



T/CECS XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

预制吊顶辐射板加独立新风空调系统技术规程

Technical specification for prefabricated ceiling mounted radiant
panel integrated with dedicated outdoor air conditioning system

（征求意见稿）

****出版社

中国工程建设标准化协会标准

预制吊顶辐射板加独立新风空调系统技术规程

Technical specification for prefabricated ceiling mounted radiant
panel integrated with dedicated outdoor air conditioning system

T/CECS *** -2022

主编单位：大连理工大学

批准单位：中国工程建设标准化会

施行日期：2022 年 X 月 X 日

XXXX 出版社

2022 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2021]24号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 7 章和 3 个附录，主要内容包括：总则、术语、系统设计、设备与材料、施工与安装、调试与验收、运行与维护等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由大连理工大学负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给大连理工大学（地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号大连理工大学土木工程学院，邮政编码：116024，邮箱：fonen519@dlut.edu.cn）。

主编单位：大连理工大学

参编单位：西南科技大学

四川大学

建科环能科技有限公司

中国建筑金属结构协会辐射供暖供冷委员会

同济大学

郑州大学

浙江曼瑞德舒适系统有限公司

广州维瓦尔第环境技术有限公司

霍弗尔（北京）科技有限公司

上海意利法暖通科技有限公司

珠海燕通环境科技股份有限公司

易能环能科技（上海）股份有限公司

苏州派洲节能科技有限公司

昆山开思拓空调技术有限公司

江苏碳元绿色建筑科技有限公司

南京碳元绿建节能科技有限公司
重庆綦桥科技有限公司
上海湿腾电器有限公司
科瓦图空调系统(上海)有限公司
德图仪器国际贸易（上海）有限公司
菲索测量控制技术(苏州)有限公司
爱迪埃尔环境科技上海有限公司
南京天脉远红地暖科技有限公司
大连意博斯科技有限公司
湖南大学
广州大学
西安建筑科技大学
南京师范大学
中国建筑西北设计研究院有限公司
南京金基建筑科技有限公司
中国公路工程咨询集团有限公司城市建筑设计分公司
重庆市暖通及管道安装行业协会

主要起草人： 吴小舟 刘 东 王 军 冯爱荣 张保红 周 翔
宁柏松 陈童静 郑鸿宇 张学明 邹洪俊 严继光
李光宇 杨 铮 于英娜 周海翔 林 静 李 科
李 葵 叶利方 李婷婷 赵庆丰 童光英 黄国仓
王 辉 李念平 田 真 丁云飞 吴会军 王登甲
尹海国 夏学鹰 舒海文 赵天怡 李铮伟 陈家宇
赵明明 郁华斌 马明珠 熊云桥

主要审查人：

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 系统设计	4
3.1 一般规定	4
3.2 空调负荷与新风量计算	4
3.3 预制吊顶辐射板设计计算	5
3.4 空调水系统设计	7
3.5 独立新风系统设计	7
3.6 监测与控制系统设计	9
4 设备与材料	11
4.1 一般规定	11
4.2 预制吊顶辐射板	11
4.3 空调水系统	11
4.4 独立新风系统	12
4.5 监测与控制系统	12
5 施工与安装	14
5.1 一般规定	14
5.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统施工及检验	14
5.3 预制吊顶辐射板施工与安装	15
5.4 空调水系统施工与安装	16
5.5 独立新风系统施工与安装	17
5.6 监测与控制系统施工与安装	17
6 调试与验收	19
6.1 一般规定	19
6.2 调试与检测	19
6.3 质量验收	20
7 运行与维护	21
7.1 一般规定	21
7.2 运行管理	21
7.3 维护与保养	21
附录 A 预制吊顶辐射板构造	22
附录 B 预制吊顶辐射板热性能测试方法	24
附录 C 工程质量验收表	32
用词说明	34
引用标准名录	35
附：条文说明	35

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 System Design	4
3.1 General Requirements.....	4
3.2 Calculation of Air Conditioning Load and Outdoor Air Rate.....	4
3.3 Prefabricated Ceiling Mounted Radiant Panel Design Calculation	5
3.4 Air Conditioning Water System Design	7
3.5 Dedicated Outdoor Air System Design.....	7
3.6 Detection and Control System Design.....	9
4 Equipment and Materials	11
4.1 General Requirements.....	11
4.2 Prefabricated Ceiling Mounted Radiant Panel.....	11
4.3 Air Conditioning Water System.....	11
4.4 Dedicated Outdoor Air System.....	12
4.5 Detection and Control System	12
5 Construction and Installation	14
5.1 General Requirements.....	14
5.2 Construction and Inspection of Prefabricated Ceiling Mounted Radiant Panel Integrated with Dedicated Outdoor Air Conditioning System.....	14
5.3 Construction and Installation of Prefabricated Ceiling Mounted Radiant Panel	15
5.4 Construction and Installation of Air Conditioning Water System.....	16
5.5 Construction and Installation of Dedicated Outdoor Air System	17
5.6 Construction and Installation of Detection and Control System.....	17
6 Commissioning and Acceptance	19
6.1 General Requirements.....	19
6.2 Commissioning and Testing	19
6.3 Quality Acceptance.....	20
7 Operation and Maintenance	21
7.1 General Requirements.....	21
7.2 Operation Management.....	21
7.3 Maintenance.....	21
Appendix A Prefabricated Ceiling Mounted Radiant Panel Structure.....	22
Appendix B Test Method of Thermal Performance of Prefabricated Ceiling Mounted Radiant Panel.....	24
Appendix C Project Quality Acceptance Form.....	32
Explanation of Wording.....	34

List of Quoted Standards.....	35
Addition: Explanation of Provisions.....	35

1 总则

1.0.1 为规范预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程的设计、施工安装、调试验收和运行维护，做到技术先进、经济合理、安全适用和保证工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、扩建、改建的民用建筑中以冷热水为介质的预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程。

1.0.3 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程的设计、施工安装、调试验收和运行维护除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统 prefabricated ceiling mounted radiant panel integrated with dedicated outdoor air conditioning system

以预制吊顶辐射板作为承担空调区主要显热负荷的末端装置,同时用经过集中处理的独立新风承担全部潜热负荷和部分显热负荷,并满足房间新风需求的温湿度独立控制空调系统。

2.0.2 预制吊顶辐射板 prefabricated ceiling mounted radiant panel

由供冷供热管、绝热模块板、均热板(层)和装饰面板等在工厂一体化加工预制的、以辐射传热为主的、吊顶安装的换热器。按装饰面板及供冷供热管材质分为金属板式金属管辐射板、金属板式塑料管辐射板及非金属板式塑料管辐射板等。

2.0.3 独立新风系统 dedicated outdoor air system

由新风除湿机、加湿器、过滤器等空气处理装置、风管及其部件等组成,将新风经过集中处理送入室内,并将室内空气集中排至室外的通风系统。

2.0.4 新风除湿机 outdoor air dehumidifier

采用冷水为冷源或制冷剂直接蒸发降温,对新风进行减湿的空气处理单元。按冷源类型分为冷水式、直膨式和双冷源式,按功能类型分为带调温型和不带调温型。

2.0.5 加湿器 humidifier

用来增加空气中水蒸气含量的空气处理单元。按型式分为干蒸汽加湿器、电热式加湿器(电阻式加湿器)、电极式加湿器、湿膜加湿器、超声波加湿器、高压微雾加湿器等。

2.0.6 分风箱 air volume distributor

独立新风系统配套使用的风量分配装置,也称为风量分配器或静压箱。

2.0.7 分集水器 water distribution and collection manifold

用于连接供冷供暖系统的供水管或回水管和各个辐射末端分支环路的配水和汇水装置。

2.0.8 温湿度控制器 Temperature and humidity controller

能够测量温湿度并发出控制调节信号的温湿度自控设备。

2.0.9 辐射板表面发射率 surface emissivity of radiant panel

给定温度下辐射板表面发射的能量与相同温度和环境下的黑体发射能量之比，用来表征辐射板表面辐射性能。

2.0.10 辐射板表面温度均匀度 surface temperature uniformity of radiant panel

辐射板表面平均温度与室内温度之间的差值和表面最低温度与室内温度之间的差值的比值，用来表征辐射板表面温度均匀性。

2.0.11 辐射板热阻 thermal resistance of radiant panel

辐射板管内冷/热水到辐射板表面的热阻，用来表征辐射板传热能力的大小。

2.0.12 辐射板热响应时间 thermal response time of radiant panel

当辐射供冷供暖系统工况发生阶跃变化时，辐射板表面平均温度的变化幅度达到总变化幅度的 95%所消耗的时间，用来表征辐射板动态响应的快慢。

2.0.13 预测平均热感觉指数 predicted mean vote of thermal sensation (PMV)

以人体热平衡的基本方程式及心理生理学主观热感觉的等级为出发点，考虑了人体热舒适感的诸多有关因素的全面评价指标，是人群对于热感觉等级投票的平均指数。

2.0.14 操作温度 operative temperature

假想的黑色包围体的均匀温度，人在该包围体中的辐射换热及对流换热量与在实际非均匀环境的换热量相同，也称为体感温度。

2.0.15 气流组织 air distribution

对室内空气的流动形态和分布进行合理组织，以满足空调房间的空气温度、湿度、洁净度、流速及舒适感等方面的要求。

2.0.16 空气分布特性指数 air diffusion performance index (ADPI)

舒适性空调中用来评价气流组织舒适性的指标，系指活动区不同位置和高度空气温度、速度测点总数中符合要求测点所占的百分比。

2.0.17 空气露点温度 air dew point temperature

在恒定气压条件下进行冷却时，空气中的水蒸汽压饱和，相对湿度达到 100% 时的温度。

3 系统设计

3.1 一般规定

3.1.1 预制吊顶辐射板的进出水温差应由计算确定，供冷时不宜大于 5℃且不宜小于 2℃，供暖时不宜大于 10℃。

3.1.2 辐射供冷表面最低温度不应低于室内空气露点温度，辐射供暖表面宜采用的平均温度上限为：房间高度 2.5m~3.0m 时 28℃~30℃，房间高度 3.1m~4.0m 时 33℃~36℃。

3.1.3 预制吊顶辐射板加独立新风空调房间预测平均热感觉指数 PMV 值及空气分布特性指数 ADPI 值宜符合表 3.1.3 的规定。

表 3.1.3 不同热舒适度等级条件下室内 PMV 值及 ADPI 值

热舒适度等级	PMV 值	ADPI 值
I 级	$-0.5 \leq \text{PMV} \leq 0.5$	$90\% \leq \text{ADPI} \leq 100\%$
II 级	$-1 \leq \text{PMV} < -0.5, 0.5 < \text{PMV} \leq 1$	$80\% \leq \text{ADPI} < 90\%$

3.1.4 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统应采取必要的消音降噪措施，使室内环境噪声符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016 的相关规定。

3.1.5 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统设备和管道的绝热层厚度，应按现行国家及行业标准的有关规定确定。

3.1.6 应用预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的建筑围护结构热工性能应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的相关规定外，还应符合地方建筑节能标准的规定。

3.1.7 采用预制吊顶辐射板加独立新风空调系统时，给水排水管道、供冷供热管道及电气管线等宜采用管线分离方式进行综合设计，并满足现行行业标准《装配式内装修技术标准》JGJ/T 491 的相关规定。

3.1.8 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程应提供系统设计施工相关文件、模块平面布置图、辐射板设计选型列表及装配式建筑设计专篇等，并应满足现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的相关要求。

3.2 空调负荷与新风量计算

3.2.1 空调负荷计算时应以操作温度作为室内设计温度，且符合以下规定：

1 人员长期逗留区域空调室内设计参数应符合表 3.2.1 的规定；

表 3.2.1 人员长期逗留区域空调室内设计参数

热舒适度 等级	供冷工况		供热工况	
	操作温度（℃）	相对湿度（%）	操作温度（℃）	相对湿度（%）
I 级	24~26	40~60	22~24	≥30%
II 级	26~28	≤70	18~22	-

2 人员短期逗留区域空调供冷工况室内设计参数宜比长期逗留区域提高 1℃~2℃，供热工况宜降低 1℃~2℃。

3.2.2 空调负荷计算应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。

3.2.3 公共建筑最小新风量宜按房间人数确定，居住建筑最小新风量宜按房间换气次数确定，相关计算应符合现行的国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。

3.2.4 独立新风系统设计参数应能满足室内除湿要求并承担室内全部潜热负荷。

3.2.5 预制吊顶辐射板供冷承担的显热负荷应为房间冷负荷显热部分与独立新风承担的部分显热负荷之差，供热应为房间热负荷与独立新风产生的热负荷之和，其中独立新风承担的部分显热负荷或产生的热负荷可按式计算：

$$Q_s = C_p \times \rho G (t_n - t_s) \quad (3.2.5)$$

式中： Q_s ——独立新风承担的部分显热负荷（W）；

C_p ——空气比热容[J/（kg·℃）]；

ρ ——空气密度（kg/m³）；

G ——送风量（m³/s）；

t_n ——室内设计温度（℃）；

t_s ——送风温度（℃）。

3.3 预制吊顶辐射板设计计算

3.3.1 预制吊顶辐射板构造参考附录 A，主要由装饰面板、均热板（层）、供冷供热管及绝热模块板等组成。

3.3.2 预制吊顶辐射板宜根据以下步骤进行设计选型：

- 1 确定空调房间室内设计参数；
- 2 计算房间显热负荷和潜热负荷；
- 3 确定预制吊顶辐射板承担的显热负荷；
- 4 确定辐射板可吊顶安装面积及其表面温度；
- 5 确定预制吊顶辐射板的类型；
- 6 确定预制吊顶辐射板的热性能参数或实际安装面积。

