

2021年CAR-ASHRAE学生设计竞赛



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY



中国建筑第八工程局有限公司办公楼 暖通空调工程设计

参赛学校：南京工业大学

指导老师：龚延风 程建杰 张广丽 刘慧芳

小组成员：陈健斌 李芸 郭晨婧 王跃

目 录

CONTENTS

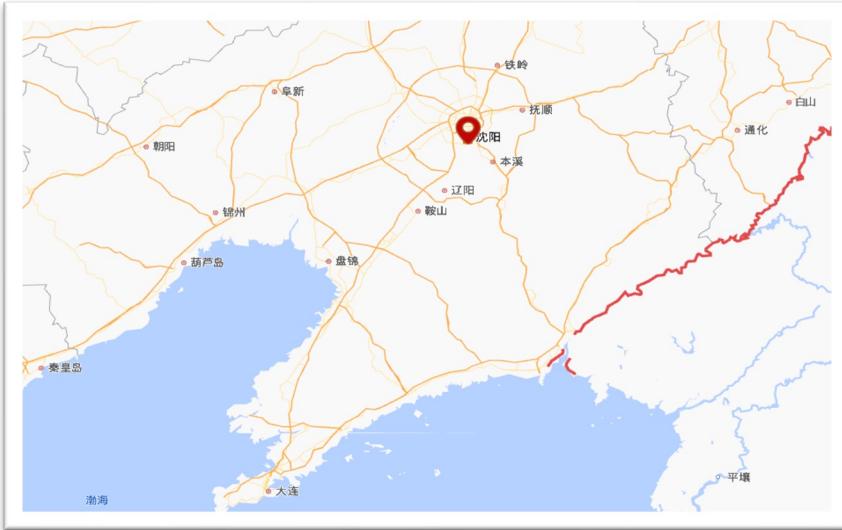
- 1 工程概况与设计策略
- 2 负荷计算与分析
- 3 空调系统设计
- 4 冷热源系统设计
- 5 输配系统设计
- 6 目标达成度分析

1

工程概况与设计策略

工程概况 设计目标 设计策略 重难点问题

工程概况



地理位置

沈阳市浑南区 严寒地区

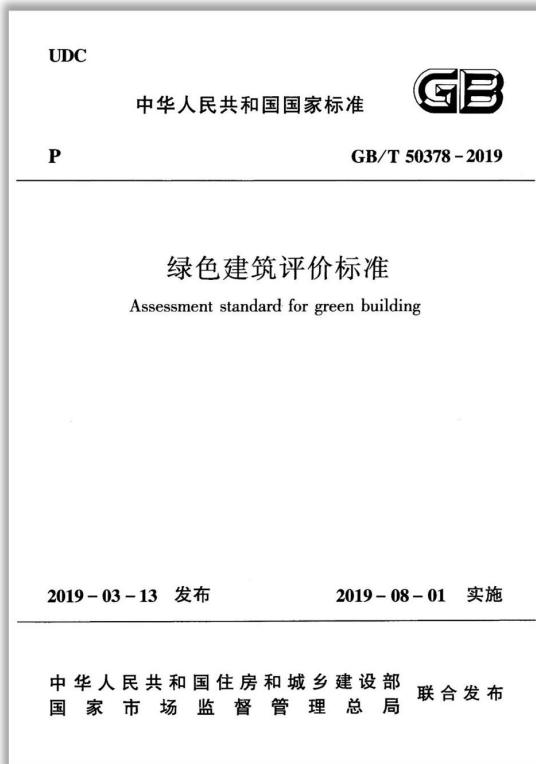
建筑体量

占地面积19999m²、建筑面积28616m²
地上九层，裙楼两层，地下一层
建筑高度为48.15m

建筑功能

办公区域，员工食堂，球类活动室等





《绿色建筑评价标准》
GB/T 50378-2019

“为贯彻落实绿色发展理念，推进绿色建筑高质量发展，节约资源，保护环境，满足人民日益增长的美好生活需要，制定本标准。”

绿建自评价-二星级目标

满足标准中暖通相关条文

- ◆全部控制项
- ◆每项指标评分项大于总分70%
- ◆满足技术要求中对暖通专业的要求

设计目标

舒适
目标

80%以上功能房间达到《民用建筑室内热湿环境评价标准》规定的环境整体评价II级标准

节能
目标

建筑能耗相比《公共建筑节能设计标准》的参照建筑**降低20%**

环保
目标

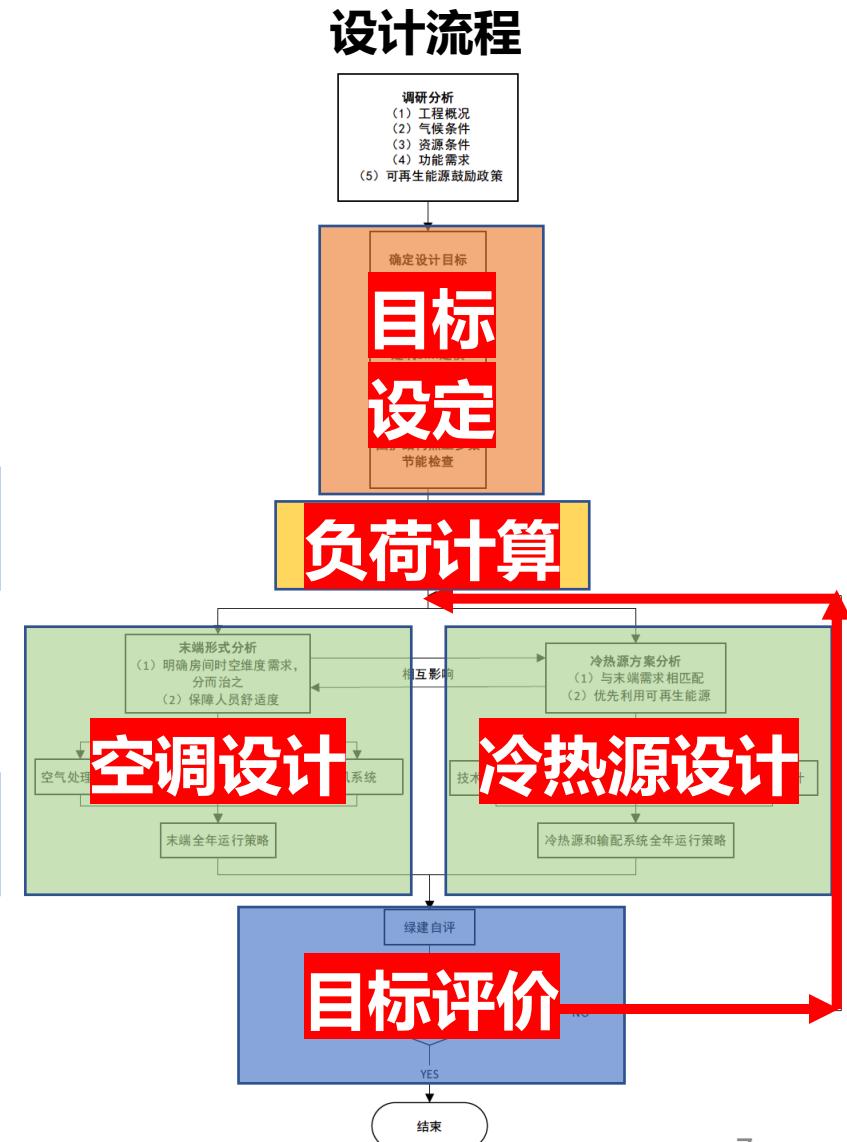
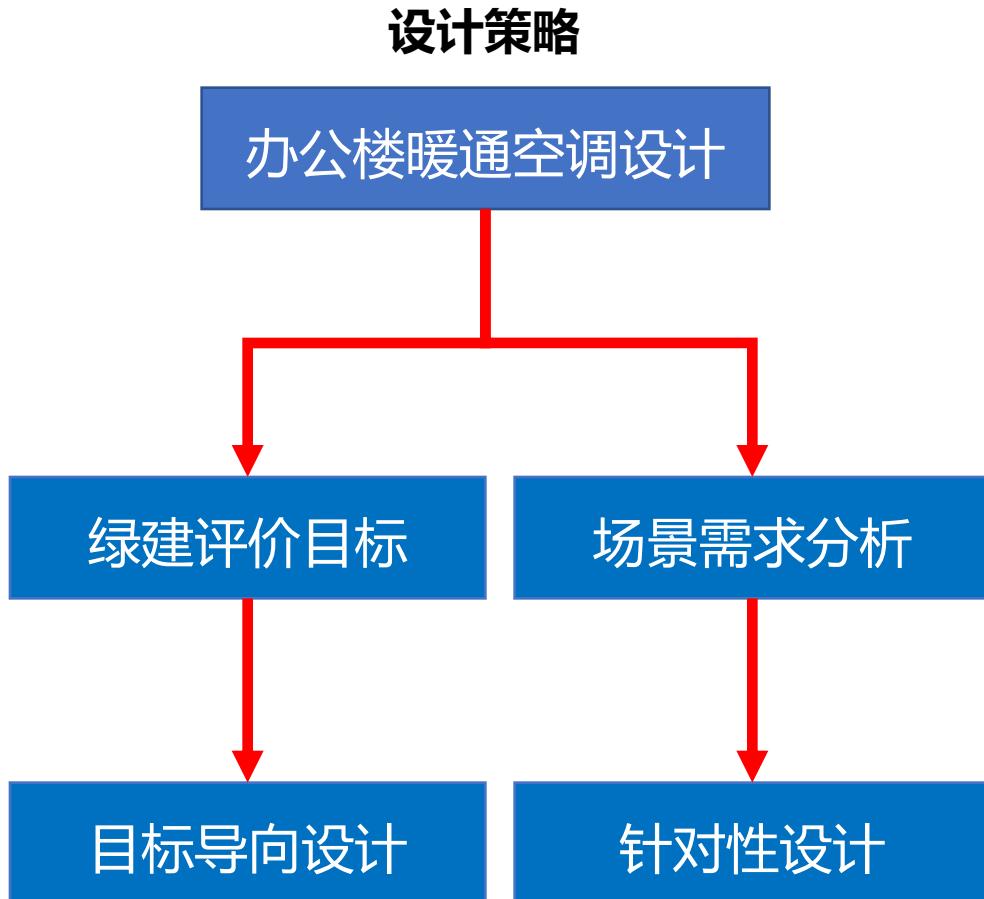
尽可能采用**可再生能源**
减少建筑碳排放

