

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Kongtiaoxitong
Tiaoshi yu
Yunxing

空调系统调试与运行

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

刘成毅 主编



中国建筑工业出版社
China Architecture & Building Press

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

空调系统调试与运行

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

刘成毅 主 编

苏德全 毛 辉 副主编

张金和 主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

空调系统调试与运行/刘成毅主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材. 供热通风与空调工程技术专业适用

ISBN 7-112-06916-5

I. 空... II. 刘... III. ①建筑-空气调节系统-调试-高等学校: 技术学校-教材②建筑-空气调节系统-运行-高等学校: 技术学校-教材 IV. TU831.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 122899 号

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

空调系统调试与运行

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

刘成毅 主 编

苏德全 毛 辉 副主编

张金和 主 审

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 10 1/4 字数: 246 千字

2005 年 1 月第一版 2005 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3,000 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-112-06916-5

TU·6162(12870)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材。全书比较详细、完整地介绍了空调系统安装完毕后的试运行调试程序和方法,同时也介绍了空调系统运行中的日常管理、保养和维修知识。全书共六章,主要包括:空调测试仪表与使用方法、空调系统试运行与调试的准备工作、空调电气与自动控制系统调试、空调水系统及制冷系统试运行与调试、空调系统试运行与调试、空调系统运行与维护。

本书在内容和编排上均与工程实际有较好的结合,除作为教材外,还可供从事空调安装工程和运行管理的技术人员参考。

* * *

责任编辑:齐庆梅 朱首明

责任设计:刘向阳

责任校对:刘 梅 王 莉

本教材编审委员会名单

主 任：贺俊杰

副主任：刘春泽 张 健

委 员：陈思仿 范柳先 孙景芝 刘 玲 蔡可键

蒋志良 贾永康 王青山 余 宁 白 桦

杨 婉 吴耀伟 王 丽 马志彪 刘成毅

程广振 丁春静 胡伯书 尚久明 于 英

崔吉福

序 言

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会（原名高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会水暖电类专业指导小组）是建设部受教育部委托，并由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是，研究建筑设备类高职高专教育的专业发展方向、专业设置和教育教学改革，按照以能力为本位的教学指导思想，围绕职业岗位范围、知识结构、能力结构、业务规格和素质要求，组织制定并及时修订各专业培养目标、专业教育标准和专业培养方案；组织编写主干课程的教学大纲，以指导全国高职高专院校规范建筑设备类专业办学，达到专业基本标准要求；研究建筑设备类高职高专教材建设，组织教材编审工作；制定专业教育评估标准，协调配合专业教育评估工作的开展；组织开展教学研究活动，构建理论与实践紧密结合的教学内容体系，构筑“校企合作、产学研结合”的人才培养模式，为我国建设事业的健康发展提供智力支持。

在建设部人事教育司和全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，2002年以来，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会的工作取得了多项成果，编制了建筑设备类高职高专教育指导性专业目录；制定了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”等专业的教育标准、人才培养方案、主干课程教学大纲、教材编审原则，深入研究了建筑设备类专业人才培养模式。

为适应高职高专教育人才培养模式，使毕业生成为具备本专业必需的文化基础、专业理论知识和专业技能、能胜任建筑设备类专业设计、施工、监理、运行及物业设施管理的高等技术应用性人才，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会，在总结近几年高职高专教育教学改革与实践经验的基础上，通过开发新课程，整合原有课程，更新课程内容，构建了新的课程体系，并于2004年启动了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业主干课程的教材编写工作。

这套教材的编写坚持贯彻以全面素质为基础，以能力为本位，以实用为主导的指导思想。注意反映国内外最新技术和研究成果，突出高等职业教育的特点，并及时与我国最新技术标准和行业规范相结合，充分体现其先进性、创新性、适用性。它是我国近年来工程技术应用研究和教学工作实践的科学总结，本套教材的使用将会进一步推动建筑设备类专业的建设与发展。

“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业教材的编写工作得到了教育部、建设部相关部门的支持，在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，聘请全国高职高专院校本专业享有盛誉、多年从事“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”专业教学、科研、设计的

副教授以上的专家担任主编和主审，同时吸收工程一线具有丰富实践经验的高级工程师及优秀中青年教师参加编写。可以说，该系列教材的出版凝聚了全国各高职高专院校“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业同行的心血，也是他们多年来教学工作的结晶和精诚协作的体现。

各门教材的主编和主审在教材编写过程中认真负责，工作严谨，值此教材出版之际，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会谨向他们致以崇高的敬意。此外，对大力支持这套教材出版的中国建筑工业出版社表示衷心的感谢，向在编写、审稿、出版过程中给予关心和帮助的单位 and 同仁致以诚挚的谢意。衷心希望“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”这三个专业教材的面世，能够受到各高职高专院校和从事本专业工程技术人员的欢迎，能够对高职高专教学改革以及高职高专教育的发展起到积极的推动作用。

**全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会
建筑设备类专业指导分委员会**

2004年9月

前 言

本书是全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材。全书共分六章,内容包括大、中型空调系统安装试运行调试和工作运行的日常管理与维修保养两部分。高等职业教育“供热通风与空调工程技术”专业主要培养在施工现场第一线从事安装与调试工作的应用型技术人才,因此本书着重介绍空调系统安装完毕后的试运行调试从准备工作到竣工验收的实施程序和工艺方法。同时第六章也较详细地介绍了空调系统工作运行的日常管理、操作和维修保养基本知识。在内容的安排上注意了这两部分各自的系统性和完整性,又避免了重复且可以相互借鉴。

