



历年CAR-ASHRAE设计 竞赛作品的常见问题与 专业教学探讨

朱颖心

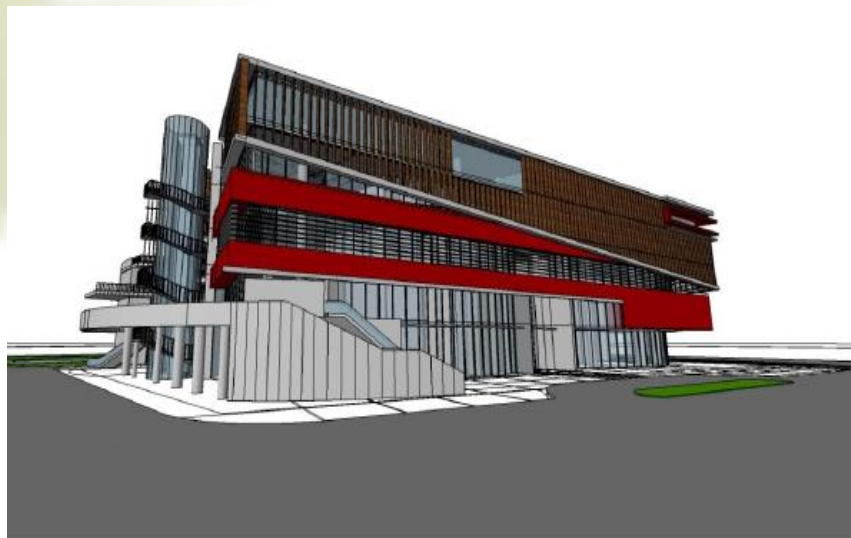
清华大学 建筑学院

2024年4月

本竞赛考题的特点和要求

- ❖ 2~3万平米公共建筑(宾馆、办公楼、图书馆), 空间形式多样: 考察对建筑环境整个的认识和处理的综合能力
- ❖ 有大进深空间: 考察学生对内外区的处理能力
- ❖ 夏天需要供冷, 冬季需要供热: 考察综合方案能力
- ❖ 重点要求方案论证, 对施工图要求是每种类型只要一张图

例子



所提交竞赛作业的特点

❖ 优点

- 关注采用节能新技术、空调新技术
- 普遍采用了建筑热模拟软件、CFD模拟软件等
- 计算比较详细

❖ 缺点：对最基本的设计问题的考虑不足

- 分区
- 系统方案
- 全年运行方案
- 缺乏实用性

❖ 问题：追求先进技术，使用热模拟、CFD、日照、BIM软件，但基本设计技能训练存在明显缺失

应该有，但缺失的基本设计技能

❖ 缺失的技能

- 空调系统分区
- 冬夏空气处理过程的焓湿图表示
- 空气处理方案的说明
- 空气处理设备的设计计算(表冷器、加湿器等)
- 冷热源方案的基本合理比较

❖ 保留的技能

- 气流组织计算
- 管道水力计算，但会选出40~80m扬程的水泵

CAR-ASHRAE学生设计竞赛反映出来的 设计教学中的共性问题

参见中国制冷学会网站 www.car.org.cn

1. 极少有人考虑内区冬季冷负荷该如何处理，或者说冬季负荷不是分内、外区计算的，只算出一个总热负荷就完事。
2. 空调系统（全空气、FCU）没有冬季空气处理过程的焓湿图表达，冬季加湿器、加热器的容量不知道是怎么定下来的。
3. 有给高级客房确定VAV系统的，但没有给出可行的具体如何才能实现独立调节的系统和控制方案。
4. 选用地源热泵的，没有指出地埋管应该埋在什么地方，红线内是不是有足够的场地埋那么大面积的管子。

CAR-ASHRAE学生设计竞赛反映出来的设计教学中的共性问题

5. 室内、外设计标准混乱，室外冬季标准有采用空调的，有采用采暖的；室内标准更是混乱，甚至把所有空间都定位一样的，连游泳馆都是冬季比夏季冷，缺乏确定的依据。
6. 空调系统形式、冷热源形式，气流组织形式等的确定，论证内容都是抄教科书或设计手册，面面俱到，就是没有针对自己做的建筑，最后看不出来其所选方案的必然性。
7. 有确定部分空间采用分体机或多联机的，特别是在地下室，但是没有指出室外机装在什么地方。
8. 自控方案非常笼统，没有针对性，甚至与本楼的系统没有关系。比如控制方案说冷热水系统分三、四个区控制，但实际上前面描述只有两台冷机和水泵共两条立管，不对应。又比如用一个全空气系统带多个房间，在自控部分却没有提各房间变工况的独立控制怎么办。

两届CAR-ASHRAE学生设计竞赛反映出来的设计教学中的共性问题

9. 风机盘管和表冷器的冷冻除湿过程的终状态点太靠左，不是冷冻除湿设备能够处理到的终状态，应该是冷冻除湿加再热或者溶液除湿才能达到的终状态。
10. 空调系统分区缺乏平面图表示，不配合施工图就看不明白哪里是哪里，说明书里水系统也缺乏原理图。
11. 南方一些学校作热源比较的时候，比较的基础是直接电加热，不符合北方的实际。
12. 说明书中到处出现“依据某教材来取值”等文字，实际上应该依据设计规范或者标准。
13. 方案设计只注重极限工况，忽视全年候的设计，没有考虑所选系统和设备在全年各阶段运行工况的实用性如何。

问题1：系统分区

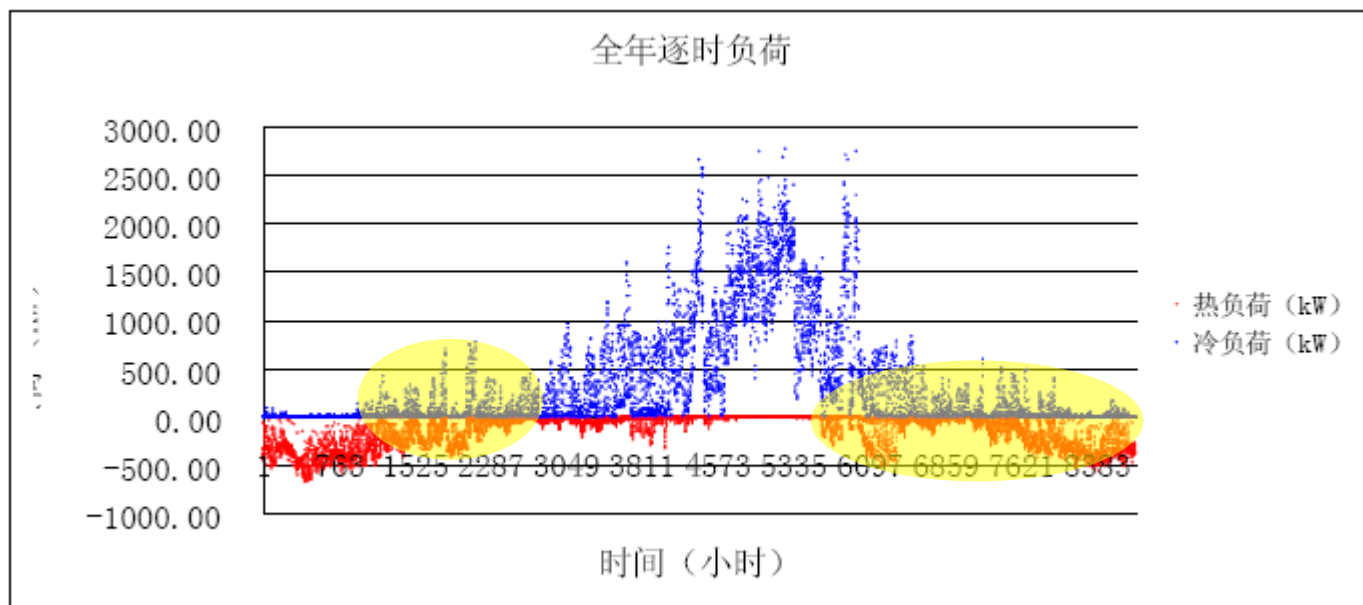
- ❖ 没有**内外区**的概念，不知道**内区全年存在冷负荷**，与外区负荷特性不一致
- ❖ 空调系统的分区只是以功能分区为依据，完全不考虑负荷特征的不同
- ❖ 只要有外围护结构，不管进深多少都当外区处理
- ❖ 文字上说要进行内外分区处理，但实际上没有；或者分开了空调系统，但内、外区系统选择和冬季空气处理方案都没有区别

