



GUIDANCE FOR ENERGY-EFFICIENT TEST OF
MULTI-ENERGY COMPLIMENTARY HEATING AND
AIR-CONDITIONING SYSTEMS

多能互补供暖空调工程 节能检测指南

邹秋生 栗珩 主编

上海科学技术出版社

多能互补供暖空调工程 节能检测指南

邹秋生 栗珩 主编



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

多能互补供暖空调工程节能检测指南 / 邹秋生, 栗珩主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2018.2

ISBN 978-7-5478-3904-1

I. ①多… II. ①邹… ②栗… III. ①房屋建筑设备—采暖设备—节能—检测—指南 IV. ①TU83-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 020139 号

多能互补供暖空调工程节能检测指南

邹秋生 栗珩 主编

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235 www.sstp.cn)

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张 4.5

字数 100 千字

2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-3904-1/TU·258

定价: 28.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换



内容提要

本书针对多能互补供暖空调系统的节能检测及评价工作,在施工验收合格的前提条件下,以实际测试参数为基础,详细评价系统的运行性能。其内容包含常规系统及可再生能源系统的节能检测及评价,扩展了本书的使用范围。每章的“检测内容”简述了本项检测的意义,可以帮助读者更好地理解检测目的,同时直接给出工程评价需要的主控项目,用表格形式直观地解构出所需的测试参数,并提供对相关测试仪器的基本要求。因此,本书是一本可以直接指导多能互补系统的节能检测及工程评价工作的指南。

本书旨在对多种设备、各类系统的数个关键参数进行检测、计算和评价。与已有规范标准书籍不同,本书的编制逻辑遵循节能检测及工程评价工作推进的时间顺序,兼顾检测理论及计算方法的同时,增强了可操作性,使复杂的系统检测流程更加清晰。

本书的主要读者对象为从事建筑设备系统设计、检测研究的工程技术人员以及高校的教师和学生,同时也适用于相关建设管理机构的人员为完善相关的技术标准进行参考。



前 言

在传统能源短缺、节能形势严峻的背景下,在满足人类健康、舒适度要求的前提下,在暖通空调领域,优化能源结构、提高能源利用率显得尤为迫切。

多能互补供暖空调系统是多种冷热源互为补充的一种供暖空调系统形式,需要综合考虑各种能源的节能性、环保性和获取难易度等因素。多能互补供暖空调系统在保证末端使用需求的前提下,应当充分发挥各种能源的优势,达到节能减排的目的。

以太阳能为例,太阳能作为清洁可再生能源,与建筑结合可以更好地满足节能减排需求。但太阳能受地域、天气等因素的影响较大,单独使用不能很好地满足用户需求。随着太阳能应用领域的扩大,为了充分利用太阳能资源,又不折损用户的实际需求,太阳能与其他能源互补使用已成为一种必然趋势。

众多研究结果表明,能源转换技术水平、用户需求结构、本地可再生能源利用及系统配置方案是影响系统综合能效的关键因素。在设计多能互补供暖空调系统时,应予以充分考虑。

多能互补供暖空调系统的节能检测及评价,是在施工验收合格的前提条件下,以实际测试参数为基础,评价系统的运行性能。目前并没有一本权威的规范标准可以直接指导多能互补系统的节能检测及工程评价工作,因此往往需要参考多种规范标准。这些规范标准种类多、数量大、专业性强,增加了多能互补系统节能检测及工程评价工作的难度,同时也降低了检测的规范性和评价的可操作性。

本书旨在对多种设备、各类系统的数个关键参数进行检测、计算和评价。与已有规范标准书籍不同,本书的编写逻辑遵循节能检测及工程评价工作推进的时间顺序,兼顾检测理论及计算方法的同时,增强了可操作性,使复杂的系统检测流程更加清晰。

开展节能检测及评价工作时,首先应根据多能互补供暖空调的系统构成确定需要检测的内容,并参阅各相关章节。例如:通过各章中的“检测条件与时间”,结合系统的设计工况、正常运行工况(长期稳定运行的状态),确定多能互补供暖空调系统检测的天气条件、检测工况以及应同时检测的参数等。

