

ICS xx. xxx

J xx



中国制冷空调工业协会标准

T/CRAAS XXX—20XX

对流-辐射耦合末端装置工程技术规程

Technical specification for operating environment and performance
testing of convective- radiant coupled terminal

(征求意见稿)

20xx-xx-xx发布

20xx-xx-xx实施

中国制冷空调工业协会 发布

重要声明

安全建议

本协会竭力推荐制冷空调产品或系统的设计、制造、安装、维修及保养执行国家认可的安全规范和标准。

作为行业协会，中国制冷空调工业协会力求在制定本协会标准时，采用当前的技术工艺水平和成熟有效的实践经验。但是，中国制冷空调工业协会不保证按照这些标准进行的任何实践无害或没有风险。

目 次

前 言.....	II
引 言.....	III
1 范 围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 工程设计	5
5 施工安装	7
6 调试运转与验收	9
7 室内环境	9
8 系统性能	12
9 综合评价	14
附录 A（资料性附录） 室内环境及系统性能调试检测表	16
附录 B（资料性附录） 综合效能的计算方法	17
附录 C（资料性附录） 末端装置综合评价报告	18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件是首次制定。

本规范由中国制冷空调工业协会提出并归口。

本文件主要起草单位：广东美的暖通设备有限公司、清华大学、四川大学、同济大学、合肥通用机电产品检测院有限公司等。

本文件参加起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件参加起草人：XXX。

本文件于 XXX 年 XXX 月 XXX 日通过中国制冷空调工业协会技术委员会审查。

本文件于 XXX 年 XXX 月 XXX 日经中国制冷空调工业协会理事长审核批准。

本文件由中国制冷空调工业协会技术与标准法规部负责解释。

引 言

本文件为规范对流-辐射耦合末端装置及系统的运行环境与性能检测，提高对流-辐射耦合末端装置及系统的应用前景制定本规程。

本文件在制定过程中，规范编制组开展了相关专题研讨，提炼吸收了国家重点研发计划项目公共建筑环境人因工程关键技术和产品（2022YFC3801500）中关于流-辐射耦合末端装置及系统的研发、工程设计、环境及性能检测等方面的关键技术，并吸纳代表性专业企业的实践成果，并以多种方式广泛征求了全国各有关单位和行业专家的意见，最终形成本规范。

本文件在实施过程中，希望各单位注意总结经验、积累资料，如发现需要修改和补充之处，请随时将有关意见和建议反馈给中国制冷空调工业协会，以便今后修订时参考。

对流-辐射耦合末端装置工程技术规程

1 范围

本文件规定了对流-辐射耦合末端装置工程技术规程，涉及末端装置及系统的工程设计、施工安装、运转调试与验收，室内环境、系统性能与综合评价方法，规范了设计、开发、安装、维修、运行、评价以及智能化相关要求。

本文件适用于间歇供暖用对流-辐射耦合末端装置（以下简称：末端装置）。

2 规范性引用文件

下列文件对本规范的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本文件。

GB 9237 制冷系统及热泵安全与环境要求

GB/T 10870 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组性能试验方法

GB/T 14294 组合式空调机组

GB 17790 家用和类似用途空调器安装规范

GB/T 18049 热环境的人类工效学 通过计算 PMV 和 PPD 指数与局部热舒适准则对热舒适进行分析测定与解释

GB/T 18517 制冷术语

GB 19576 单元式空气调节机能效限定值及能源效率等级

GB 19577 热泵和冷水机组能效限定值及能效等级

GB 21454 多联式空调（热泵）机组能效限定值及能源效率等级

GB/T 27941 多联式空调（热泵）机组应用设计与安装要求

GB/T 36608.2 家用电器的人类工效学技术要求与测评 第2部分：空调器

GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范

GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工规范

GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范

GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范

GB 55010 供热工程项目规范

CJJ/T 34-2022 城镇供热管网设计标准

JGJ 174-2010 多联机空调系统工程技术规程标准

JG/T 260 采暖通风与空气调节工程检测技术规程

JB/T 7249 制冷设备 术语

T/CRAAS XXX—20XX 间歇供暖用对流-辐射耦合末端装置

3 术语和定义

GB/T 18517 和 JB/T 7249 界定的以及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 对流-辐射耦合末端装置 Convective- radiant coupled terminal

具有明确的对流和辐射换热单元，以对流和辐射传热方式向封闭空间或区域进行供暖的末端装置（简称：末端装置）。末端装置也可利用对流换热单元（或对流和辐射换热单元）向封闭空间或区域进行供冷。

3.2 间歇供暖（冷）用对流-辐射耦合末端装置

Convective-radiant coupled terminal for intermittent heating (cooling)

服务于间歇供暖（冷），以对流单元的对流换热为主处理封闭空间或区域的峰值负荷，以辐射单元为主处理稳态负荷的对流-辐射耦合末端装置。

3.3 制冷剂型末端装置 Refrigerant type terminal

对流和辐射单元的高温载热介质均为蒸气压缩式热泵的高温相变制冷剂的末端装置，简称直膨式末端装置。

3.4 载热剂型末端装置 Thermal carrier type terminal

对流和辐射单元的高温载热介质均为载热剂（一般为水）的末端装置，当载热剂为热水时，简称热水型末端装置。

3.5 二次介质型末端装置 Secondary medium type terminal

对流单元与辐射单元的载热介质不连通，高温载热介质（相变制冷剂或载热介质）进入对流单元向空间散热，并通过二次载热介质向辐射单元提供热量的末端装置。当采用热管（平板热管、微通道重力热管）换热器作为辐射单元时，则称之为（平板、微通道）热管型末端装置。

