

地源热泵与 VRV 技术的结合与运用实例

中国建筑科学研究院空调所 袁东立 张钦

摘要: 介绍了常规地源热泵系统和变流量 (VRV) 空调系统相结合的技术, 并以实际工程为例, 阐述了这种技术的可行性和在中小型间歇使用建筑中的应用前景。

关键词: 地源热泵系统 变流量 (VRV) 系统 结合

1. “地源热泵+VRV”系统技术简介

1.1 技术背景

1.1.1 变流量 (VRV) 空调系统

近年来变流量 (VRV) 空调系统发展较迅速, 它具有连接管线占用空间小, 易于安装, 各个房间可以独立启停、分别调节温度、冬季不会结冰等优点。但是现有的变流量 (VRV) 空调系统都采用的风冷机形式, 冬季从室外的空气中获取部分热能, 升温之后送入室内, 因而存在两个缺点: 一是室外机易于结霜, 除霜要消耗能量, 降低供暖能力; 二是若室外温度过低, 会使机组不能正常工作, 即使可以工作, 其效率也很低。

夏季风冷的冷却效果受环境温度影响, 效率较低。室外冷却风扇的噪声也会对周边环境产生影响。

1.1.2 常规的热泵系统

常规的热泵系统是由水或空气作为热能的载体, 送入需要供热的房间: 以水作为热能的载体, 冬季长期不工作时管道内的水会结冰, 有可能冻坏设备和管道。而用空气作为热能的载体, 风管需要占用较大的建筑空间, 并且各个房间不易独立启停、独立调节温度。

1.1.3 地源热泵与变流量空调 (VRV) 两种技术结合

考虑到别墅建筑物间歇使用的特点 (大多是周末住宅), 本技术将常规的地源热泵系统与变流量 (VRV) 空调系统结合, 解决了已有的技术存在的室外机易于结霜, 除霜要消耗能量, 供暖能力降低的问题; 同时也解决了在室外温度过低时, 设备因长期不使用而易被冻坏的问题。

1.2 新型技术的特点

本技术将地源热泵的地下埋管技术与变流量空调技术结合, 可以避免 VRV 和常规地源热泵系统各

自存在的问题，并将各自的优点结合，因此具有较高的能效比。且此系统管道占用较小的建筑空间，易于施工。采用地下埋管技术以获取土壤中的能量，这样大大提高变流量空调系统冬季的供热效率，蒸发器温度稳定；埋管中可加入防冻液，使埋管在严寒气温下不会结冰，而因室内末端侧循环的是氟利昂，因此也不会结冰。所以本系统可以在冬季间歇运行，不会冻坏；而夏季利用埋管冷却变流量空调系统，效率也比常规风冷机高。

2. 实际工程概况

本工程位于北京市昌平区九华山庄东侧，周边无城市蒸汽管网，无其他热源，采用目前国内新型空调技术（地源热泵+VRV）对三栋别墅进行空调系统设计。三栋别墅分别为 O 型别墅一栋，B 型别墅一栋，C 型别墅一栋，各别墅情况分述如下：

O 型别墅地上三层，建筑面积共约 400 m²。其中空调机房设在一层。首层设置餐厅、起居室、卧室，二层设置卧室、书房，阁楼层设置卧室、书房。设计在别墅北侧打 5 个埋孔，采用垂直埋管方式。

B 型别墅地上三层，地下一层，建筑面积共约 950 m²，空调机房设在地下一层。首层设置车库、书房、客房、游泳池、餐厅等，二层全部为客房，阁楼层有主卧室、储藏室等。地下一层为台球厅、视听室。设计在别墅北侧、东侧各打 3 个埋孔，采用垂直埋管方式。

C 型别墅地上两层，总建筑面积 508.5 m²，空调机房设在一层楼梯间。首层层高 3.6m，设有车库、厨房、餐厅、起居室等，二层层高 3.3m，设有卧室、书房。设计在别墅南侧打 5 个埋孔，采用垂直埋管方式。

