

# 重庆某公建冷热源方案分析对比

中国中元国际工程公司 秦玉超

## 摘 要

本文以重庆某项目为例，从经济、技术方面，对四种常用冷热源方案进行简单的对比分析，论述各系统的优缺点，以便于根据工程的具体条件，选取最合理的系统方案。

**关键词：** 方案对比，经济分析，技术分析

## 一、项目概况

重庆市某项目新建站房综合楼总建筑面积 8 万平方米。站房综合楼主要由集散厅、售票厅、高架候车室、出站厅、车站办公等部分组合。地下一层，地上三层，高架二层。最高聚集人数 11000 人，为特大型旅客车站。

## 二、空调设置标准

### 1、重庆的气候特性

重庆市区在中国建筑气候区划分中属于夏热冬冷地区，分区名称为 IIIIB。重庆市年平均气温 18℃，冬季最低气温平均在 6-8℃，夏季较热，七、八月份日最高气温均在 35℃以上。极端气温最高 43℃，最低-2℃。重庆市年平均降水量充沛，常年降雨量在 1000—1450 毫米。重庆市年平均相对湿度多在 70%—80%，在全国属高湿区。年日照时数 1000—1200 小时，日照百分率仅为 25%—35%，为全国年日照最少的地区之一，冬、春季日照更少，仅占全年的 35%左右。

## 2、冬季供暖依据

重庆地理条件比较特殊，位于长江和嘉陵江汇合处，湿度大，冬季体感湿冷不适强烈。随着生活水平的提高，人们也对冬季室内温度提出更高的要求，当地家庭普遍安装家用空调，冬季提供热风；新建高档公共场所空调系统冬季提供暖风，满足人们日益增加的舒适性需要，因此本建筑设计应以人为本，改善旅客冬季候车舒适性。

## 三、冷热负荷计算

### 1、室外计算参数

台站位置：重庆市，北纬 29° 31'，东经 106° 29'

大气压力：冬季 98060Pa，夏季 96380Pa

室外风速：冬季 1.1m/s，夏季 1.5m/s

夏季室外空调计算干球温度：35.5℃

夏季室外空调计算湿球温度：26.5℃

夏季室外通风计算干球温度：31.7℃

冬季室外空调计算干球温度：2.2℃

冬季室外空调计算相对湿度：83%

冬季室外通风计算干球温度：7.2℃

### 2、室内设计参数

售票厅、售票室、旅客服务、办公

夏季室内计算温度 26~28℃，相对湿度为 40~65%

冬季室内计算温度 18℃，相对湿度不小于 40%

候车厅、进站集散厅：

夏季室内计算温度 27~29℃，相对湿度为 40~65%

冬季室内计算温度 18℃，相对湿度不小于 40%

### 3、冷、热负荷

夏季空调总冷负荷为 8100 KW

冬季空调总热负荷为 2450 KW

## 四、空调系统冷热源

### 1、冷热源方案

业主提出建议，希望考虑三联供方案，我方对三联供进行方案分析。

燃气冷热电三联供系统存在与市政电网的合作关系问题。

三联供与市政电网有三种关系：上网、并网、切网

1) 上网：三联供多余发电量通过市政电网卖给电力企业，由于技术问题，此方式存在很大困难。

2) 并网：三联供自身供电不足时，可由市政电网同时供给，市电不可逆。由于部门利益出发点不同，需要协调好供需双方关系。

3) 切网：三联供只提供用电企业全年基础负荷，超出后的电负荷，切换到市政电网。电力切换需要逐级加载，达到正常负荷约需 3~10min,对于重要数据可能因停电造丢失造成损失，如果在夜间客流大时停电，可能会造成客流挤踏事故，此系统有一定风险。