经济
目标

建筑冷热源投资强度较小

安全
目标

设备安全、运行安全





高大空间中冬季舒适度的保证

高大空间层高较高，冬季送风时热风容易积聚在房间上部，影响人员活动区域舒适性。



双碳目标下可再生能源的综合利用

为减少建筑碳排放，就要从源侧出发，充分利用地热能与太阳能等可再生能源，实现能源供给侧的多能互补，从而实现节能减排目标。



面向使用场景的节能高效运行策略

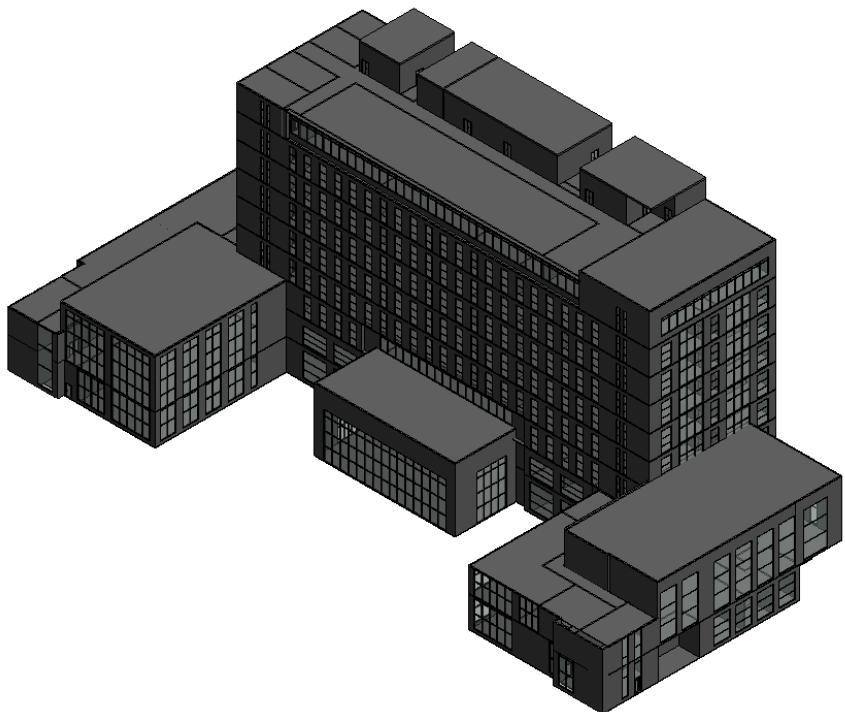
以需定供才能实现“供给侧改革”，设计中应面向最可能出现的使用场景来合理匹配需求，做到细化设计，从而实现系统节能高效运行。

2

负荷计算与分析

参数选择 计算方法 计算结果 负荷分析





Revit

为建筑BIM建模，实现一模多用



BECS

检查围护结构是否满足绿建标准



BECH

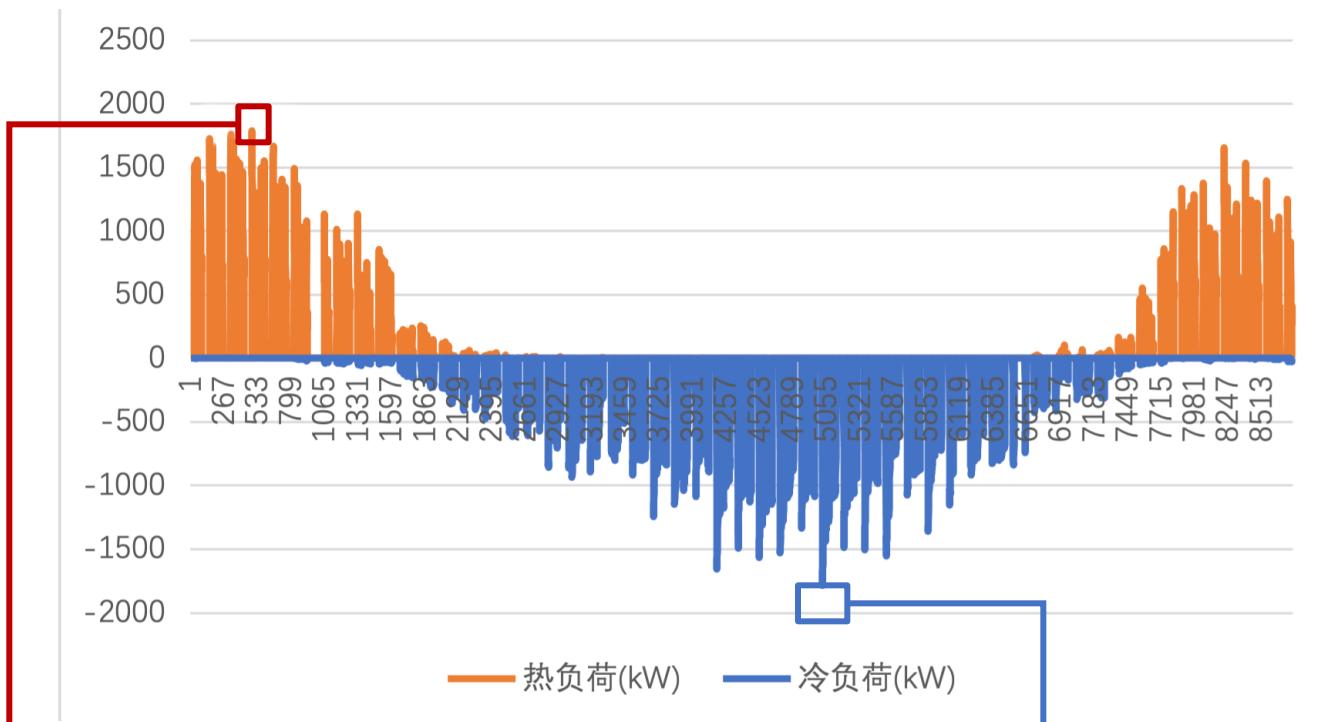
通过软件计算建筑全年负荷



手算

验证电算负荷的正确性

计算结果

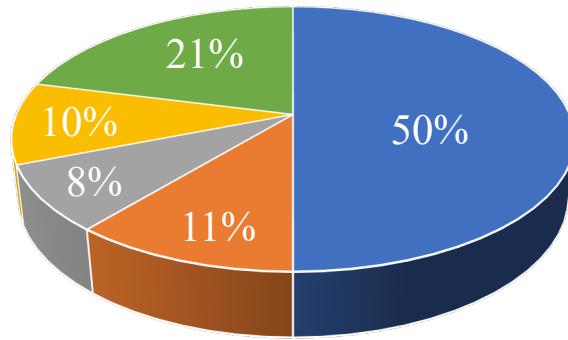


	最大负荷出现时间	最大负荷 (kW)	负荷指标 (W/m ²)
冷负荷	7月29日	1787.8	111.62
热负荷	1月21日	1734.72	108.31

手算一办公室负荷与电算相差4.9%，处于合理误差范围，认为软件计算结果准确

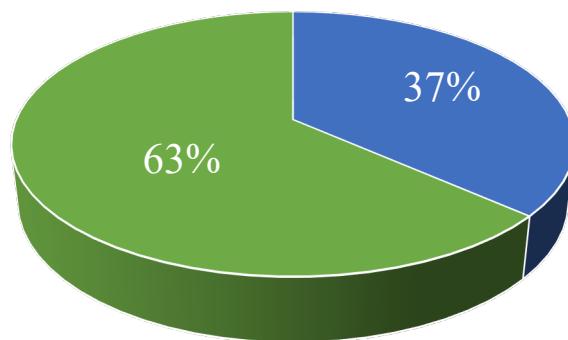
1.设计日负荷构成——新风负荷占比大

夏季冷负荷各部分占比



■ 围护结构 ■ 设备 ■ 照明 ■ 人体 ■ 新风

冬季热负荷各部分占比



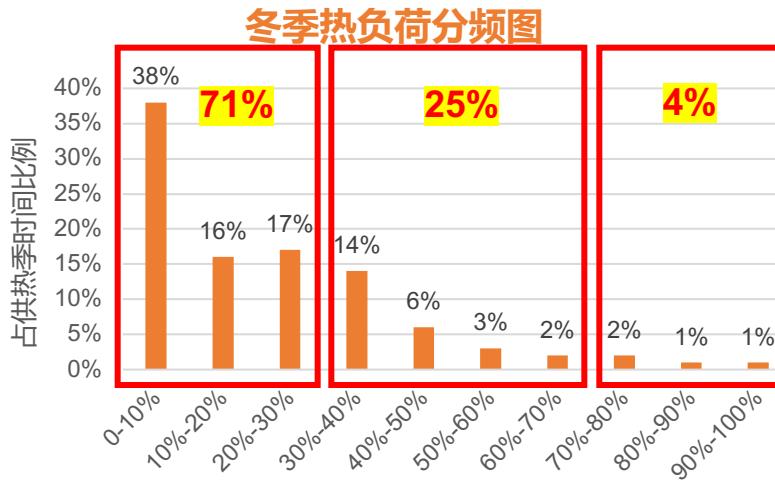
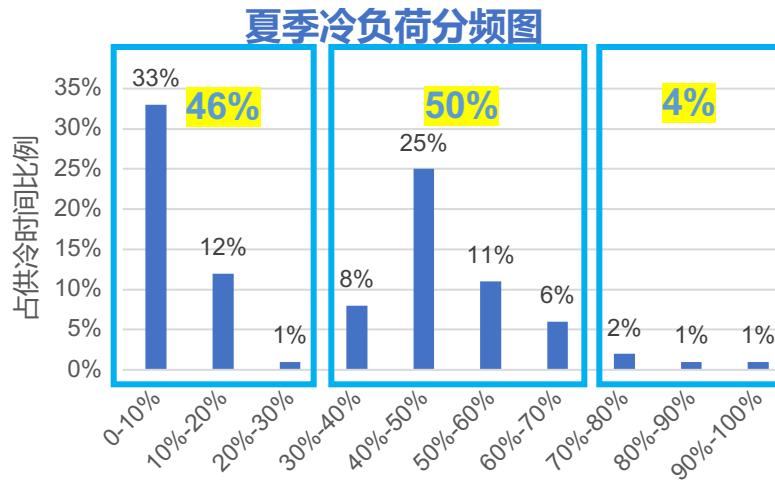
■ 围护结构 ■ 新风