3. 工程设计范围

本工程设计范围包含 VRV 空调系统、埋管系统计算和设计、地源热泵机房系统。

4. 室内外设计计算参数

4.1 室外气象参数

夏季空调室外设计计算干球温度： 33.2℃

夏季空调室外设计计算湿球温度： 26.4℃

冬季空调室外设计计算温度： -12℃

冬季空调室外设计计算相对湿度： 45%

4.2 室内设计参数

房间类型	夏 季		冬 季	
	温度 (°C)	相对湿度 (%)	温度 (°C)	相对湿度 (%)
餐厅	24~27	65~55	18~22	≥30
起居室	26~28	64~65	18~20	--
卧室	26~28	64~65	18~20	--

5. 空调系统介绍

本工程采用地源热泵+VRV 空调新型技术，该系统由热泵机组、内含防冻液的埋管和空调室内机组组成，埋管的两端与热泵机组的蒸发器或者冷凝器相连接，由循环泵提供埋管系统循环动力。室外主机可以根据室内实际使用情况，对单台或多台室内机提供相应的“冷”和“热”。控制简便，可以充分利用空调资源，同时又使运行费用降低。各系统室外机设置于空调机房内。

夏季工况时，空调室内机组通过膨胀阀并联连接在蒸发器上，在地埋管主干线管上设置循环泵，地埋管的两端与热泵机组冷凝器相连接(地埋管包括与冷凝器相连的主干线管和并联在主干线管埋于地下的 U 形管)，U 形管竖向设置，垂直埋管深度为 100m；冬季工况时，空调室内机组连接冷凝器，而地埋管接在热泵机组的蒸发器上。系统运行过程如下图所示：