3.6 对流-辐射耦合末端装置的系统 System of convective- radiant coupled terminal

向末端装置提供冷源或热源的系统，对于集中热网仅包括二次网络。简称：系统。与末端装置共同简称为：末端装置及系统。

3.7 蒸气压缩式直膨式热泵系统 Direct-expansion vapor compression heat pump system

采用制冷剂型末端装置的供暖（制冷）系统。简称：直膨式系统。

3.8 蒸气压缩式热水式热泵系统 Hot water vapor compression heat pump system

载热剂型末端装置的供暖热源为蒸气压缩式空气源或水(地)源热泵机组制取的热(冷)水（或载热剂）的供暖系统。简称：热泵热（冷）水系统。

3.9 集中热网热水系统 Centralized heating network hot water system

载热剂型末端装置的供暖热源为集中式热网供给的热水的供暖系统。简称：集中热水系统。

4 工程设计

4.1 一般要求

4.1.1 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，经技术经济分析确认合理时，可采用对流-辐射耦合末端装置及系统。

4.1.2 根据现场条件, 可选用直膨式系统、热泵热水系统和集中热水系统, 三类系统中的末端装置, 均可采用二次介质型末端装置。

4.1.3 末端装置的性能指标应符合产品 T/CRAAS XXX—20XX《间歇供暖用对流-辐射耦合末端装置》标准的要求。

4.1.4 末端装置工程施工图设计文件应符合下列规定:

1 施工图设计文件应以施工图纸为主, 并应包括图纸目录、设计施工说明、主要设备表、空调系统图、平面图及详图等内容;

2 设计深度应符合国家现行有关标准规定的要求。

4.2 负荷计算

4.2.1 末端装置稳态运行时的房间负荷计算, 应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的有关规定。

4.2.2 间歇空调(供暖)的房间, 负荷计算时应考虑建筑物蓄热特性所形成的负荷, 不同时使用的房间, 负荷计算时应考虑邻室空调不运行时所形成的围护结构传热负荷。

4.3 末端装置的容量计算

4.3.1 供暖启动工况下, 末端装置的对流单元换热量应为稳态运行工况时辐射单元换热量的 n 倍。办公建筑 $n=3.5$, 高密度商业建筑 $n=4.0$, 低密度商业建筑 $n=2.0$, 居住建筑 $n=1.5$, 对应的启动过余热量比参照表 1。

表 1 末端装置启动过余热量比

建筑类型	办公建筑	高密度商业建筑	低密度商业建筑	居住建筑
过余热量比	0.78	0.80	0.67	0.6

4.3.2 供暖工况下, 末端装置在开启风机且以最大风量运行时的换热能力为末端装置的容量。

4.4 选型方法

4.4.1 末端装置的确定, 应分别满足制热工况下辐射末端和对流模式的换热量要求:

1 末端装置在不开启对流单元风机或以最小风量运行时, 即仅以辐射模式进行运行时, 换热能力应满足稳态负荷(即房间冬季负荷)要求;

2 末端装置在开启风机且以最大风量运行时, 即末端装置最大换热能力应满足对应建筑类型稳态负荷的 n 倍要求。

4.4.2 末端装置的系统室外机容量的确定, 可按下列步骤进行:

1 根据室内热负荷, 初步确定满足要求的末端装置的形式和以辐射模式进行运行时制热量;

2 根据建筑类型确定末端装置额定制热量(即最大换热能力需求);

3 根据同一系统末端装置名义制热量总和, 选择相应的室外机及其名义制热量;

4 按照设计工况, 对于直膨式系统和热泵热水系统: 对室外机的制热能力进行室内外温度、末端装置连接率、制冷剂配管长度和高差、融霜等修正;

对于集中热水系统, 对室外机的制热能力进行室内外温度、室内末端装置连接率、热水配管长度和高差等修正;

5 利用室外机的修正结果, 对室内机实际制冷能力进行校核计算;

6 根据校核结果确认室外机容量。

4.5 智能化要求

末端装置宜带有下列智能化功能：云集控功能、主动节能功能和主动服务功能，并符合 T/CRAAS XXX-20XX 《间歇供暖用对流-辐射耦合末端装置》附录 F 的要求。

5 施工安装

5.1 一般要求

5.1.1 末端装置及系统的主要设备、材料、成品、半成品和仪表应进行开箱检查，且应满足 GB 27941 规定的要求。

5.1.2 末端装置及系统的工程安装应按工程设计和产品技术文件进行，且应满足 GB 9237 规定的安全要求。

5.1.3 末端装置及系统的安装和试运转宜按如下顺序进行：

- 1 施工前施工图确认；
- 2 施工阶段预埋管道施工；
- 3 末端装置安装，室外机组安装，制冷剂配管施工；
- 4 凝结水管安装，风管安装；
- 5 电气工程施工，气密性试验，绝热工程，制冷剂充注；
- 6 设备供电运行前的安装检查，试运转，验收，交付。

5.2 末端装置的安装

5.2.1 末端装置应安装在室内，搬运应做好保护工作，防止因搬运造成末端装置的损伤。

5.2.2 安装末端装置时，应选择合适位置，充分考虑室内空间位置和布局，确保有必需的送风、辐射及检修空间，并保证整体的美观性。

5.2.3 安装末端装置时，应根据说明书规定进行落地、吊顶或挂壁安装，若采用挂壁安装，末端装置底部距地面的高度不宜超过 0.2 m。

5.2.4 安装末端装置时，尽量将末端放置在人员活动区。

5.2.5 安装末端装置时，应综合考虑以下情况：

- 1 避开易燃气体发生泄漏的地方或有强烈腐蚀气体的环境；
- 2 避开人工强电；
- 3 磁场直接作用的地方；
- 4 避开易产生噪声、振动的地点；
- 5 避开自然条件恶劣（如油烟重、风沙大）的地方；
- 6 避开儿童易触及的地方；
- 7 缩短末端装置和室外机组连接的长度。