3.3.3 空调房间预制吊顶辐射板承担的显热负荷应按下列式计算：

辐射供冷：

$$Q_1 = Q - Q_s \quad (3.3.3-1)$$

辐射供暖：

$$Q_1 = Q + Q_s \quad (3.3.3-2)$$

式中： Q_1 ——空调房间预制吊顶辐射板承担的显热负荷（W）；

Q ——按 3.2 节计算得到的房间冷负荷显热部分或房间热负荷（W）；

Q_s ——按 3.2 节计算得到的独立新风所承担的部分显热负荷或产生的热负荷（W）。

3.3.4 预制吊顶辐射板表面温度应按公式 3.3.4 计算，且辐射板供冷表面最低温度或供暖表面平均温度应满足 3.1.2 的规定。

辐射供冷：

$$t_{s,min} = \frac{1}{\gamma} (t_{s,m} - t_n) + t_n \quad (3.3.4-1)$$

$$t_{s,m} = t_n - \left(\frac{Q_1}{8.92F} \right)^{0.909} \quad (3.3.4-2)$$

辐射供暖：

$$t_{s,m} = t_n + \frac{Q_1}{6F} \quad (3.3.4-3)$$

式中： $t_{s,min}$ ——辐射板供冷表面最低温度（℃）；

$t_{s,m}$ ——预制吊顶辐射板表面平均温度（℃）；

γ ——辐射板表面温度均匀度（%）；

t_n ——室内设计温度（℃）；

F ——空调房间辐射板可吊顶安装面积（ m^2 ）。

3.3.5 空调房间辐射板实际安装面积应按下列公式计算：

$$F_1 = \left| \frac{R \cdot Q_1}{t_{s,m} - (t_{in} + t_{out})/2} \right| \quad (3.3.5)$$

式中： F_1 ——空调房间辐射板实际安装面积（ m^2 ）；

R ——预制吊顶辐射板热阻（ $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ）；

t_{in} ——预制吊顶辐射板进水温度（℃）；

t_{out} ——预制吊顶辐射板出水温度（℃）。

3.3.6 预制吊顶辐射板的表面温度均匀度、热阻、热响应时间等热性能参数应按照本规程附录B要求进行测试确定。

3.4 空调水系统设计

3.4.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统空调水系统设计应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的规定。

3.4.2 空调水系统的温度、流量和资用压差等参数宜与冷热源相匹配。当不匹配时应根据需要采取设置混水装置或换热器等措施。

3.4.3 空调水系统的水质及其保证措施应符合国家现行有关标准的要求。

3.4.4 空调水系统的阻力应计算确定，且水管布置应有利于排气，并在最高位置设有排气装置。

3.4.5 预制吊顶辐射板的管中流体状态不应为层流，雷诺数不宜小于 4000。

3.4.6 分水器、集水器直径不应小于总供回水管直径，且最大断面流速不宜大于 0.8m/s。每个环路的阻力不宜超过 25kPa。

3.4.7 分水器、集水器应自带泄水阀、排气阀，各支路应配备具有电动执行机构的开关阀及可调节和设定流量的专用阀门组件。

3.4.8 预制吊顶辐射板与分水器、集水器的连接方式宜采用同程连接。吊顶辐射板之间的连接管及支管宜自带保温套。

3.4.9 新风除湿机、加湿器等设备前应设置过滤器。

3.5 独立新风系统设计

3.5.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的气流组织及新风系统设计应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的规定。

3.5.2 新风系统的气流组织，应根据表 3.1.3 中 ADPI 值及表 3.2.2 中温湿度参数要求，结合建筑负荷特点进行优化设计计算。

3.5.3 新风系统送风温度全年应低于室内空气温度 2℃ 以上，且不宜低于室内空气露点温度。

3.5.4 室外新风宜直接送入人员主要活动区，并应将室内空气排至室外。新风系统的排风量宜为新风量的 80%~90%，并宜对厨房等局部排风系统进行就地自然补风或机械补风。

3.5.5 同一空调区域宜同时设置送风口和排风口，并采用风管连接方式。送风口、排风口的选型及布置应符合下列规定：

1 送风口的面积应满足设计新风量的需要，且宜带有调节风量功能，宜设导流装置；

2 送风口的出口速度应根据送风方式、送风口类型、安装高度、室内允许风速和噪声等确定；当消声要求较高时，风速不宜大于 3m/s。

3 排风口不应设在送风射流区内和人员长期停留的地点，排风口的吸风速度不应大于 3m/s；

4 送风口和排风口不宜相对布置，在同一高度布置时水平距离不宜小于 1.0m；同侧布置时，间距不宜小于 1.0m。

3.5.6 新风系统的风管宜采用圆形或长宽之比不大于 4 的矩形风管。圆形和矩形风管的截面尺寸应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的有关规定。

3.5.7 新风系统风管内的空气流速应符合表 3.5.7-1 的规定。当有消声要求时，风管内的空气流速应符合表 3.5.7-2 的规定。

表 3.5.7-1 风管内的空气流速 (m/s)

风管分类	公共建筑		居住建筑	
	推荐值	最大值	推荐值	最大值
干管	5.0~6.5	8.0	3.5~4.5	6.0
支管	3.0~4.5	6.5	3.0	5.0

从支管上接出的风管	3.0~3.5	6.0	2.5	4.0
主机入口	4.0	5.0	3.5	4.5
主机出口	6.5~10.0	11.0	5.0~8.0	8.5

表 3.5.7-2 有消声要求风管内的空气流速 (m/s)

室内允许噪声等级 dB (A)	干管风速	支管风速
25~35	3.0~4.0	≤2.0
35~50	4.0~7.0	2.0~3.0

3.5.8 新风除湿机的设计选型应根据建筑的规模、类型、负荷特点、参数要求及其所在的气候区等，经技术、经济、安全比较确定。

3.5.9 冬季空调区湿度有要求时，宜设置加湿器。加湿器的类型，应根据加湿量、相对湿度允许波动范围要求，并经技术经济比较后确定。

3.5.10 独立新风系统宜采用全热型热回收装置，且性能应满足现行国家标准《热回收新风机组》GB/T 21087 的有关规定。

3.5.11 独立新风应经过滤处理，并应设置过滤器更换报警装置。

3.5.12 人员密集或空气质量要求较高的空调区宜设置空气净化装置。空气净化装置的类型，应根据人员密度、初投资、运行费用及空调区环境要求，并经技术经济比较后确定。

3.5.13 独立新风系统宜设置风管测点孔、检查孔和清洗孔。

3.6 监测与控制系统设计

3.6.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的监测与控制应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的规定。

3.6.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的监测应包括下列内容：

1 应对下列参数进行监测：

- 1) 室内外空气温湿度；
- 2) 新风量；
- 3) 送风温湿度；
- 4) 辐射板表面温度；
- 5) 分集水器进出水温度；

- 6) 分集水器上的控制阀门通断状态;
- 7) 风机及变频器、水阀、风阀的启停状态、故障状态、就地/远程状态和运行参数。

2 宜对下列参数进行监测:

- 1) 送风管静压测点的静压值
- 2) 冷热源进出水的温度;
- 3) 室内 CO₂ 浓度、PM_{2.5}、VOCs、噪声;
- 4) 室外太阳辐射强度、风速、风向、PM_{2.5}、CO₂ 浓度。

3.6.3 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统应进行全年空调工况分析, 并制定相应的运行控制策略, 实现空调系统的自动运行。

3.6.4 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的自动控制应包括下列内容:

- 1 室内空气温湿度控制;
- 2 新风量控制;
- 3 防结露控制;
- 4 空调机组开关机顺序控制和设备连锁控制功能;
- 5 风机状态监视、过滤网压差报警等功能, 寒冷地区还应有防冻保护控制。

3.6.5 空调区域的室内空气温湿度控制可采用分环路控制和总体控制两种方式, 且空气温度的控制精度宜小于或等于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 空气相对湿度的控制精度宜小于或等于 $\pm 5\%$ 。

3.6.6 独立新风系统宜保证新风量的恒定, 新风量的控制精度宜小于或等于 $\pm 5\%$ 。

3.6.7 独立新风系统宜具有送风机和排风机的变频和连锁控制, 保证室内微正压。

3.6.8 人员密度变化较大或空气相对湿度要求较高的空调区宜采用变风量方式, 且调节风量用风阀宜采用对开多叶调节阀。

3.6.9 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统应考虑预制吊顶辐射板的热性能制定对应的防结露控制策略, 并采用室内空气温湿度传感器探测并计算空气露点温度的方法。

3.6.10 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统宜具有人机交互功能, 并可与其他建筑智能化系统进行信息共享。

4 设备与材料

4.1 一般规定

4.1.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统所使用的设备与材料应根据系统工作温度、工作压力、建筑设计寿命、现场防水、防火以及施工性能等要求，经综合比较后确定。

4.1.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统中所使用的设备与材料均应符合国家现行相关标准的规定，并由国家认可的检测机构进行检测，出具有效证明文件或检测报告。

4.2 预制吊顶辐射板

4.2.1 预制吊顶辐射板应符合现行行业标准《供冷供暖用辐射板》JG/T 409 和《空调系统用辐射换热器》JB/T 12842 的相关规定，且应避免气流通过。

4.2.2 预制吊顶辐射板的防火等级应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的要求。

4.2.3 绝热模块板厚度应保证表面不得产生凝结水，且辐射板的冷热损失比例不宜超过 15%。

4.2.4 绝热模块板上设置均热板（层）时宜采用导热系数高的材料，厚度不宜小于 0.4 mm。

4.2.5 绝热模块板与非金属板粘结时宜采用粘结强度大、导热性能好的胶粘剂，且胶粘剂的有害物质释放量的性能指标应符合现行国家标准《室内装饰装修材料胶粘剂中有害物质限量》GB18583 规定的要求。

4.2.6 装饰面板应符合现行国家标准《纸面石膏板》GB/T 9775 和行业标准《金属装饰保温板》JG/T 360 的相关规定，面板表面发射率不应低于 0.8。

4.2.7 辐射板之间的连接接头及配件应安全可靠，使用寿命满足系统要求。

4.3 空调水系统

4.3.1 金属管及管件性能应符合国家现行标准的相关规定。

4.3.2 塑料管（含复合管）应满足设计使用寿命、施工和环保性能要求，并应符

合下列规定：

- 1 塑料管的使用条件应满足现行国家标准《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991中的4级；
- 2 塑料管的工作压力不应小于0.4MPa；
- 3 管道质量必须符合国家现行相应标准中的各项规定与要求；
- 4 塑料管宜使用带阻氧层的管材。

4.3.3 分集水器应符合现行国家标准《冷热水用分集水器》GB/T 29730 中的要求，宜采用保温一体式产品。

4.3.4 循环水泵效率不应低于现行国家标准《清水离心泵能效限定值及节能评价》GB 19762 规定的节能评价。

4.4 独立新风系统

4.4.1 新风除湿机的性能应符合现行国家标准《户式新风除湿机》GB/T 40397 等的相关规定。

4.4.2 加湿器应符合现行国家标准《空调设备用加湿器》GB/T 29736 的有关规定。

4.4.3 空气净化装置和过滤器应符合现行国家标准《通风系统用空气净化装置》GB/T 34012 和《空气过滤器》GB/T 14295 的相关规定。

4.4.4 金属风管和非金属及复合风管的材料品种、规格、性能与厚度等应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的相关规定。

4.4.5 非金属及复合风管的污染物浓度限定值应符合现行行业标准《非金属及复合风管》JG/T 258 的相关规定。

4.4.6 分风箱应符合现行国家及行业标准的相关要求。

4.4.7 风口应符合现行行业标准《通风空调风口》JG/T 14 的相关规定。

4.4.8 风机的噪声、能效等性能应符合现行国家及行业相关标准的要求。

4.5 监测与控制系统

4.5.1 温湿度控制器的空气温度测量精度应小于或等于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，空气相对湿度的测量精度应小于或等于 $\pm 3\%\text{RH}$ 。

4.5.2 调节风量用风阀应满足现行行业标准《建筑通风风量调节阀》JG/T 436 的

相关规定。

4.5.3 供水温度控制用自动调节阀应符合相关产品标准的规定。

5 施工与安装

5.1 一般规定

5.1.1 施工安装前应具备下列条件：

- 1 施工组织设计或施工方案应已批准，采用的技术标准和质量控制措施文件应齐全并已完成技术交底；
- 2 材料进场检验应已合格并满足安装要求；
- 3 施工现场应具有供水或供电条件，应有储放材料的临时设施；
- 4 土建专业应已完成墙面抹灰（不含面层），外窗、外门应已安装完毕，地面应已清理干净，卫生间应做完闭水试验并应经过验收；
- 5 相关电气预埋等工程应已完成；
- 6 施工的环境温度不宜低于 5℃。在低于 0℃的环境施工时，现场应采取升温措施，但不得采用明火。

5.1.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程主要部件的运输、存储应符合下列规定：

- 1 应进行遮光包装后运输，不得裸露散装；
- 2 运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖；
- 3 不得曝晒雨淋，宜储存在温度不超过 40℃且通风良好和干净的库房内；
- 4 应避免因环境温度和物理压力受到损害，并应远离热源。

5.1.3 施工过程中应防止油漆、沥青或其他有机溶剂接触污染预制吊顶辐射板及供热供冷管的表面。

5.1.4 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程的施工安装应与建筑、结构、电气、给水排水、装饰等专业相互协调。

5.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统施工及检验

5.2.1 施工单位应编制施工组织设计或施工方案，经批准后方可施工。

5.2.2 施工组织设计或施工方案应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 施工节点图、原始工作面至面层的剖面图的位置等；