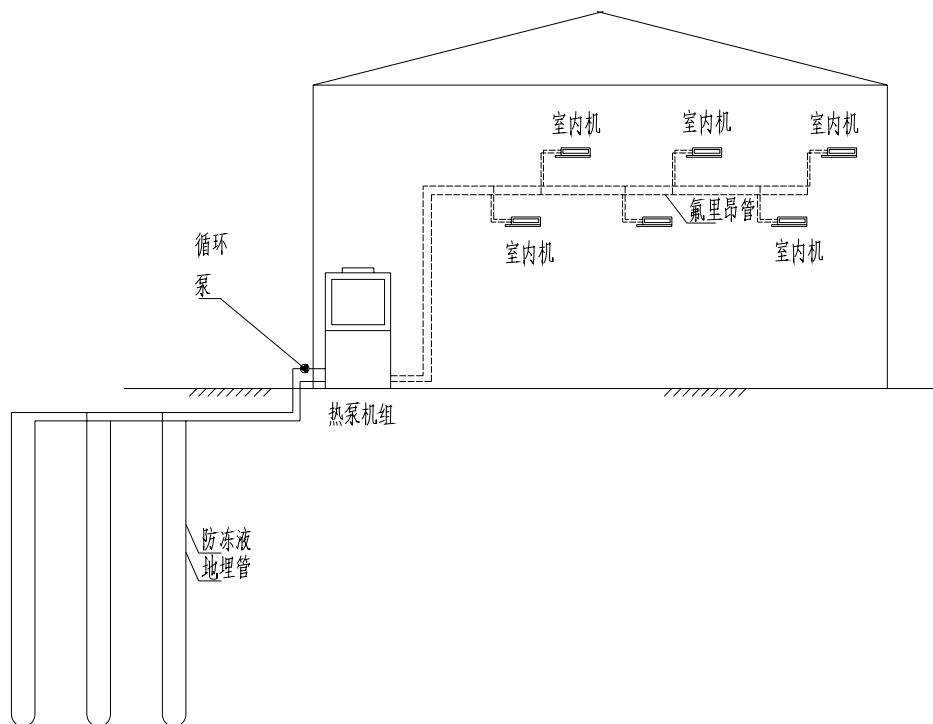


图 1 VRV 热泵系统运行示意图

6. 设备选型

6.1 室外机

本系统空调室外机均选用无锡小天鹅 M 系列室外机。型号见下表：

别墅名称 \ 室外机型号	DZR-280W/BP (10HP) 单台制冷量 28.0kW 制热量 31.5kW	DZR-140W/BP (5HP) 单台制冷量 14kW 制热量 15.7kW
O 型别墅 / C 型别墅	1 台	1 台
B 型别墅	2 台	---

6.2 地理管循环泵：

	WILO-MHI402	WILO-MHI202
O 型别墅 / C 型别墅	1 台	1 台
B 型别墅	2 台	---

6.3 三栋别墅均设计乙二醇补水箱 1 个，对系统补水定压。

6.4 室内机具体配置见下表。

0 型别墅配置表

房间编号	房间用途	空调面积 (m ²)	计算冷负荷 (W)	机型	数量	冷量 (W)	总冷量 (W)	单位冷量 (W/m ²)	热量 (W/台)	总热量 (W)
F1-1	卧室	20.5	3075	DZR-36E	1	3600	3600	176	3900	3900
F1-2	门厅	40	6000	DZR-56E	1	5600	5600	140	6000	6000
F1-3	起居室	37	5550	DZR-56E	1	5600	5600	151	6000	6000
F1-4	餐厅	25.1	3765	DZR-45E	1	4500	4500	179	4900	4900
F1-5	厨房	20	3000	DZR-36E	1	3600	3600	180	3900	3900
F1-6	会客室	12	1800	DZR-22E	1	2200	2200	183	2400	2400
F2-1	主卧室	20.4	3060	DZR-36E	1	3600	3600	176	3900	3900
F2-2	书房	15	2250	DZR-22E	1	2200	2200	147	2400	2400
F2-3	卧室	20	3000	DZR-36E	1	3600	3600	180	3900	3900
F2-4	卫生间	12	1800	DZR-22E	1	2200	2200	183	2400	2400
F2-5	走道	11	1650	DZR-22E	1	2200	2200	200	2400	2400
F3-1	主卧室	20.4	3060	DZR-36E	1	3600	3600	176	3900	3900
F3-2	书房	57	8550	DZR-80Q4	1	8000	8000	140	6000	6000
小计		310.4	46560		13		50500	163		52000
外机		DZR-140W/BP			1	14000	14000		15700	15700
		DZR-280W/BP			1	28000	28000		31500	31500
小计					2		42000			47200

B 型别墅配置表

房间编号	房间用途	空调面积 (m ²)	计算冷负荷 (W)	机型	数量	冷量 (W/台)	总冷量 (W)	单位冷量 (W/m ²)	热量 (W/台)	总热量 (W)
F1-1	客厅	90	13500	DZR-56E	2	5600	15700	174	6000	12000
				DZR-45E	1	4500			4900	4900
F1-2	餐厅	21.2	3180	DZR-22E	2	2200	4400	208	2400	4800
F1-3	厨房	15	2250	DZR-22E	1	2200	2200	147	2400	2400
F1-4	书房	22.8	3420	DZR-36E	1	3600	3600	158	3900	3900
F1-5	工人房	9.2	1380	DZR-22E	1	2200	2200	239	2400	2400
F2-1	客房 1	24.6	3690	DZR-36E	1	3600	3600	146	3900	3900
F2-2	客房 2	20.5	3075	DZR-28E	1	2800	2800	137	3100	3100
F2-3	客房 3	26	3900	DZR-36E	1	3600	3600	138	3900	3900
F2-4	客房 4	46.5	6975	DZR-36E	2	3600	7200	155	3900	7800
F2-5	卫生间	11	1650	DZR-22E	1	2200	2200	200	2400	2400
F3-1	起居室	68	10200	DZR-36E	2	3600	7200	106	3900	7800
F3-2	主卧	36	5400	DZR-45Q4	1	4500	4500	125	6430	6430
F3-3	茶室	15	2250	DZR-22E	1	2200	2200	147	2400	2400
F3-4	日式卧室	26	3900	DZR-36E	1	3600	3600	138	6130	6130
B1-1	视听室	22.7	3405	DZR-36E	1	3600	3600	159	3900	3900
B1-2	台球厅	26.6	3990	DZR-22E	2	2200	4400	165	2400	4800
B1-3	棋牌室	22	3300	DZR-36E	1	3600	3600	164	3900	3900
小计		519.8	77970		23		76600	147		81960
外机		DZR-280W/BP			1	28000	28000			31500
		DZR-280W/BP			1	28000	28000			31500
小计					2		56000			63000