本书的特点有：(1) 包含了常规系统及可再生能源系统的节能检测及评价,扩展了本书的使用范围；(2) 每章的“检测内容”一节,简述了本项检测的意义,可以帮助读者更好地理解检测目的,同时直接给出工程评价需要的主控项目,用表格的形式直观地解构出所需的测试参数,并提供对相关测试仪器的基本要求；(3) 针对检测的主控项目及所需测试参数,结合检测数据的采集要求,给出实用且详尽的计算公式；(4) 针对检测的主控项目,逐一给出合格指标及判定方法。

本书在编写过程中得到了四川省建筑设计研究院各位专家及技术人员的指导和帮助,也参阅了近年来相关的技术标准和相关文献,在此表示衷心的感谢。由于编者水平所限,书中如有错误和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 通风与空气处理 1

1.1 室内环境温、湿度	2
1.2 空气处理设备	10
1.2.1 风机	10
1.2.2 新风机	15
1.2.3 风机盘管	19

第 2 章 冷热源及管网 25

2.1 冷热源设备	26
2.1.1 电动蒸汽压缩循环冷水(热泵)机组	26
2.1.2 溴化锂吸收式冷(热)水机组	30
2.1.3 锅炉	39
2.2 水泵	48
2.3 冷却塔	56
2.4 冷源系统能效	66
2.5 水系统	70

2.5.1 水系统回水温度一致性	70
2.5.2 水系统供、回水温差	72

第3章 可再生能源 75

3.1 地源热泵	76
3.2 太阳能供热水采暖系统	92

附录 115

A 风量检测方法	116
A.1 风管风量检测方法	116
A.2 风量罩风口风量检测方法	119
B 电机输入功率检测方法	119
C 水的密度 ρ	121
D 焓湿图	124
E 水的比热 C_p	126
F 太阳能资源区划	129
G 我国主要城市太阳辐照量分段统计	131

A decorative graphic consisting of a circle with a horizontal line passing through its center and a vertical line passing through its center, creating a crosshair effect. The circle is light gray, and the lines are thin and light gray.

第 1 章

通风与空气处理

1.1 室内环境温、湿度

1) 参考标准

JGJ/T 177—2009《公共建筑节能检测标准》；

JGJ/T 347—2014《建筑热环境检测方法标准》；

JGJ/T 260—2011《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》；

GB/T 18204.1—2013《公共场所卫生检验方法 第1部分：物理因素》；

QX/T 35—2005《气象用湿球纱布》；

GB/T 11605—2005《湿度测量方法》；

JGJ 134—2010《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》；

JGJ 26—2010《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》；

GB 50411—2007《建筑节能工程施工质量验收规范》。

2) 检测内容

室内环境温、湿度的检测，是验证通风与空气调节效果的手段，应在室内环境达到热稳定后进行。检测的主控项目测试参数见表1-1，各项测试参数对应的测试仪器基本要求见表1-2。

表1-1 主控项目及测试参数

主控项目	测试参数
室内空气温度	空气干球温度
室内空气湿度	空气相对湿度

表 1-2 测试仪器基本要求

序号	测试参数	仪表准确度	备注
1	空气干球温度	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	热响应时间 $\leq 90\text{ s}$
2	空气相对湿度	$\pm 5\%$	—

注：仪器应按国家现行相关标准进行检定校准，并应在检定校准有效期内使用。

3) 检测数量

(1) 设有集中采暖空调系统的建筑物，温度、湿度检测数量应按照采暖空调系统分区进行选取。当系统形式不同时，每种系统形式均应检测。相同系统形式应按系统数量的 20% 进行抽检。同一个系统检测数量不应少于总房间数量的 10% (表 1-3)。

(2) 未设置集中采暖空调系统的建筑物，温度、湿度检测数量不应少于总房间数量的 10% (表 1-3)。

表 1-3 检测数量

项目	集中(分区、分形式)			非集中
	不同系统形式	同种系统形式	同一系统	
系统形式	每种形式	—	—	—
系统数量	—	抽检 20%	—	—
房间数量	—	—	不少于 10%	不少于 10%