- 3 主要材料、设备的性能技术指标、规格、型号等及保管存放措施;
- 4 施工工艺流程及各专业施工时间计划;
- 5 施工、安装质量控制措施包括: 预制吊顶辐射板安装, 供冷供热管安装, 分水器 and 集水器安装, 新风系统安装, 水压试验, 隐蔽前、后综合检查等;
- 6 施工进度计划、劳动力计划;
- 7 安全、环保、节能技术措施。

5.2.3 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程所使用的主要材料、设备组件、配件必须具有质量合格证明文件, 规格、型号及性能技术指标应符合国家现行有关标准和设计文件的要求。

5.2.4 预制吊顶辐射板进场后由空调系统工程的施工单位会同监理单位取样, 送有见证检验资质机构进行热性能检验, 检验数量为每个规格抽检一个。热性能检验方法应符合本规程附录 C 及现行行业标准《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》JG/T 403 的有关规定。

5.2.5 供热供冷管、输配管及管件进场, 应由空调系统工程的施工单位对管材壁厚等外观指标进行现场复试检验; 并会同监理单位在复试检验合格的产品中取样, 送有见证检验资质机构进行检验。检验项目、指标及测试方法应按照相关产品标准规定。

5.2.6 阀门、分水器 and 集水器组件安装前, 应做强度和严密性试验。试验应在每批数量中抽查 10%, 且不得少于一个。

5.2.7 阀门的强度试验压力应为工作压力的 1.5 倍; 严密性试验压力应为工作压力的 1.1 倍, 公称直径不大于 50mm 的阀门强度和严密性试验持续时间应为 15s, 其间压力应保持不变, 且壳体、填料及密封面应无渗漏, 并进行详细记录。

5.3 预制吊顶辐射板施工与安装

5.3.1 预制吊顶辐射板模块施工安装前应 with 装修单位及时沟通协调, 需密切配合天花板设计方案, 并检查灯位、风口、检修口等需要预留的空间是否做好预留及标识。

5.3.2 吊顶龙骨需考虑荷载, 应符合国家标准《建筑用轻钢龙骨》GB/T 11981 的要求, 施工工艺应符合国家标准《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》GB

50210 的规定。

5.3.3 金属板式吊顶辐射板安装时每个辐射板模块的接口必须相邻摆放，连接软管必须独立的在吊顶空间内放置，且不允许有折弯。

5.3.4 非金属板式吊顶辐射板施工安装时，可将相同规格的标准模块拼接安装。当标准模块的尺寸不能满足要求时，可用工具刀裁下所需尺寸的模块对齐安装。裸露在空气中的模块连接管及支管应做外保温。

5.3.7 非金属板式吊顶辐射板临时固定时，就位及固定过程中辐射板应尽量保持平整，扭曲变形角度不得超过 2° 。

5.3.8 吊顶辐射板安装应平整，模块间相互结合应紧密无明显缝隙，接缝应粘结平顺。安装后应有标记，提示避免家具等的遮挡和后期的随意开孔。

5.3.9 金属板表面平整度和接缝直线度的允许偏差均为 $\pm 2\text{mm}$ ，非金属板表面平整度和接缝直线度的允许偏差均为 $\pm 3\text{mm}$ 。接缝高低差的允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

5.4 空调水系统施工与安装

5.4.1 空调水系统管道与设备的施工安装应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 和《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的有关规定。

5.4.2 分水器、集水器宜在开始安装预制吊顶辐射板模块之前进行安装。

5.4.3 空调水系统及预制吊顶辐射板模块安装完毕，外观检查合格后，应按照现行国家行业标准《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260 的有关规定进行冲洗和水压试验，水压试验程序应符合下列规定：

1 水压试验应在系统冲洗之后进行；系统冲洗应对分水器、集水器以外主供、回水管道冲洗合格后，再进行室内空调水系统的冲洗；

2 水压试验应以每组分水器、集水器为单位，逐回路进行；

3 水压试验之前，对试压管道和构件应采取安全有效的固定和保护措施；

4 冬季进行水压试验时，在有冻结可能的情况下，应采取可靠的防冻措施；试压完成后应及时将管内的水吹净、吹干。

5 试验压力应为工作压力的 1.5 倍以上，其试验压力不应小于 0.6MPa 。检验方法：在试验压力下，稳压 1h，其压力降不应大于 0.05MPa ，且不渗不漏。

5.5 独立新风系统施工与安装

5.5.1 风管系统的制作与安装应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 和行业标准《通风管道技术规程》JGJ 141 的有关规定。

5.5.2 风管穿墙或穿楼板时，应设预留孔洞，尺寸和位置应符合设计要求。风管安装后，应用不燃材料封堵，外墙及屋顶部位应有有效的防渗漏措施。

5.5.3 室外风帽的安装必须做好防雨和密封处理。室外风帽的材质为不锈钢或铝材等耐腐蚀材料，材料厚度 $>0.3\text{mm}$ 。

5.5.4 电源应独立供给，接线应正确、坚固，并有良好接地；电源线应绝缘良好，不得裸露在外面；新风除湿机应有独立的控制回路及开关装置。

5.5.5 新风除湿机需配置排水口，排水口接管道至地漏口排放，其中接近排水口的位置宜留有返水弯。

5.5.6 管道施工过程中和施工完毕后应保持管道系统的封闭，避免杂物和灰尘进入。

5.5.7 独立新风系统施工安装完毕，外观检查合格后，应按照现行国家行业标准《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260 的有关规定进行严密性试验，并在隐蔽前完成试运行及调试。

5.6 监测与控制系统施工与安装

5.6.1 监测与控制系统的施工安装应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 等的有关规定。

5.6.2 传感器的安装应符合下列规定：

1 壁挂式空气温湿度传感器应安装在空气流通、避免阳光直射、能反映被测房间空气状态的位置；

2 风道内温湿度传感器应保证插入深度，且不应在探测头与风道外侧形成热桥；

3 插入式水管温度传感器应保证测头插入深度在水流的主流区内，安装位置附近不应有热源及水滴；

4 风道压力传感器应设置在管内流动稳定的地方，并应满足产品安装条件，且宜在主要分支处分别设置；

5 流量传感器安装位置前后应有保证产品所要求的直管段长度或其他安装条件。

5.6.3 风阀和水阀执行器安装应符合产品和设计的要求，安装后应保证阀门执行器开闭灵活，带有附件装置的应保证阀门执行器的调整范围。

5.6.4 监测与控制系统的导线穿管敷设应符合下列规定：

- 1 弱电与强电缆应分开敷设；
- 2 导管直径要与所穿导线的截面、根数相适应，管内导线不应有接头；
- 3 明配管应横平竖直、整齐美观；暗配管时宜沿最近的路线敷设，宜减少弯曲；埋地管路不宜穿过设备基础。

6 调试与验收

6.1 一般规定

6.1.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统调试、检测及验收应由施工单位负责，监理单位监督，设计单位与建设单位参与和配合。工程质量检验表可采用本规程附录 C 格式。

6.1.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的调试及检测应符合现行国家标准《通风空调工程施工质量验收规范》GB 50243 和行业标准《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260 的相关规定。

6.1.3 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程质量验收应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 及《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定。

6.2 调试与检测

6.2.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统未经调试，严禁运行使用。

6.2.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的试运行调试，应在具备正常供冷供暖和供电的条件下，由施工单位在建设单位配合下进行。

6.2.3 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统调试主要包括下列内容：

- 1 系统检查；
- 2 设备单机试运转及调试；
- 3 独立新风系统平衡调试；
- 4 空调水系统平衡调试；
- 5 非设计满负荷下的系统联合运行调试。

6.2.4 空调水系统的调试应在独立新风系统调试后进行，空调水系统的供水温度应控制在高于室内空气露点温度 1℃ 以上，降低直至达到设计供水温度，并保持该温度运行不少于 24h。在设计供水温度下应对每组分水器、集水器连接的管逐路进行调节，直至达到设计要求。

6.2.5 空调系统非设计满负荷下的联合运行调试应符合现行国家标准《通风与空

调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定。

6.2.6 空调系统应在调试完成后进行检测，检测项目包含下列项目：

- 1 室内空气温湿度控制精度测试；
- 2 新风量控制精度测试；
- 3 防结露控制效果测试。

6.2.7 室内空气温湿度和新风量检测应符合现行国家标准《通风空调工程施工质量验收规范》GB 50243 和行业标准《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260 的规定，实测值与设定值偏差应满足 3.6.5 和 3.6.6 规定。

6.2.8 在开窗或其它人为增大室内空气露点温度条件下对空调系统的防结露控制效果进行检测，要求辐射板表面不出现凝露现象。

6.3 质量验收

6.3.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调工程应在系统调试与检测完成后进行质量验收。

6.3.2 竣工验收时，除应提供图纸、调试报告、检测报告、产品说明书及现场复验报告等常规材料外，还应提供工程质量验收表（见附录 C）。

6.3.3 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程的验收应包括各个空调区 PMV 值、ADPI 值及新风量指标达到的情况。

6.3.4 空调区 PMV 值、ADPI 值计算所需的热环境参数测试应按现行国家行业标准《建筑热环境测试方法标准》JGJ/T 347 执行。

6.3.5 空调区新风量测试应按现行国家标准《通风空调工程施工质量验收规范》GB 50243 执行。

7 运行与维护

7.1 一般规定

7.1.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程项目完成施工安装、调试检测和质量验收完成后，应配套运行管理。

7.1.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统的运行管理应符合《空调通风系统运行管理规范》GB 50365 的规定。

7.2 运行管理

7.2.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统运行前应制定运行维护手册，并完成运行前的检查。

7.2.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统运行应按照运行维护手册确定的策略运行，并满足建筑低碳节能运行管理一般要求。

7.3 维护与保养

7.3.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统涉及的水系统、风系统、监控系统应做日常维护保养和定期维护保养。

7.3.2 系统首次运行前注水时应充分排气。系统每年首次运行时，需确保阀门开启到位，过滤器或脱气除污器无堵塞，立管进回水放气通畅，供冷供热管内无气堵。系统不运行时，应满水保护。

