

地源热泵与磁悬浮制冷机双源供应系统

李斯南 朱彬 朱火根

奇瑞汽车股份有限公司制造事业部

摘要：地源热泵与磁悬浮制冷机双源供应系统是一种利于工厂绿色转型的高效节能手段。本文基于汽车某智能网联汽车工厂管理中心的双源供应系统实际应用研究，通过收集并整理相关数据，对运行范围进行了全面剖析，并在此基础上，进一步分析计算该系统所带来的综合效益。

关键词：节能减排；地源热泵；磁悬浮制冷机

0 前言

随着全球气候变化及环境挑战的不断加剧，降低温室气体排放已成为国际社会的核心议题。各地政府相继制定环保法规，对汽车制造厂的碳排放实施了严格管控。因此应用低碳乃至零碳的技术成为了汽车工厂发展的必由之路。该项目所在汽车工厂便采用了一种绿色环保、低碳降本的技术手段。通过将地源热泵技术与磁悬浮制冷机结合形成双源供应系统，将其应用于汽车工厂，实现源头减碳，助力低碳、零碳工厂建设。

1 节能应用场景

该节能技术应用于某智能网联汽车工厂中的绿色管理中心，多层筑框架结构，共两层，建筑高度 13.5 m，建筑空调面积为 6400 m²。该建筑夏季计算冷负荷约 1600 kW，冬季热负荷为 1449 kW。

2 节能应用工艺路线

2.1 主要设备

(1) 磁悬浮制冷机组

磁悬浮制冷机是采用了磁悬浮技术的制冷设备。其原理是利用磁场使转子悬浮起来、在运行时无机械接触，解决了机械摩擦造成的损失，不需要给机械轴承进行润滑，达到无油设计，避免了润滑油渗入换热器

而造成的故障。由于部件实现悬浮，无摩擦运行，解决了传统机械轴承式离心机面临的一系列挑战，如能效受限、噪声污染严重、起动电流过高以及维护费用高昂等问题，实现了技术上的显著进步，同时设备振动接近零，无需安装减振配件和建设隔音机房。

(2) 地源热泵机组

地源热泵技术作为一种高效、环保的空调技术，利用浅层土壤温度作为冷热源，通过地下埋管传输热量与冷量，实现低品位能向高品位能的转换。冬季，它从地下吸收热量，供给建筑内部取暖。夏季，则将建筑内的热量释放到地下，实现降温。

磁悬浮制冷机与地源热泵机组均为高效设备，机组选型如表 1 所示。

2.2 应用概述

管理中心冷热源系统采用一台 K-5 螺杆式地源热泵机组和一台 K-4 磁悬浮变频冷水机组提供空调用水，另设两台冷却塔，两套系统均可独立运行。K-4 磁悬浮冷水机组在夏季使用高峰负荷期间配合地源热泵补峰使用。冬季 K-5 地源热泵机组单独供应，K-4 停用。夏季，K-4 磁悬浮制冷机冷冻水侧供 / 回水温度为 6℃ / 13℃，冷却水侧的进 / 出水温度为 32℃ / 37℃。K-5 热泵机组冷冻水侧进 / 出水温度为 13℃ / 6℃，机组源侧进 / 出水温度为 30℃ / 35℃。冬季，K-5 热泵机组的空调热水侧进 / 出水温度 38℃ / 45℃，机组源侧进出水温度为 12℃ / 7℃。

表 1 主要设备表选型

	性能系数	制冷量 /kW·h	夏季机组冷冻水供 / 回水温度 /℃	夏季机组冷却水供 / 回水温度 /℃	制热量 /kW·h	冬季源侧进出水 温度 /℃	冬季空调侧进出水 温度 /℃
地源热泵	≥ 6.3	1427	6/13	32/37	1446	38/45	12/7
磁悬浮制冷机	IPLV ≥ 9.08	1406	6/13	30/35	-	-	-

2.3 运行原理

地源热泵系统通过输入电能便可以从地下取冷取热，该技术能够将输入的高品位电能高效地转换为热能，转换效率可达3倍甚至更高，是一种高效的能源供应技术。它的工作原理遵循逆卡诺循环，通过制冷剂在不同压力条件下发生状态变化时吸收或释放热量的特性，有效地实现了能量的转移，应用系统原理如图1所示。