注：检测数量在符合本条第(1)、(2)款规定的基础上也可按照委托方要求增加。

4) 布点方法

(1) 建筑布点区域如下。

- ① 3 层及以下的建筑物应逐层选取区域布置温度、湿度测点。
- ② 3 层以上的建筑物应在首层、中间层和顶层分别选取区

域布置温度、湿度测点。

③ 气流组织方式不同的房间应分别布置温度、湿度测点。

(2) 房间布点数量如下。

① 当房间面积小于 16 m^2 时,应设测点 1 个。

② 当房间面积大于或等于 16 m^2 且小于 30 m^2 时,应设测点 2 个。

③ 当房间面积大于或等于 30 m^2 且小于 60 m^2 时,应设测点 3 个。

④ 当房间面积大于或等于 60 m^2 且小于 100 m^2 时,应设测点 5 个。

⑤ 当房间面积大于或等于 100 m^2 时,每增加 $20 \sim 30 \text{ m}^2$ 应增加 1 个测点。

(3) 在房间布点时,温度、湿度测点应设于室内活动区域,且应在距地面 $700 \sim 1\,800 \text{ mm}$ 范围内有代表性的位置,温度、湿度传感器不应受到太阳辐射或室内热源的直接影响。

对于四边形平面房间,布点如下:

① 当房间面积小于 16 m^2 时,应在房间平面对角线交点处布点。

② 当房间面积大于或等于 16 m^2 且小于 30 m^2 时,应取房间平面最长的对角线作为布点定位线,并应在其 3 等分点处布点(图 1-1a)。

③ 当房间面积大于或等于 30 m^2 且小于 60 m^2 时,应取房间平面最长的对角线作为布点定位线,并应在其 4 等分点处布点。

④ 当房间面积大于或等于 60 m^2 且小于 100 m^2 时,应取房间平面的 2 条对角线作为布点定位线,并应在其交点和 3 等分点处布点(图 1-1b)。

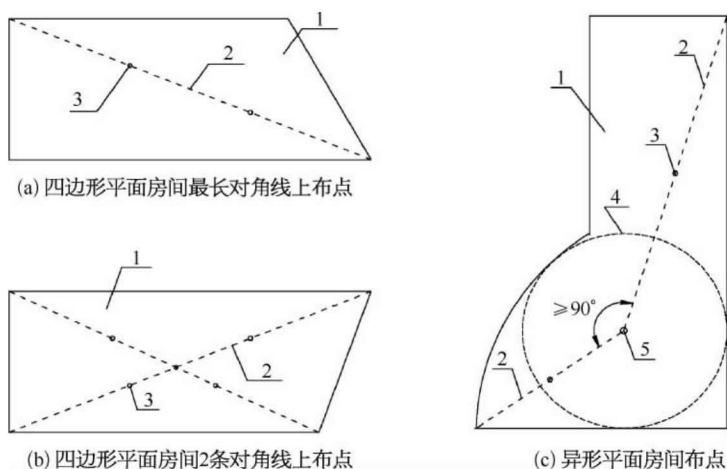


图 1-1 房间平面测点布置

1—房间平面;2—布点定位线;3—等分线;4—最大内接圆;5—圆心

⑤ 当房间面积大于或等于 100 m^2 时,测点应尽可能均匀分布。

对于异形平面房间,布点如下:

① 当房间面积小于 16 m^2 时,应在房间平面的最大内接圆圆心处布点。

② 当房间面积大于或等于 16 m^2 且小于 30 m^2 时,应取房间平面的最大内接圆圆心与房间角部连线中最长的 1 条连线作为布点定位线,并应在该圆心及定位线的 2 等分点处布点。

③ 当房间面积大于或等于 30 m^2 且小于 60 m^2 时,应取房间平面的最大内接圆圆心与房间角部连线中最长的且夹角不小于 90° 的 2 条连线作为布点定位线,并应在该圆心及 2 条定位线的 2 等分点处布点(图 1-1c)。