7.3.3 空调水系统宜定期清洗水过滤器，同时宜根据现场水压情况进行适时的补水，维持水压在系统正常运行范围。

7.3.4 空调风系统每两年至少一次进行检查、清灰和验收，去除风道内的集尘、污物、铁锈和菌斑等污染物。

7.3.5 新风应当直接来自室外，运行中严禁从机房、楼道及天棚吊顶等处间接吸取新风，新风口设置的防护网和过滤器应定期清洗或更换。

7.3.6 系统宜设置后台远程维护平台并实现自动报警功能。

附录 A 预制吊顶辐射板构造

A.0.1 金属板式金属管辐射板、金属板式塑料管辐射板及非金属板式塑料管辐射板构造可按图A.0.1-1~图A.0.1-3设置。

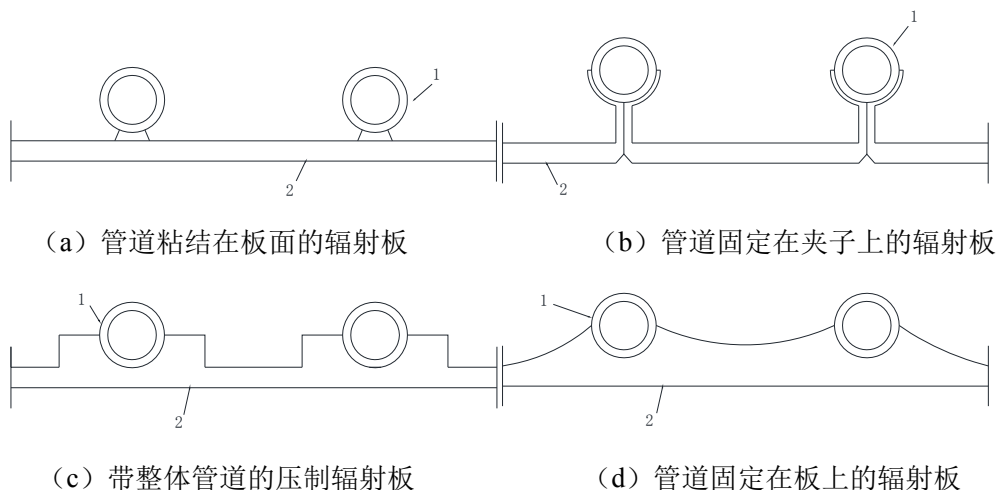


图 A.0.1-1 金属板式金属管辐射板结构示意图

1—金属管；2—金属板

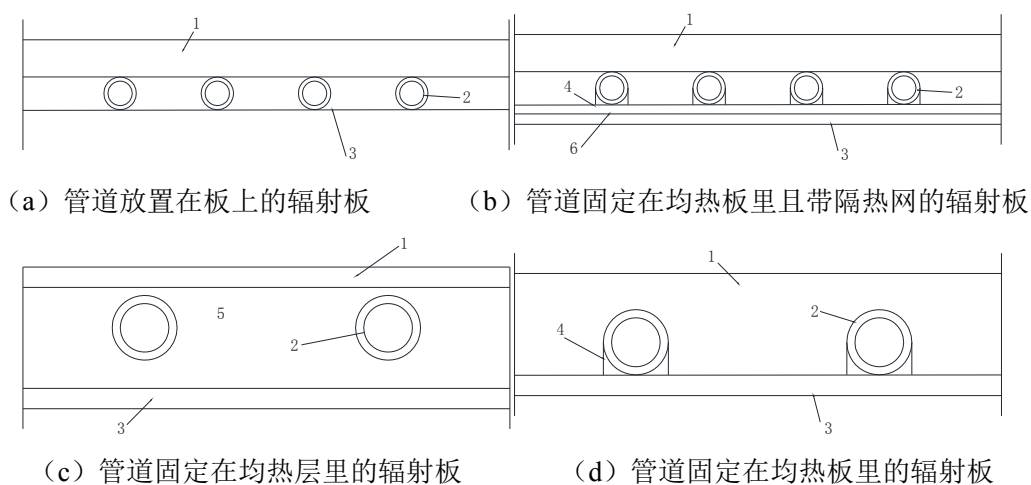
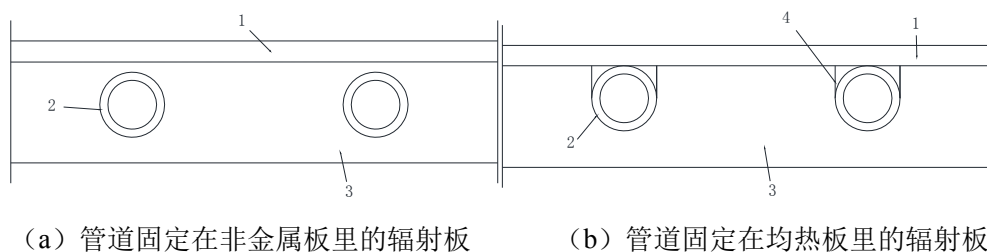
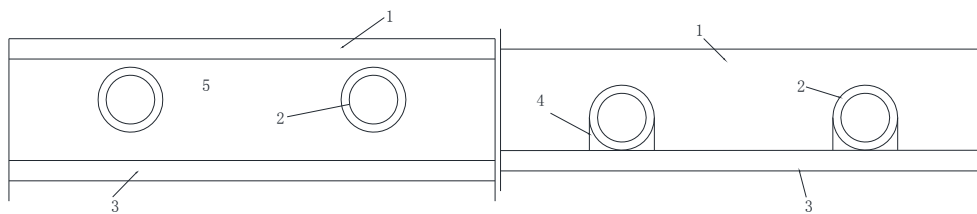


图 A.0.1-2 金属板式塑料管辐射板结构示意图

1—绝热模块板；2—塑料管；3—金属板；4—均热板；5—均热层；6—隔热网





(c) 管道固定在均热层里的辐射板

(d) 管道固定在均热板里的辐射板

图 A.0.1-3 非金属板式塑料管辐射板结构示意图

1—绝热模块板；2—塑料管；3—非金属板；4—均热板；5—均热层

附录 B 预制吊顶辐射板热性能测试方法

B.1 测试系统

B.1.1 测试目的是利用本标准规定的测试方法，确定预制吊顶辐射板的表面温度均匀度、热阻、热容及热响应时间。

B.1.2 测试样品宜满足按现行行业标准《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》JG/T 403 中的要求，测试及安装宜满足下列规定：

- 1 测试样品边长宜为 1.0~3.4 m，在闭式小室内居中铺设。
- 2 测试样品的标准工况供冷量不应小于 120 W，标准工况供热量不应小于 200 W，且对于立方米测试小室体积供冷（热）量不应大于 87 W。
- 3 测试时按测试样品使用状态将其安装在支架上，应在测试样品的周边设置绝热材料，绝热热阻不应小于 $1.0 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ 测试样品安装应符合图 B.1.2 的要求。

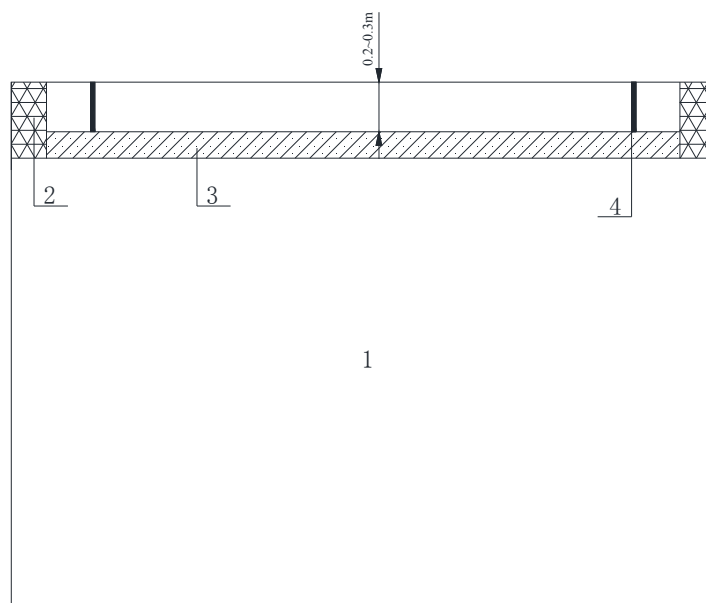


图 B.1.2 吊顶辐射板测试样品安装示意图

1—闭式小室；2—绝热层；3—测试样品；4—支吊架

B.1.3 预制吊顶辐射板的热性能测试方法的实验系统按现行行业标准《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》JG/T 403 中的规定确定。测试仪器的校准以及测试准备应按照现行行业标准《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》JG/T 403 中的规定执行。

B.2 测试方法

B.2.1 空气温度测点应满足如下要求：

1 预制吊顶辐射板辐射供冷时，宜以房间中央离地 1.10m 高处空气温度作为评价依据；供暖时，宜以房间中央离地 0.75m 高处空气温度作为评价依据，温度测点布置图应符合图 B.2.1 要求。

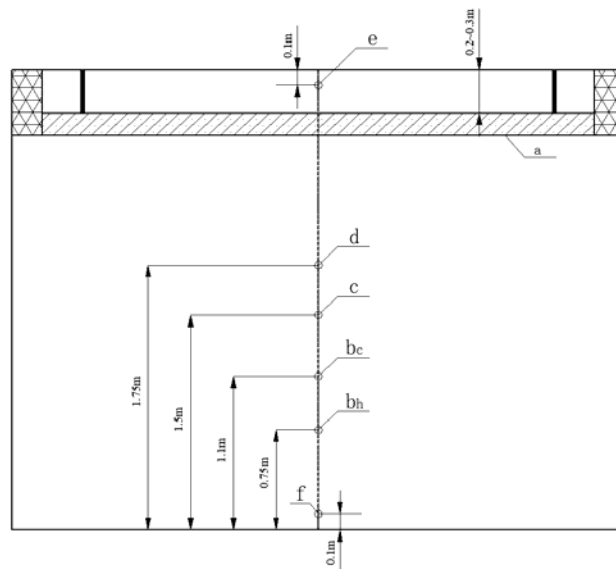


图 B.2.1 吊顶辐射板测试小室内温度测点布置示意图

a—测试样品；b_h—辐射供暖时基准点空气温度测点；b_c—辐射供冷时基准点空气温度测点；

c, d, e, f—其他空气温度测点

2 基准点温度测量系统扩展不确定度(k=2)不应大于 0.1 °C，其他温度测点测量系统扩展不确定度(k=2)不应大于 0.2 °C。

3 空气温度测点应做防热辐射屏蔽。

B.2.2 小室内表面温度测量方法如下：

小室六个内表面的中心应布置温度测点，测量系统扩展不确定度(k=2)不应大于 0.2 °C。

B.2.3 预制吊顶辐射板进出水温度测量方法如下：

1 进口和出口水温应在测试样品与水系统的连接点处测量，如不能在连接点处测量，则测温点与测试样品和水系统的连接点之间的距离不应大于 0.3 m，并应对该管段严格绝热，绝热层应延伸到测温点之外 0.3 m 以上。

2 温度传感器所检测到的温度应能代表水流平均温度。

3 温度测量系统扩展不确定度(k=2)不应大于 0.1 °C。

4 应确保进口和出口水温测量的一致性,进口水温和出口水温间的温差扩展不确定度($k=2$)不应大于 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

B.2.4 辐射板表面平均温度测量方法如下:

1 温度计应与辐射体表面紧密粘贴;

2 辐射板表面平均温度测点一般成对设置(其中一半测点应沿冷热媒流程均匀设置在供热供冷管上,另一半测点应沿冷热媒流程均匀布置在供热供冷管中间),布置的基本原则是将辐射板均匀划分为 6 份,在每份的中间布置一对测点。均匀布满整个吊顶辐射板表面,对于非规则表面、面积较大、温度不均匀表面测点数应适当增加。辐射板表面平均温度 $t_{s,m}$ 应取各测点温度的算术平均值。表面平均温度测点的示意图如图 B.2.4 中测点 1~12 所示。

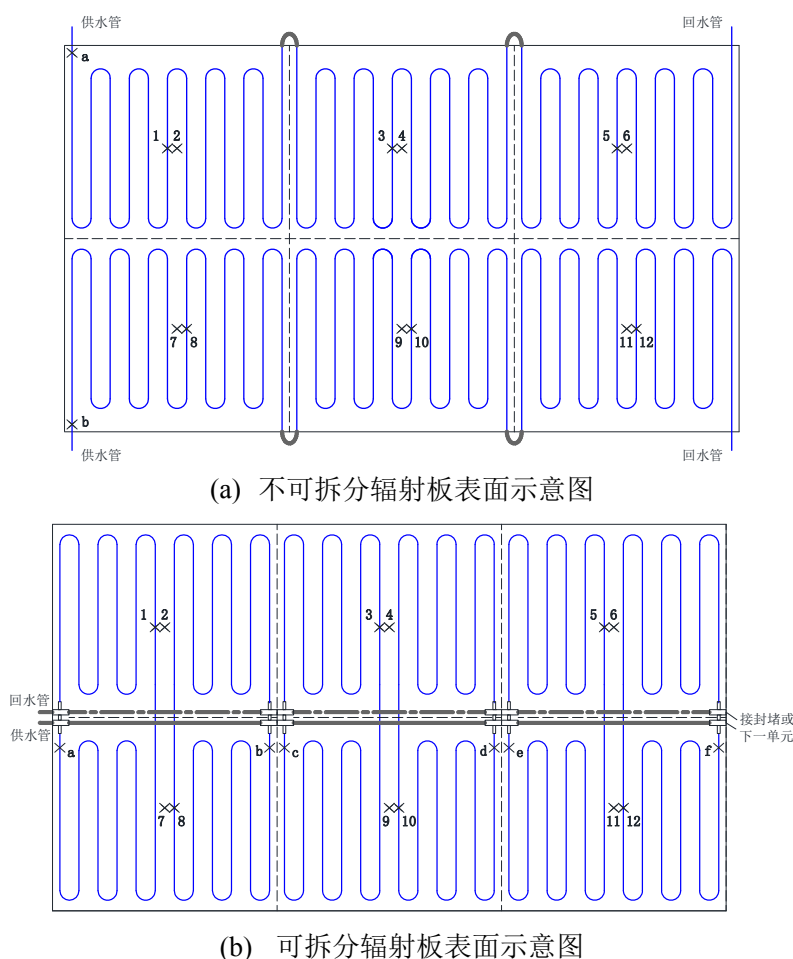


图 B.2.4 吊顶辐射板表面温度测点布置示意图

3 辐射板表面的最低/最高温度指供冷工况时辐射板表面的最低温度与供暖工况时辐射板表面的最高温度,对应测试点为供水管入口处对应的辐射板表面的温度,原则上要求存在几个供水管入口就应设几个辐射板表面最低/最高温度测

点，如图 B.2.4 (a)中测点 a、b 与 B.2.4 (b)中测点 a~f 所示。辐射板表面最高/最低温度 $t_{s,min/max}$ 应取各测点温度的算术平均值。

4 辐射板表面温度测量系统扩展不确定度($k=2$)不应大于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

B.2.5 辐射表面温度均匀度计算方法如下：

辐射表面温度均匀度的计算基于进入稳定状态后的辐射板表面平均温度、辐射板表面的最低/最高温度以及基准点空气温度，计算公式如式(B.2.5)所示。

$$\gamma = \frac{t_{s,m} - t_n}{t_{s,min/max} - t_n} \quad (\text{B.2.5})$$

式中： γ ——辐射板表面温度均匀度，该值越接近 1 说明表面的均匀度越好，无量纲；

$t_{s,m}$ ——辐射板表面平均温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_{s,min/max}$ ——辐射板表面最低或最高温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_n ——室内温度，按照测得的基准点空气温度进行计算 $^{\circ}\text{C}$ 。

应通过自控系统对相关参数定时监测，判断系统是否进入稳定状态。当在至少 60min 内得到的所有数据（至少 12 组）与平均值的最大偏差小于下列范围时可认为达到稳态条件：

1 冷热媒循环系统的稳态条件如下：

测试参数	与平均值的最大偏差
流量	$\pm 1\%$
温度	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

2 测试装置环境的稳态条件如下：

测试参数	与平均值的最大偏差
各壁面中心温度	$\pm 1\%$
基准点空气温度	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
小室内空气的相对湿度	$\pm 5\%$

