室地暖循环水	3 用 3 备, 扬程: 10m	6	2.5	0.37
水泵	地埋管换热器循环水	1 用 1 备, 扬程: 20m	2	30	3
水泵	闭式冷却塔冷却水回水	2 用 1 备, 扬程: 15m	3	400	37
水泵	供给办公室冷却水	1 用 1 备, 扬程: 34m	3	160	37
水泵	供厂房冷却水泵	2 用 1 备, 扬程: 34m	2	400	75
闭式冷却塔	联合厂房冷却水换热	冷量: 1773.3kW	2	330	11

冬季只开启地源热泵空调系统，循环水与地埋管一浅层地温能资源换热，在办公楼旁边绿化带中有 10 口井。办公楼夏季循环水由地埋管冷却，不足部分由闭式冷却塔给予补充。闭式冷却塔作为夏季生产车间循环水的排热设备。闭式冷却塔与地埋

管换热系统并联连接，实现夏季负荷高峰期时共同排热，冷却塔还起到调节土壤热平衡的作用，保证地源热泵系统长期稳定高效运行。空调水系统流程图见图 2。

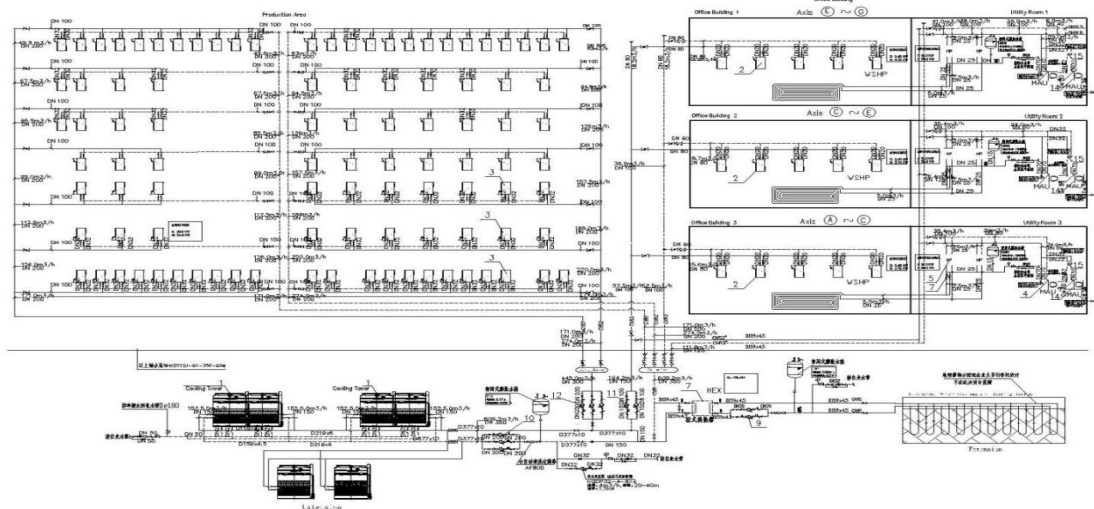


图 2 空调水系统图

**Fig.2 Schematic diagram of air conditioning water system**

2.5 空调末端

办公室采用地板辐射供冷/暖方式加小型水环

热泵机组辅助空调方式。冬季室内热负荷由地板辐射供暖方式承担;夏季冷负荷不足的部分由小型水源热泵空调器承担负荷。也就是冬季只是地板辐射供热系统运行,地板辐射供冷/暖盘管为埋管式常温辐射板。这些室内设备只负担排出余热的任务。

办公区集中选用3套(每层1套)低噪声式水环热泵机组加新风空调箱机组给办公楼提供新风,排除室内余湿及异味。新风空调箱风量每台 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 。