夏季制冷运行时，冷冻水流经蒸发器，冷却水流经冷凝器后向地埋管和冷却塔放热。冬季制热运行时，蒸发器及冷凝器的外接水管回路互换，系统从地埋管吸热，随后将冷量排到地下。本系统在夏季制冷时，为避免土壤冷热不平衡，部分热量通过埋管传输到地下，另一部分通过冷却塔散热。当冬季供热时，仅使用地埋管换热。

3 运行效果

3.1 室内温度测定

以室外最高温达39℃的2024年8月5日为例，现场监测数据显示，管理中心一楼中心风口出风温度为29℃，而距地面1m处环境温度为29.2℃，二楼对应数据分别为29.4℃和29.6℃。此次极端天气测试，是基于地源热泵与磁悬浮两机组分别独立运行，严格控制能源消耗，而未来再有极端炎热天气，两机组亦可并联运行。

3.2 与多联机系统对比

将该中心的地源热泵和磁悬浮制冷机双源系统与该公司同类型产业园一期管理中心项目的多联机空调系统进行对比，可知，地源热泵系统初投资较大，但在运维上比多联机空调系统节约资金，且通过计算，投资回收期为8.4年，之后便可为工厂带来经济效益。

3.3 制冷季用电量对比

将双源系统与产业园一期管理中心多联机空调系统对比，由于两系统空调面积不同，为了保持客观性，通

过对比6-9月的制冷季总耗电量并计算单位面积耗电量情况，可知，双源系统整个制冷季单位面积耗电量约为25 kW·h，多联机为71 kW·h，整个制冷季节双源系统每平方米耗电量仅为其他同类系统的35%，节约了65%的电量，极大程度地降低了电能消耗。导致这一差距的主要原因是地源热泵机组与磁悬浮制冷机组均为一级能效的高效机组，大部分时间只启用一台机组供冷，因此电能消耗较低。

4 结语

双源系统在用户管理中心示范项目中的优势尤为突出，具体体现以下几方面：

(1) 环境友好。系统运行期间不产生任何有害物质排放，对大气、水体及土壤环境友好。

(2) 显著节能。据现场数据监测，该系统整体耗电量为同类项目的31%，充分展现了其卓越的节能性能。

(3) 经济效益显著。据测算，该项目的地源热泵系统投资回收期约为8.4年，之后将为建筑运营带来持续的节能收益。

采用双源系统的管理中心不仅成为了厂区节能减排的标杆，还为工厂迈向零碳排放目标提供了至关重要的技术验证与实际成功案例。此外，双源系统具备广泛的适用性，不仅能够在汽车工厂管理中心发挥作用，还能覆盖到各个生产车间，尤其是对用热需求较大的涂装车间。这一技术应用彰显了汽车行业对环境保护的深切责任感，未来汽车工厂乃至汽车制造业可广泛推广地源热泵技术的创新和产业升级，优化能源结构并提升清洁能源的占比，减少碳排放，推动经济的可持续发展，为实现双碳目标提供有力保障。

参考文献

- [1] 邓欣,王猛,汪峰,等.某示范小区地源热泵系统长期运行特性监测与分析[J].能源研究与利用,2024(05):40-45.
- [2] 王文渊.磁悬浮制冷机组助力节能减排的“奥秘”[J].科技视界,2023,13(29):62-64.
- [3] 吴炎光,季英俊,黄绍鸿,等.一种磁悬浮制冷机的扩展支架[P].广东省:CN202322020561.5,2024-08-13.
- [4] 许斌,张文科.我国地源热泵复合系统的研究与进展[J].节能,2024,43(07):113-115.
- [5] 龚淑娟,郝博洋.新能源汽车制造的“碳中和”思与行[J].汽车制造业,2024,(03):4,6,8-11.

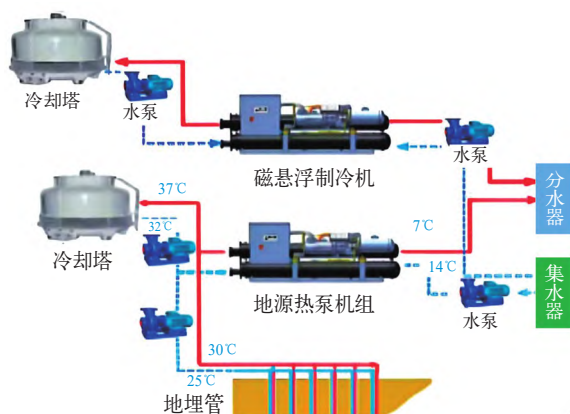


图1 双源节能系统应用系统原理