

地源热泵空调系统在唐山学院的应用

唐山学院 陈 铁 王建忠 刘永强

摘要 介绍了唐山学院的地源热泵空调系统。从初投资和运行费用方面将地源热泵空调系统与热网+传统空调系统进行了比较。重点分析了地源热泵系统在校园建筑中应用的优势。

关键词 地源热泵 校园建筑 应用 优势

Application of ground-source heat pump air conditioning systems in Tangshan College

By Chen Tie , Wang Jianzhong and Liu Yongqiang

Abstract Presents the ground-source heat pump air conditioning system in Tangshan College, and compares it with the heat-supply network plus conventional air conditioning system from the aspects of initial investment and running costs. Emphasizes the superiority of ground-source heat pump air conditioning system applied to campus buildings.

Keywords ground-source heat pump, campus building, application, superiority

Tangshan College, Tangshan, Hebei Province, China

1 教学主楼地源热泵空调系统

教学主楼位于唐山学院北校区内,分 A、B 两座,总建筑面积 35 329 m²。采用竖直埋管地源热泵空调系统进行供热和制冷。

1.1 地热能交换系统

地热能交换系统为两管制竖直埋管换热系统,在教学主楼前后共钻孔 560 个,每个钻孔内埋设一个 U 形管(如图 1 所示),孔间距 3 m,管径 32 mm,孔深 45 m。所有的水平埋管(如图 2 所示)汇集到设在室外的集分水器内。埋管、集分水器、室内循环水泵以及室内管路系统和水源热泵机组形成一个闭式系统。地热能交换系统注满水后

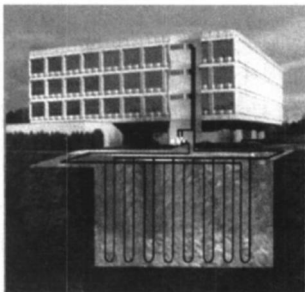


图 1 竖直埋管示意图



图 2 室外水平埋管施工现场

是一个闭式循环,通过循环水和地下土壤换热,将能量在建筑物内系统和地热能交换系统之间进行转换。本工程埋管总占地面积 4 000 m²,不设机房,可以降低维护管理的工程量和维护费用,可明显降低故障率。

1.2 建筑物内系统

在对建筑空调区域进行合理分区的基础上,为

陈铁,男,1965 年 10 月生,硕士研究生,工程师,处长
063000 河北省唐山市唐山学院
(0315) 2792098

E-mail: tdjj2008@126.com

收稿日期:2006-08-02

修回日期:2006-10-25

各分区分散布置水源热泵机组(见图 3),并分别单独调控,避免不必要的能源消耗,通过各区域温控器对热泵机组进行温度控制,根据室内人员的增减及室外阳光直射、设备发热量等负荷的变化来控制机组的启停,将室温控制在设定的温度范围内,既达到制冷或供热的舒适效果又可以避免浪费能源。



图 3 水源热泵机组示意图

通过网络实现所有机组集中和分散控制,并为各系统单独配电和计量,这样有利于日常管理与节能。为降低教室、阅览室、办公室的空调噪声,在设计、设备生产、系统安装等过程中,采取了送、回风管安装消声静压箱等必要降噪手段和措施,达到了建筑规范对噪声控制的要求。

2 空调区域主要技术指标(见表 1~3)

表 1 建筑设计总负荷

空调区域	空调面积/ m ²	单位负荷/ (W/m ²)	总负荷/ kW	热泵机组数量/ 台
A 楼	13 376	75.2	1 005.9	79
B 楼	12 743	73.7	939.2	73
东合班教室	370	120	44.4	1
西合班教室	370	120	44.4	1
总计	26 859	75.7	2 034	154

表 2 设计参数

空调区域	冬季设计	夏季		A 声级噪声 标准/dB
	温度/	温度/	相对湿度/ %	
教室	18~22	24~28	<60	<45
电教室	18~22	24~28	<60	<45
办公室	18~22	24~28	<60	<45
休息厅	12~16	26~30	<60	<45
阅览室	18~22	24~28	<60	<40
走道	12~14	26~30	<60	<50
卫生间	12~14			<50