算不出内区有冬季冷负荷的原因

- ❖ 负荷计算时，没有发现冬季内区有冷负荷，为什么？
- ❖ 冬季算负荷时不考虑内外区，只算外围护结构传热，然后平摊到各空间。
- ❖ 在冬季把室内发热量设为零，所以没有发现冷负荷。实际上冬季内区最不利是室内发热量最大的时候。启动阶段可能有热负荷，**应该最冷最热都要算！**
- ❖ 尽管采用软件进行了模拟，但没有把结果中的新风热负荷与室内冷负荷分开。认为总热负荷 >0 ，不管室内发热量再大，内区都是热负荷，没有冷负荷。

内外区问题

- ❖ 有些报告中，模拟软件算出来的全年负荷情况基本都存在冷热负荷共存的时间段，而且即便考虑了新风作用之后仍然存在冷热要求共存的时间段，但在系统分区中都没有作为考虑的因素，也没有在后来的运行控制方案中对此进行考虑。



什么是内区冬季冷负荷？

❖ 上述错误的结果是

- 不把内区作为一个系统单独处理，而与外区混在一个系统里，因此冬季新风都被统一加热到一个比较高的温度，必然导致内区过热
- 即便内区做了独立的系统，但没有冷源，或者系统类型不合适，只有固定的新风量，便以为可以了

什么是内区冬季冷负荷？

- ❖ 只要室内需要送低于室温的风，就叫做有冷负荷！即只要室内负荷是冷负荷，就要单独处理。此时系统负荷可能仍然是热负荷。
- ❖ 应该单独计算室内负荷，而不应该把室内负荷与新风负荷混在一起考虑。至于送风是室外新风、混风加热，还是通过制冷获得的，都没有关系。
- ❖ 风机盘管系统那点新风量能够什么时候降温的？需要自己心中有个数。过渡季、初冬或冬末肯定不够用。而且冬季室外低温新风直接送入室内也有很多问题。

关于内区处理一个很大的误区

❖ 对于多房间的内区，采用了风机盘管+新风，认为冬季和过渡季加大新风量就能解决内区冷负荷问题

❖ 关键

- 对于大部分公共建筑，内区冷负荷冬夏差别不大，因此需要的风量和送风温差也差别不大
- 认为冬季靠风机盘管的新风系统降温就可以达标，那么冬季新风量差不多等于夏季风机盘管+新风二者的总风量
- 相当于在风机盘管以外再配一个全空气系统——内区多房间冬季新风系统变成完全没有独立调节能力的直流定风量系统了，风机盘管系统变成夏季专用？

问题2：负荷计算的问题

- ❖ 抄书：抄了很多公式和系数，却没有自己是如何确定各种输入参数的说明
- ❖ 以为有了“设计要点汇总”，就不用把负荷计算的结果放到设计说明书里面了，导致评审人找不到冷热负荷数值

问题3：方案选择的通病

- ❖ 无论是空调系统、冷热源形式，还是气流组织，方案论证缺乏对本设计项目的针对性，而是抄教材，不管与本项目有无关系、有没有条件做，都罗列上来：定义、构成、原理、优点、缺点……面面俱到，把写设计说明书当做写教材
 - 抄完集中、半集中、分散型系统的优缺点之后，给各分区选择的空调系统完全没有针对性
 - 在明明没有市政供热管网的条件下，大篇幅介绍集中供热的优点
 - 设计的建筑根本不存在高大空间，却介绍喷口如何适用于高大厂房、体育馆
 - 普通公共建筑，却大谈洁净要求、高效过滤器

空调系统方案

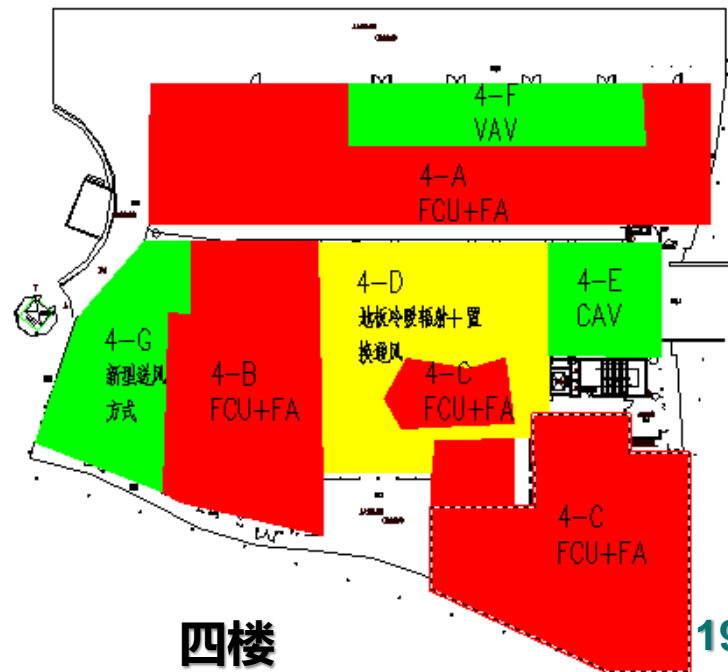
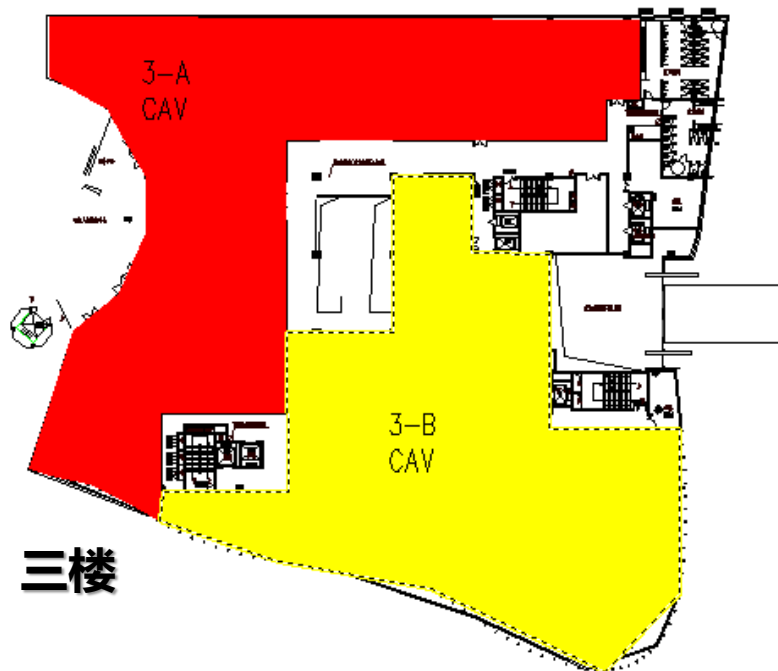
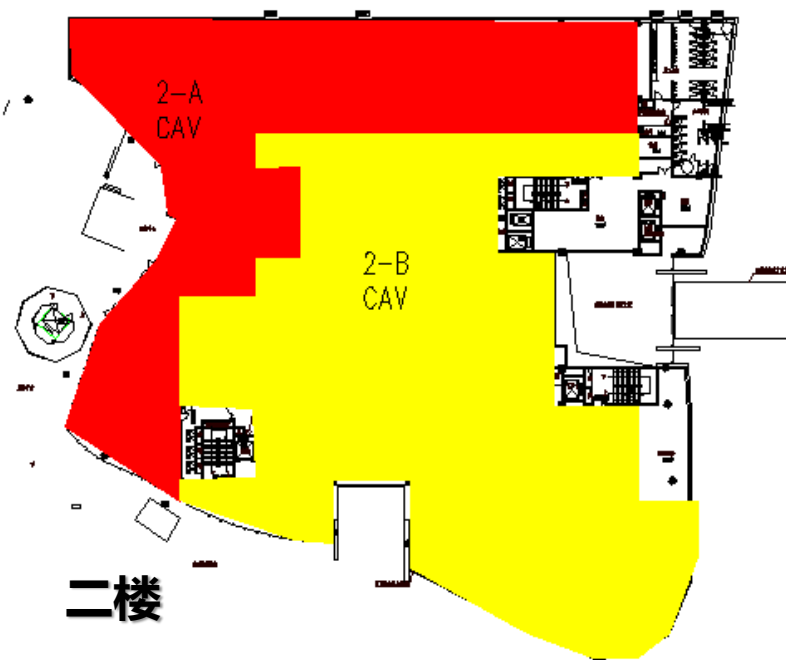
- ❖ 绝大部分同学对空调系统类型选择的原则是：凡是大空间便选全空气，凡是小空间便选风机盘管，内外区负荷特性的不同并不在考虑之列。
- ❖ 对于全空气系统，选择定风量系统还是变风量系统，概念不清，不考虑负荷特征
 - 大空间选择定风量，小空间选择变风量
 - 由于变风量不会处理，所以都选择定风量
 - 用一个系统定风量系统同时带多个区域
 - 用一个变风量系统，同时带一个外区和一个内区