辐射供冷供暖方式加新风系统的方式体现出了以下的优点:冬季在热辐射作用下,维护结构内表面和室内其他物体表面温度,都比对流供热时高,人体的辐射散热相对减少,人的实际感觉比相同室温对流供暖时舒服得多。由于直接满足辐射负荷,而且室内空气的流动速度处于自然通风水平,因此创造了舒适度优于其他供暖和空调的绿色环境。室内空气的流动很低,没有强烈对流,不会像

其他对流供暖那样导致室内尘埃飞扬,影响卫生。供暖时室内温度梯度很小,不仅舒适性高,且围护结构上部的热损失减少,供暖效果优于对流供暖。由于有辐射强度和温度的综合作用,供暖负荷可减少15%左右,不仅节能,而且初投资和运行费减少。

### 3 地板辐射设计

#### 3.1 地板辐射设计计算

下面介绍地板辐射设计计算方法。

(1) 首先根据每个房间的维护结构冷负荷和室内冷负荷确定每个房间辐射供冷的形式—地面埋管式常温辐射供暖系统。其地面构造由基层(结构层—楼板或地面)、找平层(水泥砂浆)、绝热层(上部辐射加热管)、填充层(水泥砂浆或豆石混凝土)和地面覆盖层(面层)等组成;在卫生间的填充层和基层上设隔离层,地板辐射地面构造分别见图3。

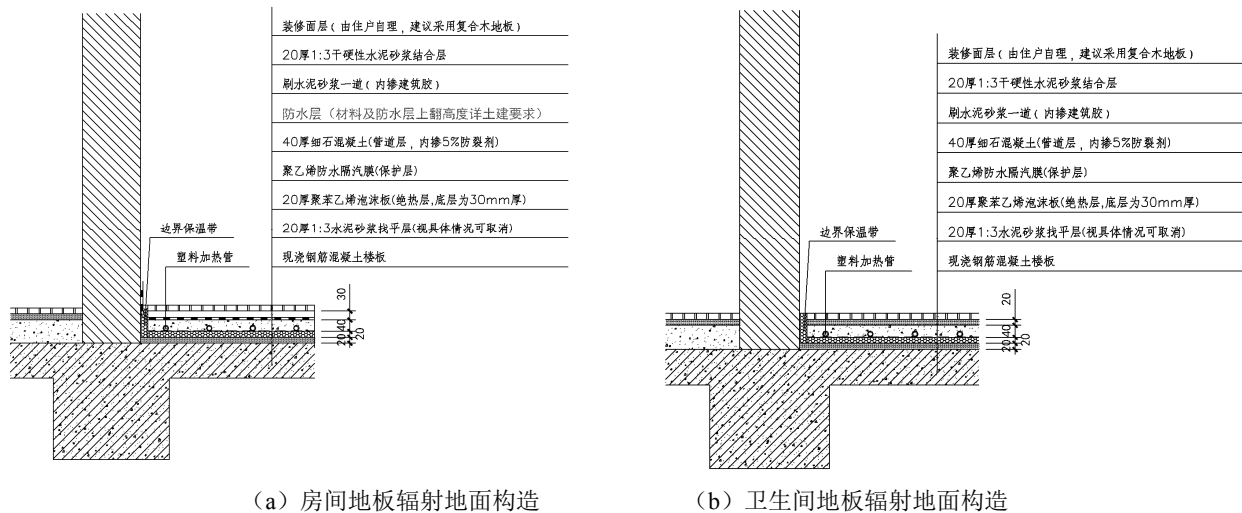


图3 地板辐射地面构造

Fig.3 Structure of radiated floor

(2) 根据每个房间设计负荷采用修正系数法确定辐射供暖时的热负荷,确定辐射板的面积、管间距和管径、管长等,反算夏季每个房间辐射板的地面辐射量和对流换热量之和为夏季计算冷负荷的30%,剩余70%室内负荷选择小型水源热泵空调器承担。

(3) 确定新风量和计算新风负荷,新风量按 $50\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ,每层设置一台新风机组,通过管井和水平风管送进各个房间,计算冬季新风负荷为