④ 当房间面积大于或等于 60 m^2 且小于 100 m^2 时,应取房间平面的最大内接圆圆心与房间角部连线中最长的且夹角不小

于 90° 的 2 条连线作为布点定位线,并应在该圆心及 2 条定位线的 3 等分点处布点。

⑤ 当房间面积大于或等于 100 m^2 时,测点应尽可能均匀分布。

5) 检测仪器与操作

(1) 空气干球温度宜采用热电偶、铂电阻、热敏电阻的数字式温度计或水银温度计进行测试。

① 温度计的测头应设置辐射热防护罩,辐射热防护罩应符合下列规定:辐射热防护罩应为两端开口的圆筒,圆筒的内径尺寸应满足当圆筒内置入测头时的通风过流面积不小于圆筒内径面积的 50%,圆筒长度应为其内径的 2~4 倍;辐射热防护罩内、外表面应采用半球发射率不大于 0.04 且太阳辐射吸收系数不大于 0.15 的光面金属箔。

② 测试时,应将测头置于辐射热防护罩中部,辐射热防护罩的开口不得朝向房间的冷热源。

③ 当采用水银温度计测试时,除符合本标准外,尚应符合现行国家标准 GB/T 18204.1—2013《公共场所卫生检验方法 第 1 部分:物理因素》的有关规定。

(2) 空气相对湿度宜采用通风干湿球湿度计、露点湿度计或电子式湿度计进行测试。

① 当采用通风干湿球湿度计测试时,应符合下列规定:采用符合现行行业标准 QX/T 35—2005《气象用湿球纱布》要求的纱布完全包裹测头并固定,纱布包裹层数为 2~3 层,纱布下端应浸入蒸馏水水壶,测头至壶口距离应为 30~50 mm;测头设置辐射热防护罩,辐射热防护罩应符合标准第 5.1.2 条的规定;辐射热防护罩内应设置强制通风装置,罩内过流风速不应低于 2.5 m/s ;测试时,辐射热防护罩的开口不得朝向房间的冷热源,

且辐射防护罩的强制通风不得对附近的空气流速测试产生干扰。

② 当采用露点湿度计或电子式湿度计测试时,应符合现行国家标准 GB/T 11605—2005《湿度测量方法》的相关规定。

6) 检测条件与时间

(1) 室内平均温度、湿度检测应在最冷或最热月,且在供热或供冷系统正常运行后进行,室内平均温度、湿度应进行连续检测,检测时间不得少于 6 h,且数据记录时间间隔最长不得超过 30 min。

(2) 当在采暖工况下检测时,室内外温差不应小于设计温差的 50%,且在多云或少云天气条件下进行。

(3) 当在制冷工况下检测时,室内外温差和相对湿度不应小于设计温差和设计湿度差的 50%,且在晴或少云天气条件下进行。

(4) 应在被测环境的主动和被动热环境调节手段、室内人员和主要发热设备处于正常工作状态时进行。

7) 计算方法

(1) 室内平均温度按下式计算。

$$t_{\text{m}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{m}, i}}{n} \quad (1-1)$$

$$t_{\text{m}, i} = \frac{\sum_{j=1}^p t_{i, j}}{p} \quad (1-2)$$

式中 t_{m} ——检测持续时间内受检房间的室内平均温度(℃);

$t_{\text{m}, i}$ ——检测持续时间内受检房间第 i 个室内逐时温

度(℃);

n ——检测持续时间内受检房间的室内逐时温度的个数;

$t_{i,j}$ ——检测持续时间内受检房间第 j 个测点的第 i 个室内温度逐时值(℃);

p ——检测持续时间内受检房间布置的温度测点个数。

(2) 室内平均相对湿度按下式计算。

$$\varphi_{\text{m}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_{\text{m},i}}{n} \quad (1-3)$$

$$\varphi_{\text{m},i} = \frac{\sum_{j=1}^p \varphi_{i,j}}{p} \quad (1-4)$$

式中 φ_{m} ——检测持续时间内受检房间的室内平均相对湿度(%);

$\varphi_{\text{m},i}$ ——检测持续时间内受检房间第 i 个室内逐时相对湿度(%);

n ——检测持续时间内受检房间的室内逐时相对湿度的个数;

$\varphi_{i,j}$ ——检测持续时间内受检房间第 j 个测点的第 i 个室内相对湿度逐时值(℃);

p ——检测持续时间内受检房间布置的相对湿度测点个数。

8) 合格指标与判定方法

(1) 室内温度、湿度合格指标与判别方法应符合下列规定。