空调系统方案

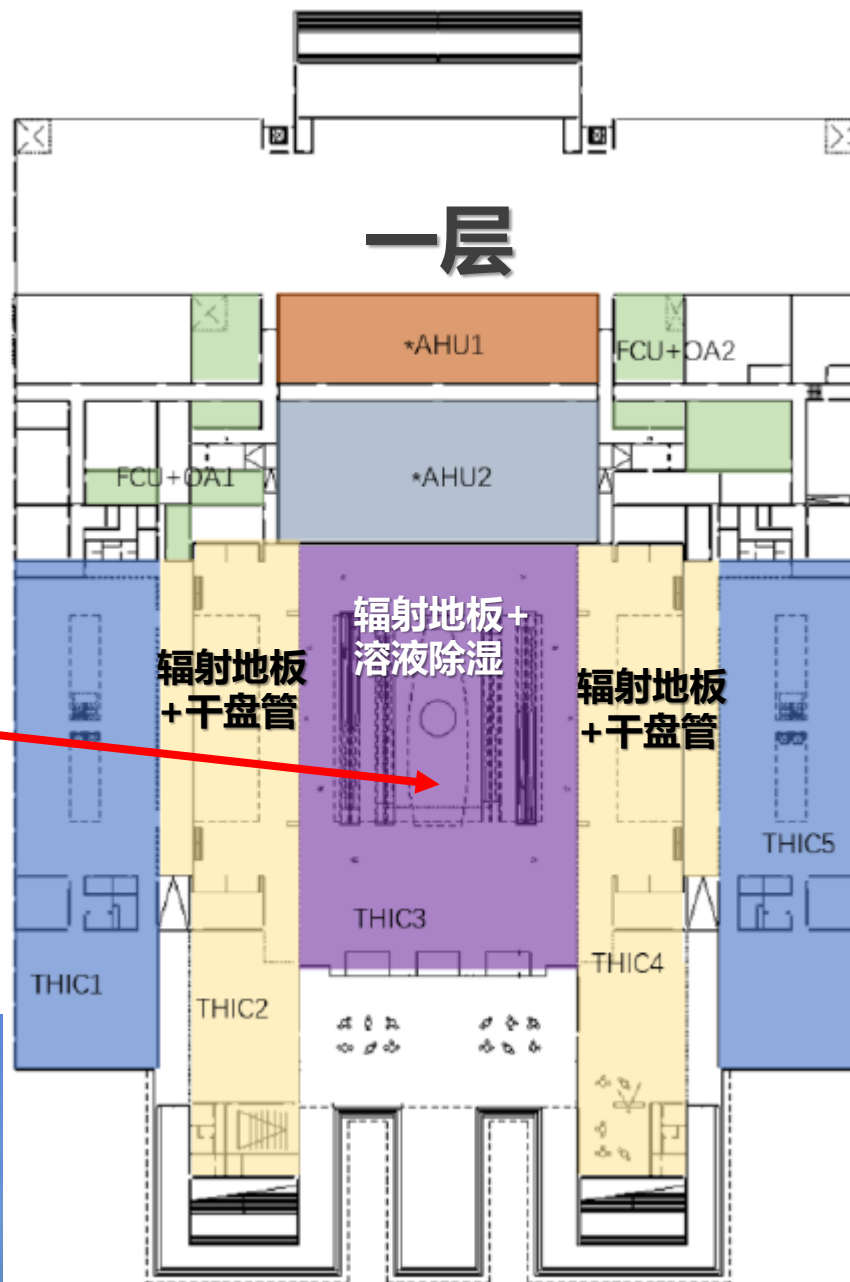
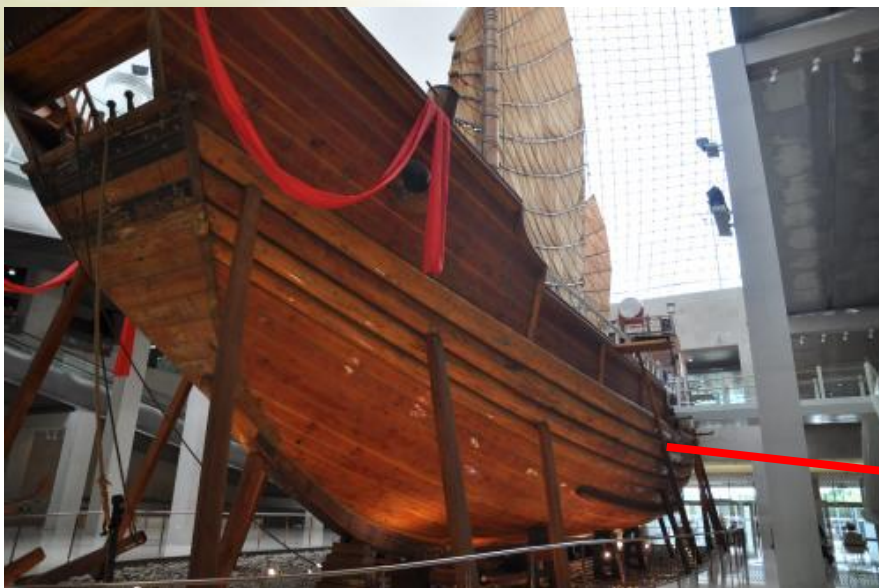
- ❖ 内区选择了风机盘管，却没有考虑冬季冷源如何解决
- ❖ 内区用风机盘管，冬季用新风解决供冷问题，但风量比夏季的FCU+新风的总风量还大！
 - 相当于冬季新风机组变成一个系统带多个房间的全空气定风量系统
 - 整个楼层内外区用同一个新风机组，却不给出冬季如何解决内区冷负荷的办法
 - 有提出内区用新风供冷，却没有如何调配新风量的方案