5.2.6 载热剂型末端装置安装时，应管道布应设计一定的坡度，便于系统排气和排水，以防止气阻现象影响系统运行。末端装置大于4台时，应安装平衡阀，确保系统内水流量和压力分布均衡。

5.2.7 二次介质型末端装置，应要求热端和冷端有一定的高度差，以便工作液体顺利回流。确保安装位置的空气流动顺畅，避免阻碍通风。

5.3 室外机组安装

5.3.1 系统热源为直膨式系统和热泵热水系统时，室外机的安装应满足 JGJ 174-2010 中 5.3 的规定，确保室外机的四周按照要求留有足够的进排风和维护空间

5.3.2 系统热源为集中热水系统时（城市集中供热管网或者区域供热管网），管网的设计和施工应满足 GB 55010 和 CJJ/T34-2022 的要求。供热管道布置在易于检修和维护的位置。

5.3.3 室外机需要安装在有足够强度的基础和减振部件上，且周围做排水沟并采取必要的防水措施。

5.4 制冷剂配管的加工、焊接与安装

5.4.1 采用直膨式系统、热泵热水系统应规范制冷剂配管的加工、焊接与安装。

5.4.2 制冷剂配管的加工、焊接应满足 GB 27941 的要求。安全要求应满足 GB/T 9237 相关规定。

5.4.3 分歧管的安装应满足 GB 27941 的要求。

5.4.4 制冷剂配管的吊装应符合 JGJ 174-2010 中 5.4.7 的规定。

5.5 凝结水管的安装

5.5.1 末端装置凝结水管道的安装应满足 GB 27941 的要求。

5.5.2 末端装置凝结水管道系统安装完毕后，应按下列步骤对凝结水系统进行测试，并应满足 GB 50242 的有关要求：

- 1 室内机单机排水运转；
- 2 凝结水管满水试验；
- 3 凝结水管排水通水试验。

5.6 电气与控制系统的施工

电气系统及各类电气附件的安装必须按照产品制造商的技术文件进行，且应符合 GB 50303 和 JGJ 174-2010 中 5.9 的规定。

5.7 气密性试验

5.7.1 采用直膨式系统、热泵热水系统应进行气密性实验，气密性试验包括管道系统的保压试验及抽真空试验，并应满足 GB 17790 或 GB 27941。

5.7.2 在管道系统气密性试验合格前，不应将室外机组的气、液管截止阀打开。

5.8 绝热

5.8.1 管道绝热工程的施工应符合 GB 50126 的规定。

5.8.2 管道绝热性能应符合 GB 50243 的规定。

5.8.3 绝热管道穿过墙体或楼板时，其绝热层不应中断。

5.9 制冷剂充注

5.9.1 需要进行制冷剂充注的直膨式系统、热泵热水系统应满足本节要求。

5.9.2 应根据产品制造商技术文件所提供的方法计算制冷剂的追加充注量，并充注相同种类、相应量的制冷剂。

5.9.3 制冷剂的充注应在管道系统保压试验和抽真空试验合格后进行。充注前，应将系统抽真空、保压，其真空度应符合抽真空试验要求；也可在抽真空试验合格后直接充注制冷剂。

5.9.4 应根据产品制造商技术文件所提供的方法充注制冷剂。

6 调试运转与验收

6.1 一般要求

6.1.1 进行系统调试与试运行的工作人员，应经过专业培训并持有上岗操作证书，施工作业时应持证上岗。

6.1.2 末端装置及系统安装完成后，应进行系统调试与试运行，并进行运行效果检验；当达到设计要求后，才能进行工程验收。

6.1.3 末端装置及系统的工程验收应由工程建设单位组织安装、设计、监理等单位共同进行。

6.1.4 热泵热水系统的调试运行、检验及验收应符合 GB 50242 的规定。

6.1.5 直膨式系统的调试运行、检验及验收应参照 GB/T 27941 的规定。

6.2 调试运转

6.2.1 末端装置及系统在调试与试运行以前应进行开机前检查，其检查内容与流程应按产品制造商技术文件的规定进行。

6.2.2 末端装置及系统在开机运行前应通电预热 6 h 以上。

6.2.3 末端装置及系统调试所使用的测量仪器和仪表，其性能应稳定可靠，准确度等级及最小分度值应满足测试要求，并应符合现行国家计量法规及检定规程的规定。

6.3 检验验收

6.3.1 末端装置及系统试运行正常后方可办理工程验收。

6.3.2 末端装置及系统可对室内环境、系统性能进行调试检测，具体分别参照第 7、8 节执行，并应填写附录 A。

6.3.3 具备智能化功能的末端装置及系统应对智能化功能进行检测，包括联网功能、环境监测功能、系统性能监测功能，主动节能功能等。

6.3.4 末端装置及系统工程验收时，工程建设单位应检查验收资料，一般包括下列文件及记录：

- 1 图样会审记录、设计变更通知书和竣工图；
- 2 主要设备、材料、成品、半成品和仪表的出厂合格证明及进场检（试）验报告；
- 3 制冷剂管道系统、空调凝结水管系统、风管系统、电气与控制系统等隐蔽工程的安装及检查验收记录；
- 4 系统气密性试验记录；
- 5 系统试运转测试数据记录；
- 6 系统施工验收记录。

6.3.5 工程建设单位在审查工程安装单位提供的验收资料后，应在工程验收文件上签字验收。此后，施工单位应将所安装的系统以及全部验收资料交工程建设单位，供工程建设单位投入使用。