3 地源热泵系统与热网 + 传统空调系统的经济性分析

3.1 两种系统的初投资比较

3.1.1 本工程初投资概算(见表 4)

表 3 机组设备

热泵机组型号	单台制冷量/ kW	单台功率/ kW	台数/ 台	总制冷量/ kW	总配电量/ kW
KJ-170H/V	46	10.2	8	368	82
KJ-159H/V	40	8.9	12	480	107
KJ-108H/V	26	6.2	4	104	25
KJ-084H/V	21	5.5	4	84	22
KJ-072H/V	17.7	4.2	33	230	55
KJ-060H/V	14.7	3.3	40	588	132
KJ-048H/V	12.6	3.0	28	101	24
KJ-042H/V	10.3	2.5	7	72	21
KL-024H/V	5.9	1.5	15	89	18
KL-012H/V	3.1	0.98	3	9	3
合计			154	2 125	489

表 4 一期主教学楼地源热泵工程投资 万元

项 目	造 价	项 目	造 价
水源热泵机组	263.22	竖直管材料	47.50
室内工程费		主干管材料	34.00
10 路水管道循环系统	63.00	机具使用费	6.00
送风管道系统	47.88	施工费	18.00
电气系统	14.00	水电费	7.40
自动控制	11.00	设计、管理费	60.00
噪声处理	8.00	和利润	
室外地埋管及施工费		税金	26.00
钻孔及土方费	57.20	合计	663.20

3.1.2 热网 + 传统空调系统初投资

热网 + 传统空调系统初投资约为 509 万元,其中热网接口及换热站费用:35 329 m² × 26 元/m² = 92 万元;管网和散热器费用:35 329 m²(建筑面积) × 60 元/m²(单位工程造价) = 212 万元;分体空调机费用:2 046 kW(空调负荷)/(12 kW/台)(每台空调的制冷量) × 12 000 元/台(每台空调的单价) = 205 万元。

3.1.3 两种系统的初投资比较

由上述内容可知,与热网 + 传统空调系统相比,地源热泵增加的初投资成本为 663 万元 - 509 万元 = 154 万元。

3.2 两种系统的运行费用及效益分析(见表 5)

表 5 运行费用对比分析

	地源热泵	热网 + 空调(估算值)
冬季运行费用/万元	33.44	105
夏季运行费用/万元	13.58(估算值)	24
维护费用/万元	2	2
合计/(万元/a)	49.02	131

注:以地源热泵夏季 1.5 个月运行费用 8.15 万元为依据,估算整个夏季(2.5 个月)运行费用为 13.58 万元。

由表 5 可知,两者运行费用差约为:131 万元/a - 49 万元/a = 82 万元/a,地源热泵系统的回收期:154 万元/(82 万元/a) = 1.88 a。

水源热泵机组设计使用年限 20 a,室外地埋管设计使用年限 70 a,系统运行 20 a 节约的费用为:

20 a × 82 万元/a = 1 640 万元。

4 地源热泵系统在校园建筑中应用的优势

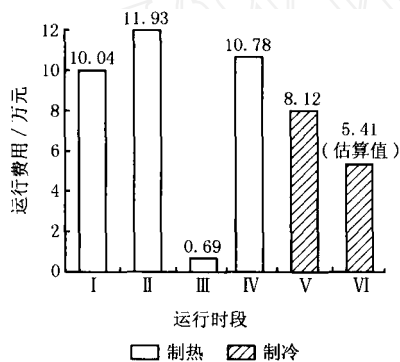
根据地源热泵系统在唐山学院中的实际应用,该系统相比传统供热空调方式具有以下明显优势。