C 型别墅配置表

房间编号	房间用途	空调面积 (m ²)	计算冷负荷 (W)	机型	数量	冷量 (W/台)	总冷量 (W)	单位冷量 (W/m ²)	热量 (W/台)	总热量 (W)
F1-1	起居室	25	3750	DZR-45E	1	4500	4500	180	4900	4900
F1-2	客厅	90	13500	DZR-45E	3	4500	13500	150	4900	14700
F1-3	餐厅	34	5100	DZR-56E	1	5600	5600	165	6000	6000
F1-4	厨房	23.5	3525	DZR-36E	1	3600	3600	153	3900	3900
F1-5	卧室	14.6	2190	DZR-22E	1	2200	2200	151	2400	2400
F2-1	卧室 1	31.5	4725	DZR-56E	1	5600	5600	178	6000	6000
F2-2	卧室 2	15.1	2265	DZR-22E	1	2200	2200	146	2400	2400
F2-3	书房	21.3	3195	DZR-36E	1	3600	3600	169	3900	3900
F2-4	客卧	15.3	2295	DZR-22E	1	2200	2200	144	2400	2400

F2-5	主卧	25.8	3870	DZR-45E	1	4500	4500	174	4900	4900
F2-6	起居室	22	3300	DZR-36E	1	3600	3600	164	4901	4901
小计		318.1	47715		13		51100	161		56401
外机		DZR-140W/BP		1	14000	14000				15700
		DZR-280W/BP		1	28000	28000				31500
小计					2		42000			47200

7. 结论

本工程于 2004 年秋季实施，2005 年冬季其中两栋别墅开始供暖。其供暖效果达到了设计要求，室内温度可达到 20℃ 以上。

但是，由于本工程的地下换热器的施工存在问题，系统运行 20 天后，地源侧温降过大，出水温度仅为 1℃，回灌温度 -2℃。尽管加注了防冻液，但未敢将热泵机组的保护停机温度进一步调低。拟在春季整修时补充一部分地埋管，以期达到理想稳定的运行效果。

经过一个冬季的试验运行，证明该系统是成功的。尽管工程本身存在一些问题，但是施工问题，而不是该系统本身原理的问题。应能得到解决。

本技术在北方地区具有很大的推广价值，特别是对一些中小型，间歇使用的建筑具有其它供暖方式不可替代的优点。

南方地区的一些别墅型建筑，目前已普遍接受安装 VRV 式户式中央空调。但一直受冬季室外机结霜和夏季室外机噪声的困扰。若采用本技术虽然会增加一些初投资，但可以解决上述问题。并且在一定程度上会降低系统冬夏季运行能耗。

总之，本技术有其独特的优点，对于中小型建筑尤其适用。是一种值得大力推广的新型节能技术。

参考文献

- 【1】 陆耀庆. 实用供热空调设计手册. 北京：中国建筑工业出版社，1994
- 【2】 全国民用建筑工程设计技术措施暖通空调·动力. 北京：中国计划出版社，2003