7 室内环境

7.1 一般要求

7.1.1 室内环境检测分为调试检测、短期检测与长期检测。采用直膨式末端装置、热水型末端装置和二次介质型末端装置均应按照以下方法进行测试。

7.1.2 末端装置的室内环境检测，包括下列内容：

- 1 启动时间；
- 2 稳态环境；
- 3 动态环境；
- 4 人体舒适性；

7.1.3 调试检测可仅进行启动时间、稳态环境室内温度测量。

7.2 检测点布置

7.2.1 背景环境水平检测点布置

水平方向测点布置按照表 2 执行，高度方向测点布置按照 7.2.3 要求执行。

表 2 背景环境水平检测点布置

室内面积	测点布置方式
$S < 16\text{m}^2$	室内活动区域中央布测点 1 个。
$16\text{m}^2 \leq S < 30\text{m}^2$	共 2 个检测点，将检测区域对角线三等分，其二个等分点作为测点。
$30\text{m}^2 \leq S < 60\text{m}^2$	共 3 个测点，将室内对角线四等分，其三个等分点作为测点。
$60\text{m}^2 \leq S < 100\text{m}^2$	共 5 个测点，在二对角线上成梅花布点。
$S \geq 100\text{m}^2$	每增加(20~30) m^2 增加(1~2)个测点，均匀布置。

7.2.2 人员主要活动区水平检测点布置

人员主要活动区检测点应选在室内人员已知或者预期所处的位置。在工作区域内选择有代表性的地点设置检测点。

如果空间的使用布置无法预计，可在房间的中心位置设置检测点。应在可能出现极端热参数的人员活动区域内设置检测点，这样的区域可包括窗户附近、室内出口扩散处、角落和入口处等。相邻温度检测点间的距离应小于 0.50 m。

如果房间或热调节区域内湿度分布不存在显著差异，被测房间或区域只需要测量一点的湿度即可。

7.2.3 背景环境及人员活动区高度方向检测点布置

检测点距地垂直高度布置应考虑室内人员的不同活动姿势和人体尺寸。坐姿状况下温度和风速的测量高度应至少包括距地面垂直距离 0.10, 0.60, 1.10 m 处;而立姿状况下测量高度应至少包括距地面垂直距离 0.10, 1.10, 1.70 m 处。

7.2.4 辐射板温度检测点布置

温度计应与辐射体表面紧密粘贴，且温度测点数量不应少于 5 对，其中一半测点应沿热媒流程均匀设置在加热供冷管上，另一半测点应设在加热供冷管之间且沿热媒流程均匀布置。辐射表面平均温度应取各测点温度的算术平均值。

7.2.5 壁面温度检测点布置

在房间 6 个内壁内表面的中心点设置壁面温度测点，共计 6 个壁面温度测点。

7.2.6 测试数据采集状态和时间

室内环境与辐射板达到热稳定状态后，开始采集测试数据，各测点应采集 1 h 的温度、湿度、风速等测量参数，数据采集间隔时间应不大于 30 s。

7.3 稳态环境测量

7.3.1 稳态环境

稳态环境指对流辐射末端所服务的人员位置处，空气温度与辐射板温度均稳定的环境。

7.3.2 稳态环境测量项目

稳态环境测量项目应包含环境温度、环境湿度、风速、平均辐射温度，获得的用于热舒适评价指标包括预计平均热感觉指数（PMV）、垂直空气温差、吹风感、温度均匀性，其他热舒适评价指标包括冷热地板、辐射的不对应性。

7.3.3 精度要求

稳态环境测量项目所使用的测量仪器需要在测量范围和测量精度方面满足 GB/T 18049-2017 标准。

7.3.4 测量与计算要求

舒适性评价应以人员主要活动区参数为计算依据。

预计平均热感觉指数（PMV）的计算应按照 GB/T 18049-2017 中第 4 节执行。

垂直空气温差和吹风感指数的计算应按照 GB/T 18049-2017 中 6.2 和 6.3 执行。

冷热地板和辐射的不对应性的计算应按照 GB/T 18049-2017 中 6.4 和 6.5 执行。

温度均匀性的计算应按照 GB/T 33658-2017 中的 4.1.2 执行。

7.4 动态波动均匀性

7.4.1 室内热环境稳定后，温度波动的测试和计算应按照 GB/T 33658-2017 中 4.1.1 执行。

7.4.2 室内热环境稳定后在约 1 h 的时间间隔内，每 20 min 计算一次室内所有测点的平均值，连续 3 个平均值的差值不大于 1℃。

7.5 启动时间与动态环境测量

7.5.1 启动时间的测量

从遥控器开机瞬间（室内温度为初始温度）到室内温度到达设定温度所经历的时间。当人员活动区固定时，可以人员活动区温度到达设定温度所经历的时间视为启动时间。

7.5.2 启动时间的要求

制冷和制热工况下，不同初始温度的启动时间应满足表 3、表 4 的要求。制冷工况下，室外温度每升高 1℃，达到 26℃的时间可放宽 2 min；制热工况下，室外温度每降低 1℃，达到 20℃的时间可放宽 2 min。