□ 合理调整新风量

□ 采用热回收技术

负荷分析——负荷分频

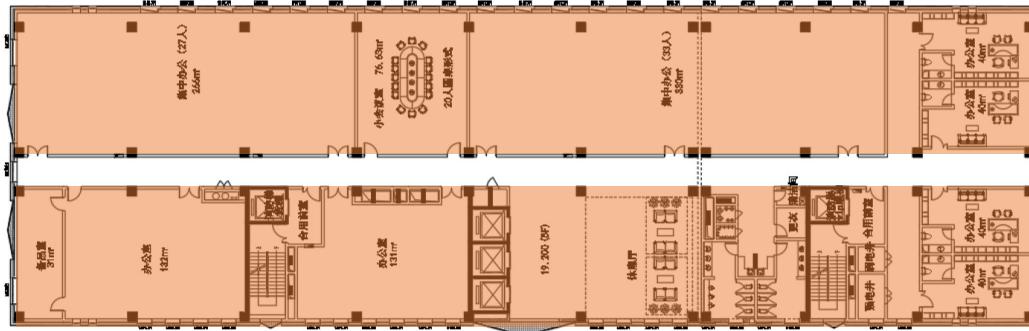
2. 负荷分频——部分负荷时间长



□ 选择合理的冷热源
机组

□ 着重考虑部分负荷
时的高效运行

3.内外区负荷特性——冬季不存在内区



- 进深较小
- 房间均存在外围护结构
- 冬季不存在内区

4.运行时间分析——各房间运行时间差异性大

办公楼运行时间：周一至周五

8:00-18:00

上班时段运行

24小时运行

间歇运行

阅读室

一二层办公室

三层以上办公区域

存在加班需求

值班室

消防控制室

档案室

员工餐厅

大会议厅

健身房

球类活动室

- 为划分空调系统提供了依据

3

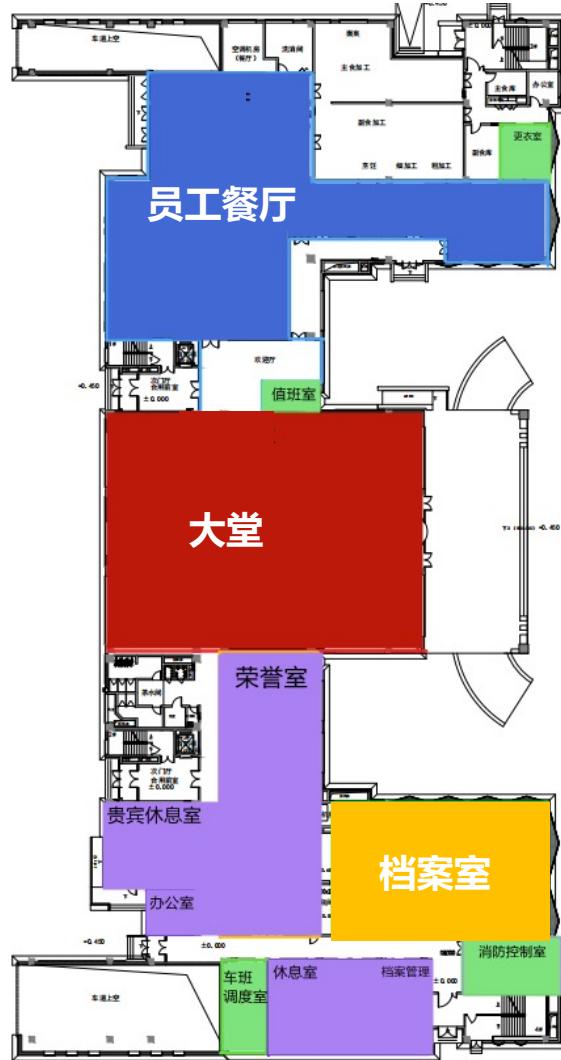
空调系统设计

划分结果 空调方案 气流组织

划分结果

划分依据：①房间使用特点 ②负荷特性 ③热湿环境需求

一层平面图

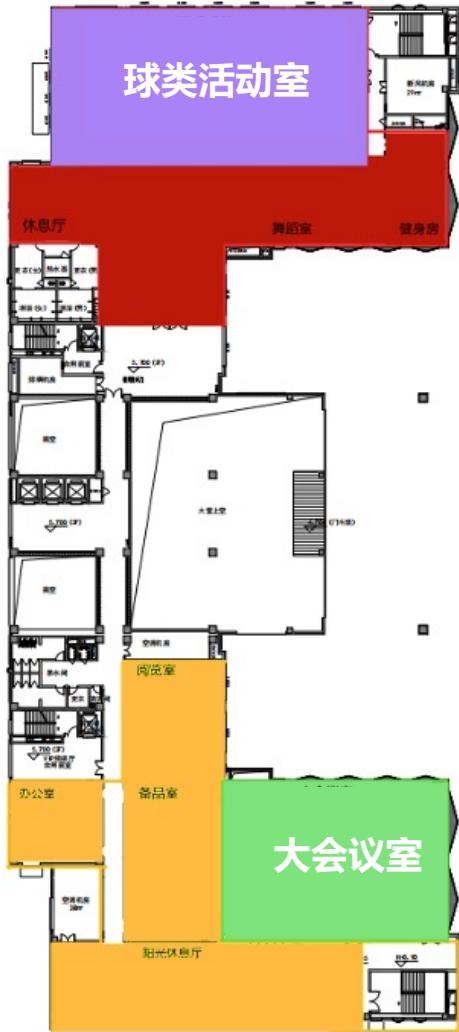


房间名称	夏季处理方案	冬季处理方案
大堂 (高大空间)	风机盘管 加新风系统	地板辐射 加新风系统
档案室	恒温恒湿空调机组	
员工餐厅	全空气二次回风系统	
办公室、休息区、 档案管理、荣誉室	风机盘管 加新风系统	地板辐射 加新风系统
车班调度室、消防 控制室、值班室	分体式空调	

划分结果

划分依据：①房间使用特点 ②负荷特性 ③热湿环境需求

二层平面图



房间名称	夏季处理方案	冬季处理方案
球类活动室 (高大空间)	空调箱 加新风系统	地板辐射 加新风系统
大会议室 (高大空间)	全空气二次回风系统	
休息区、舞蹈室、 健身房、阅读室、 备品室、办公室、 阳光休息厅	风机盘管 加新风系统	地板辐射 加新风系统
三层以上办公区域	水冷多联机 加新风系统	地板辐射 加新风系统

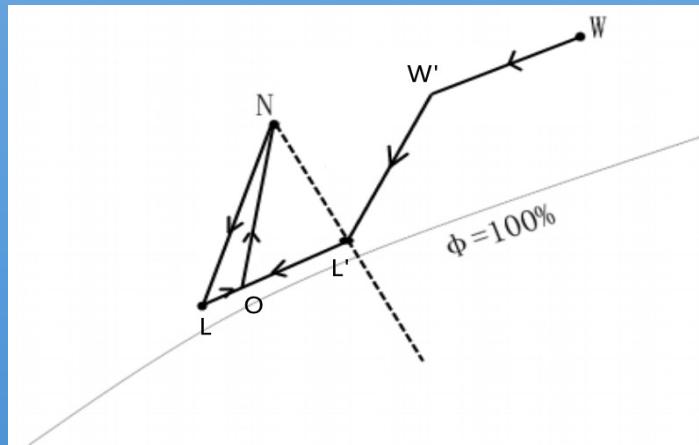
空调方案——办公区域

场景特点
负荷特点

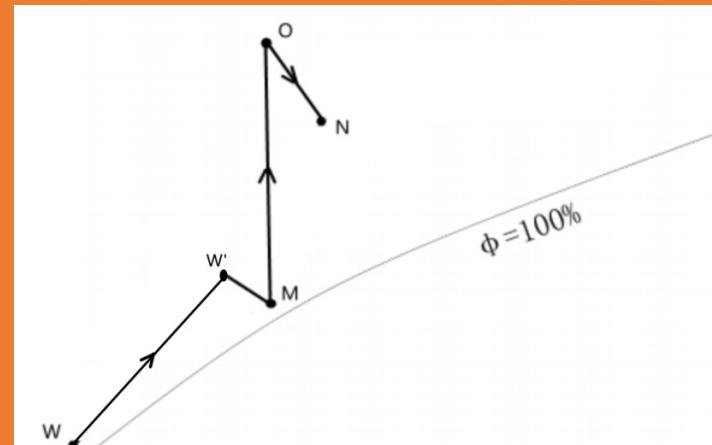
人员长期使用，时间灵活

需要独立控制性较强

夏季空气处理过程
(多联机 + 新风)



冬季空气处理过程
(地板辐射供暖 + 新风)



空调方案——大会议室

场景特点
负荷特点

人员密度大

新风量需求大

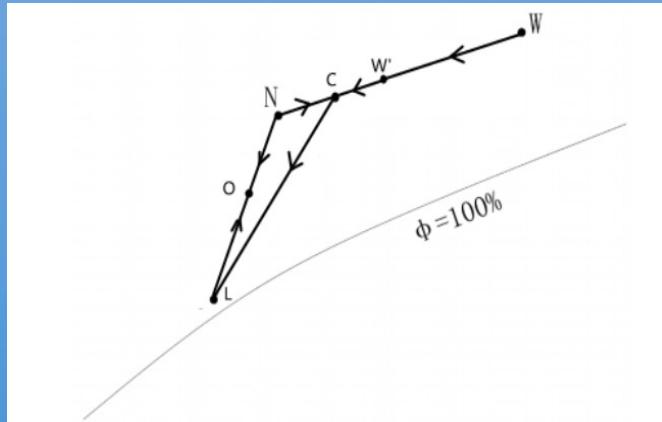
对送风温差有要求

垂直方向存在温度梯度

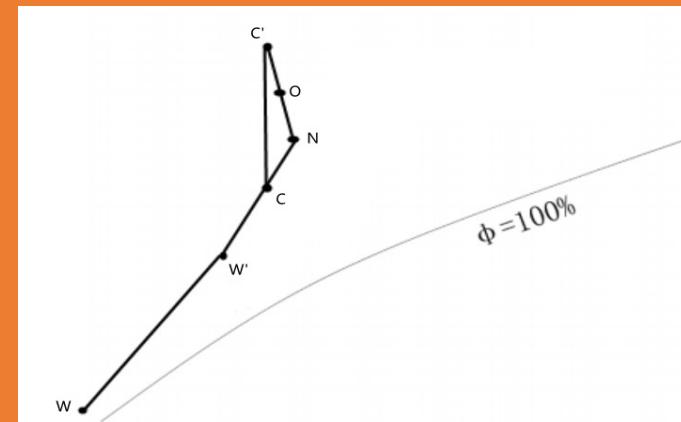
一次回风再热 ?