举例：上海某商场

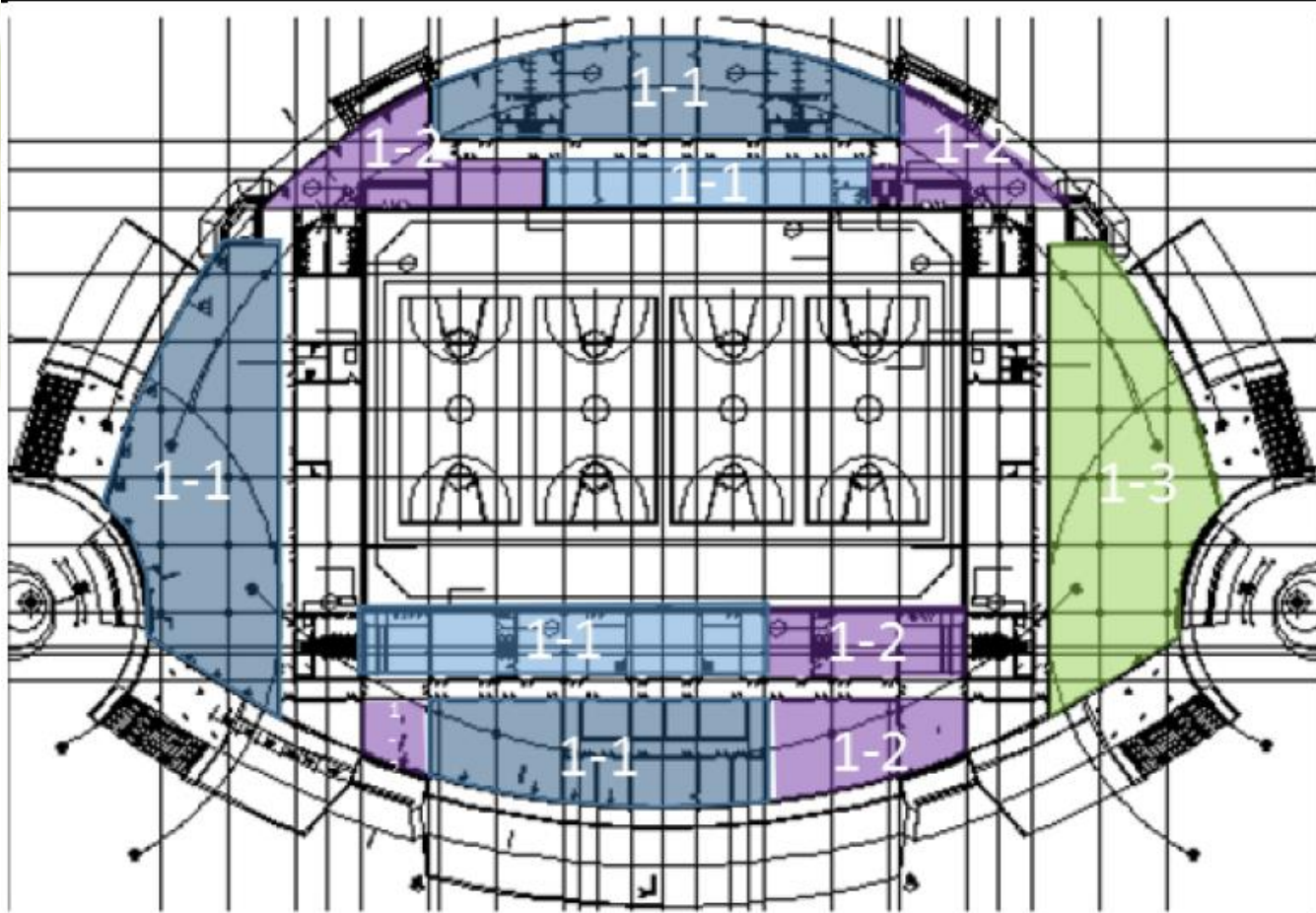
- ❖ 二层和三层采用了全空气定风量系统，把内区和外区合在同一个定风量系统中或者把不同朝向的外区合在一个CAV系统中
- ❖ 四层内区全部采用FCU和地板辐射供冷暖，没有考虑冬季如何适应冷负荷
- ❖ 外区采用了全空气变风量系统，理由是这些办公室空间大。



上海某博物馆



安徽省淮南市某体育馆



1-1 FCU+OA, 两水管系统, 内外区共用, 不合理

1-2 VRF+OA, 比较合理



全部采用风机盘管及吊顶式空气处理机组 双水管系统，内外区共用

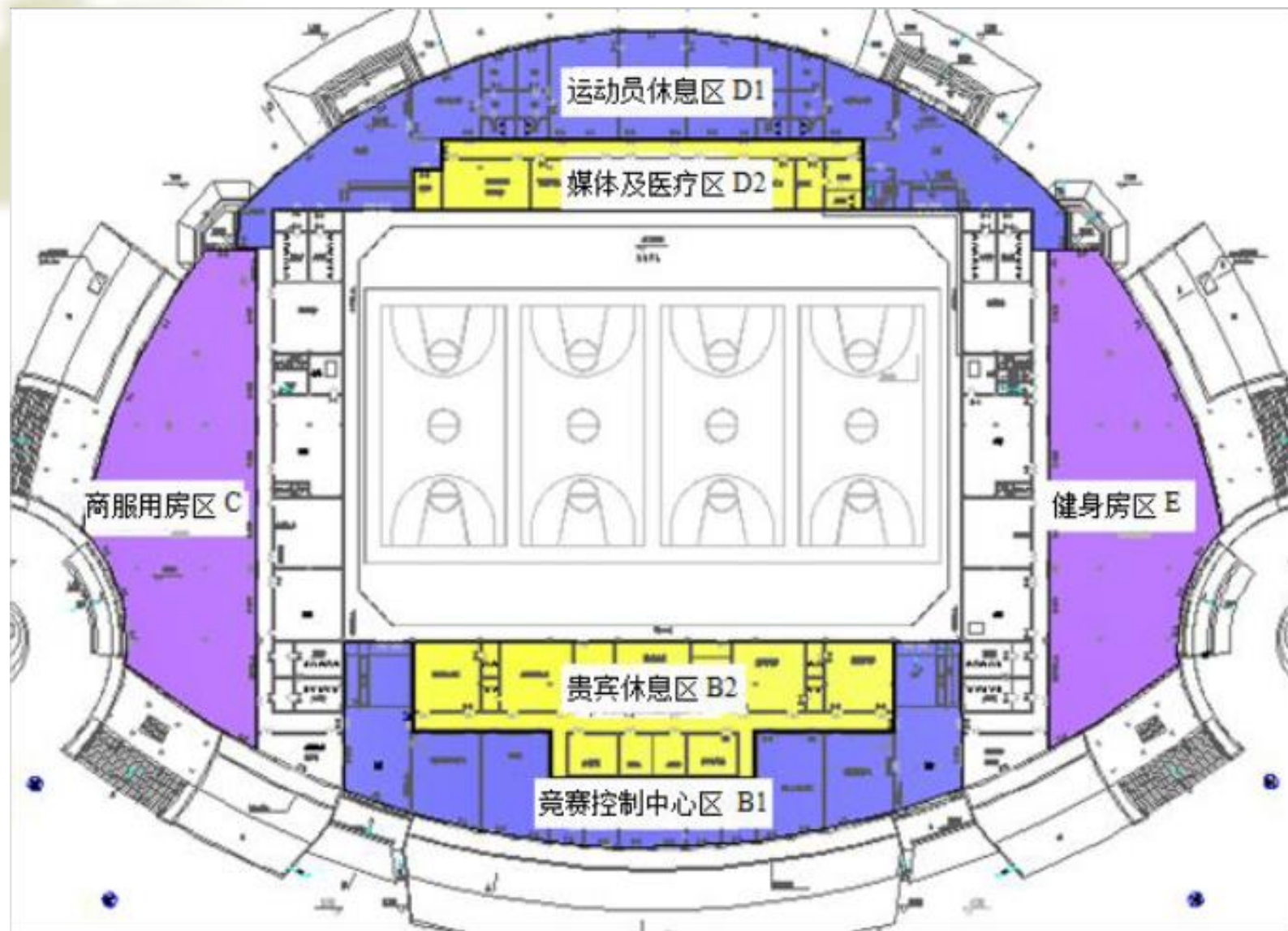


图 4.1-3 一层辅助用房空调系统分区示意图

安徽某酒店

商店、会议室
全空气定风量

商务中心、吧台
行政酒廊、网吧
FCU+OA

客房：
辐射吊顶
+新风



冷热源方案

- ❖ 方案只是泛泛的冷热源一般性原理介绍，存在很多基本概念错误
- ❖ 不做冷热源方案论证，靠几句定性的话就敲定了冷热源类型了，如：地源热泵是有效利用可再生能源的节能减排的形式
.....
- ❖ 冷热源方案不是把冷热源组合在一起比较的，或者只比较夏季，或者冬夏分开比，计算初投资出错
- ❖ 做技术经济比较时，不同方案的能耗计算方法和原则不统一（主机的台数和能耗算法、有无水泵电耗等），算法不公平
- ❖ 用地源热泵，却不论证有没有足够埋管的地方

气流组织方案

- ❖ 气流组织方案选择泛泛而谈，没有给出各空间采用何种气流组织的结果，挑一两个算例就拉倒了，跟写教材似的。
- ❖ 气流组织只考虑夏天，不管冬天——热风下不来怎么办？
- ❖ 气流组织部分应该具备的基本内容
 - 针对本工程各房间的特征，给出合适的气流组织方案，并说明确定的原则和理由，不要扯无关的内容
 - 针对特殊空间给出气流组织的计算过程