制冷工况下各工况的相对湿度应在 50%~70%。

表 3 制冷工况达到 26℃温度的时间

室外温度	初始温度	达到 26℃温度的时间 min
32	34	<15
	32	<12
	30	<9
	28	<6

表 4 制热工况达到 20℃温度的时间

室外温度	初始温度	达到 20℃温度的时间 min
7	8	<25
	10	<21
	12	<17
	14	<13
	16	<9

7.5.3 动态环境测量

动态间歇升温评价方法，通过温度响应匹配系数 α 进行评价。温度响应匹配系数如图 1 所示。

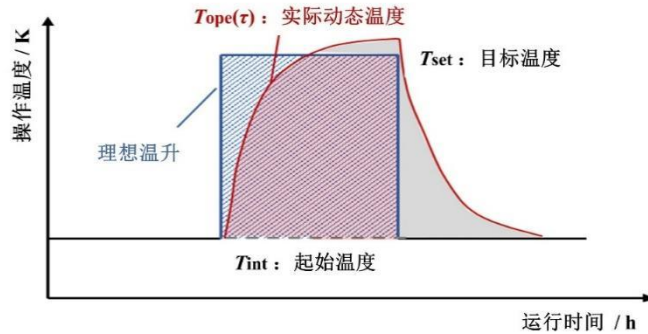


图 1 温度响应匹配系数示意图

7.5.4 温度响应匹配系数 α 的计算

1 温度匹配系数 α 计算中,应使用背景环境温度测点的平均值作为实际动态温度 $T_{ope}(\tau)$ 的代表。

2 温度响应匹配系数 α 越接近于 1, 间歇供暖启动升温越接近理论最优值, 反应出房间动态升温速度越快, 间歇供暖效果越好。温度响应匹配系数 α 按如下公式进行计算。

$$\alpha = \frac{\int [\text{MIN}(T_{ope} - T_{set}) - T_{int}] d\tau}{\int (T_{set} - T_{int}) d\tau}$$

式中:

T_{ope} ——室内空气测点平均温度的实际动态温升, 单位为开尔文 (K);

T_{int} ——室内空气测点的房间平均初始温度, 单位为开尔文 (K);

T_{set} ——室内设定的目标温度, 单位为开尔文 (K)。

3 温度响应匹配系数 α 的测量与限值

动态环境测量时间应大于 2 小时, 并于开始加热 10 min、20 min、30 min、1 h 4 个时刻分别计算室内温度响应匹配系数。温度响应匹配系数 α 在 10 min、20 min、30 min、1 h 的限值不应低于 0.1、0.3、0.5、0.7。动态环境测量时间在 2 小时的温度响应匹配系数记为 α_m 。

8 系统性能

8.1 一般规定

8.1.1 系统应符合节能标准的限值要求。其中, 热泵热水系统应满足 GB 19577 的限值要求, 直膨式系统应满足 GB 19576 或 GB 21454 的限值要求。

8.1.2 性能测量可分为调试检测、短期检测和长期监测。

8.1.3 系统安装完成后宜进行调试检测, 系统应定期进行短期检测, 对于需要长期监测的末端装置及系统, 宜分别对供冷季节和供暖季节的能耗进行长期监测。

8.1.4 系统完成安装、调试与验收后, 可进行性能测试, 主要包括下列内容:

- 1 系统的耗电量测试;
- 2 系统的制冷(热)量及能效测试;
- 3 末端装置对流辐射切换能力;

8.1.5 采用电作为能源输入的热泵热水系统及直膨式系统, 应根据设备运行额定电流选用适宜的电能表或功率表进行检测。电能表或功率表应接入到监测系统, 可对电量或功率实施长期监测。

8.1.6 采用区域集中冷热源作为能源输入的集中热水系统, 不进行系统的耗电量测试, 可根据需要按现行相关标准选择相应能量计量仪器进行检测。

8.1.7 系统检测应采用连续监测的方法进行，累计值的测试时间间隔不应大于 60 min，瞬时值的测试时间间隔不应大于 1 min。

8.1.8 系统性能评价应综合考虑能效和舒适性。

8.2 性能测量

8.2.1 每个末端装置的制冷（热）量宜独立计量。

8.2.3 调试检测可仅进行耗电量测试，且电量不出现异常。

8.2.3 系统对于用电参数的测量应满足下列规定：

1 系统电气参数的测试，应符合 JG/T 260《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》的规定。

2 电量测试仪表安装时，不应改动测试用户供电部门计量表的二次接线，不应与计费电能表串接。

3 应在系统的总供电回路上安装耗电量检测仪器。

8.2.4 对于系统性能的测量应满足下列规定：

1 系统冷（热）量的检测可根据测试目的和实际测试安装条件选择风侧、水侧和制冷剂侧冷（热）量检测方法。

2 具备室外侧风量和送回风温湿度测试安装条件的，可采用室外侧冷（热）量检测方法。

3 使用侧为水系统（热泵热水系统、集中热水系统），且具备水量和进出水温度测试安装条件的，可用水侧冷（热）量检测方法。

4 系统采用蒸气压缩循环进行制冷或制热，且具备安装相关仪器获得制冷剂侧状态参数及流量的，可采用制冷剂侧冷（热）量检测方法。

8.2.5 室外侧冷（热）量检测方法应采用国家标准《组合式空调机组》GB/T 14294-2008 附录 E 规定的空气侧焓差法，检测参数包括风速、风量、送风温湿度、回风温湿度和大气压。

8.2.6 水侧冷（热）量的检测宜按现行国家标准《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组性能试验方法》GB/T 10870 的有关规定执行。水温和水流量数据测试时间间隔不应超过 1 min，根据供回水温度、水流量检测值计算水侧冷（热）量或直接通过整套仪器采集值得到水侧冷（热）量。

8.2.7 制冷剂侧冷（热）量检测方法宜采用压缩机能量平衡法进行制冷剂-油混合质量流量的测算。其他经过标定或比对满足制冷剂侧质量流量测试准确度的检测方法，也可以在现场测试中使用。

8.2.8 宜根据耗电量测试及系统的制热量对末端装置的对流辐射切换能力进行测试。末端装置最大风量下与最小风量下（或关闭风机）的制热量之差与最大风量下的制热量之比，应满足 T/CRAAS XXX-20XX《间歇供暖用对流-辐射耦合末端装置》中过余热量比的要求。