二次回风 ✓

夏季空气处理过程



冬季空气处理过程



典型区域的气流组织



分布楼层	房间名称	层高(m)	解决方案
1F	大堂	10.15	中送风(夏季), 地板辐射+新风系统(冬季)
2F	大会议室	6.6	座椅送风
2F	球类活动室	10.15	辐射空调+置换通风, 布袋送风(需比选)
1F,3F,5F,7F	活动休息厅	8.7 (一楼) 7.5 (其他)	中送风(夏季), 地板辐射+新风系统(冬季)
1F-9F	办公区域	4.4	方形散流器上送上回(夏季) 地板辐射+新风系统(冬季)



球类活动室场景特点：

球类活动风速要求高：球场内风速 $<0.2\text{m/s}$

高大空间温度分层

间歇性使用

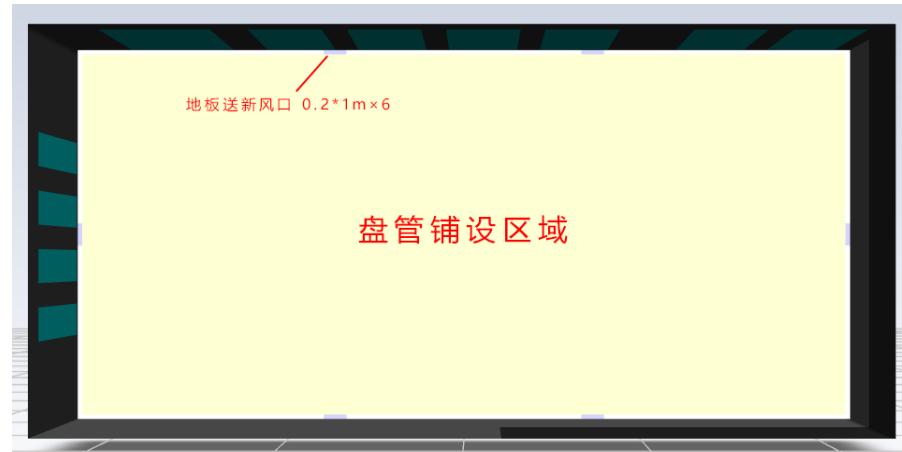
CFD计算的目的：

选择更适宜的末端形式

校核人员舒适度



方案一：布袋送风（全空气系统）



方案二：地板辐射空调+地板新风系统

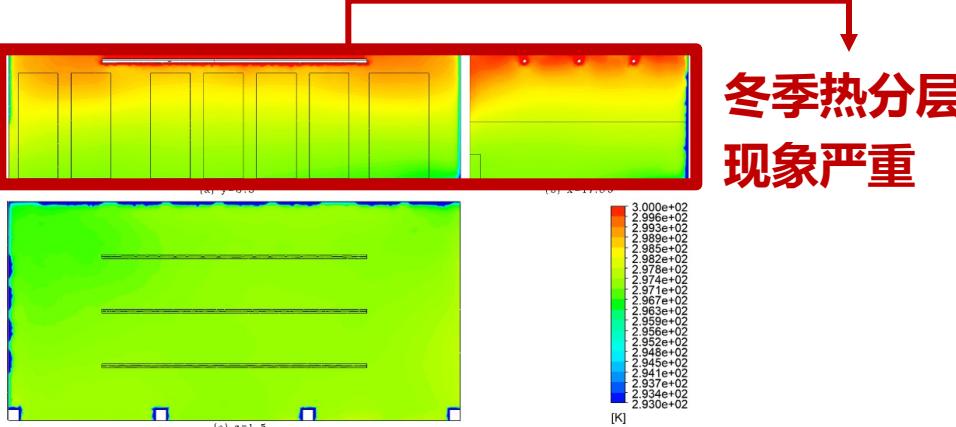
气流组织——球类活动室

布袋送风特点

面出风，出风风速小
速度衰减快，送风均匀

布袋送风方案冬季问题

冬季热分层
现象严重



布袋送风冬季温度场云图

辐射空调特点

冬季人员舒适度高
辐射传热对速度场影响小

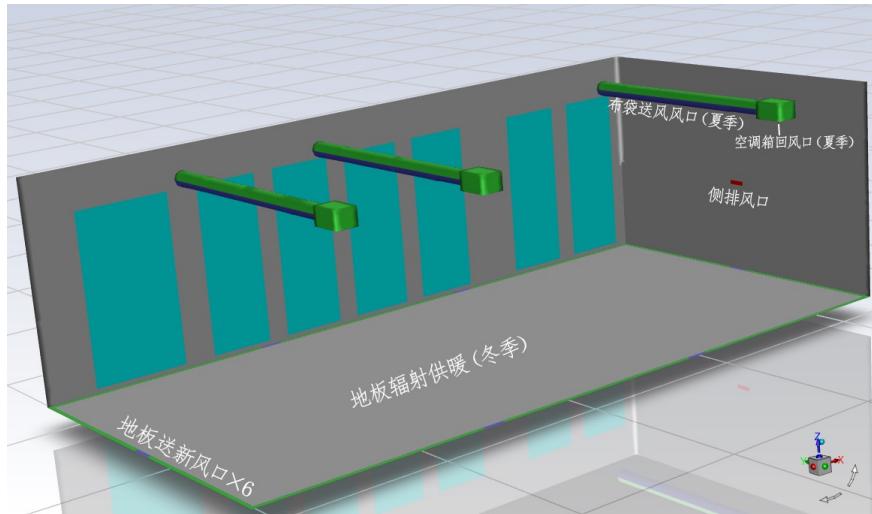
辐射空调方案夏季问题

①球类活动室存在大面积的玻璃幕墙，夏季太阳直射辐射地板，使其效率降低。

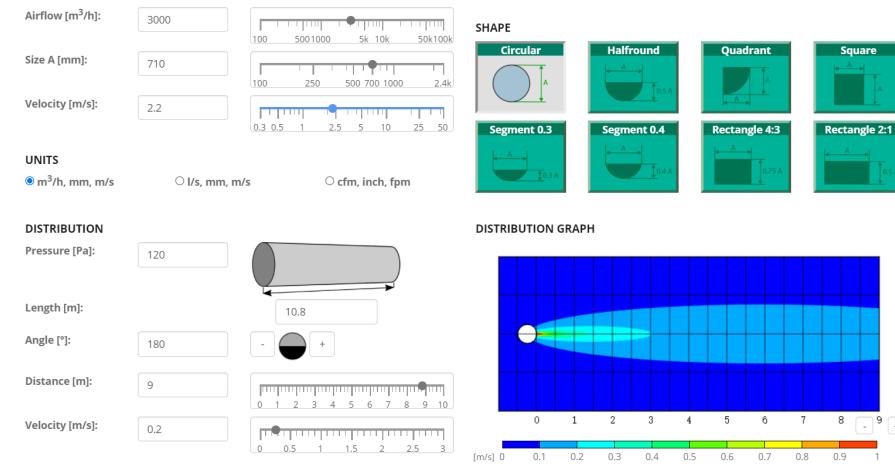
②夏季室外空气湿度较大，若有人无意识开窗，则室内容易出现结露现象。

气流组织——球类活动室

两者取其优点，夏季采用布袋送风，冬季采用地板辐射采暖



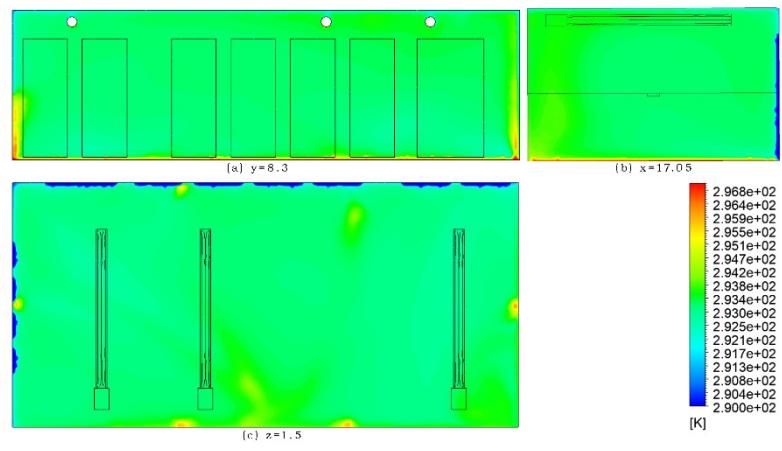
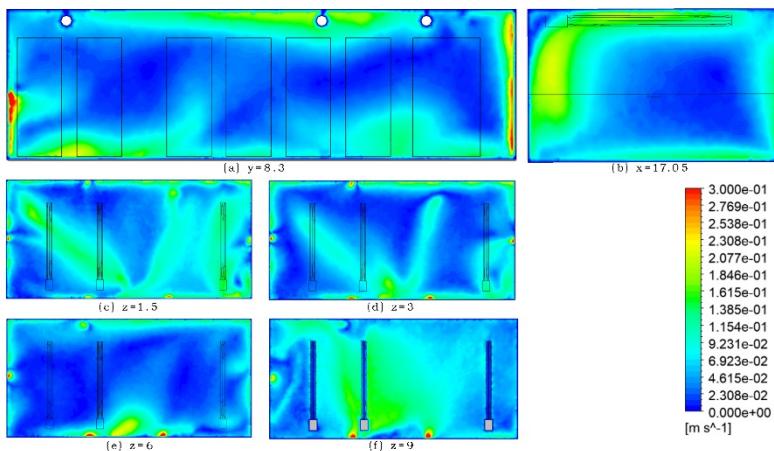
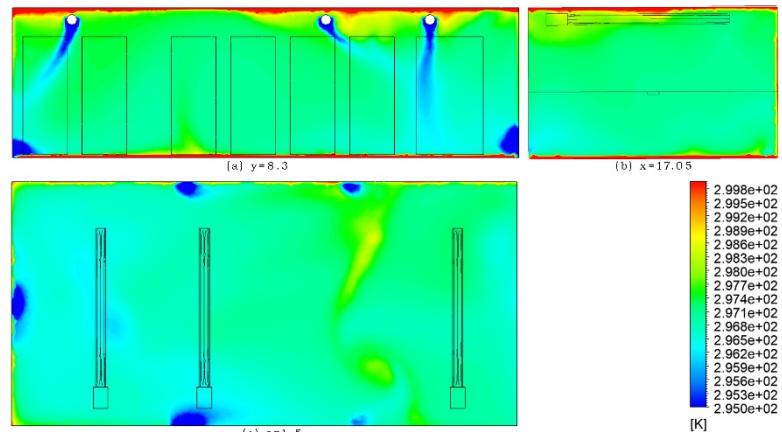
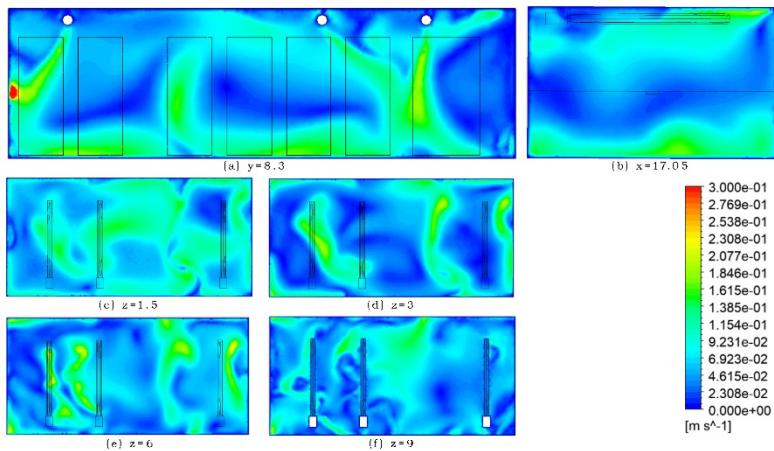
模型图