综上所述，三联供方案虽有净收益的优势，但由于目前该方案与市政电网接口的实施困难较大，因此暂不将三联供系统列入比较方案中。

#### (1) 方案一：水冷冷水机组+直燃机

根据冷热负荷，以冬季运行溴化锂直燃机，能完全满足供热需求选取设备。

采用天然气作为能源的溴化锂直燃机，选取溴化锂直燃机 2 台，离心式冷水机组 2 台作为该空调系统的冷热源。夏季每台冷水机组制冷量 2461 KW；溴化锂直燃机制冷量为 1745 KW，制热量为 1349 KW。夏季最大负荷开启全部冷水机组+直燃机供冷，随着负荷的减小，先关闭直燃机供冷。冷冻水供回水温度分别为 7℃和 12℃。冬季开启直燃机进行供热，为空调末端系统提供 60℃的热水。

## **(2) 方案二：水冷冷水机组+地源热泵机组**

根据冷热负荷，以冬季运行地源热泵机组，能完全满足供热需求选取设备。选取地源热泵机组 2 台、离心式冷水机组 2 台作为该空调系统的冷热源。每台地源热泵机组制冷量为 1459 KW，制热量为 1380 KW；水冷冷水机组制冷量为 2637 KW。夏季负荷较小时优先开启地源热泵系统供冷，负荷较大时开启地源热泵系统和冷水机组系统联合供冷，冷冻水供回水温度分别为 7℃和 12℃。冬季则开启地源热泵系统进行供热，直接为空调末端系统提供 45℃的热水。

埋管利用建筑周边的草坪及空地，埋管面积 12000 m<sup>2</sup>，共计 500 孔双 U 型垂直埋管，各环路同程式布置，可以根据建筑冷热负荷的变化来调整开启回路的个数，有利于空调系统的节能。钻孔直径为 130mm，孔间距为 5m，埋管采用外径φ32 的高密度聚乙烯管，埋管的有效埋深为 100m。

## **(3)、方案三：水冷冷水机组+燃气锅炉**

夏季采用 3 台离心式冷水机组，每台制冷量 2813 KW。冷水机组设置在制冷机房内，冷冻水供回水温度分别为 7℃和 12℃。冬季供暖采用 2 台燃气热水锅炉，每台制热量为 1400 KW。燃气热水锅炉设置在锅炉房内。冬季为空调末端系统提供 60℃的热水。

冷却水塔采用超低噪音型。供回水温度分别为 32℃和 37℃，与冷水机组进行联锁控制。

#### (4)、方案四：水冷冷水机组+风冷热泵机组

根据冷热负荷，以冬季运行风冷热泵机组，能完全满足供热需求选取设备。选取风冷热泵机组 3 台、离心式冷水机组 2 台作为该空调系统的冷热源。每台风冷热泵机组制冷量为 756 KW，制热量为 864 KW；离心式冷水机组制冷量为 3164 KW。夏季负荷较小时优先开启冷水机组系统供冷，负荷较大时开启风冷热泵机组和水冷冷水机组系统联合供冷，冷冻水供回水温度分别为 7℃和 12℃。冬季开启风冷热泵系统供热，为空调末端系统提供 45℃的热水。

## 2、主要设备

对四种冷热源方案进行了选型，各冷热源方案主要设备表（不含水处理、定压补水设备等）：

方案一：水冷冷水机组+直燃机

表 4-1 方案一主要设备表

设备名称	规格型号	台数
直燃机	制冷量 1745 KW，制热量 1349 KW， 燃气耗量：制冷 111 Nm <sup>3</sup> /h，制热 125 Nm <sup>3</sup> /h	2
水冷冷水机组	制冷量 2461 KW，耗功率 435 KW	2
冷冻水泵（冷机）	流量 460m <sup>3</sup> /h，扬程 32 米，功率 75 KW	3 两用一备
冷却水泵（冷机）	520 m <sup>3</sup> /h，扬程 32 米，功率 75 KW	3 两用一备
开式冷却塔（冷机）	流量 600 m <sup>3</sup> /h，电机功率 20 KW	2

冷冻水泵（直燃机）	320 m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 45 KW	3 两用一备
热水泵（直燃机）	160 m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 22 KW	3 两用一备
冷却水泵（直燃机）	460 m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 75 KW	3 两用一备
开式冷却塔（直燃机）	流量 500 m <sup>3</sup> /h, 电机功率 15 KW	2