8.2.9 系统宜采用长期监测系统，并应符合下列规定：

1 监测系统应对分项累计耗能量和瞬时耗能量参数进行同步测量和存储；

2 监测系统运行过程中宜定期对主要仪表和传感器的精度进行核查确认；

8.3 节能运行

8.3.1 末端装置及系统应采用定期进行性能监测。

8.3.2 末端装置应采用间歇运行的方式，宜在启动阶段通过对流换热迅速改善室内温度，再稳态阶段以辐射换热和对流换热结合的方式实现舒适环境营造，以实现过程节能运行。

8.3.3 末端装置的冷热源采用多联机系统时，宜在启动阶段将冷（热）量集中于启动的室内机。

8.3.4 应根据实际运行情况，定期对系统进行性能检测，制定建筑再调适计划，对建筑各系统进行详细的诊断、调整和完善。

8.4 综合效能

8.4.1 宜采用综合效能指标分析末端装置营造的热环境及系统性能。

8.4.2 综合效能反应空调系统创造舒适环境的有效制热量与总耗电量的相对大小，也就是在服务于目标区域、使用时间范围内，空调系统提供的有效制冷（热）量与总耗电量之比，计算方法参见附录 B。

9 综合评价

9.1 一般规定

9.1.1 末端装置工程综合评价以一套独立系统或末端服务的独立房间为评价对象。

9.1.2 工程综合评价应在工程施工安装完成后进行，以检测测试或短期测试为依据。

9.1.3 在实验室能进行上述实验，可参照本规定执行。

9.2 评价与等级划分

9.2.1 工程综合评价应考核末端装置的对流辐射切换能力、启动时间、环境及舒适性、系统的运行性能以及智能化。

9.2.2 各项评价指标分为控制项和评分项。

9.2.3 末端装置工程综合评价应按照附录 C 进行，并由评价机构对申请评价方提交的文件、测试报告和相关文件进行审查。

9.3 对流辐射切换能力评价

9.3.1 对流辐射切换能力应按照 8.2.8 测试。

9.3.2 对流辐射切换能力应满足表 1 的要求，允差在±10%以内，该项目为控制项。

9.4 启动时间与动态响应能力评价

9.4.1 启动时间应按照 7.5.1 测试。

9.4.2 启动时间应满足表 3、表 4 的要求，该项目为控制项。

9.4.3 温度响应匹配系数指标 α_m 应按照 7.5.4 测试，并按照表 5 进行评分，该项目为评分项。

表 5 温度响应匹配系数评价得分

评价项目	等级				
	$\alpha_m \geq 0.97$	$0.93 \leq \alpha_m < 0.97$	$0.89 \leq \alpha_m < 0.93$	$0.86 \leq \alpha_m < 0.89$	$\alpha_m < 0.86$
得分	5	4	3	2	1

9.5 舒适性评价

9.5.1 预计平均热感觉指数（PMV）的试验方法应符合 GB/T 18049—2017 的规定，并达到 B 类热环境要求，该项目为控制项。

9.5.2 舒适性评价应包括人体舒适性、温度波动和温度响应匹配系数指标，以上项目为评分项。根据 7.3、7.4 测试获得的温度均匀度、垂直空气温差、吹风感指数、温度波动和温度响应匹配系数的得分按照下列公式计算。

$$R_{Ts}=5-2.222(T_{s,whole}-0.2)$$

$$R_{Tv}=5-0.235(PD_{whole}-3)$$

$$R_{DR}=5-0.133(DR_{whole}-3)$$

$$R_{TC}=5-2.857(T_{f,whole}-0.6)$$

9.5.3 舒适性评价得分 R_{TC} 由热环境参数评价得分加权平均获得，在进行主观热舒适投票的项目中，评价项目可包括主观热感觉投票。制冷和制热模式应分别进行评价，并按照表 6 确定得分权重。

表 6 舒适性评价得分的权重

评价项目	权重（不投票）	权重（含投票）
温度均匀度	20%	15%
垂直空气温差	30%	22.5%
吹风感指数	20%	22.5%
温度波动	20%	15%
主观热舒适投票	/	25%

9.5.4 根据 9.5.2 给出的计算方法，计算得到室内热环境参数评分，根据 9.5.3 中各评价项目的权重，进行加权求和，得出室内热环境舒适性评价得分。

9.5.5 末端装置的室内热舒适性可进行独立的等级评价，评价等级采用 5 星制，5 星为最好。各星级室内热环境舒适性评价得分（总分为 5.0）应符合表 7 中的规定。

表 7 室内热舒适环境评价星级

星级	评价得分
☆☆☆☆☆	≥ 4.50
☆☆☆☆	4.00~4.49
☆☆☆	3.50~3.99
☆☆	3.00~3.49
☆	≤ 2.99

9.6 性能评价

9.6.1 当室内侧与室外侧处于名义工况时，系统的耗电量不应高于明示值的 130%；测量能效比的，不应低于明示值的 70%，该项目为控制项。

9.6.2 综合效能应按照 8.4.2 测试，并按照表 8 进行评分，该项目为评分项。

表 8 综合效能评价得分

项目	等级				
	$EER^* \geq 2.50$	$2.30 \leq EER^* < 2.50$	$2.10 \leq EER^* < 2.30$	$1.90 \leq EER^* < 2.10$	$EER^* < 1.90$
得分	5	4	3	2	1