毕高达布袋风管选型工具

类型	边界条件	具体参数	
		夏季	冬季
布袋风口	速度出口	送风温度15.5°C , 风速0.2m/s	关闭
空调箱回风口	自由出流	开启	关闭
侧排风口	自由出流	开启	开启
地板送新风口	速度出口	送风温度18.9°C , 风速0.69m/s	送风温度25.5°C , 风速0.70m/s
地板辐射供暖	-	恒热流	恒壁温

气流组织——球类活动室



夏季冬季均能较好的满足要求，选为最终方案

4

冷热源系统设计

周边能源 技术经济分析 负荷分担情况 运行策略

冷热源方案——周边能源

可再生能源



太阳能

太阳能资源丰富区 | 稳定区*



土壤源地热能

地层初始平均温度10.7°C

城市供应能源



天然气

可满足本项目供热需求



市政热网

可满足本项目供热需求



电力资源

存在峰谷电价，可满足项目用电需求

冷热源方案

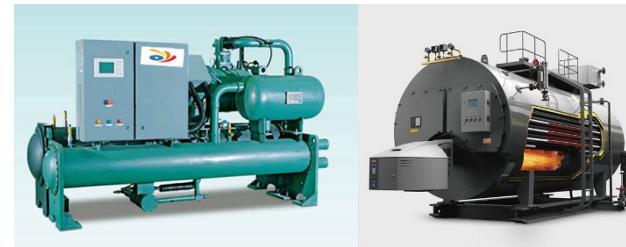
P1:冷水机组+市政热网

北方地区应用最广泛的方案



P2:冷水机组+燃气锅炉

工程中最常见的可靠的冷热源形式



P3:市政热网+地源热泵复合系统

利用市政热网供应热水，承担部分热负荷，缓解土壤热失衡现象

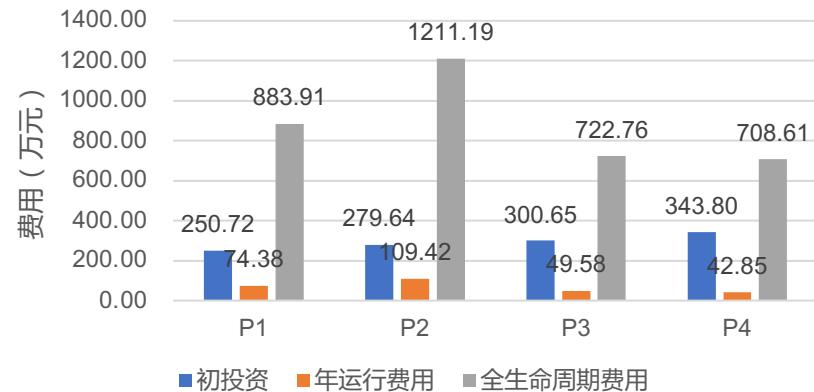
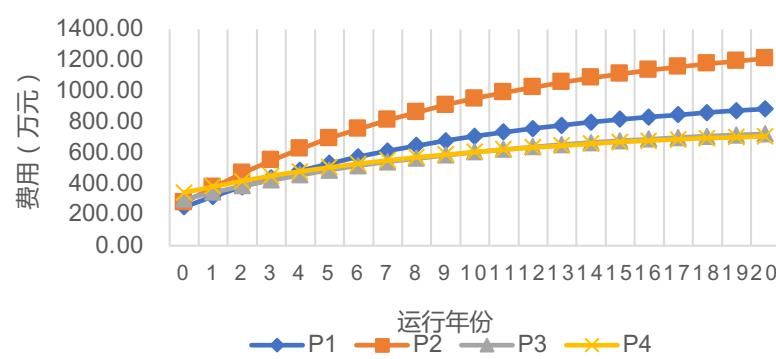


P4:太阳能+地源热泵系统

利用太阳能跨季节蓄热，冬季承担部分热负荷，缓解土壤热失衡现象



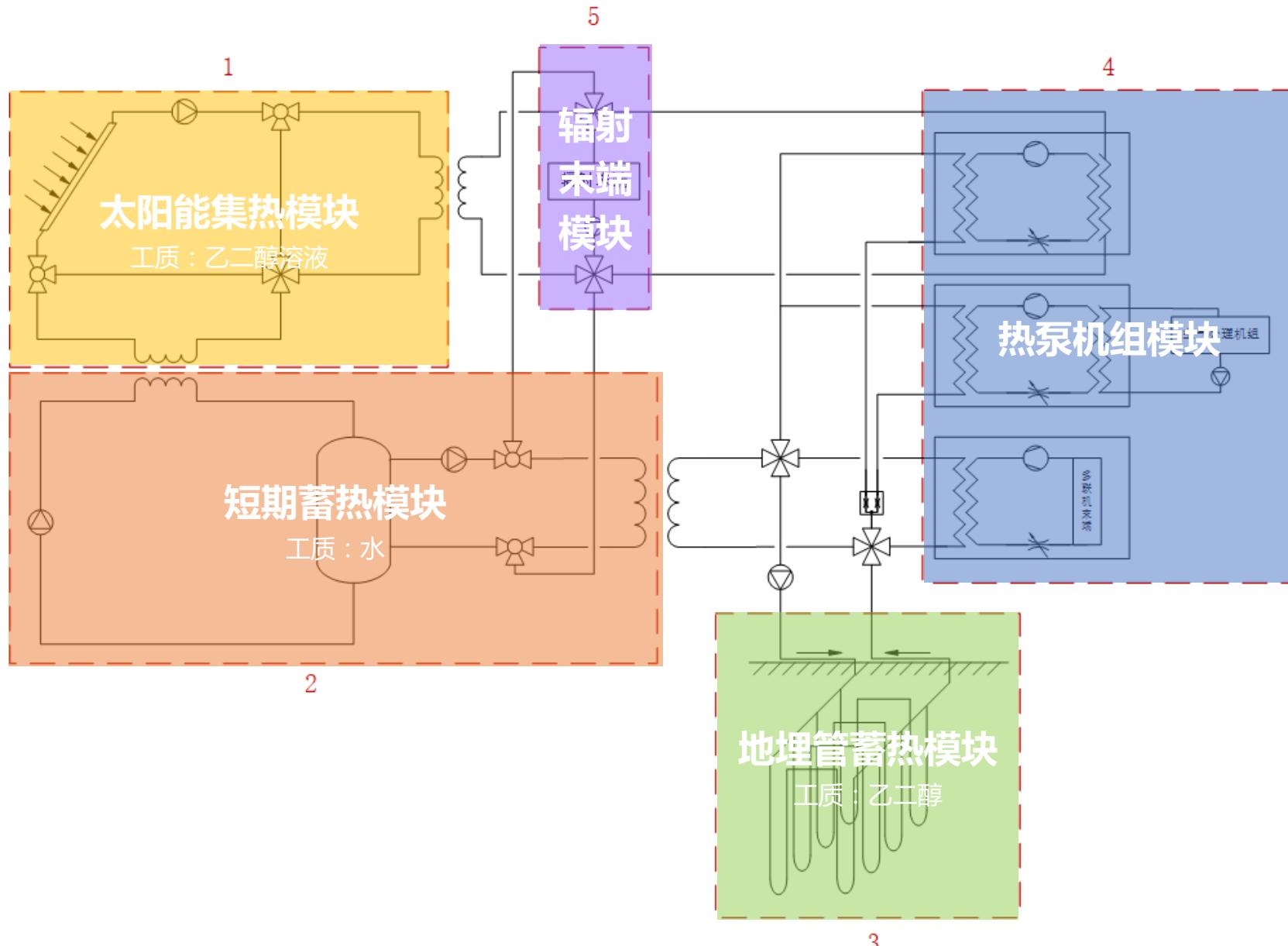
冷热源方案——经济性分析



项目	P1	P2	P3	P4
初投资 (万元)	250.72	279.64	300.65	343.80
年运行费用 (万元)	74.38	109.42	49.58	42.85
全生命周期费用 (万元)	883.91	1211.19	722.76	708.61