3 辐射表面各温度测点与该温度测点平均值的最大偏差为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

B.2.6 辐射板表面温升曲线应满足如下要求：

1 辐射板表面温升曲线的基本原理如下：

利用吊顶辐射板热阻 R 的概念（吊顶辐射板内冷热媒到吊顶辐射板表面的

传热热阻)将吊顶辐射板的多维传热问题简化,利用冷热媒的平均温度 t_w 与吊顶辐射板表面平均温度 t_s 可以将冷热媒传递到吊顶辐射板表面的单位面积传热量 q_1 描述为式(B.2.6-1);吊顶辐射板表面与室内的换热方式主要通过对流换热与辐射换热的方式实现,采用对流辐射综合换热系数 h_z (供冷取 $11\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,供暖取 $7\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$)、吊顶辐射板表面平均温度 t_s 及基准点空气温度 t_a 可以将吊顶辐射板表面传递到室内热量 q_2 描述为式(B.2.6-2);吊顶辐射板在温升温降时还会存在自身的蓄热,利用单位面积热容 C 的概念描述吊顶辐射板的动态换热过程能量守恒方程式(B.2.6-3);能量守恒方程左边非稳态项为 0 (稳态传热)时,可以得出稳定后的吊顶辐射板表面温度 t_e ,如式(B.2.6-4)所示;再根据吊顶辐射板表面的初始温度 t_0 可以得到吊顶辐射板表面平均温度满足式(B.2.6-5)。

$$q_1 = \frac{t_w - t_{s,m}}{R} \quad (\text{B.2.6-1})$$

$$q_2 = h_z(t_a - t_{s,m}) \quad (\text{B.2.6-2})$$

$$C \frac{dt_{s,m}}{dt} = \frac{t_w - t_{s,m}}{R} + h_z(t_a - t_{s,m}) \quad (\text{B.2.6-3})$$

$$t_e = \frac{h_z t_a + R^{-1} t_w}{h_z + R^{-1}} \quad (\text{B.2.6-4})$$

$$t_{s,m} = (t_0 - t_e) e^{-\frac{h_z + R^{-1}}{C} t} + t_e \quad (\text{B.2.6-5})$$

时间常数是指吊顶辐射板表面温度变化幅度达到总变化幅度的 63.2%时的时间,用 τ 表示,如式(B.2.6-6)所示;当吊顶辐射板表面温度到达时间常数 τ 后吊顶辐射板表面还处于温升状态,而吊顶辐射板表面温度到达热响应时间 τ_{95} 后温度基本处于稳定状态,即热响应时间与稳定时间更加接近。因此,热响应时间 τ_{95} 可以更加直观的体现预制式吊顶辐射板能,根据 τ_{95} 的概念可以得到式(B.2.6-7);根据热响应时间的概念,吊顶辐射板表面温度的变化方程式(B.2.6-5)可以简化为式(B.2.6-8)。

$$\tau = \frac{C}{h_z + R^{-1}} \quad (\text{B.2.6-6})$$

$$\tau_{95} = \frac{3C}{h_z + R^{-1}} \quad (\text{B.2.6-7})$$

$$t_{s,m} = (t_0 - t_e)e^{-\frac{3t}{\tau_{95}}} + t_e \quad (\text{B.2.6-8})$$

式中：C——单位面积辐射板热容（与预制辐射板各层材料的比热、密度、厚度有关），单位为焦耳每平方米开尔文[J/(m²·K)]；

t——时间，单位秒（s）；

t_w——辐射板进出水温度算术平均值，单位摄氏度（℃）；

R——辐射板管内冷热水到辐射板表面的热阻，单位为平方米开尔文每瓦 [(m²·K)/W]

h_z——对流辐射综合换热系数，单位瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)]；

t_a——基准点空气温度，单位摄氏度（℃）；

t₀——辐射板表面的初始平均温度，单位摄氏度（℃）；

τ——辐射板时间常数，单位秒（s）；

τ₉₅——辐射板热响应时间，单位秒（s）。

2 辐射板表面温度动态测量及拟合方法如下：

1) 开始记录数据前，向吊顶辐射板和闭式小室的壁面内通入冷热水保持吊顶辐射板表面温度和基准点空气温度都为 26℃（供冷）或 20℃（供暖），并且维持稳定，要求基准点空气温度与平均值的最大偏差不超过±0.1℃。

2) 基准点空气温度达到稳定要求后，根据测试工况要求向吊顶辐射板内通入温度恒定的冷热水，对吊顶辐射板表面温度测点、基准点空气温度与吊顶辐射板供回水等各测点进行动态采集，采集时间间隔不应小于 1min，等时间间隔上至少进行 12 次测试，直至测试系统达到稳态条件。测试过程中通过温控装置调节闭式小室壁面内的冷热水温度使基准点空气温度、供回水流量、供水温度保持不变，其中基准点空气温度与平均值的最大偏差不超过±0.1℃，供回水流量与平均值的最大偏差不超过±1%。供水温度与其平均值的最大偏差不超过±0.1℃。

3) 计算辐射表面平均温度，采用辐射板表面平均温度进行温升曲线的拟合，根据动态采集的温度数据利用最小二乘法按照式(9)的形式拟合出辐射板表面的温升曲线，如图 B.2.6。

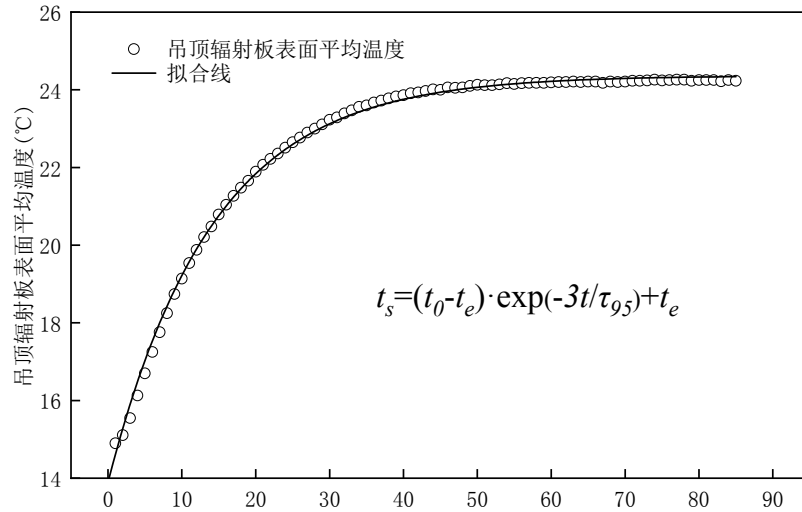


图 B.2.6 辐射板表面平均温度拟合曲线

3 利用表面拟合方程获得热阻、热容与热响应时间的方法如下：

根据拟合得到温升曲线,可以得到测试样本的热响应时间 τ_{95} 以及 $(t_0 - t_e)$ 、 τ_{95} 、 t_e 的值则吊顶辐射板的热阻与热容分别按式(B.2.6-9)、式(B.2.6-10)计算。

$$R = \frac{t_w - t_e}{h_z(t_e - t_a)} \quad (\text{B.2.6-9})$$

$$C = \frac{\tau_{95}(h_z + R^{-1})}{3} \quad (\text{B.2.6-10})$$

B.2.7 测试工况应满足如下要求：

1 供冷测试时，不同类型的辐射板对应的标准工况见 B.2.7-1。各标准工况还应符合下列条件：

- 1) 基准点空气温度为 26℃；
- 2) 过余温度的控制精度为±1K；
- 3) 小室大气压力为标准大气压力。

表 B.2.7-1 供冷测试标准工况进出水温度

类型	供冷工况	
	进水温度	出水温度
类型 I	7℃	12℃
类型 II	12℃	16℃
类型 III	16℃	19℃

2 供暖测试时，不同类型的辐射板对应的标准工况见 B.2.7-2。各标准工况还应符合下列条件：

- 1) 基准点空气温度为 20℃；
- 2) 过剩温度控制精度为±1K；
- 3) 小室大气压力为标准大气压力。

表 B.2.7-2 供暖测试标准工况进出水温度

类型	供暖工况	
	进水温度	出水温度
类型 I	35℃	32℃
类型 II	45℃	40℃
类型 III	55℃	47℃

附录 C 工程质量验收表

C.0.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程质量验收表见表 C.0.1

表 C.0.1 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程质量验收表

工程名称					
分部（子分部）工程名称			验收单位		
施工单位			项目经理		
分包单位			分包项目经理		
专业工长（施工员）			施工班组长		
项目	序号	内容	检验批数量	施工单位检查记录	监理（建设）单位验收结论
空调水系统	1	管道系统及部件安装			
	2	水泵及附属设备安装			
	3	管道冲洗与管内防腐			
	4	管道、设备防腐与绝热			
	5	吊顶辐射板安装			
	6	系统水压试验			

续表 C

独立新风系统	1	风管与配件制作及产成品			
	2	部件制作及产成品			
	3	风管系统安装			
	4	风道与设备绝热			
	5	新风除湿机安装			
	6	加湿器等空气处理设备安装			
	7	风口安装			
	8	严密性试验			
空调效果	1	PMV 值			
	2	ADPI 值			
	3	新风量			
施工单位检查评定结果		项目专业质量检查员 年 月 日			
监理（建设）单位验收结论		监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日			

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

1. 《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210
2. 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242
3. 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243
4. 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
5. 《空调通风系统运行管理规范》GB 50365
6. 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
7. 《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785
8. 《冷热水用分集水器》GB/T 29730
9. 《户式新风除湿机》GB/T 40397
10. 《通风管道技术规程》JGJ 141
11. 《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142
12. 《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260
13. 《装配式内装修技术标准》JGJ/T 491
14. 《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》JG/T 403
15. 《供冷供暖用辐射板》JG/T 409
16. 《空调系统用辐射换热器》JB/T 12842
17. 《民用建筑新风系统工程技术规程》T/CECS 439
18. 《温湿度独立控制空调系统工程技术规程》T/CECS 500

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

预制吊顶辐射板加独立新风空调系统 技术规程

T/CECS *** -20XX

条文说明

制 定 说 明

本规程制定过程中,编制组进行了辐射末端加独立新风空调(简称辐射空调)技术发展现状的调查研究,总结了我国预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程建设实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,通过对预制吊顶辐射板热性能、辐射空调房间热舒适性及气流组织和系统运行控制等进行实验研究及理论分析,取得了阶段性成果。

本规程编制原则为:(1)科学合理,具有技术先进性;(2)实事求是,具有可操作性;(3)保证施工质量的同时又能保证运行效果等。

关于系统合理设计、防结露及运行效果保障等重要问题,编制组给出了具有可操作性的解决措施,编制组将对其他尚需深入研究的有关问题多方取证、试验探究和工程应用后对规程进行更新补充。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定,《预制吊顶辐射板加独立新风空调系统技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明,对条款的规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

1 总则	39
2 术语	40
3 系统设计	43
3.1 一般规定	43
3.2 空调负荷与新风量计算.....	45
3.3 预制吊顶辐射板设计计算.....	46
3.4 空调水系统设计	48
3.5 独立新风系统设计	49
3.6 监测与控制系统设计	51
4 设备与材料.....	53
4.1 一般规定	53
4.2 预制吊顶辐射板	53
4.3 空调水系统	54
4.4 独立新风系统	54
4.5 监测与控制系统	55
5 施工与安装.....	56
5.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统施工及检验.....	56
5.3 预制吊顶辐射板施工与安装.....	56
5.6 监测与控制系统施工与安装.....	56
6 调试与验收.....	58
6.2 调试与检测	58
6.3 质量验收	59
7 运行与维护.....	60
7.2 运行管理	60

1 总则

1.0.1 本条说明了制定本标准的意义。

预制吊顶辐射板加独立新风空调系统作为辐射末端加独立新风空调系统（简称：辐射空调系统）的一种主要形式，近十年来在公共建筑和居住建筑中得到广泛的应用。本规程将为预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程的合理设计、施工安装、调试验收和运行维护的提供依据及指导。

1.0.2 本规程使用范围。

本规程针对以冷热水为介质的预制吊顶辐射板加独立新风空调系统，适用于新建、扩建、改建的民用建筑。因卫生间、地下室等潮湿房间内的室内空气露点温度太高，不适宜在该类场所应用。

1.0.3 本规程为预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程的专业性全国通用团体标准。根据国家主管部门有关编制和修订工程建设标准、规范等的统一规定，为了精简规程内容，凡其他全国性标准、规范等已有明确规定的內容，除确有必要者以外，本规程均不再另设条文。本条文的目的是强调在执行本规程的同时，还应注意贯彻国家执行相关标准、规范等的有关规定，如《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210、《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《空调通风系统运行管理规范》GB 50365、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《通风管道技术规程》JGJ 141、《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 及《装配式内装修技术标准》JGJ/T 491 等。

2 术语

2.0.1 本条文参考了国家标准《供暖通风与空调调节术语标准》GB/T 50155 及团体标准《温湿度独立控制空调系统工程技术规程》T/CECS 500-2018 的相关规定。类比于风机盘管加独立新风空调系统的概念及定义,本规程首次明确了辐射空调系统是辐射末端加独立新风空调系统的简称,并规定了预制吊顶辐射板作为典型辐射末端的主要功能是控制室内温度,独立新风系统的主要功能是控制室内湿度。因此,本规程以人体热舒适为依据,将室内温湿度作为预制吊顶辐射板加独立新风空调系统设计及运行控制的主要目标。

2.0.2 预制吊顶辐射板主要由在工厂预制的绝热模块板、均热板(层)和装饰面板组成,供冷供热管通过各种工艺与均热板或装饰面板复合形成辐射板,其中金属面板主要有铝制面板等,非金属装饰面板主要有石膏板、硅酸钙板等。

2.0.3 本条文参考了美国 ASHRAE 协会设计指南《ASHRAE Design Guide for Dedicated Outdoor Air Systems》和国内行业标准《住宅新风系统技术标准》JGJ/T 440-2018 等。

2.0.4 本条文参考了国家标准《户式新风除湿机》GB/T 40397-2021。

2.0.5 本条文参考了国家标准《空调设备用加湿器》GB/T 29736-2013 和图集《空调系统用加湿装置选用与安装》16K310 等。

2.0.9 根据辐射传热理论,影响辐射板供冷供热能力的主要涉及辐射板表面温度、面积和发射率等。因此,辐射板表面发射率是辐射板热性能的重要参数之一,显著影响辐射板的辐射换热性能。本条文参考了国际标准 ISO 18566-1。