9.7 智能化

9.7.1 末端装置及系统的智能化应满足 GB/T 36608.2-2018《家用电器的人类工效学技术要求与测评 第 2 部分：空调器》的要求。

9.7.2 具备以下智能化功能的，每项评价加 1 分：

——云集控功能，即远程管理模块（云）能对系统信息（如环境信息、室内人体状态信息、自身运行状态等）进行采集、储存；

——智能调控功能，即系统智能运行模式，包括快速启动、模式切换、人员感知与模式转换、云集控功能相结合以及人机交互性；

——主动节能功能，即通过远程控制端（APP 等）以及远程管理模块（云），对影响系统节能的用户行为进行管控；

——主动服务功能，即系统发生故障时，能将故障报警推送到售后人员及服务商，实现自动报修，或能自动分析故障原因并推送给售后人员；

——通信功能，系统相关功能应能正常运行，不能出现反复掉线、连线情况。

附录 A (资料性附录)

室内环境及系统性能调试检测表

调试状态: <input type="checkbox"/> 制冷 <input type="checkbox"/> 制热						
室内机型号:	单位	开机前	30min	60min	90min	备注
安装位置和编号:						
室内出/回风温度	℃					
室内环境温度/室内设定温度	℃					
出风口风速	m/s					
回风口风速	m/s					
系统功率	W					
验收意见						
(盖章) 监理(建设)单位: 签名:		(盖章) 安装单位: 签名:				
年 月 日		年 月 日				

附录 B (资料性附录)

综合效能的计算方法

B.1 综合效能的计算公式

综合效能应按照公式 (B.1) 进行计算。

$$EER^*(COP^*) = \frac{\int_{i=1}^E (1 - LD_z) \cdot SR \cdot Q_i dt}{\int_{j=1}^A P_j dt} \quad (B.1)$$

式中, EER^*/COP^* ——分别表示供冷与制热考虑舒适性的综合效能, W/W, 即“综合效能”指标;

LD_z ——逐时的工作区人员的舒适不满意率, %;

SR ——空间热量分配比, 无量纲;

Q_i ——逐时的空调系统制冷/热量, kW;

P_j ——逐时的空调系统功率, kW;

E 与 A ——空调系统实际使用时间以及空调系统总体运行时间, min。

B.2 舒适性不满意率

不同的适用条件下可以取不同值, 如在评价室内整体热舒适性条件下, 应采用预测不满意率百分数, 即 PPD ; 如在评价由于吹风感、垂直温差等带来的不舒适时, 应分别采用对应的不舒适指标。在本标准进行综合评价时, 可采用舒适性综合指标 R_{TC} 进行评价。此时参照公式 (B.2) 计算。

$$LD_z = R_{TC}/5 \quad (B.2)$$

B.3 空间热量分配比

投入至目标区域的热量与空调系统制取的总热量之比, 其大小取决于服务空间的大小, 计算时需要采用室内环境分布测试数据, 其计算公式如 (B.3) 式:

$$SR = \frac{\iiint_{V_z} (t_{x,y,z} - t_{out}) dV_{x,y,z}}{\iiint_{V_o} (t_{x,y,z} - t_{out}) dV_{x,y,z}} \quad (B.3)$$

式中, V_z ——人员所处位置的空间的体积, m^3 ;

V_o ——整体空间的体积, m^3 。

附录 C (资料性附录)

末端装置综合评价报告

调试状态: <input type="checkbox"/> 制冷 <input type="checkbox"/> 制热							
室外温度 (°C):	第一次调试		第二次调试		第三次调试		备注
初始温度、设定温度 (°C):							
测试日期:	控制	得分	控制	得分	控制	得分	
对流辐射切换能力		/		/		/	
启动时间							
环境及舒适性							
运行性能							
智能化							
意见							
(盖章)							
检测单位: 年 月 日							

《对流-辐射耦合末端装置工程技术规程》

编制说明

（征求意见稿）

1 工作简况

1.1 任务来源

在建筑环境领域，当前面临着零碳发展与舒适人居的双重挑战下，对流-辐射耦合末端的供热（冷）系统通过辐射换热与对流换热的双重方式对办公空间进行供暖（冷），在保障在“以人为本”的舒适性需求基础上实现室内环境的智能营造和舒适可调。

对流-辐射耦合末端装置（简称末端装置），通过智能控制实现对流换热与辐射换热的有效结合，提供更加均匀和舒适的室内环境，同时优化能源利用，降低建筑空调系统的运行能耗，是适应建筑“部分时间、局部空间”间歇供热（冷）场景快速响应与高舒适度保障的新型空调末端，是未来实现舒适性与节能性的重要发展方向。在十四五重点研发计划“公共建筑环境人因工程关键技术和产品”（2022YFC3801502），以及国家自然科学基金重大项目“低碳导向的健康舒适室内环境控制理论与方法”（52394223）、国家自然科学基金重点项目“高能效智能建筑环境营造原理与性能化设计新方法”（52130803）的研究基础上，目前研发了对流-辐射耦合末端，包括集中控制分离型、一体式直膨型、平板热管型、三介质与微通道重力热管型、层流送风型等多种型式的对流辐射耦合末端。

本标准规范了对流-辐射耦合末端的工程设计方法，并给出可工程现场的环境参数测量方法、热（冷）源机组性能测量方法以及智能化程度检验规程，有助于推进满足用户不同需求的对流-辐射耦合末端的产品研发和工程应用，实现用户对室内环境的舒适性管理。

中国制冷空调工业协会于2024年8月份批准该项目立项，并于11月形成《对流-辐射耦合末端装置工程技术规程》团体标准征求意见稿。

1.2 参编单位

广东美的暖通设备有限公司、清华大学、四川大学、同济大学、合肥通用机电产品检测院有限公司等。

1.3 主要工作过程

协会批复意见下达后，在协会指导下，组成了标准编写领导小组、编写工作组和编写意见组。先后召开了2次编写工作全体会议，逐步明确了编写工作的指导思想、编写大纲、编写工作方式和工作进度等原则问题。在编写工作进程中，及时交流编写工作情况。