最终选择太阳能+地源热泵的复合式系统

冷热源方案——系统原理图



冷热源方案——集中冷热源负荷分担

本次设计集中冷热源有两台地源热泵机组，16台水冷多联机。

空调季中启用一台地源热泵与水冷多联机；

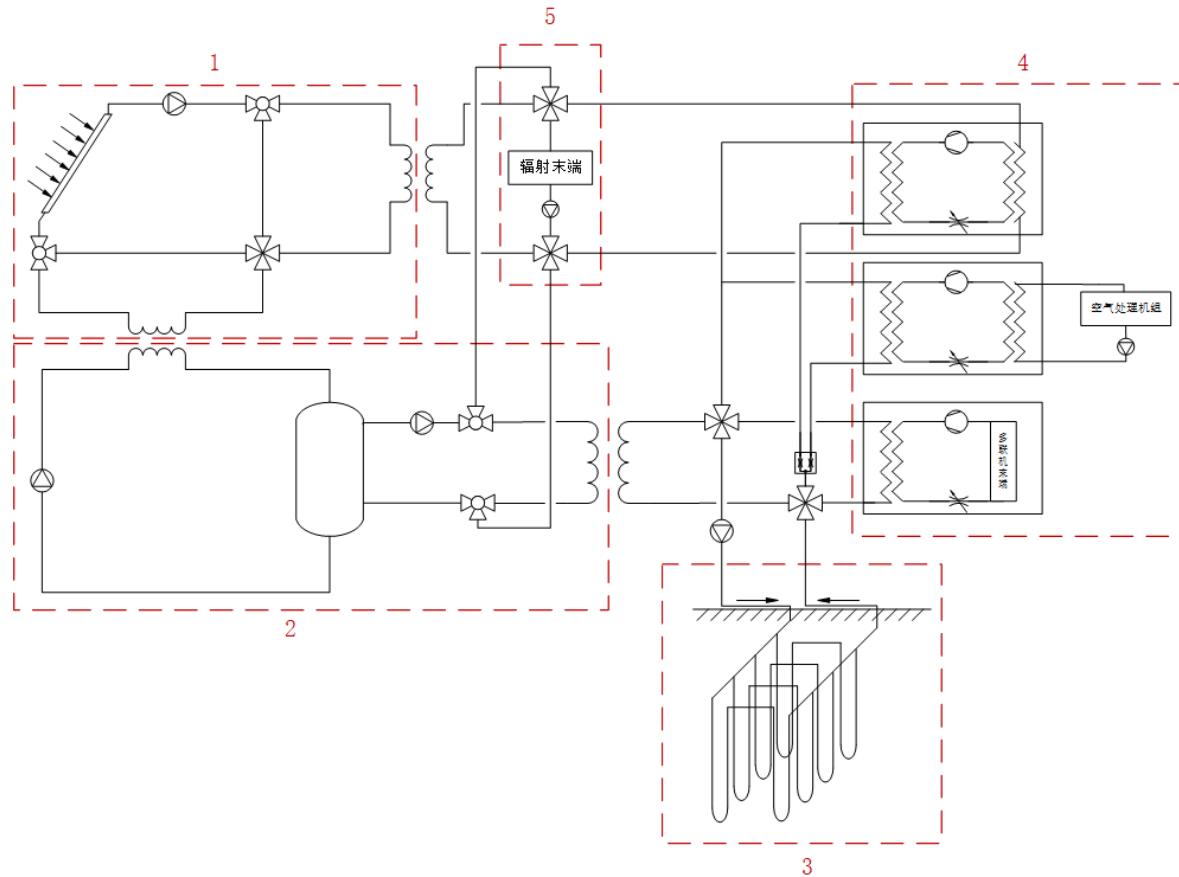
供暖季中启用两台地源热泵机组，供给**低温热水与高温热水**，太阳能模块可用时**优先利用太阳能模块**承担热负荷。

季节	冷热源形式	供回水温度(°C)	末端形式	冷热源所承担负荷(kW)
空调季	地源热泵HP1	7/12	风机盘管	660.60
			全空气二次回风机组	
			空调箱	
			新风处理机组	
供暖季	水冷多联机	-	水冷多联机末端	492.95
			新风处理机组	820.61
			全空气二次回风机组	
	地源热泵HP2+ 太阳能	60/50	散热器	
			地板辐射	409.64

冷热源方案——运行方案设计原则

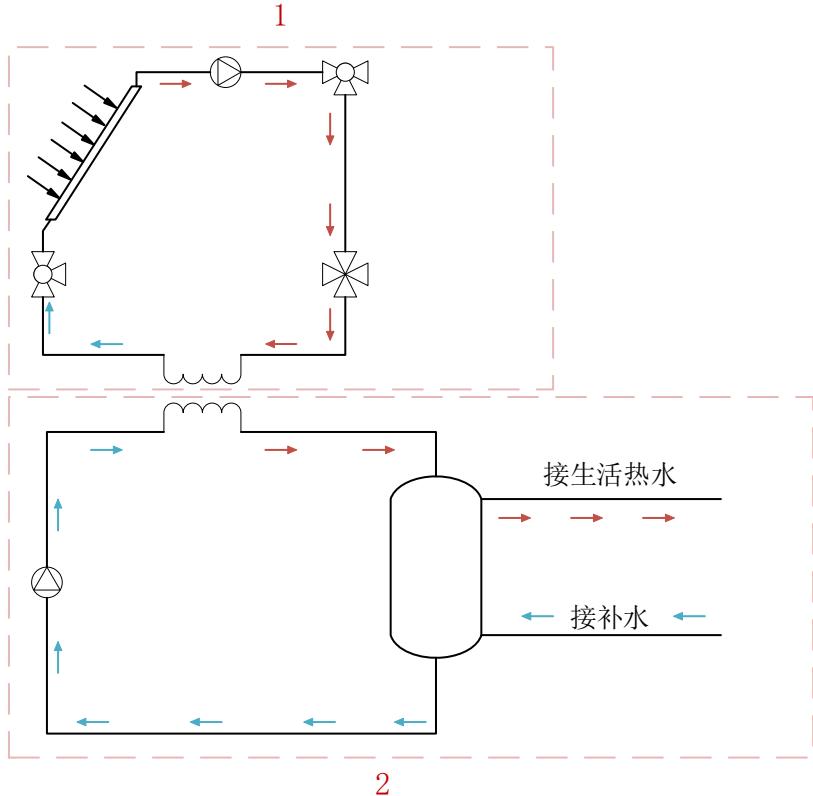
冷热源运行方案设计应遵循以下原则：

- (1) 应优先使用可再生能源，在太阳能满足末端需求的情况下优先考虑使用太阳能。
- (2) 应保证土壤热平衡，从而保证地源热泵的长期稳定运行。
- (3) 在极端气候条件下仍能保证系统正常运转，设备正常运行，并能满足末端需求。



冷热源运行策略——空调季

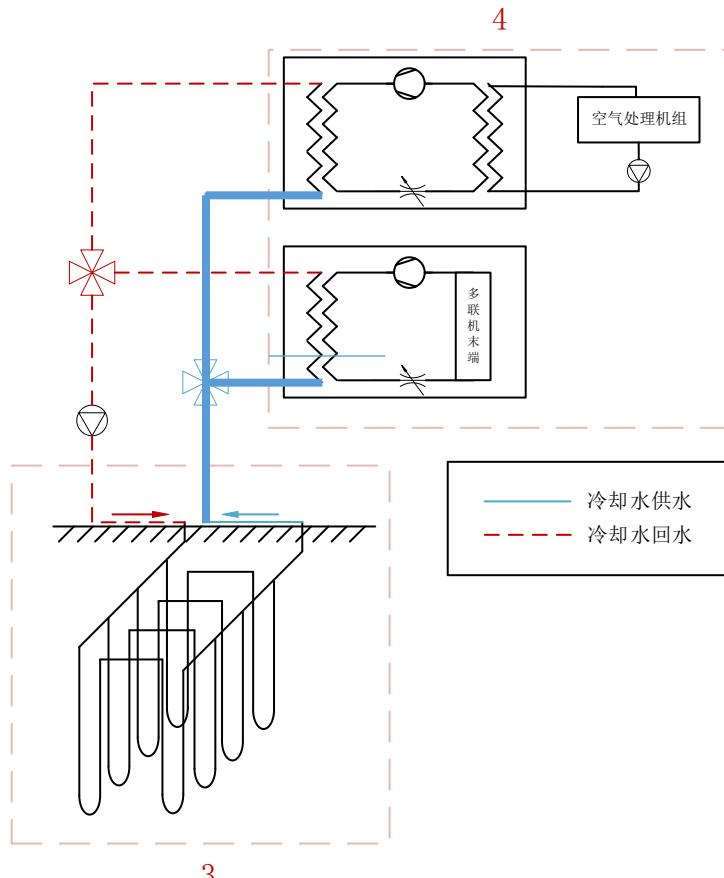
太阳能集热器 → 短期蓄热水箱 → 生活热水



水泵启停：温差控制法

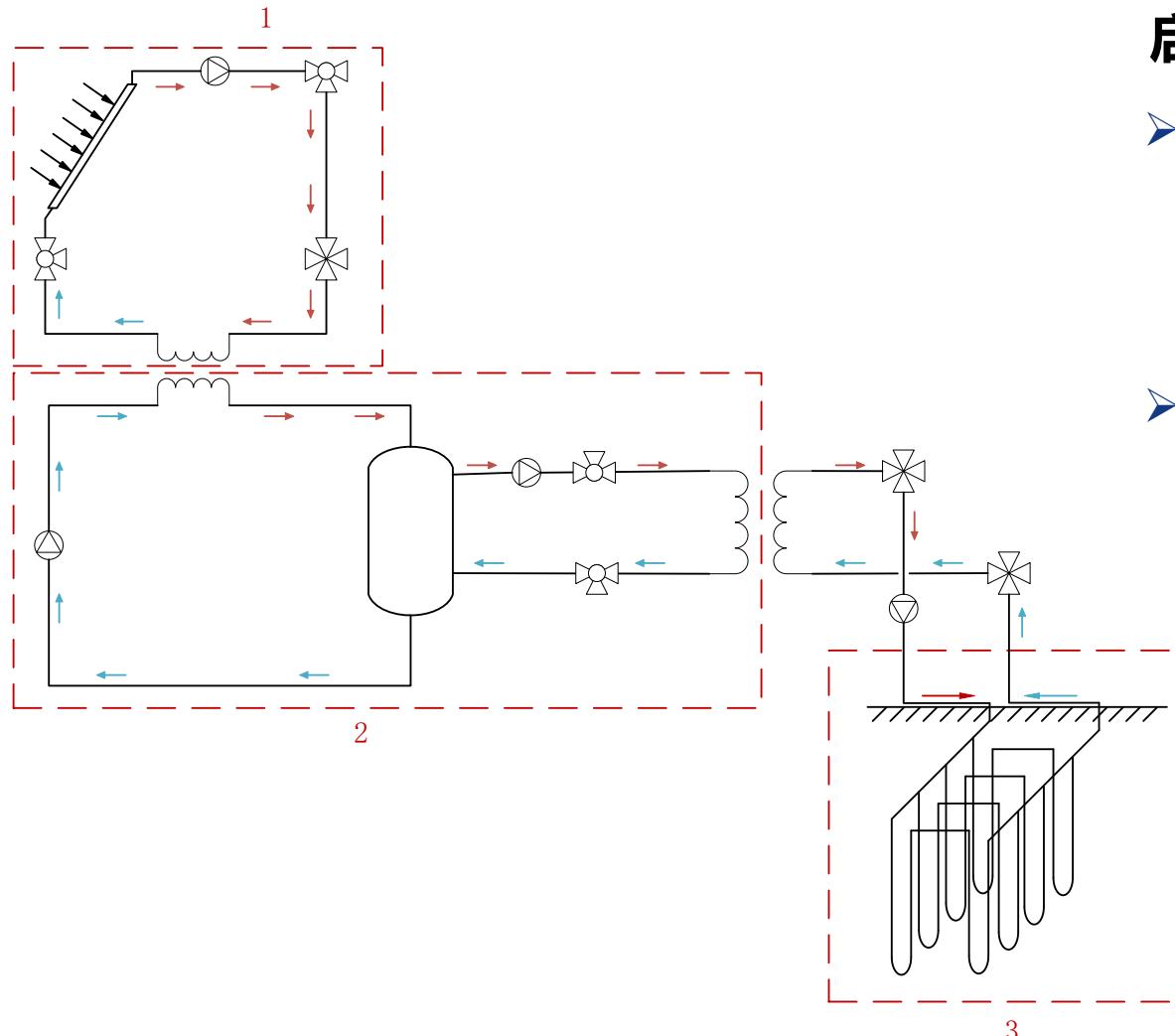
短期蓄热水箱设计温度为 50°C
当集热器出口温度与水箱出口
温度温差 $>8^{\circ}\text{C}$ 时，开启水泵
温差 $<3^{\circ}\text{C}$ 时，关闭水泵