问题4. 不会做空气处理方案

- ❖ 只有示意性焓湿图，没有一个是具有具体数据的
- ❖ 没有冬季空气处理的焓湿图，无论是全空气还是风机盘管，或者是辐射板
- ❖ 冬季和夏季机组的设计风量不一样，却没有给出怎么能够实现不同的风量
 - 两个风量差很远，可能一个是另一个的1/3
 - 两个风量差不多，可能相差10%
- ❖ 采用地板辐射供冷，却没有做除湿系统

问题4. 不会做空气处理方案

❖ 只做夏季空气处理过程，有焓湿图，但不能合理说明这些过程是怎么实现的

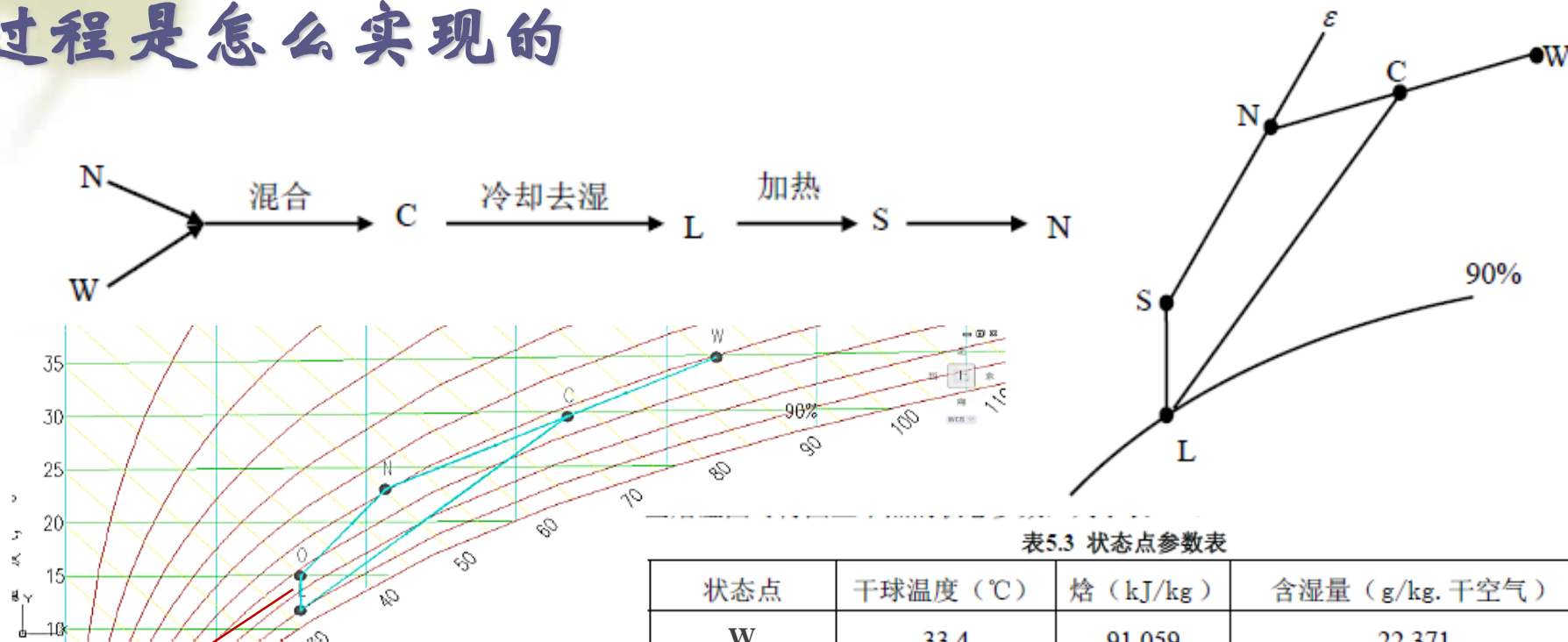


图 5-7 一次回风系统

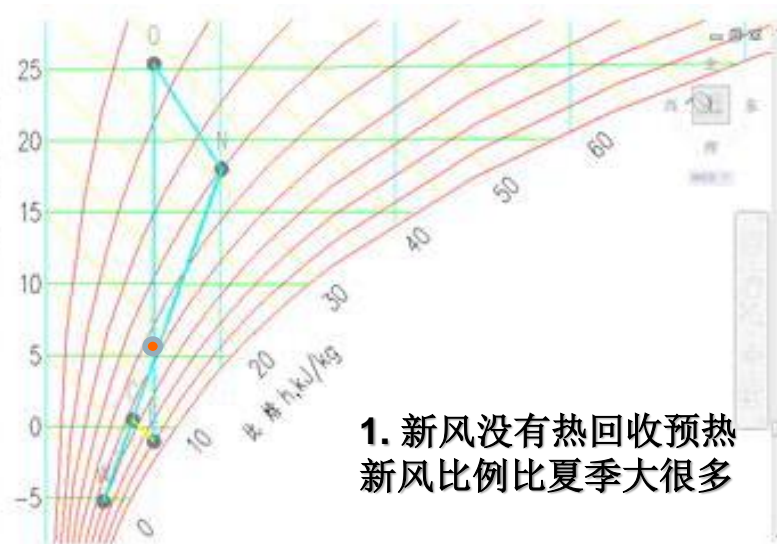
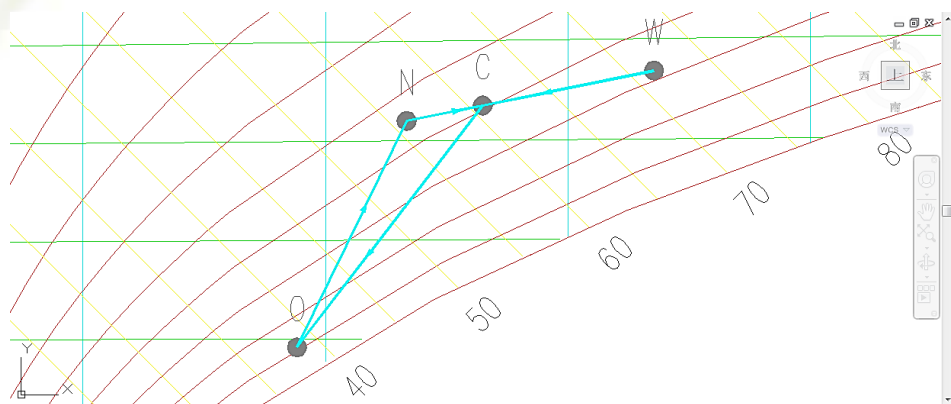
没有设计再热设施，这3°C是怎么升上来的？

表5.3 状态点参数表

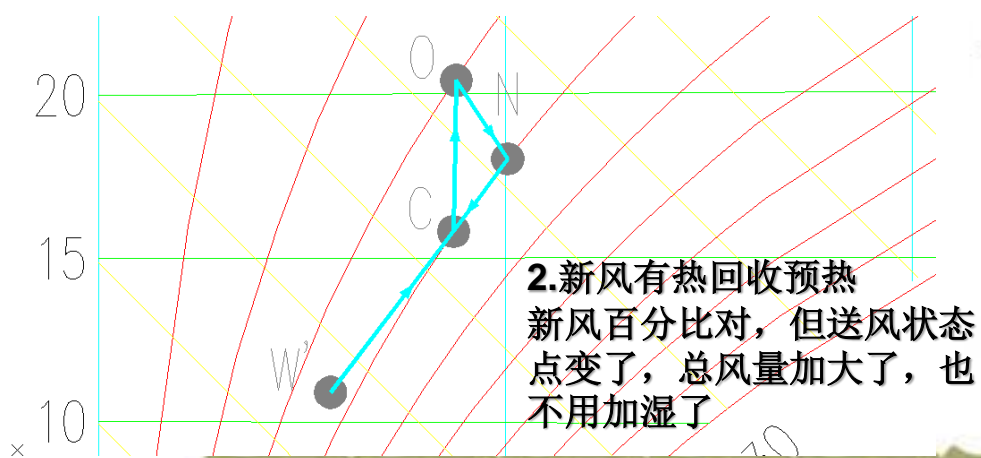
状态点	干球温度 (°C)	焓 (kJ/kg)	含湿量 (g/kg. 干空气)
W	33.4	91.059	22.371
C	29.7	68.177	14.92
N	26	45.296	7.468
S	10	20.987	4.321
L	3.9	14.736	4.32