2.0.10 辐射板表面温度均匀度是影响辐射板辐射传热能力的关键参数之一,并可以作为评价辐射板防结露性能的主要依据。编制组通过理论推导和实验验证获得了辐射板表面温度均匀度 γ 的无量纲定义式,如下式所示:

$$\gamma = \frac{t_{s,m} - t_n}{t_{s,\min/\max} - t_n}$$

式中: γ ——辐射板表面温度均匀度,该值越接近 1 说明表面温度均匀性越好;

$t_{s,m}$ ——为辐射板表面平均温度,℃;

$t_{s,\min/\max}$ ——辐射板表面最低或最高温度,℃;

t_n ——室内温度,℃。

2.0.11 预制吊顶辐射板作为一种空调末端产品，在工厂中成品之后其结构参数和热物性参数将保持不变，故可以采用热阻来评价其换热能力。严格来说，辐射板热阻应该是辐射板管壁到辐射板表面，但为了方便辐射板设计计算，本规程提出用管内冷/热水的平均温度代替管壁的温度，如式 3.3.5 所示。

此外，目前国内外标准中关于辐射板换热能力的测试方法不一致，测试环境与实际工程差异较大，导致辐射板的设计不够合理，影响辐射空调效果。因此，本规程提出以辐射板热阻作为其设计选型的主要依据，并提出相关的设计方法。

2.0.12 一般以总变化幅度的 63.2% 所消耗的时间来评价系统热响应特性，而本标准选择总变化幅度的 95% 所消耗的时间是因为此时状态十分接近最终的稳定状态，可以很好的描述辐射末端从某一稳态工况达到另一稳态工况所需的时间，如下图所示。

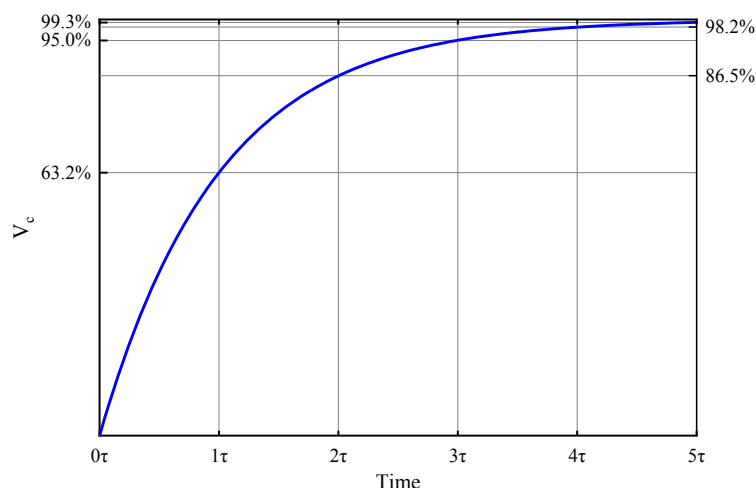


图 2.0.12 不同变化幅度所消耗的时间

2.0.13 本条文参考了国家标准《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785-2012 和《室内热环境条件》GB/T 5701-2008。PMV 指数是丹麦的范格尔（P.Fanger）教授提出的表征人体热舒适的评价指标，代表了同一环境中大多数人对热环境的平均投票值，其有七级感觉，即冷（-3）、凉（-2）、稍凉（-1）、中性（0）、稍暖（1）、暖（2）、热（3）。

2.0.14 对于辐射供暖供冷房间，由于室内空气速度小于 0.2m/s，室内操作温度是室内空气温度和平均辐射温度的平均值，计算如下式所示。

$$t_{op} = \frac{t_a + \bar{t}_r}{2}$$

式中： t_a ——房间中心0.6m（坐姿）或1.1m（站姿）处的室内空气温度，℃；

$\bar{t}_r$ ——房间中心0.6m或1.1m处平均辐射温度，℃。

按照国内外室内热环境标准规定，平均辐射温度可以通过测试黑球温度、空气温度及空气速度进行计算得到，相关测试方法可以参考国家标准《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785-2012和《室内热环境条件》GB/T5701-2008。

此外，参考ASHRAE手册，平均辐射温度也可以通过测试房间表面温度（包括地面及其它表面）进行计算得到，具体如下式所示。

$$\bar{t}_r = \frac{\sum_{j=1}^k A_j t_j}{\sum_{j=1}^k A_j}$$

式中： t_j ——某个表面温度，℃；

A_j ——某个表面面积，m²。

2.0.15 本条文参考了国家标准《供暖通风与空调调节术语标准》GB/T 50155。

2.0.16 气流组织的舒适性一般可用吹风感、垂直温差和空气分布特性指数等来评价。相关研究表明，辐射空调房间室内空气速度比较小，吹风感和垂直温差产生的热不舒适可以不用考虑。因此，本规程提出仅以空气分布特性指数来评价气流组织的舒适性。此外，空气分布特性指数还能反应出气流分布的均匀性，通过提高空气分布特性指数可以有效降低辐射空调的结露风险。

3 系统设计

3.1 一般规定

3.1.1 本条文参考行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012。同时，实际工程中吊顶辐射板以供冷为主而以供暖为辅，常出现吊顶辐射板供暖进出水温差低于 5℃ 的情况，故对供暖时辐射板的进出水温差下限不做限制。

3.1.2 根据国内外热舒适研究，不存在对热舒适影响的吊顶辐射板表面温度下限，相关标准和手册都是根据防结露要求确定下限，但存在对热舒适影响的上限。此外，根据实验研究及现场测试结果，辐射板表面容易结露部位为最低温度表面。因此，为了避免结露，本规程规定辐射供冷表面最低温度不应低于室内空气露点温度，而最高辐射供暖表面平均温度上限是参考行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012。

3.1.3 本条是参考国家标准《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785-2016 及《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012 的相关规定确定不同热舒适等级的 PMV 值。同时，辐射空调房间气流组织受送风参数、辐射供冷表面温度及室内负荷等影响，传统的全空气系统气流组织设计方法不再适用，因此本规程首次提出以空气分布特性指数来评价气流组织的舒适性，从而方便指导气流组织设计。

3.1.4 目前国内标准规范对室内环境噪声要求越来越高，而辐射空调系统合理设计可以满足相关要求。因此，为了保证辐射空调系统噪声达到要求，需要对系统进行消音降噪处理。比如控制水流速、减少弯头等降低水系统流动噪声和水泵振动噪声，控制送风速度、采用消音器及软管连接等降低风系统流动噪声和风机振动噪声。

3.1.5 相关国家标准包括《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272、《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175、《设备及管道保冷设计导则》GB/T 15586、《设备及管道保冷技术通则》GB/T 11790、《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264、《工业设备及管道绝热工程施工规范》GB50126，《工业设备及管道绝热工程施工质量验收标准》GB/T50185 等。

3.1.6 为了实现碳达峰碳中和，对于新建、扩建及改建的建筑围护结构热工性能

（如外墙外窗保温性能、门窗气密性等）应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 的相关规定外，还应符合地方建筑节能标准的规定。此外，根据实际工程经验，满足以上规定可以有效地降低辐射空调的结露风险。

3.1.7 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统适合装配式建筑，为了满足装配式建筑要求，应将给水排水管道、供热供冷管道及弱电管线等敷设在吊顶里，从而实现管线与建筑结构体相分离。此外，独立新风系统管道宜采用工厂预制、现场冷连接工艺。

3.1.8 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统工程应严格按照设计施工现场条件提供模块平面布置图，防止现场施工中出现辐射板无法布置的问题。增加了装配式建筑设计专篇，应给出管线分离设计说明。为了保证工程设计合理性，应给出辐射板设计选型列表。列表应包括项目所需的吊顶辐射板类型特征和技术参数，其中类型特征一般包括装饰面板、换热管类型等，技术参数一般包括供冷量、安装面积比例、进出口水温、辐射板表面温度、辐射板热阻、工作压力、水流阻力等。下表为吊顶辐射板产品列表的示例，供参考。

表 3.1.8 吊顶辐射板设计选型列表

序号	类型特征		技术参数							数量
	装饰面板类型	换热管类型	供冷量	安装面积比例	进出口水温	辐射板表面温度	辐射板热阻	工作压力	水流阻力	
			W/m ²	%	℃	℃	(m ² ·K)/W	MPa	kPa	
1	金属板式	金属管	60	80	16/19	21	0.058	0.6	25	20
2	非金属板	塑料管	60	80	12/16	21	0.115	0.4	25	20
备注：技术参数按照 JG/T 403 和 JG/T 409 测试。 装饰面板类型：金属板式/非金属板式 换热管类型：金属管/塑料管										

3.2 空调负荷与新风量计算

3.2.1 根据人体热舒适理论,影响人体热舒适的室内温度,应该是室内操作温度,而不是室内空气温度。因为人体主要通过对流、辐射及汗液蒸发和呼吸三种方式进行散热,而辐射供暖供冷房间人体汗液蒸发和呼吸供热量变化较小,影响人体热舒适的主要方式是对流及辐射散热,两者的散热比例占到人体总供热量的 70% 以上。室内空气温度可以体现人体对流散热的大小,而平均辐射温度可以体现人体辐射散热的大小,室内空气温度和平均辐射温度的平均值即室内操作温度可以体现人体的对流及辐射散热大小,故目前国内外室内热环境标准均采用室内操作温度来表示人体的热舒适状态。

国内外相关研究表明对于顶板辐射供冷房间,室内空气温度与平均辐射温度相差比较小,如此室内操作温度与空气温度的差值很小,一般空调区不超过 0.2℃,特殊空调区最大不超过 0.5℃,如玻璃外窗或幕墙透射太阳辐射较大的区域。因此,本规程规定以室内操作温度作为负荷计算室内设计温度,与辐射供暖供冷相关的国际标准保持一致,如 ISO 11855。

本规程按现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 和《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785 的要求,给出不同热舒适度等级条件下的室内操作温度作为室内设计温度。

3.2.2 国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中给定的不同热舒适等级条件下的室内设计温度如下表所示。

表 3.2.2 人员长期逗留区域空调室内设计参数

类别	热舒适度等级	温度 (℃)	相对湿度 (%)	风速 (m/s)
供热工况	I 级	22~24	≥30	≤0.2
	II 级	18~22	—	≤0.2
供冷工况	I 级	24~26	40~60	≤0.25
	II 级	26~28	≤70	≤0.3

根据条文说明,表中的室内设计温度是在空气温度与平均辐射温度相等的条件下得到的,即室内空气温度等于操作温度。对于辐射供暖供冷房间,室内空气温度与操作温度基本相等。因此,为了保证热舒适度,对于辐射供暖供冷房间,冷负荷计算时不应提高室内设计温度,热负荷计算时不应降低室内设计温度。

此外,相关研究表明辐射供暖供冷房间负荷比对流供暖供冷房间负荷略大一点,但独立新风系统可以增大辐射末端的供冷供热量 10%左右,两者相抵消,故对于一般民用建筑空调区域仍可采用传统对流空调负荷计算方法,但注意对于湿负荷较大的地区宜采用全年动态计算方式确定新风除湿机的除湿能力。此外,对于居住建筑空调负荷估算时可取 $80\text{W}/\text{m}^2\sim 120\text{W}/\text{m}^2$ 。

3.2.3 目前正在编制《民用建筑供暖通风与空气调节通用规范》,当该规范实施后最小新风量的确定应参考该规范。

3.2.4 当独立新风系统按最小新风量无法承担全部潜热负荷时,宜保持送风含湿量不变并增大送风量,可采用增加新风量或回风量的方法,并采用风机变频调节风量措施实现节能运行。

3.2.5 为了保证房间气流组织,本规程要求独立新风系统全年送风温度应低于室内空气温度 2°C 以上,如此供冷时独立新风系统可承担部分显热负荷,供热时形成了新风热负荷。

3.3 预制吊顶辐射板设计计算

3.3.1 吊顶辐射板按装饰面板分为金属板式和非金属板式,按换热管类型分为金属管和塑料管。金属板和金属管相对热阻较小,热响应较快,适用于办公室、会议室等办公建筑,非金属板和塑料管相对热阻较大,热响应较慢,适用于高档住宅、别墅等居住建筑。

3.3.2 本条文是参考了国际标准 ISO 18566《Building environment design- Design, test methods and control of hydronic radiant heating and cooling panel systems》。预制吊顶辐射板设计选型以供冷工况为主,然后对供暖工况进行校核。设计选型步骤如下所示:

①确定房间设计室内温湿度

根据 GB 50736 的规定,按建筑气候分区和供冷房间要求确定舒适的室内操作温度,并作为室内设计温度,但注意室内温度不可提高 $0.5^{\circ}\text{C}\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。

②计算房间显热负荷和潜热负荷

根据室内设计条件、房间功能、建筑图纸和规范等计算房间显热负荷和潜热负荷。

③确定吊顶辐射板承担的显热负荷

根据房间潜热负荷及室内卫生要求确定房间新风量,计算新风承担的房间显热负荷及辐射板承担的显热负荷。注意,当室内卫生要求的最小新风量无法承担全部潜热负荷时宜采用加大送风量的方法。