4.1 管理优势

为便于管理和进一步实现节能目的,本系统采用了分散控制(当地控制)和集中控制(远程控制)相结合的方式。根据教室 8:00~22:00 期间集中使用的特点,可将系统设定在每天 7:00 启动,22:00 关闭。另根据学校每年放寒暑假的特点,假期关闭大部分机组,只在寒假期间保留部分机组在低负荷状态下运行,以保证建筑内的水系统管道不被冻裂。此举大大减少了设备运行时间,达到了降低运行费用的目的。由于市政供热管网供暖按面积收费,还没有实现分户计量收费,因此,在管理上特别是像学校教学楼这样使用时间集中的建筑,地源热泵系统管理优势明显。

4.2 供暖费用优势

从地源热泵运行费用柱状图(见图 4)可以看出,1月15日~2月23日为学校放假期间,该系统



11月15日~12月15日 12月16日
~1月15日 1月16日~2月15日
2月16日~3月15日 6月1日~7月
15日 9月1日~10月1日

图4 运行费用柱状图

运行费用很低。冬季供暖期间,机组运行费用 33.44 万元,维护费用 2 万元,总运行费用 35.44 万元,按供暖面积 35 329 m² 计算,则单位面积供暖费用为 10.03 元/m²。唐山学院南校区全部采用市政热网供热,供热面积 60 747 m²,缴纳供暖费 167 万元,单位面积供暖费用为 27.49 元/m²。北校区与南校区相比,单位面积供暖费用降低 63.5%。地源热泵供暖系统运行费用低廉,相比市政供热系统具有明显节约运行费用的优势。

4.3 综合节能优势

以教学主楼(建筑面积 35 329 m²)为例,与燃煤锅炉+传统空调系统作一对比。教学主楼冷热负荷均按 2 034 kW 计算,使用系数经验值为 0.75,每 kWh 电耗标煤 0.4 kg,1 kg 标煤热值 25.2 MJ,1 kWh = 3.6 MJ。冬季耗能:2 034 kW × 24 h/d × 120 d × 0.75 = 4 393 440 kWh,折算成标煤:4 393 440 kWh × 3.6 MJ/(kWh) ÷ (25 200 MJ/t) = 628 t;夏季耗能:2 034 kW × 14 h/d × 75 d × 0.75 = 1 601 775 kWh。

1) 燃煤锅炉+传统空调系统

冬季耗标煤:628 t/0.65(锅炉燃烧效率) = 966 t;夏季空调耗电:1 601 775 kWh/2.7(分体空调能效系数) = 593 250 kWh;夏季耗电折算标煤:593 250 kWh × 0.4 kg/(kWh) ÷ (1 000 kg/t) = 237 t;传统模式年耗标煤:966 t + 237 t = 1 203 t。

2) 地源热泵空调系统

冬季耗电:4 393 440 kWh/4(地源热泵空调能效系数) = 1 098 360 kWh;冬季耗电折算标煤:1 098 360 kWh × 0.4 kg/(kWh) ÷ (1 000 kg/t) = 439 t;夏季空调耗电:1 601 775 kWh/4(地源热泵空调能效系数) = 400 444 kWh;夏季耗电折算标煤:400 444 kWh × 0.4 kg/(kWh) ÷ (1 000 kg/t) = 160 t;地源热泵模式年耗标煤:439 t + 160 t = 599 t。

综上,地源热泵系统比传统模式年节省标煤:1 203 t - 599 t = 604 t;节能降耗率:604 t ÷ 1 203 t × 100% = 50%。

4.4 环保优势

地源热泵系统在冬季供暖时,不需要锅炉,无燃烧产物排放,可大幅降低温室气体排放。在夏季制冷时,没有任何气体排放到大气中,无城市热岛效应。因此,地源热泵系统环保优势明显。

相对于燃煤锅炉,地源热泵系统每年 CO₂ 减排量:

$$604 \text{ t(标煤)} \times 2.6 \text{ (系数)} = 1 570 \text{ t}$$

5 结语

唐山学院教学主楼地源热泵空调系统于 2005 年 11 月投入使用,截至目前已完成了完整的供暖空调周期运行,初步显现了良好的经济和社会效益。随着该项技术的进一步发展和完善,地源热泵空调系统经济性将更加突出,该系统也必将在校园建筑中得到更为广泛的应用。