热泵机组 → 地埋管蓄热区域



冷热源运行策略——过渡季

太阳能集热器 → 短期蓄热水箱 → 地埋管蓄热区域



启动条件

➤ 集热循环

- $T_{\text{集热器}} - T_{\text{水箱}} > 10^{\circ}\text{C}$ 启动
- $T_{\text{集热器}} - T_{\text{水箱}} < 5^{\circ}\text{C}$ 停止

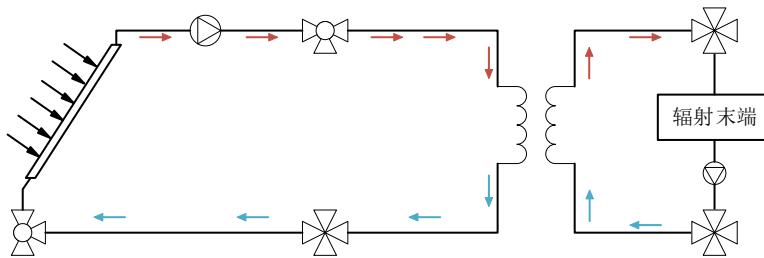
➤ 蓄热循环

- $T_{\text{水箱}} - T_{\text{地埋}} > 10^{\circ}\text{C}$ 启动
- $T_{\text{水箱}} - T_{\text{地埋}} < 5^{\circ}\text{C}$ 停止

冷热源运行策略——供暖季

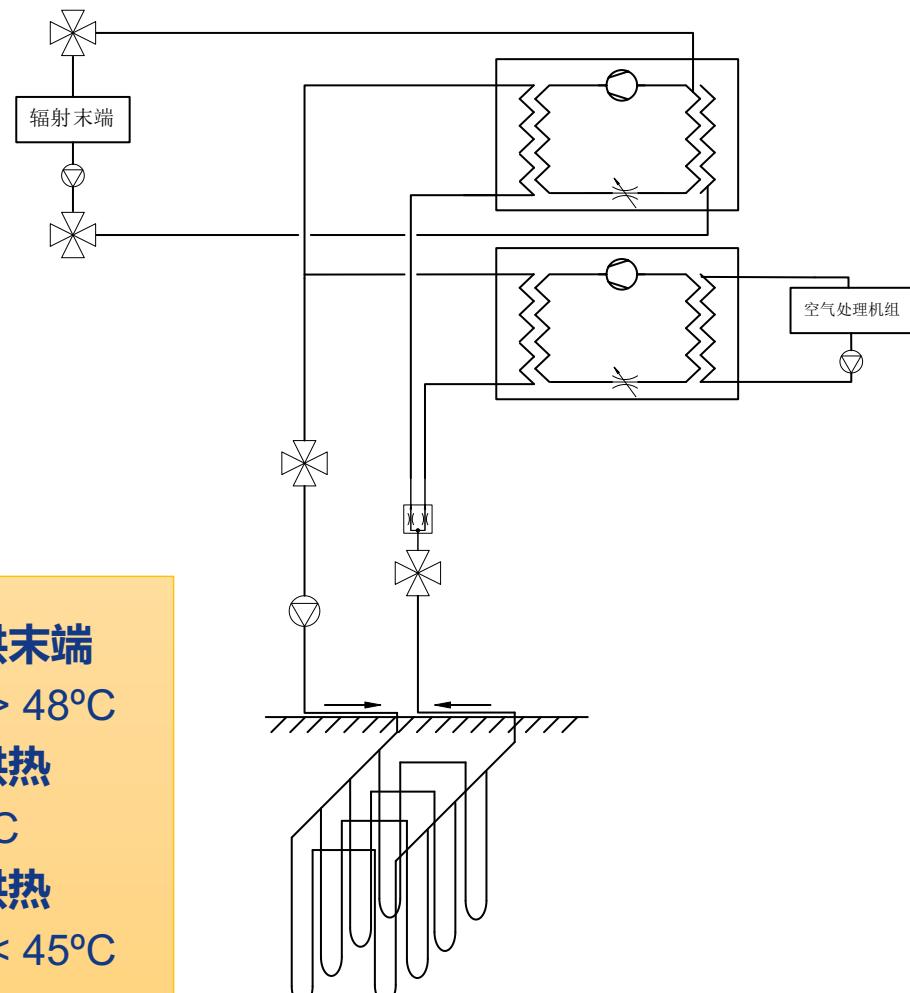
◆ 太阳能直供模式

太阳能集热器 → 辐射末端



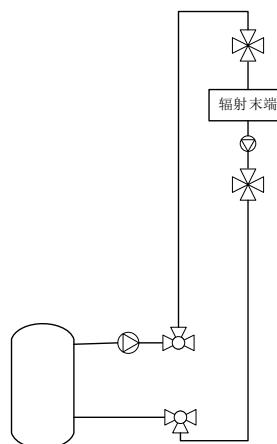
◆ 地源热泵直供模式

地埋管 → 地源热泵 → 辐射末端



◆ 短期蓄热水箱直供模式

短期蓄热水箱 → 辐射末端



➤ 太阳能直供末端

$T_{\text{集热器出口}} > 48^{\circ}\text{C}$

➤ 水箱直接供热

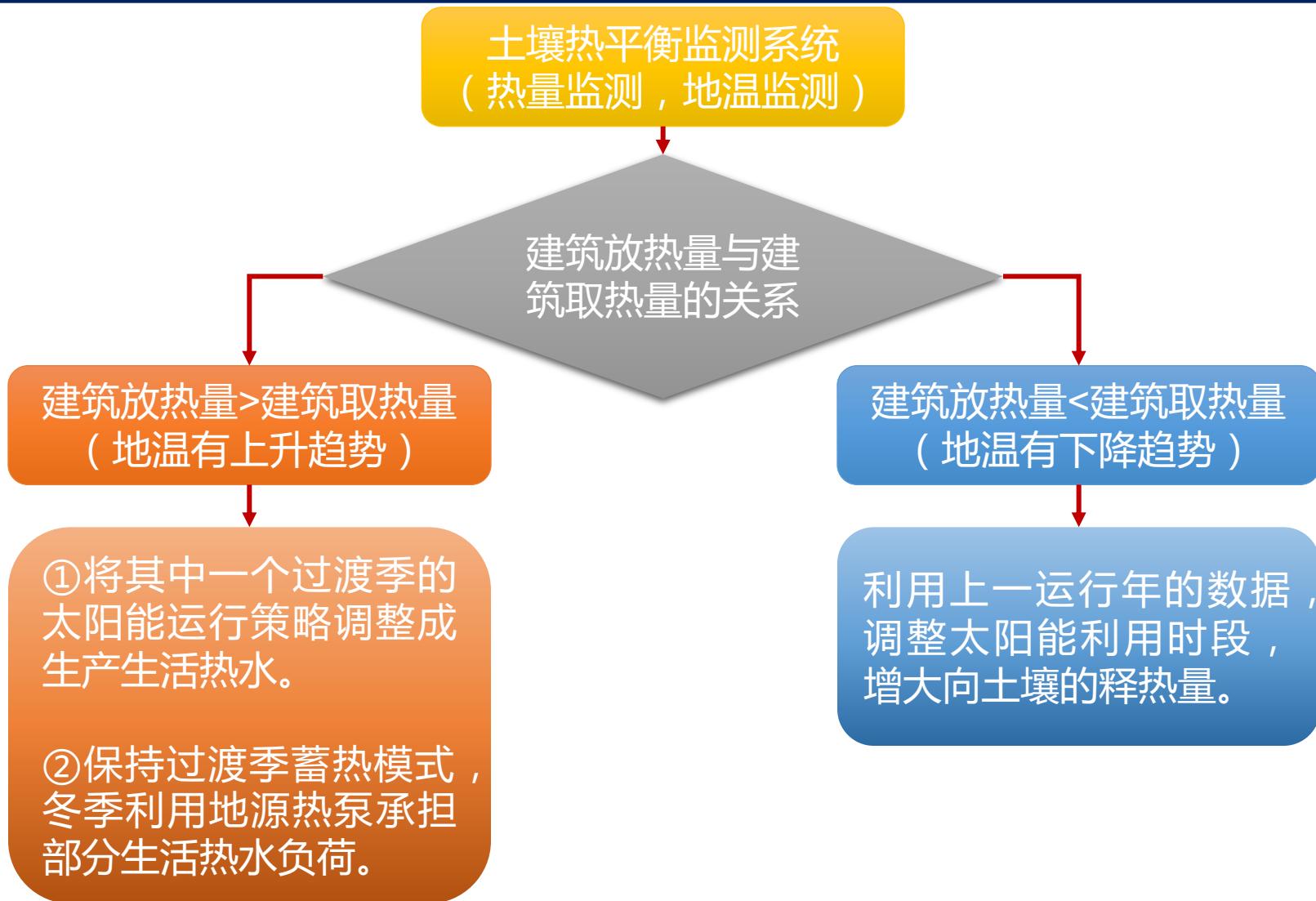
$T_{\text{水箱}} > 40^{\circ}\text{C}$

➤ 地源热泵供热

$T_{\text{集热器出口}} < 45^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{水箱}} < 40^{\circ}\text{C}$