$185.69\text{kW}$ 。冬季新风负荷大于夏季新风负荷,按大值选择新风设备。夏季处理新风出风温度为 $14^\circ\text{C}$ ,新风采用整体新风机加水环热泵机组制备冷热水与空调箱串联模式,二次降温处理,充分除湿。把出风温度将至送入室内空气不结露状态。新风机房布置见图4。

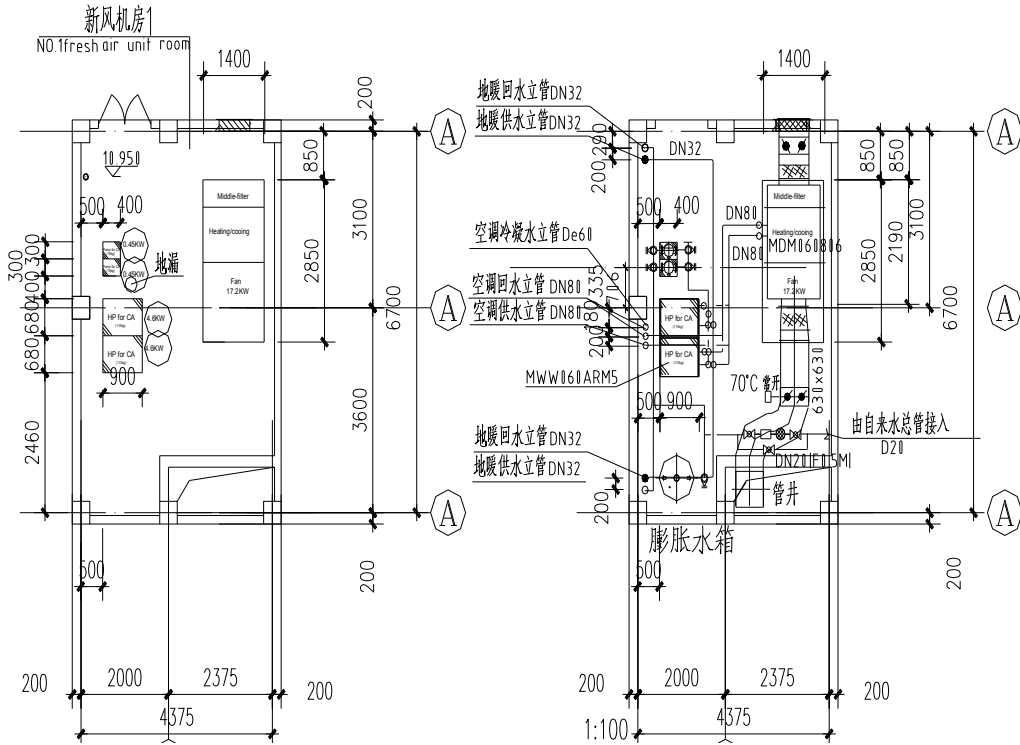


图 4 新风机房平面图

Fig.4 Plan of fresh air machine room

(4) 为了防止辐射板表面结露，通过控制水温来保证板表面温度高于露点温度，采用ASHRAE Handbook 2000 建议，供水温度高于室内空气露点温度 0.5℃。并且结合顶部水环热泵的送风循环，达到室内不结露的目的。

(5) 地板辐射供暖供冷系统，在第一次供暖时，供热温度不应高于室外气温 11℃，且不得超过 32℃，要让热水循环 48h，然后逐日升温 3℃，直到达到设计值为止。

### 3.2 地面辐射的控制

根据节能设计规范的要求，在满足个性化要求的前提下，还应激励和提高人们节能意识，促进进行为节能的发展。为了取得最大的节能效果，达到最大限度的节省能耗，冬季室内温度必须能通过自动或手动进行设定、调节和控制。本项目地板辐射供暖系统室温的调控，采用“自力式温度控制阀组”。也即在被控制房间的回水管上，设置自力式温度控制阀组，通过温控阀组来设定室内温度。