④确定辐射板可吊顶安装面积及其表面温度

不同建筑类型辐射板可吊顶安装的面积不同,其中公共建筑可吊顶安装的面积比例达到 80%以上,而居住建筑可吊顶安装的面积比例一般不超过 70%。辐射板承担的显热负荷越大,辐射板表面和室内温度之间所需的温差就越大。根据 JGJ 142 计算满足房间所需供冷量的辐射板表面温度。根据热舒适性研究,过低的表面温度将产生由不对称辐射引起的热不舒适;同时,当表面温度低于室内空气露点温度时将产生结露问题。当辐射板表面温度不满足要求时,可以通过在其它围护结构表面铺设辐射板来提高表面温度。

⑤确定吊顶辐射板的类型

吊顶辐射板按装饰面板分为金属板式和非金属板式,按换热管类型分为金属管和塑料管。金属板和金属管相对热阻较小,热响应较快,适用于办公室、会议室等办公建筑,非金属板和塑料管相对热阻较大,热响应较慢,适用于高档住宅、别墅等居住建筑。

⑥确定吊顶辐射板的热性能参数或实际安装面积

根据设计供回水温度、辐射板表面温度及辐射板承担的显热负荷,通过计算确定辐射板的热阻等热性能参数,或给定辐射板条件下确定辐射板的实际安装面积。需要注意的是,辐射板的实际安装面积小于上述房间可吊顶安装的面积时需要重新校核辐射板表面温度。

3.3.4 条文 3.2.2 中规定了以室内操作温度作为室内设计温度,而国际标准 ISO 11855 中关于顶面传热量的计算正好是以室内操作温度作为室内设计温度,且相关研究表明 ISO 11855 中关于顶面传热量的计算精度略高于 ASHRAE 手册中的计算方法,因此本标准参考了 ISO 11855 中关于顶面传热量的计算公式。当辐射板表面温度计算值过低或过高时,可通过增加墙面或地面辐射末端、设置风机盘管和改变室内设计温度等措施调整吊顶辐射板表面温度。此外,当每个环路的辐射板铺设面积及设计流量跟测试报告中流量差别明显时,需要对表面温度均匀度

进行校核计算，如下所示：

$$\gamma = \frac{\eta}{1 + A / (2cGR)}$$

式中： η ——是肋片效率；

A ——每个环路辐射板铺设面积， m^2 ；

c ——水的比热 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

G ——水流量， kg/s ；

R ——辐射板热阻， $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ 。

其中肋片效率可通过测试报告中的辐射板热阻和水流量等参数通过上式计算得到。

3.3.6 目前国际标准 ANSI/ASHRAE Standard 138 《Method of Testing for Rating Ceiling Panels for Sensible Heating and Cooling》、EN 14240 《Ventilation for Buildings-Chilled Ceilings-Testing and Rating》、国内行业标准《供冷供暖用辐射板》JG/T 409-2013 和《空调系统用辐射换热器》JB/T 12842-2016 均采用稳态测试方法测试辐射板热性能，并通过供冷供热量与过余温度的关系来描述辐射板的热性能。由于上述标准关于辐射板热性能测试的实验室环境条件相差较大，且与实际建筑环境相差也较大，导致实际房间辐射板供冷供热量与测试结果存在很大误差，无法保证空调供冷效果。因此，编制组首次提出动态测试方法测试辐射板热性能，提出以仅跟辐射板结构材质有关的热阻、热容及热响应时间作为热性能参数，如此完全规避了实验室环境条件对测试结果的影响，并为辐射空调系统的高效运行提供支持；此外，本规程首次给出辐射板表面温度均匀性方面的要求及其试验方法，从而保证了辐射空调系统的安全运行。

3.4 空调水系统设计

3.4.3 辐射空调系统的管径较小，水质较差可能产生堵塞，故要求空调系统的水质及其保证措施应符合国家现行标准《采暖空调系统水质》GB 29044 等的要求。

3.4.4 吊顶辐射板供冷供暖系统受排气效果影响很大，水管布置及设计时必须考虑排气。

3.4.5 本条是参考国际标准 ISO 18566-1 《Building environment design- Design, test

methods and control of hydronic radiant heating and cooling panel systems- Part 1: Vocabulary, symbols, technical specifications and requirements》。吊顶辐射板管中流体的流量严重影响辐射板表面温度的均匀性，如下图所示。为了提高辐射板表面温度均匀性及辐射板供冷能力，宜尽量提高水流速或流量，同时可以有效地排除辐射板管内气泡。

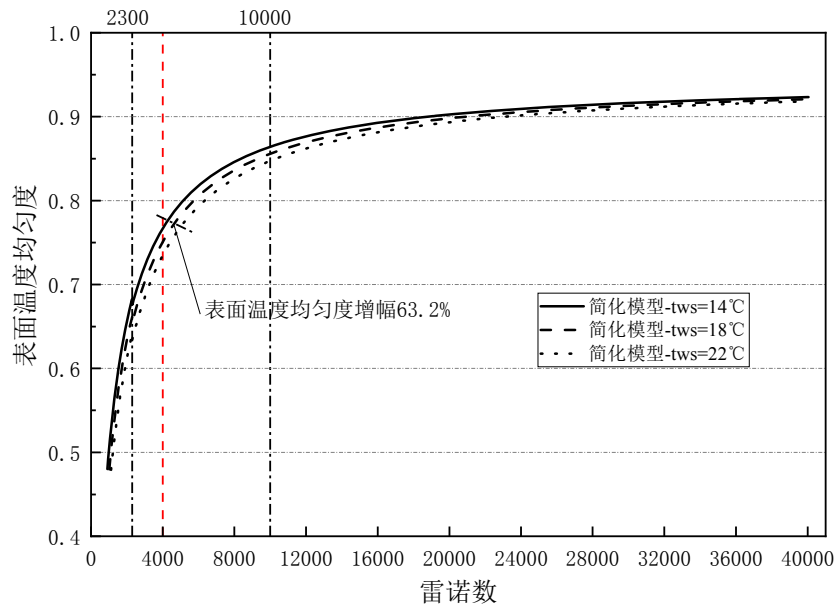


图 3.4.5 雷诺数对表面温度均匀度的影响

3.4.7 为了保证各个环路的流量与设计流量一致，要求分集水器应具有可调节和设定流量的专用阀门组件，如流量计或内置平衡阀等。

3.4.8 同程连接可以使辐射供冷表面温度均匀、每个环路流体阻力平衡。辐射板之间的连接管及支管裸露在空气中，容易出现结露，应进行保温绝热。

3.5 独立新风系统设计

3.5.2 辐射空调房间气流组织受送风射流、辐射供冷表面下沉冷气流及室内热表面上浮热气流等影响，传统的全空气系统气流组织设计方法不再适用。编制组通过实验研究及 CFD 模拟，得到不同舒适度要求的 ADPI 值条件下送风温度、换气次数、室内负荷及围护结构负荷的变化范围，如下表所示。这些表格可以用来指导辐射空调房间气流组织设计。

表 3.5.2-1 顶板供冷+混合通风房间

	住宅		办公室	
	I: $100 \geq ADPI \geq 90$	II: $90 > ADPI \geq 80$	I: $100 \geq ADPI \geq 90$	II: $90 > ADPI \geq 80$
A	$16 \leq A \leq 21$	$16 \leq A \leq 22$	$16 \leq A \leq 22$	$16 \leq A \leq 22$
B	$1.5 \leq B \leq 2.5$	$1.0 \leq B \leq 2.5$	$1 \leq B \leq 4$	$1 \leq B \leq 4$
C	$10 \leq C \leq 30$	$10 \leq C \leq 30$	$20 \leq C \leq 60$	$20 \leq C \leq 60$
D	$25 \leq D \leq 45$	$25 \leq D \leq 45$	$25 \leq D \leq 45$	$25 \leq D \leq 45$

A—送风温度/℃, B—换气次数/(次/h), C—室内负荷/(W/m²), D—围护结构负荷/(W/m²)

表 3.5.2-2 顶板供冷+地板送风房间

	住宅		办公室	
	I: $100 \geq ADPI \geq 90$	II: $90 > ADPI \geq 80$	I: $100 \geq ADPI \geq 90$	II: $90 > ADPI \geq 80$
A	$18 \leq A \leq 22$	$18 \leq A \leq 22$	$20 \leq A \leq 22$	$20 \leq A \leq 22$
B	$0.5 \leq B \leq 2.0$	$0.5 \leq B \leq 2.5$	$1 \leq B \leq 4$	$1 \leq B \leq 4$
C	$10 \leq C \leq 30$	$10 \leq C \leq 30$	$20 \leq C \leq 23$	$20 \leq C \leq 60$
D	$25 \leq D \leq 35$	$25 \leq D \leq 45$	$25 \leq D \leq 45$	$25 \leq D \leq 45$

A—送风温度/℃, B—换气次数/(次/h), C—室内负荷/(W/m²), D—围护结构负荷/(W/m²)

3.5.3 为了保证辐射空调环境良好的气流组织, 本规程要求全年送风温度应低于室内空气温度, 避免送的新鲜空气上升至吊顶形成短路, 降低室内空气品质。此外, 为了避免风口结露要求送风温度宜高于室内空气露点温度, 当送风温度低于露点温度时, 可以采用诱导风口等。

3.5.4 当建筑围护结构热工性能(如气密性)达到最新国家标准要求时, 排风量为新风量的 80%~90%可以达到微正压要求。但若实际建筑气密性没达到要求, 需要提高建筑气密性或降低排风量, 但不宜低于新风量的 70%。此外, 工程上通常只对厨房补风, 以防止较大负压。卫生间不宜就地补风, 否则卫生间温湿度不能保证。

3.5.5 为了保证辐射空调环境良好的气流组织, 对于同一空调区域宜同时设置送风口和排风口, 并采用风管连接方式, 而特殊区域可采用集中回风口。关于送风口、排风口的规定是参考行业标准《住宅新风系统技术规程》JGJ/T 440-2018 和

团体标准《民用建筑新风系统工程技术规程》CECS 439-2016。

3.5.7 本条参考了团体标准《民用建筑新风系统工程技术规程》T/CECS 439-2016。

3.5.8 对于公共建筑，由于室内负荷比较大，可以采用不带调温的冷水式新风除湿机，但注意风管保温和风口防结露；而对于存在梅雨及回南天地区的居住建筑，可采用带调温的双冷源或直膨式新风除湿机。

3.5.9 办公商业空调系统人员密度高、发湿量大，由焓湿图分析可知，若冬季采用最小新风量系统，可不设加湿装置。适用于辐射空调系统的加湿方式有：

1) 蒸汽加湿：干蒸气加湿器加湿迅速、均匀、稳定且不带水滴，省电、运行费用低、布置方便，但需要蒸汽源；

2) 电极式、电热式加湿器耗电量大、运行费用高，需使用软化水，清洗困难，一般应用于小型系统中；

3) 湿膜加湿器洁净无噪音，对空气有洗涤、过滤作用，能耗较低，但体积大，加湿量小。

4) 超声波加湿器体积小，加湿强度大，耗电量少，控制性能好，雾粒小而均匀；可能带菌，单价较高，使用寿命短；对水质有一定要求。

5) 气化式加湿：简单节能，缺点是装置上易产生微生物污染，必须进行水处理，管理要求高，气化装置具有一定的空气阻力，会增加风机能耗；

6) 水喷雾式加湿：有高压喷雾和离心式喷雾两种型式。这类加湿器雾化度较差，水汽中易带菌，湿度控制精度不高，不宜用于高级民用建筑的辐射空调系统。

3.5.10 由于独立新风系统承担全部潜热负荷，一般条件应采用全热回收装置可显著降低新风冷负荷，但注意装置漏风量应满足排风热回收要求，如卫生间集中排风等。对于公共建筑，若需要考虑到卫生防疫需求，寒冷地区及严寒地区可以采用显热回收装置，避免交叉感染。

3.6 监测与控制系统设计

3.6.2 室内空气温湿度、新风量、送风温湿度和辐射板表面温度是保证室内热舒适性及避免辐射板表面结露的重要参数。其中辐射板表面温度的监测宜采用温度传感器贴附表面的方式实现。对于变风量运行的独立新风系统应监测并控制送风

管静压值。

3.6.3 空调系统应通过监测室外空气温湿度自动判断及切换系统运行方式，实现全年空调系统的自动运行。

3.6.4 室内空气温湿度及新风量是防止辐射板表面结露的关键参数，需要进行精准控制。同时，配合防结露控制策略实现空调系统安全运行。

3.6.5 对于比较小的空调区域可采用分环路控制，如住宅；对于比较大的空调区域可采用总体环路控制，如大开间办公室。由于室内空气温湿度是保证热舒适性及防止辐射板表面结露的关键参数，需要进行精准控制。本规程参考国际标准 ISO 7730 及恒温恒湿的要求，首次规定了空气温度和相对湿度的控制精度。

3.6.6 由于新风量是保证室内健康性及防止辐射板表面结露的关键参数，需要保持恒定及进行精准控制，工程上宜采用恒风量变频风机的新风除湿机。

3.6.7 由于独立新风系统阻力增大或需要变风量调节，为了保持室内微正压，送风机和排风机应按固定比例同时调节风机频率。

3.6.8 为了保证室内湿度，当人员数量变化比较大或湿度控制要求比较的空调区，宜采用定静压或可变静压方式控制送风量。

3.6.9 不同类型预制吊顶辐射板的表面温度均热性、热响应时间及供冷能力等热热性能差异比较大，需要制定对应的防结露控制策略。若防结露采用露点探测方法，探测露点和真实露点间存在一定的滞后性，为了方便监测和快速响应，采用现场测量空间温湿度，并通过温湿度计算露点，并设置一定的保护余量，减少系统滞后性。

3.6.10 辐射空调系统作为目前科技住宅或办公楼常采用的系统，宜提高系统智能化水平，并纳入智能家居或智能建筑的管理平台中。

4 设备与材料

4.1 一般规定

4.1.2 绝热材料：《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1、《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.2 及《建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 21558 等；