方案二：水冷冷水机组+地源热泵机组

表 4-2 方案二主要设备表

设备名称	规格型号	台数
地源热泵机组	制冷量 1459 KW, 电机功率 258 KW; 制热量 1380 KW, 电机功率 323 KW	2
水冷冷水机组	制冷量 2637 KW, 耗功率 460 KW	2
冷热水泵(地源热泵)	流量 300 m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 45 KW	3 两用一备
地源侧循环泵	流量 300m <sup>3</sup> /h, 扬程 32m 米, 电机功率 45 KW	3 两用一备
冷冻水泵（冷机）	流量 520m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 75 KW	3 两用一备
冷却水泵	流量 600m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 90 KW	3 两用一备
开式冷却塔	流量 700 m <sup>3</sup> /h, 电机功率 20 KW	2
钻孔工程	500 个钻孔, 每个 100 米深	500

方案三：水冷冷水机组+燃气锅炉

表 4-3 方案三主要设备表

设备名称	规格型号	台数
水冷冷水机组	制冷量 2813 KW, 耗功率 486 KW	3
燃气锅炉	制热量 1400 KW, 电机功率 3.0 KW, 耗气量 153.8 Nm <sup>3</sup> /h	2
冷冻水泵	流量 500m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 75 KW	4 三用一备
热水泵	流量 150 m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 22 KW	3 两用一备
冷却水泵	流量 600 m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 90 KW	4 三用一备
开式冷却塔	流量 700 m <sup>3</sup> /h, 电机功率 20 KW	3

方案四：水冷冷水机组+风冷热泵

表 4-4 方案四主要设备表

设备名称	规格型号	台数
风冷热泵	制冷量 756 KW, 电机功率 282 KW; 制热量 864 KW, 电机功率 282 KW	3
水冷冷水机组	制冷量 3164 KW, 耗功率 543 KW	2
冷热水泵（风冷热泵）	流量 150 m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 22 KW	4 三用一备
冷机冷冻水泵	流量 600m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 90 KW	3 两用一备
冷却水泵	流量 700m <sup>3</sup> /h, 扬程 32 米, 功率 90 KW	3 两用一备

开式冷却塔	流量 800 m <sup>3</sup> /h，电机功率 25 KW	2
-------	-------------------------------------	---

## 五、技术经济分析

### 1、冷热源方案设备初投资

表 5-1 本工程四个冷热源方案设备的初投资概算如下：（不包含水处理设备、定压补水设备、设备管道安装等费用）

	方案一	方案二	方案三	方案四
设备投资	溴化锂直燃机 300 万元/台 x2  离心冷水机组 148 万元/台 x2	离心冷水机组 168 万元/台 x2  地源冷热泵机 组 88 万元/台 x2	离心冷水机组 168 万元/台 x3  2T 燃气热水锅 炉 30 万元/台 x2 台	离心冷水机组 190 万元/台 x2  风冷冷热泵机 组 50 万元/台 x3
配套费用	冷却塔 30 万 x2+25 万 x2  水泵 70 万	冷却塔 35 万 x2  水泵 62 万  打井数 500 口井 费用 500x1 万 =500 万	冷却塔 35 万 x3  水泵 58 万	冷却塔 40 万 x2  水泵 50 万

合计	1076 万元	1144 万元+征地 费用	727 万元	660 万元
----	---------	------------------	--------	--------

## 2、冷热源方案初投资经济分析

可以看出四种方案中，方案四（水冷冷水机组+风冷热泵）方案在初投资上具有优势，方案三次之。

## 3、冷热源方案技术及运行分析

### (1) 冷热源配置方案综合对比结果

表 5-2 冷热源配置方案综合对比结果

对比内容	方案一	方案二	方案三	方案四
机房面积	约 500 平方米， 须设独立的燃气表间。	约 600 平方米	制冷机房、锅炉房约 600 平方米， 须设独立的燃气表间。	约 450 平方米
优缺点	溴化锂直燃机： 优点： 结构紧凑体积小，机房占用面	地源热泵： 优点： 比传统空调系统运行效率高，	燃气锅炉： 优点： 价格便宜； 安装方便；	风冷热泵机组： 优点： 初投资少； 风冷热泵机组