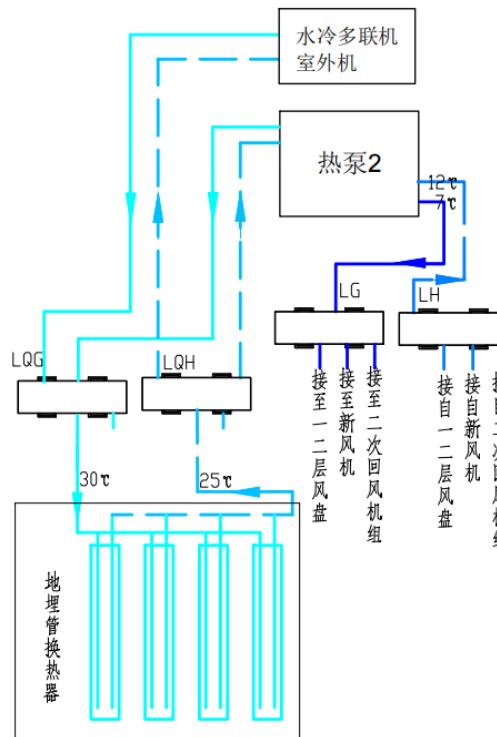
冷热源运行策略——土壤热平衡调整策略



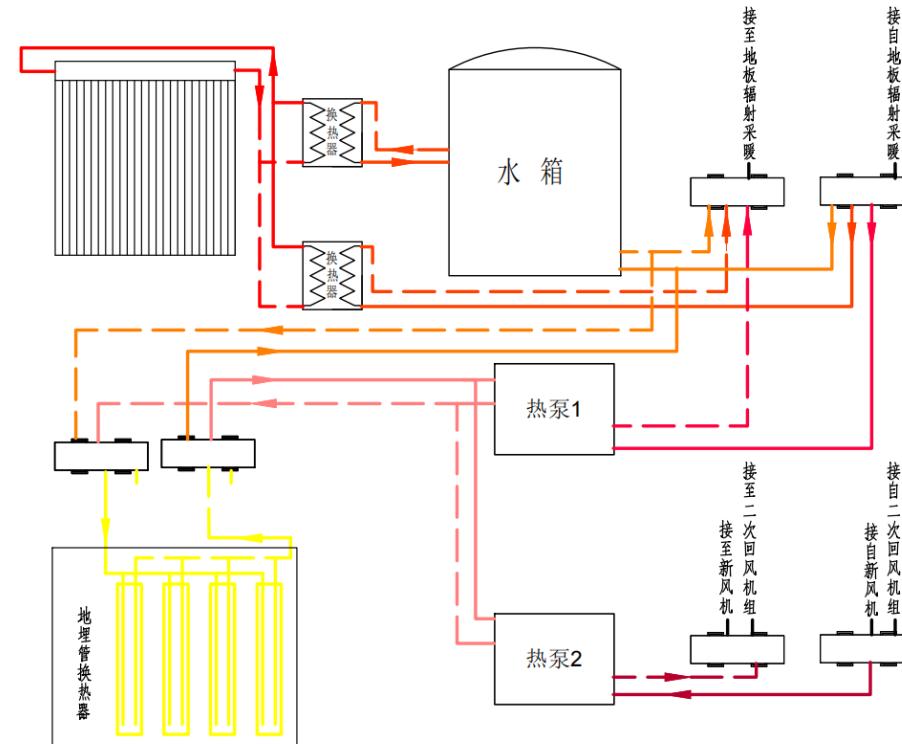
5

输配系统设计

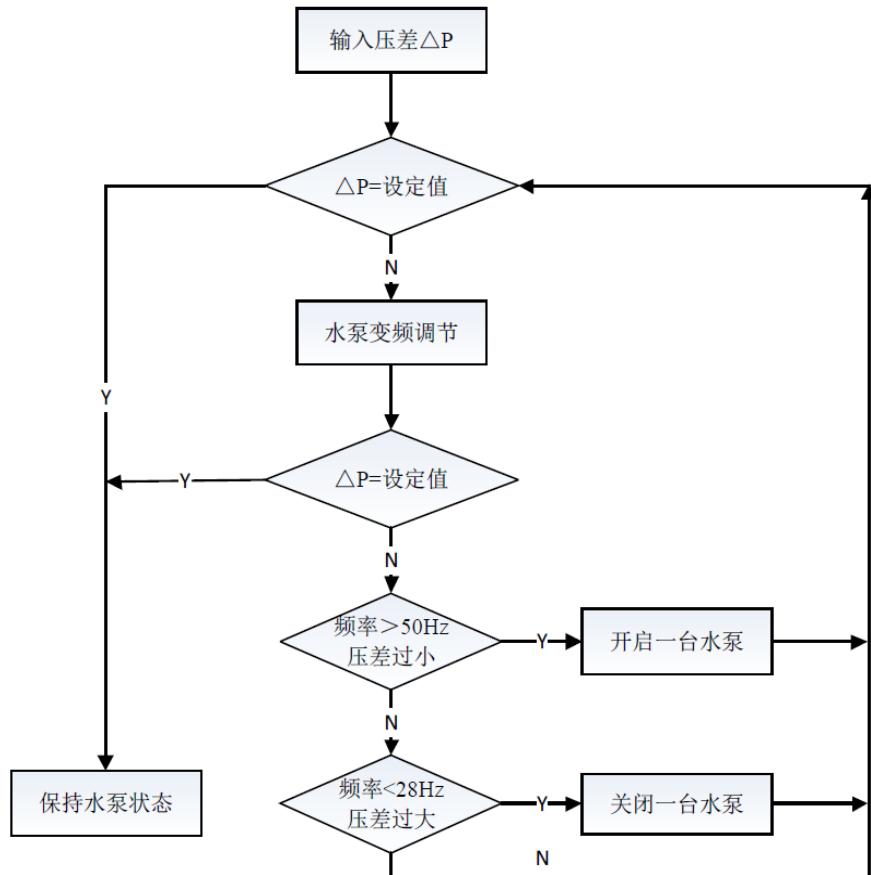
夏季输配系统



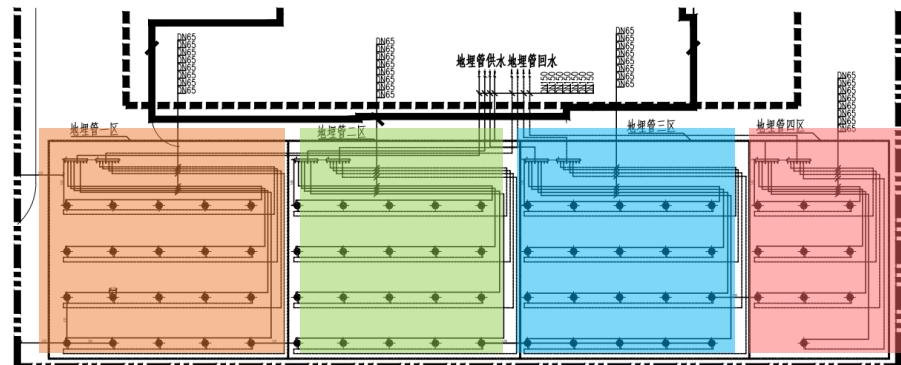
冬季输配系统



系统分区	环路名称	水系统分类
太阳能侧	太阳能集热循环	一次泵定流量系统
	短期蓄热循环	一次泵定流量系统
	长期蓄热循环	一次泵定流量系统
地理管侧	地埋管环路	一次泵定流量系统
用户侧	辐射末端环路	一次泵变流量系统
	空气处理机组环路	一次泵变流量系统



**冷冻/热水水泵变频控制
(最不利环路压差控制)**



地埋管分区切换控制

- 1、冬夏季地源热泵运行时，为保证其土壤散热均匀，地埋管水始终在埋管中流动，分布到各个分支。
- 2、过渡季进行蓄热，蓄热时间无法确定，因此在过渡季只开启中间两组 $5m \times 5m$ 地埋管，其余两组关闭，减少热量损耗。

6

目标达成度分析

目标达成度分析

完成度

预设目标

完成情况

舒适目标	√	建筑能耗相比《公共建筑节能设计标准》参照建筑降低20%	降低了37.32%
节能目标	√	80%以上功能房间达到《民用建筑室内热湿环境评价标准》规定的环境整体评价II级标准	90%以上达到I级标准
环保目标	√	尽可能采用可再生能源减少建筑碳排放	采用了太阳能-地埋管地源热泵系统，太阳能供暖寿命周期内二氧化碳减排量为529.2t
经济目标	√	建筑冷热源初投资较小	投资强度为119.31元/m ²
安全目标	√	设备安全、运行安全	如冷热源防冻，热回收机组预热

目标达成度分析

评价指标	条文编号	条文分类	条文标题	评价结果
健康舒适	5.1.2	控制项	避免室内空气污染	达标
	5.1.6	控制项	暖通设计参数	达标
	5.1.8	控制项	室内热环境调节	达标
	5.1.9	控制项	地下车库CO监测	达标
	5.2.9	评分项	室内热湿环境	8/8
生活便利	6.2.7	评分项	空气质量监测	5/5
资源节约	7.1.2	控制项	降低负荷能耗	达标
	7.1.3	控制项	温度分区设置	达标
	7.2.5	评分项	空调冷热源	10/10
	7.2.6	评分项	空调末端及输配系统	5/5
	7.2.8	评分项	降低建筑能耗	10/10
提高与创新	7.2.9	评分项	可再生能源利用	8/10
	9.2.1	加分项	能耗高要求	0/30
	9.2.7	加分项	建筑碳排放量	0/30

评价指标	Q_2 健康舒适	Q_3 生活便利	Q_4 资源节约
控制项	评定结果 达标	达标	达标
评分项	适用总分 8	5	33
	实际得分 8	5	35
	得分 Q_i 100	100	94.29
加分项得分 Q_A	0.00		
控制项基础分值 Q_0	400		
总得分 Q	99.18		
星级评价	二星级		

2021年CAR-ASHRAE学生设计竞赛



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY



请各位专家批评指正！

参赛学校：南京工业大学

指导老师：龚延风 程建杰 张广丽 刘慧芳

小组成员：陈健斌 李芸 郭晨婧 王跃