冬季的问题

- ❖ 干脆不做冬季过程，有的说明冬季送风温度不会超过 45°C ，便认为满足要求
- ❖ 做冬季过程，但基本方法不对



1. 新风没有热回收预热
新风比例比夏季大很多



2. 新风有热回收预热
新风百分比对，但送风状态
点变了，总风量加大了，也
不用加湿了

做了两个方案对比，说明
做新风热回收有何好处。但基
本假定自相矛盾。

冬季空气处理过程问题的错误例子

- ❖ 用夏季新风量算一个新风百分比，根据新风百分比找出混合后的等湿线
- ❖ 再用热湿比线与等湿线相交处作为送风点，完全用不到室内负荷。结果是冬季不用加湿。
- ❖ 问题：忘记了确定送风状态点的基本方法——用室内热湿比与室内负荷来确定送风状态点

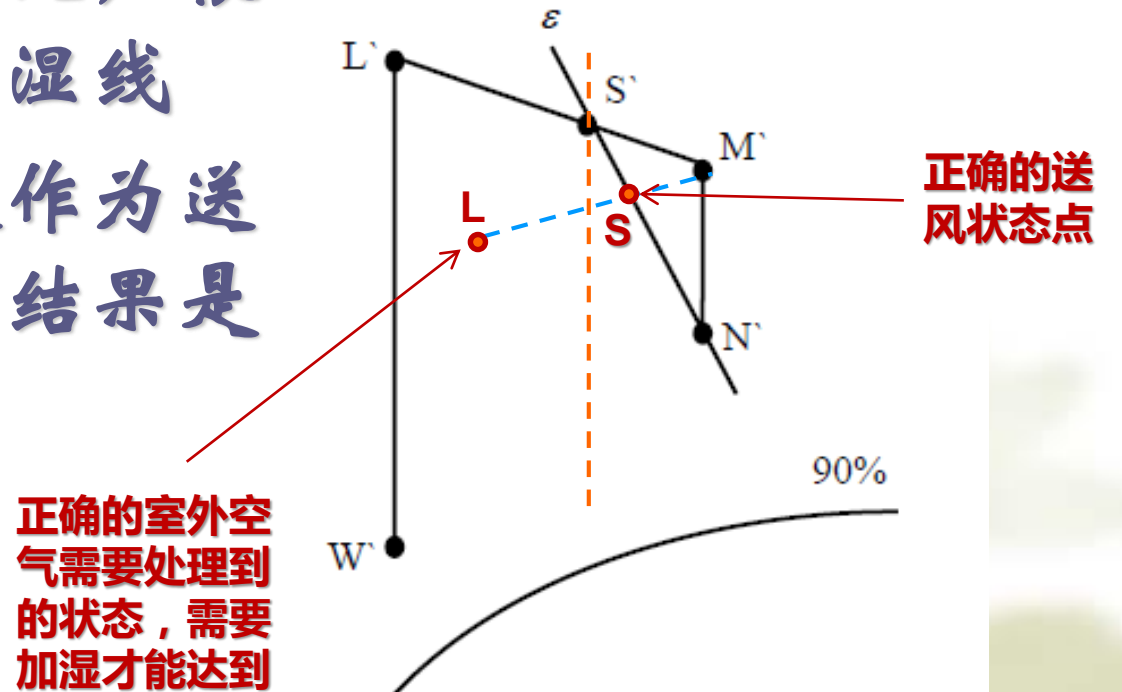
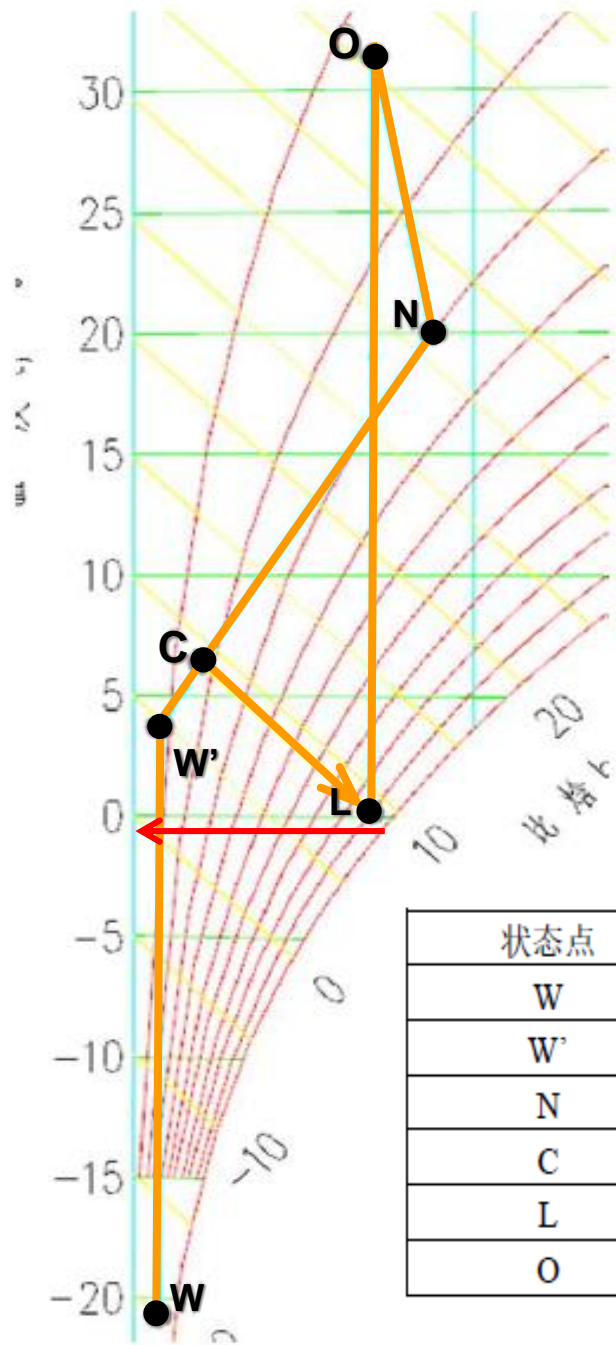


图4.4 风机盘管加独立新风冬季空气处理过程

该空气处理过程实用吗？



L点：0.2°C，90%，8.81kJ/kg，湿球温度-0.35°C
循环水的温度<0°C

状态点	干球温度(°C)	相对湿度(%)	焓值(kJ/kg)	含湿量(g/kg)
W	-20.7	60.0	-20.0	0.4
W'	3.7	8.4	4.8	0.4
N	20.0	30.0	31.4	4.4
C	6.4	16.8	9.0	1.0
L	0.2	90.0	9.0	3.5
O	31.4	12.3	40.8	3.5