	<p>积小；</p> <p>对于电力比较紧张的地区，余热可以利用的场合使用直燃机更有优势。</p> <p>缺点：</p> <p>省电但不节能；运行时存在腐蚀现象，影响机组的使用寿命；冷却水量需求较大，需配备冷却能力较大的冷却塔；</p>	<p>节省运行费用；</p> <p>污染物排放少。</p> <p>缺点：</p> <p>初投资高；需要足够的场地布置地埋管；维修难度大；由于本项目冬夏季运行时间相差过大，会造成土壤中蓄热取热不平衡，需为地源热泵另配冷却塔，辅助散热。</p>	<p>容易操作；</p> <p>系统简单。</p> <p>缺点：</p> <p>用气量较大；</p> <p>天然气为不可再生能源，随着能源的减少，费用可能会越来越高。</p>	<p>放在屋顶，机房</p> <p>占用面积小；</p> <p>系统简单。</p> <p>缺点：</p> <p>运行效率低；</p>
能源	<p>天然气为主要使用能源。</p> <p>少量电耗。</p>	电。	<p>电制冷，</p> <p>天然气供热</p>	电

## (2) 冷热源配置方案年运行分析

说明：年运行费用是以 150 天为年制冷周期, 18 小时运行；40 天年制热周期，24 小时运行，考虑到室外温湿度变化等情况取 0.7 的负荷综合系数。商业电

费按照 0.843 元/KWh 计算，商业天然气价格 2.29 元/m<sup>3</sup>。

表 5-3 全年运行费用

	方案一	方案二	方案三	方案四
年供冷量 MWh	15309	15309	15309	15309
年供冷能量 消耗	天然气 419580 Nm <sup>3</sup> 电 2836512 KWh	耗电量 3753540 KWh	耗电量 3804570 KWh	耗电量 4551120 KWh
年供冷费用 元	335 万	316 万	321 万	384 万
年供热量 MWh	1646	1646	1646	1646
年供热能量 消耗	天然气 168000 Nm <sup>3</sup> 电 74460 KWh	电 555072 KWh	天然气 206710 Nm <sup>3</sup> 电 33600 KW	电 612864 KWh
年供热费用 元	45 万	47 万	50 万	52 万
年合计费用	<b>380 万</b>	<b>363 万</b>	<b>371 万</b>	<b>436 万</b>

### (3) 综合技术经济分析

方案三（水冷冷水机组+燃气锅炉）具有最低的年运行费用，方案四（水冷冷水机组+风冷热泵）具有最低的初投资，这两个方案经济上最具有优势。方案四（水冷冷水机组+风冷热泵）比方案三（水冷冷水机组+燃气锅炉）初投资约节省 67 万元，但方案三比方案四年运行费用节省约 65 万元，故与方案四相比，方案三简单回收期仅为 1 年。

方案二（水冷冷水机组+地源热泵）初投资过高，另外，由于当地的冬夏季运行时间相差较大，不适合采用方案二。

方案一（直燃机系统+水冷冷水机组）初投资、运行费用与其他方案相比并无优势，由于本项目并不需要利用余热，故不适合采用方案一。

## 六、总结

对于本项目，经综合技术经济分析，方案三（水冷冷水机组+燃气锅炉）在初投资及运行费用较为合理，具有最经济的初投资及运行成本，为本项目最优方案。但设计中应注意燃气锅炉房的安全设计，如防火、防爆以及烟囱与建筑外立面结合等问题。

如安全、美观为首要考虑因素，则方案四（水冷冷水机组+风冷热泵）为本项目最优方案。

## 参考文献

- [1] GB50736-2012.民用建筑供暖通风与空气调节设计规范. 2012
- [2] 陆耀庆.《实用供热空调设计手册》中国建筑工业出版社. 2008

作者简介

姓 名：秦玉超

职 务：暖通设计工程师

工作单位：中国中元国际工程公司

地 址：北京海淀区紫竹院路甲 32 号

电话：**18612450323**