总体工作进展情况如下：制定编写大纲；编写工作组各单位按照大纲要求完成系统的规范草稿；经对规范草稿汇总并提出修改意见后发编写领导小组、编写意见组、编写工作组各单位修改；收集编写工作组修改意见后形成汇总稿草稿；汇总草稿再次编写领导小组、编写意见组意见和修改后，完成规范征求意见稿及相应编制说明。

2022年11月01日，十四五重点研发计划“公共建筑环境人因工程关键技术和产品”（2022YFC3801502）执行期开始，清华大学、广东美的暖通设备有限公司、四川大学、同济大学负责课题二“局部对流辐射一体化末端”

2023年04月27日，清华大学、广东美的暖通设备有限公司提出对流辐射耦合末端装置的性能测量方法。

2023年09月28日，成立了以广东美的暖通设备有限公司为首的标准起草工作组，对国内外相关产品的现状及发展情况进行了全面调研，广泛搜集和检索国内外相关产品的技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作。确定了标准草案内容。

2024年05月31日，平板热管式对流辐射耦合末端装置及系统在北京大学机场指挥部安装并试运行。

2024年06月18日，完成标准初稿编写。

2024年07月26日，分离直膨式对流辐射耦合末端装置及系统在无锡菲兰爱尔研发楼安装并试运行。

2024年08月01日，中国制冷空调工业协会批准该项目立项。

2024年08月20日，一体直膨式对流辐射耦合末端装置及系统在上海城建院丽园大厦安装并试运行。

2024年09月24日，标准编制组组织召开了第一次标准讨论会，会中各位专家各抒己见，编写工作组对各位专家的意见进行了解答及回复并根据讨论结果形成标准修改稿。

2024年10月28日，标准编制组完成标准的《征求意见稿》。

2 本规范制定原则

该标准的编制主要遵循了原则性、协调性、实用性和先进性的原则。

(1) 原则性：根据《中华人民共和国标准法》及其《实施细则》、《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》GB/T 1.1—2009进行编制。

(2) 协调性：从用户的实际需求出发，提供了用户选用产品的评判性依据，可以引导行业继续进行技术革新，推进产品的迭代升级，可推动整个空调行业的健康发展。

(3) 实用性：该标准的编制是根据已有的工程设计、施工安装以及已有的测试经验，参阅了大量的国内外参考文献及已有规范类标准，在充分借鉴已有经验的基础上，为标准实施者提供具体的操作指导。

(4) 先进性：反映最新科研发展趋势，十四五重点研发计划“公共建筑环境人因工程关键技术和产品”等项目（2022YFC3801500）的最新成果。

3 主要内容说明

根据冷水机组在役运行特点制定智能运维的技术要求和试验方法。

1) 范围

主要阐明制订本规范的目的、本规范的适用范围和应用本规范的基本原则。

2) 规范性引用文件

给出本规范条文中提及的相关规范名称与编号。

3) 术语与定义

给出与本规范内容相关的术语与定义。

4) 工程设计

给出末端装置及系统的工程设计方法，包括负荷计算、末端装置的容量计算以及智能化要求。

5) 施工安装

给出末端装置及系统施工安装相关的要求，内容涉及末端装置、室外机组、制冷剂配管、凝结水管、电气与控制系统等方面的安装要求。

6) 调试运转与验收

给出末端装置及系统调试运转与验收的一般方法。

7) 室内环境

给出室内环境测量的一般要求、稳态环境测量、动态环境测量要求等。

8) 系统性能

给出系统性能的测量方法、节能运行方法，并给出综合效能指标。

9) 综合评价

给出包括对流辐射切换能力、启动时间与动态响应速度、舒适性以及系统性能的综合评价方法。

4 与国际或国外标准水平对比情况

国内外目前还没有系统性的关于对流-辐射耦合末端装置工程技术规程的标准，涉及到空调系统运行环境与性能检测检测的相关标准，例如《公共建筑节能检测标准》(JGJ 177-2009)、《空调通风系统运行管理标准》(GB 50365-2019)、《智能家用电器的智能化技术·空调器的特殊要求》(GB/T 37879-2019)等，均不能反映对流-辐射耦合末端工程技术特点。

5 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范在编制中遵循现行法律、法规和强制性国家标准，不存在相互冲突条款。

6 规范性引用文件

GB 9237 制冷系统及热泵安全与环境要求

GB/T 10870 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法

GB/T 14294 组合式空调机组

GB 17790 家用和类似用途空调器安装规范

GB/T 18049 热环境的人类工效学 通过计算 PMV 和 PPD 指数与局部热舒适准则对热舒适进行分析测定与解释

GB/T 18517 制冷术语

GB 19576 单元式空气调节机能效限定值及能源效率等级

GB 19577 热泵和冷水机组能效限定值及能效等级

GB 21454 多联式空调（热泵）机组能效限定值及能源效率等级

GB/T 27941 多联式空调（热泵）机组应用设计与安装要求

GB/T 36608.2 家用电器的人类工效学技术要求与测评 第 2 部分：空调器

GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范

GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工规范

GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范

GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范

GB 55010 供热工程项目规范

CJJ/T 34-2022 城镇供热管网设计标准

JGJ 174-2010 多联机空调系统工程技术规程标准

JG/T 260 采暖通风与空气调节工程检测技术规程

JB/T 7249 制冷设备 术语

《对流-辐射耦合末端装置工程技术规程》编制组

2024 年 10 月