管材：《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991、《热塑性塑料管材通用壁厚表》GB/T 10798、《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统》GB/T 18992、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T 19473、《冷热水用无规共聚聚丁烯管材及管件》CJ/T 372、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统》GB/T 28799、《冷热水用聚丙烯管道系统》GB/T 18742、《铝塑复合压力管》GB/T 18997、《无缝铜水管和铜气管》GB/T 18033 等；

温湿度控制器：《温度指示控制仪》JJG874、《家用和类似用途电自动控制器 第十部分：温度敏感控制器的特殊要求》GB14536.10 等；

水路自动调节阀：《家用和类似用途电自动控制器 第一部分：通用要求》GB14536.1、《家用和类似用途电自动控制器 第二部分：电动水阀的特殊要求及机械要求》GB14536.9、《电起动器的特殊要求》GB14536.16 等。

4.2 预制吊顶辐射板

4.2.1 吊顶辐射板的性能要求应满足 JG/T 409 及 JB/T 12842 的相关规定。吊顶辐射板应采用阻氧管材，辐射板表面应平整光洁，应无明显刮伤、锈斑和压痕，应喷涂层均匀、色调一致，应无留痕、气泡和剥落。辐射板应无裂纹、无脱皮、无明显的变形。辐射板无法直接判断管线位置的应在其管线位置设置明显标识。辐射板出厂前，管道两端应进行有效封堵。

4.2.2 对于设置送风排风管道的辐射空调房间，吊顶安装的辐射板燃烧性能等级应达到 A 级。对于安装在轻钢龙骨上的纸面石膏板等燃烧性能应达到 B₁ 级。

4.2.3 目前有些吊顶辐射板绝热层厚度不够，出现冷热损失比例比较大的情况，导致辐射板供冷供热能力不足，需要增加铺设面积。同时，增大了系统供冷量及供热量及运行能耗。因此，本规程首次明确要求辐射板的冷热损失比例不宜超过

15%，从而降低空调系统能耗。

4.2.4 均热板导热系数和厚度对辐射板的表面温度均热性能影响较大，如下图所示。为了提高辐射板的表面温度均热性能及辐射供冷能力，本规程推荐采用导热系数大于 $150\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的材料，如铝，且厚度不宜小于 0.4mm 。

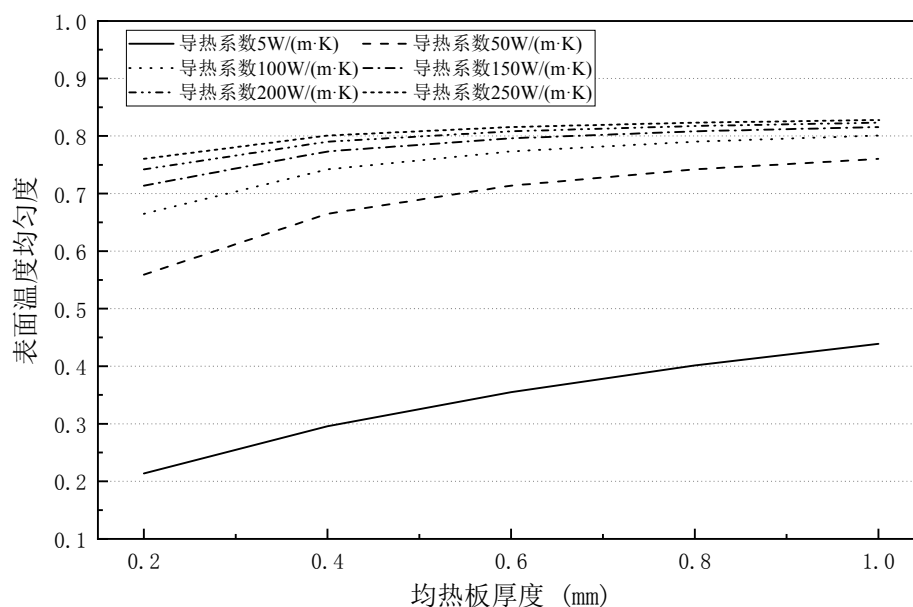


图 4.2.4 均热板厚度、导热系数对表面温度均匀度的影响

4.2.6 为了提高辐射板表面辐射性能，参考国际标准 ISO 18566，表面发射率不应低于 0.8；特别是针对金属板，表面发射率一般为 0.6~0.8，达不到要求需要在表面进行处理。

4.2.7 辐射板之间的所用接头、配件存在漏水风险，为了杜绝此情况，本标准规定了其安全可靠，并要求在系统使用时间内不得出现任何问题。

4.3 空调水系统

4.3.1 相关国家标准包括《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976、《空调与制冷设备用无缝铜管》GB/T 17791、《无缝铜水管和铜气管》GB/T 18033 和《铝及铝合金连接挤压管》GB/T 20250。

4.3.3 为了防止分水器、集水器、阀门及附件等安装位置可能会与辐射表面不在同一空间，此时有可能管道内流体温度低于空气露点温度，采取防结露措施，防止其表面产生凝结水。

4.4 独立新风系统

4.4.1 相关标准还包括《户用和类似用途组合式空气处理机组》GB/T 40379、《组合式空调机组》GB/T 14294、《全新风除湿机》GB/T 20109 等。

4.4.6 新风量小于 2000 立方米每小时的分风箱可参考了团体标准《小型新风系统用风量分配器》T/CAQI 201-2021，对于新风量大于 2000 立方米每小时的分风箱可以参考团体标准《防排烟及通风空调系统用静压箱》T/CECS XXX。

4.4.8 现行国家及行业标准主要包括《通风机能效限定值及能效等级》GB 19761、《暖通空调用轴流通风机》JB/T 6411、《暖通空调用离心通风机》JB/T 7221、《通风机 噪声限值》JB/T 8690、《通风器》JG/T 391。

4.5 监测与控制系统

4.5.1 温湿度控制器产品标准见本规程第 4.1.2 条的条文说明。

4.5.3 自动调节阀产品标准见本规程第 4.1.2 条的条文说明。

5 施工与安装

5.2 预制吊顶辐射板加独立新风空调系统施工及检验

5.2.4 吊顶辐射板进入施工现场时应进行开箱检查验收,并形成书面的验收记录。查验的内容包括产品的类型、规格、包装、外观、产品说明书、产品质量合格证、性能检测报告等。

在进场验收合格的基础上,应对吊顶辐射板的耐压密封性、热性能、水流阻力、防结露性能、热冷损失比例及表面辐射性能进行复验。由工程的施工单位会同监理单位取样,送有见证检验资质机构进行检验,检验数量为每个规格抽检一个。检验方法应符合 JG/T 403 及 JG/T 409 的有关规定。

5.3 预制吊顶辐射板施工与安装

5.3.2 预制吊顶辐射板模块施工安装可参考国家建筑标准设计使用图集《辐射供冷末端施工安装》12SK407。

5.3.9 本条是参考国家标准《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》GB 50210-2018 的相关规定。表面平整度用 2m 靠尺和塞尺检查,接缝直线度拉 5m 线(不足 5m 拉通线)用钢直尺检查,接缝高低差用钢直尺和塞尺检查。

5.6 监测与控制系统施工与安装

5.6.1 监测与控制系统的施工安装对于辐射空调系统相对比较重要,为了满足智能化要求还应符合现行国家标准《智能建筑工程施工规范》GB 50606 和《智能建筑工程质量验收规范》GB 50339 等的有关规定。

5.6.2 传感器的位置设置应合理,壁挂式空气温度、湿度传感器应安装在空气流通、避免阳光直射、能反映被测房间空气状态的位置;风道内温度、湿度传感器应保证插入深度,不应在探测头与风道外侧形成热桥;插入式水管温度传感器应保证测头插入深度在水流的主流区范围内,安装位置附近不应有热源及水滴;机组送风温度传感器应安装在挡水板后有代表性的位置,应避免辐射热、振动、水滴及二次回风的影响;风道压力传感器应设置在管内流动稳定的地方并满足产品需要的安装条件,宜在主要分支处分别设置;风量传感器安装位置前后应有保证

产品所要求的直管段长度或其他安装条件。

5.6.4 与强电缆应分开敷设是为了避免对弱电控制信号的干扰,保证控制效果。

6 调试与验收

6.2 调试与检测

6.2.3 风量平衡调试方法有流量等比分配法、基准风口调整法和逐段分支调整法，调试时可根据空调系统的具体情况采用相应的方法进行调试。末端风口风量测试可采用风量罩法、辅助风管法、风口风速测试方法，具体操作参照《通风空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016 附录 E，采用各种方法测试时应注意测试条件及选取合适量程和精度的仪器。应记录风量平衡调试过程数据和最终调试结果，以方便对一些问题进行诊断和分析。风平衡调试判定标准依据《通风空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016 第 11.3.2 条，末端风口风量与设计值偏差应小于等于 15%。

水系统平衡调试方法有比例调节和补偿调节法，调试时可根据空调系统的具体情况采用相应的方法进行调试。水平衡调试用主要设备是超声波流量计和压力表，测试应确认测试条件、选取合适量程和精度的仪器，如果系统有监测计量装置，在确认其准确性满足要求时可以采用系统计量仪表。应记录水系统平衡调试过程数据和最终调试结果，以方便对一些问题进行诊断和分析。水系统平衡调试判定标准依据《通风空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016 第 11.3.2 条，末端设备水流量与设计值偏差应小于等于 15%。

6.2.4 初始供冷调试，应确保新风系统正常运行，供冷系统的供水温度如果低于露点将产生结露现象，因此初次供冷的水温应严格控制。供冷系统的供水温度随着室内露点温度的不断减小，直至降低到设计供水温度。

6.2.7 室内空气温湿度检测需要空调系统连续稳定运行 1 个小时后记录系统中每个温湿度控制面板的实测温度值和设定温度值，数据记录应连续记录 2 个小时以上，时间间隔不大于 15 分钟，根据记录数据进行比较分析。新风量检测同样需要独立新风系统连续稳定运行 1 个小时后记录新风除湿机的实测新风量和设定新风量，数据记录应连续记录 2 个小时以上，时间间隔不大于 15 分钟，根据记录数据进行比较分析。

6.2.8 本条是为了检测空调系统的防结露控制效果，避免辐射空调实际运行中出现结露现象。

6.3 质量验收

6.3.3 不同热舒适度等级条件下室内 PMV 值及 ADPI 值应满足表 3.1.3 的规定，新风量指标应满足国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。

6.3.4 PMV 值计算需要测试空调区中心 0.6 米高处空气温湿度、平均辐射温度、空气速度，然后通过计算得到室内操作温度和 PMV 值。平均辐射温度可以通过测试黑球温度、空气温度及空气速度进行计算得到，相关测试方法可以参考国家标准《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785-2012 和《室内热环境条件》GB/T 5701-2008。

ADPI 值计算需要测试房间不同位置 and 不同高度的空气温度和速度。具体为将空调区在水平方向划分成至少 4 个以上均布区域，选取区域中心点并高度为 0.1 米、0.6 米、1.1 和 1.7 米处作为测试点，采用微风速探头测试测点空气温度和速度，然后将测试得到的数据代入到下式中计算 ADPI。

$$ADPI = \frac{N}{N_{total}} \times 100\%$$

$$EDT = (t_i - t_n) - 7.66(u_i - 0.15)$$

式中：N —— EDT 值大于 -1.7 且小于 1.1 的测点数目，个；

N_{total} —— 总测点数目，个；

t_i —— 测点的温度，℃；

u_i —— 测点速度，m/s；

t_n —— 室内温度，℃。

6.3.5 空调区末端风口风量测试可采用风量罩法、辅助风管法、风口风速测试方法，具体操作参照《通风空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016 附录 E，采用各种方法测试时应注意测试条件及选取合适量程和精度的仪器。

7 运行与维护

7.2 运行管理

7.2.2 建筑低碳节能运行管理一般要求满足以下要求。

(1) 技术文件

建筑设备系统的设计、施工、验收、综合效能调适、交付资料等技术文件应齐全、真实。对照系统的实际情况和相关技术文件，保证技术文件的真实性和准确性。下列文件为必备文件档案，并作为节能运行管理、责任分析、管理评定的重要依据：

- 1) 建筑设备系统的设备明细表；
- 2) 主要材料、设备的技术资料、出厂合格证及进场检（试）验报告；
- 3) 仪器仪表的出厂合格证明、使用说明书和校正记录；
- 4) 图纸会审记录、设计变更通知书和竣工图（含更新改造和维修改造）；
- 5) 隐蔽部位或内容检查验收记录和必要的图像资料；
- 6) 设备、风管系统、制冷剂管路系统、水系统的安装及检验记录；
- 7) 管道压力试验记录；
- 8) 设备单机试运转记录；
- 9) 系统联合试运转与综合效能调适记录；
- 10) 系统综合效能调适报告；

以上资料转化成电子版数字化方式存储，便于管理和查阅。

(2) 运行管理记录

建筑设备运行管理记录应齐全，主要包括：设备运行记录、巡回检查记录、运行状态调整记录、故障与排除记录、事故分析及其处理记录、设备系统缺陷记录、运行值班记录、维护保养记录、能耗统计表格和分析资料等。原始记录应填写详细、准确、清楚，并符合相关管理制度的要求。

巡回检查应定时、定点、定人，并做好原始记录。采用计算机集中控制的系统，可用定期打印汇总报表和数据数字化储存的方式记录并保存运行原始资料运行记录的时间间隔，主要设备记录的时间间隔应不大于 4h；次要设备的记录时间间隔应不大于 1 天。