图 3.6 大会议室冬季空气处理过程焓湿图

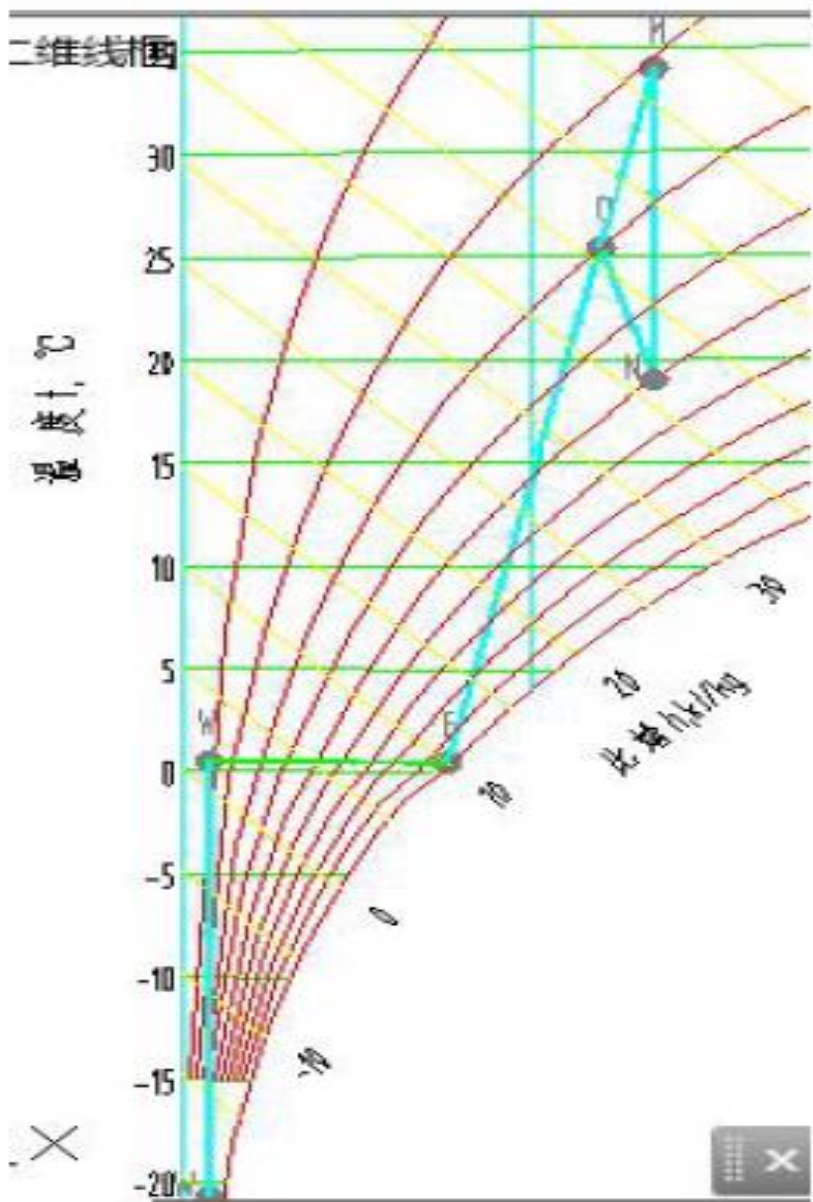


图 5-12 器械活动室冬季空气处理过程焓湿图

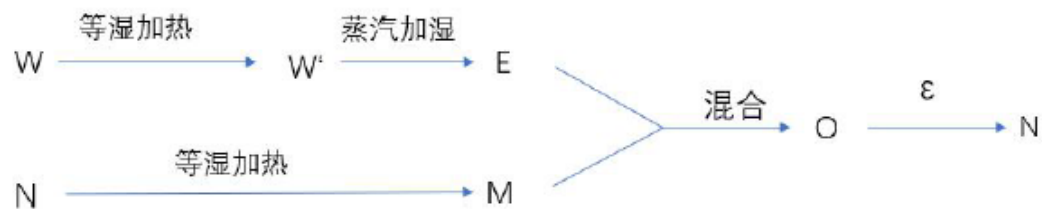


图 5-13 器械活动室冬季空气处理过程图

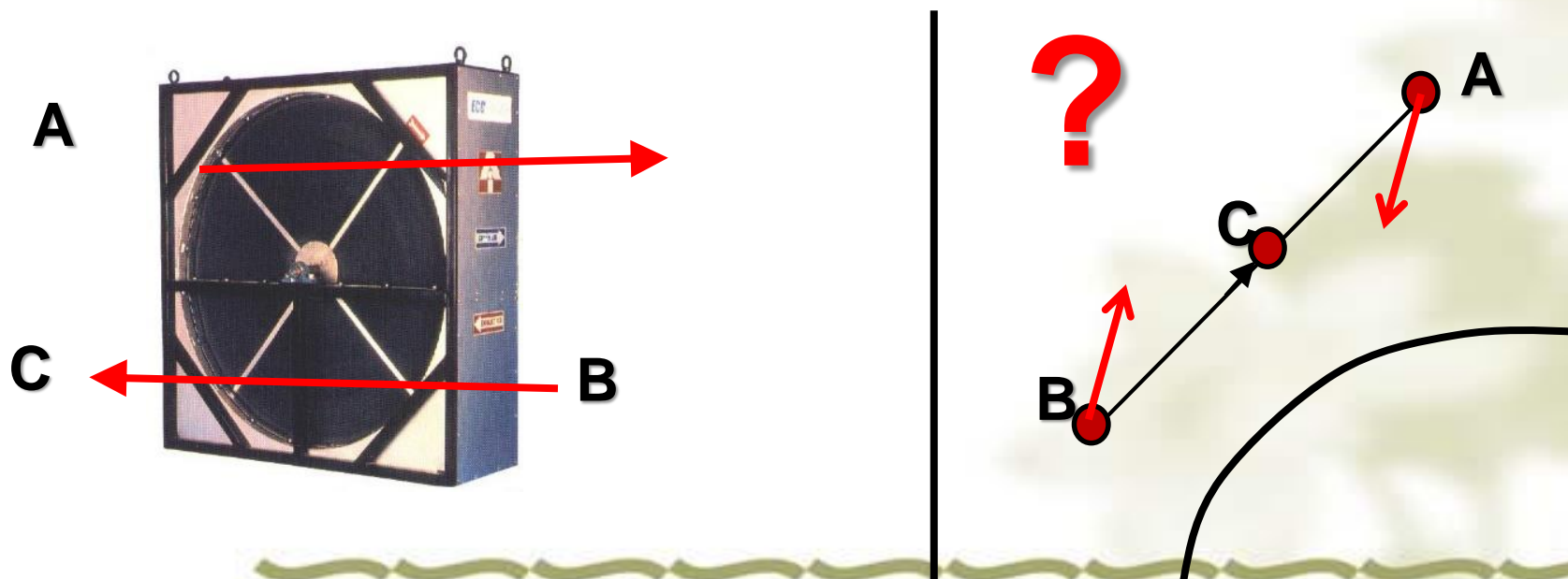
表 5-13 冬季空气处理过程状态点参数

状态点	干球温度(°C)	焓(kg/kJ)	含湿量(g/kg(a))
W	-20.7	-19.9	0.4
W'	0.5	1.5	0.4
N	19	36.3	6.8
O	24.6	40.9	6.1
E	0.5	10.0	3.8
M	35.0	52.8	6.8

相对湿度97%

问题5：不会选空气处理设备

- ❖ 不会做空调箱的设计计算。不计算热媒参数和流量，也不选表冷器、加热器、加湿器。有些直接给出个型号，有的完全不提。
- ❖ 风机盘管+新风系统，FCU选型完全不考虑潜热比，只按总冷量选型；没有新风机组选型
- ❖ 错误的过程线：全热回收终状态直接放到两个流体初状态的连线上了



问题6：全年运行调节

- ❖ 自控方案非常笼统，没有针对性，甚至与本楼的系统没有关系。比如：
 - 抄书，不着边际
 - 说夏季、冬季怎么样，却没有给出判断冬夏的具体依据
 - 说过渡季变新风量，没有给出依据什么变，调什么
 - 用一个全空气定风量系统带多个房间，在自控部分却没有提各房间变工况的独立控制怎么办
 - 冬季FCU+新风变新风量给内区降温，却没有任何控制手段
 - 给高级客房确定VAV系统，但没有给出具体如何才能实现独立调节的系统和控制方案

问题7：设计参数问题

- ❖ 把室内设计参数温湿度都是一个孤立的数，而不是一个范围，概念有问题
- ❖ 室外设计参数混乱，室外冬季设计参数有采用空调的，有采用采暖的；
- ❖ 室内设计标准的问题
 - 把所有空间都定位一样的，没有区别；游泳馆冬季比夏季空气温度低，缺乏依据；甚至违反公共建筑节能标准
 - 体育场馆设计，运动员赛区的温度比观众席以及其他区域高，人均新风量比观众席以及其他区域低，完全违背人体的生理需求

问题7：不规范

- ❖ 空调系统分区缺乏平面图表示，不配合施工图就看不明白哪里是哪里，缺乏水系统原理图
- ❖ 说明书正文没有给出负荷计算的结果，只在附录中
- ❖ 从头到尾都没有给出室内外以及各空气处理过程的状态参数