## 4 办公楼空调系统节能计算

### 4.1 计算依据

下面对办公楼设置地埋管地源热泵空调系统与设置分体空调系统进行节能计算及环境效益分析。计算按以下假定进行：冬季供暖期 60d，夏季制冷期 90d，每天 9 小时运行，电费按 0.8 元/kWh 计算，建筑物不同负荷百分数的运行时间见表 5。

表 5 建筑物不同负荷百分数的运行时间

Table 5 Operating time of different load percentage of buildings

负荷百分数/%	占总运行时间的百分比/%	冬季运行时间/d	夏季运行时间/d
20	5	3	4.5
40	15	9	13.5
60	30	18	27
80	40	24	36
100	10	6	9

## 4.2 分体空调系统配置及运行费用

系统配置见表6。

(1) 办公选择设置分体空调系统,分体空调

表6 分体空调加新风系统配置表

Table 6 configuration table of split air conditioning and fresh air system

系统配置	分体壁挂	分体柜机	独立冷源新风机
机型	KFR-3.5	KFR-72LW/DY	5ERS0550
台数	91	5	2
制冷量(kW)	3.5	7.3	56.1
机组输入功率(kW)	1.032	2.288	18.39
制冷COP(kW/kW)	3.39	3.19	3.05
制热量(kW)	4.0	8.15	34.78
机组输入功率(kW)	1.09	2.49	10.85
制热COP(kW/kW)	3.66	3.27	3.21

(2) 分体空调运行费用分析见表7。分体空调系统全年单位面积运行费用为46.779kWh/(m<sup>2</sup>·a)。

表7 分体空调运行费用

Table 7 Operating cost of split air conditioning

运行季节	设备总功率 (kW)	总用电量 (kWh)	运行费用 (元)	单位面积运行费用 (元/m <sup>2</sup> ·月)	全年单位面积运行费用 (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
冬季	133.14	1198.26	958.608	5.2789	46.779
夏季	142.132	1279.188	1023.35	5.63	

## 4.3 地埋管水源水环热泵空调系统运行费用

相比分体空调系统46.779kWh/(m<sup>2</sup>·a)的全年单位面积运行费用,地埋管水源热泵空调系统运行费用大为减少。地埋管水源水环热泵空调系统运行费用及运行分析见表8。地埋管水源水环热泵空调系统全年单位面积运行费用为19.83kWh/(m<sup>2</sup>·a)。由此可见,

表8 地埋管水源水环热泵运行费用

Table 8 Operating cost of water source water ring heat pump of buried pipe

运行季节	设备总功率 (kW)	总用电量 (kWh)	运行费用 (元)	单位面积运行费用 (元/m <sup>2</sup> ·月)	全年单位面积运行费用 (kWh/m <sup>2</sup> ·a)
冬季	72.33	578.64	462.9	2.54	19.83
夏季	102.73	924.57	739.6	4.07	

## 5 结语

本项目全部建成于2014年5月,办公部分总投资为210万(包括地埋管及全部设备)。项目运行情况良好,舒适度高,业主较为满意。折合年运行费用约19.83元/m<sup>2</sup>,本项目也获得了LEED认证。

本项目空调采用了水环热泵空调系统,根据冬夏季负荷不同的情况,采取冬季只开启地埋管地源水环热泵空调系统,夏季闭式冷却塔与地埋管换热系统并联连接的解决方案。办公室空调采用的地埋管地源热泵系统,夏季蓄热、冬天蓄冷,属可再生

能源。末端采用辐射供暖/冷系统,夏季较高的供水温度和冬季较低的供水温度,使系统的COP值大幅提高。空调形式为各房间空调单独控制,水系统集中控制,用户端冷却水采用变频变流量系统,也达到节能的目的。空调水、通风系统采用了独立的控制方式,既提高了使用的舒适性,又避免出现室内湿度过高和过低的现象。随着空调技术的多样性,一些新的技术亮点和节能措施会不断应用到设计中,在设计中,应成分考虑建筑的空调使用特点,

(下转第273页)