为什么会出现这些问题？

❖ 教材中这些内容均有

- 系统分区，内区和外区的特点
- 空调系统的分类和适用性
- 焓湿图的使用
- 空气处理设备和空气处理过程
- 气流组织的类型和适用性

❖ 任何设计都要先考虑好这些基本问题，否则再考虑采用更多的先进技术、用更多的软件也没有用

教学上的漏洞

- ❖ 教学内容过于抽象，教材内容只是用文字和语言进行概念化的说明，没有案例，只有条款，学生不能理解，更记不住
- ❖ 教师自己可能没有意识到这些基本问题的重要性
- ❖ 供冷与供暖教学（讲课和课程设计）割裂，空调课只管夏天，供热课管冬天，但只管外区供热，不管内区
- ❖ 设计教学重画图 and 计算，轻方案论证分析——实际上方案一错，全盘皆错，因为这个设计不能用！

改进方法

- ❖ 课程体系要改进，各门专业课之间不能有割裂和鸿沟
- ❖ 讲课内容要理论联系实际，结合案例教学，讲透基本问题，考试内容和方式要改进，不能要求学生背名词、背条款，而是要真正理解
- ❖ 要训练学生的思考能力，培养学生当计算器或者绘图员不是我们的目标

关于设计课教学

- ❖ 建议课程设计综合化，将旧体系中很多个1~2周的单项小设计进行合并，为学生锻炼设计思路和掌握基本设计方法提供空间
- ❖ 毕业设计与课程设计的关系
 - 课程设计是设计能力的基本训练，以冷热需求共存的普通民用建筑往往是较好的载体
 - 毕业设计是对学生综合能力的提高过程，可以做较深入的专项设计，或者规模较大的综合设计
 - 毕业设计中的专项设计应该能够体现学校的多样化特色（专业背景、地域特色等）



国家机关事务管理局 国家发展和改革委员会 财政部 生态环境部 关于印发深入开展公共机构绿色低碳引领行动 促进碳达峰实施方案的通知

国管局门户网站

www.ggj.gov.cn

2021-11-19 10:18

来源：国管局

【字体：小 中 大】

打印

关闭本页

各省、自治区、直辖市和新疆生产建设兵团机关事务管理、发展改革、财政、生态环境主管部门，广东省能源局，中央国家机关各部门：

为贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰、碳中和决策部署，深入推进公共机构节约能源资源绿色低碳发展，充分发挥公共机构示范引领作用，根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》、《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》、《2030年前碳达峰行动方案》、《“十四五”公共机构节约能源资源工作规划》等政策文件，我们制定了《深入开展公共机构绿色低碳引领行动促进碳达峰实施方案》，现印发给你们，请结合实际认真贯彻落实。

国家机关事务管理局

国家发展和改革委员会

财政部

生态环境部

2021年11月16日

通知精神要点：

推进替代化石能源在建筑中的应用

1. 在 2020 年的基础上单位建筑面积能耗下降 5%、碳排放下降 7%。
2. 鼓励因地制宜采用空气源、水源、地源热泵及电锅炉等清洁用能设备**替代燃煤、燃油、燃气锅炉**。
3. 推进医院实施消毒供应、洗衣等蒸汽系统的电气化改造，以就近分散电蒸汽发生器**替代集中燃气（煤）蒸汽锅炉**。
4. 推进制冷系统逐步以电力空调机组**替代溴化锂直燃机空调机组**，减少直接碳排放。
5. 鼓励逐步以高效电磁灶具**替代燃气、液化石油气灶具**，推动有条件的公共机构率先建设全电厨房。
6. 鼓励有条件的公共机构建设连接光伏发电、储能设备和充放电设施的微网系统，实现高效消纳利用。
7. 因地制宜推广利用太阳能、地热能、生物质能等能源和热泵技术，满足建筑采暖和生活热水需求，到 2025 年实现新增热泵供热（制冷）面积达 1000 万平方米。

住建部“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划 2022.3.11

础上，采用梯级利用方式开展中深层地热能开发利用。在寒冷地区、夏热冬冷地区积极推广空气热能热泵技术应用，在严寒地区开展超低温空气源热泵技术及产品应用。合理发展生物质能供暖。

（五）实施建筑电气化工程。

充分发挥电力在建筑终端消费清洁性、可获得性、便利性等优势，建立以电力消费为核心的建筑能源消费体系。夏热冬冷地区积极采用热泵等电采暖方式解决新增采暖需求。开展新建公共建筑全电气化设计试点示范。在城市大型商场、办公楼、酒店、机场航站楼等建筑中推广应用热泵、电蓄冷空调、蓄热电锅炉。引导生活热水、炊事用能向电气化发展，促进高效电气化技术与设备研发应用。鼓励建设以“光储直柔”为特征的新型建筑电力系统，发展柔性用电建筑。

专栏 7 建筑电气化重点工程

建筑用能电力替代行动。以减少建筑温室气体直接排放为目标，扩大建筑终端用能清洁电力替代，积极推动以电代气、以电代油，推进炊事、生活热水与采暖等建筑用能电气化，推广高效建筑用电设备、产品。到 2025 年，建筑用能中电力消费比例超过 55%。

（八）推进区域建筑能源协同。

推动建筑用能与能源供应、输配响应互动，提升建筑用能链条整体效率。开展城市低品位余热综合利用试点示范，统筹调配热电联产余热、工业余热、核电余热、城市中垃圾焚烧与再生水余热及数据中心余热等资源，满足城市及周边地区建筑新增供热需求。在城市新区、功能区开发建设中，充分考虑区域周边能源供应条件、可再生能源资源情况、建筑能源需求，开展区域建筑能源系统规划、设计和建设，以需定供，提高能

北京市规定 2022年10月

×

中国首个！禁止新建和扩建燃气独立供暖！

热电与新能源产业

2022-10-17 06:00 发表于北京

点击上方蓝字，关注我们



北京市人民政府10月13日消息，其印发的《北京市碳达峰实施方案》指出，禁止新建和扩建燃气独立供暖系统，坚持可再生能源供热优先原则，推

...

×

热电与新能源产业 >

...

(十二) 严控化石能源利用规模。近期按照“节能、净煤、减气、少油”总体思路，推进终端能源消费电气化，通过实施农村供暖“煤改电”、机动车“油换电”、燃气机组热电联产、可再生能源替代等措施，实现化石能源消费总量逐步下降。远期通过电力供应脱碳化，持续削减化石能源消费。加强应急备用和调峰电源建设及相关政策研究，大幅提升天然气应急储备能力，确保能源安全稳定供应和平稳过渡。非应急情况下基本不使用煤炭。
(市发展改革委、市城市管理委、市住房城乡建设委、市交通委、市经济和信息化局、市农业农村局等按职责分工负责)

(十四) 大力推动建筑领域绿色低碳转型。大力发展绿色建筑，新建政府投资和大型公共建筑执行绿色建筑二星级及以上标准，到2025年，新建居住建筑执行绿色建筑二星级及以上标准，新建公共建筑力争全面执行绿色建筑二星级及以上标准。推广绿色低碳建材和绿色建造方式，进一步发

展绿色建筑标准等节能减碳标准。建筑领域因地制宜推广太阳能光伏、光热和热泵技术应用，具备条件的新建建筑应安装太阳能系统，新建政府投资工程至少使用一种可再生能源，其中，新建公共机构建筑、新建园区、新建厂房屋顶光伏覆盖率不低于50%。提高炊事等电气化普及率，开展产能建筑试点。建立既有建筑绿色改造长

×

热电与新能源产业 >

...

六 /

(十五) 深度推进供热系统重构。禁止新建和扩建燃气独立供暖系统，坚持可再生能源供热优先原则，推动供热系统能源低碳转型替代，有序开展地热及再生水源热泵替代燃气供暖行动，全面布局新能源和可再生能源供热。大力推进供热系统节能改造，充分利用余热资源，逐步建立绿色低碳的热源结构。统筹实施智能化控制、供热资源整合、热网系统重组等措施，提升可再生能源供热比重，持续降低供热系统碳排放。(市城市管理委、市发展改革委等按职责分工负责)

A vertical decorative strip on the left side of the page. It features a light green background with a dark green, textured vertical band. Two yellow lotus flowers are depicted, one above the other. In the top left corner, there is a small, stylized cross symbol. The overall style is traditional and artistic.

希望设计竞赛能够对
我们的专业课和设计课
教学有所推进!