根据高职教育应突出“实用”的特点,我们在内容的选用和编排上做了一些新的尝试。首先是教材内容与空调工程实际紧密结合,将大量来源于现场第一线的技术和管理信息融入教材。同时我们希望做到:教材各章、节、段的内容编排顺序尽量与工程实际的实施过程一致,各章节的知识点与工程中的技术点一一对应,使知识结构能够比较完整、实用,以适应用人单位对学生毕业即能上岗的要求。但因时间很仓促,有一些设想和内容来不及准备和完善,未能在本书中体现,对此感到遗憾,待以后进一步补充提高。因编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请批评指正。

安排本课程教学应注意与其他课程在时间上的先后关系。本课程要求学生已具备空调、制冷和测控技术等方面的知识。由于教学内容有很强的实践性和技术性,课堂教学后应结合现场实习,让学生将所学知识得以巩固和充实。

本书由刘成毅主编并统稿,副主编为苏德全、毛辉。具体分工是:刘成毅(绪论、第1章第1、5节,第2章第1、2、3节、第5章),商利斌(第1章第2、3、4、6、8节),毛辉(第1章第7节,第2章第4节,第4章第1、5节,第6章第1节),刘昌明(第3章第2、3、4节),苏德全(第3章第1节,第4章第2、3、4节),胡亮(第6章第2节),第6章第3节由毛辉与胡亮合编。山东建筑工程学院张金和教授审校了全书,为本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议,内蒙古建筑职业技术学院贺俊杰教授审阅了全部书稿,也提出了许多宝贵的建议,编者向他们表示衷心的感谢。在此也向本书参考文献的作者表示感谢。

目 录

绪论	1
第一章 空调测试仪表与使用方法	4
第一节 测量仪表的基本特性	4
第二节 温度测量	6
第三节 湿度测量	9
第四节 压力测量	11
第五节 流速与流量测量	14
第六节 噪声测量	16
第七节 高效过滤器检漏仪器及其方法	20
第八节 制冷剂检漏	22
思考题与习题	24
第二章 空调系统试运行与调试的准备工作	25
第一节 空调系统试运行与调试执行标准与规范	25
第二节 施工准备	28
第三节 空调系统试运行调试方案的编制	30
第四节 空调系统试运行调试方案示例	34
思考题与习题	39
第三章 空调电气与自动控制系统调试	40
第一节 空调自动控制与调节系统基本知识	40
第二节 空调自动控制与调节系统图例简介	41
第三节 空调电气与自动控制系统通电前的检查测试	48
第四节 空调电气与自动控制系统通电检查与调试	50
思考题与习题	54
第四章 空调水系统及制冷系统试运行与调试	55
第一节 冷却水系统与冷冻水系统试运行与调试	55
第二节 活塞式制冷压缩机试运行与调试	59
第三节 螺杆式制冷压缩机试运行与调试	66
第四节 离心式制冷压缩机试运行与调试	69
第五节 溴化锂吸收式制冷机的试运行与调试	72
思考题与习题	78
第五章 空调系统试运行与调试	80
第一节 空调风系统设备单机试运行与调试	80
第二节 空调风系统风量测定与调整	87

第三节 空调系统无负荷联合试运行与调试	93
第四节 竣工验收与空调系统综合效能测定	98
思考题与习题	103
第六章 空调系统运行与维护	104
第一节 空调运行管理的意义	104
第二节 空调系统运行与管理	105
第三节 空调系统日常维护与故障分析	123
思考题与习题	151
参考文献	153

绪 论

一、空调试运行与调试的任务

从世界上第一台具有制冷能力的空调在 20 世纪初诞生以来,空调的发展已有近 100 年的历史,我国最早使用集中空调系统的记录是 20 世纪 30 年代的上海大光明电影院。20 世纪 50 年代至 80 年代,空调在我国主要用于国防、科研和少数工业生产部门。改革开放以来,随着国民经济的飞速发展,空调技术已得到了非常广泛的应用。目前,在影剧院、大型商场、体育馆、高档宾馆和办公楼,以及各种娱乐场所安装空调已经非常普遍,家用空调也正在普及。特别是最近 10 年通过与国外技术的交流和引进,我国空调制造业有了长足的发展,已具备非常强大的研发和生产实力,产品种类和规格与国际同步,许多产品已达到世界先进水平并销往国外。进入 21 世纪以后,根据人们对社会发展和环境保护的新认识,健康、环保、节能等要求已逐步在设备制造和工程设计中得以体现,空气调节技术正处于一个新的发展时期。

空调系统的运行质量首先取决于设计、制造和安装三个方面。先进的设计方案和优良的产品质量是保证空调系统良好工作性能的基础,但系统的最终质量还要靠安装来实现。特别是大中型空调工程,需要把由不同厂家生产的各种类型规格的材料、半成品、成品、部件、设备,通过在现场安装形成完整的系统,并使其稳定、可靠的运行,从而为用户提供符合设计要求的人工环境,这是一个相当复杂的工艺过程。大中型空调安装工程在技术方面涉及机械、电子、制冷、控制等多个专业领域,在施工中要执行和应用多种标准、规范和技术文件,而且工期会长达数月甚至数十个月,这要求施工单位在安装全过程中实行严格的质量控制。

根据《通风与空调工程施工质量验收规范》(GB 50243—2002),见表 0-1,大中型空调工程含有三个子分部工程,分别对应空调风系统、制冷系统和水系统三个子系统。实际上,完整意义的空调系统安装还包括电气系统和自动控制与调节系统。前者属于建筑电气分部工程,后者属于智能建筑分部工程。每台设备、每个子系统能否正常工作,整个系统联合运行能否达到设计要求,这不可能完全由安装中静态质量检查与控制来保证,有一些缺陷和故障隐患也无法在静态被发现,因此空调工程正式投入使用前必须经过试运行与调试。空调系统试运行与调试一般分两个阶段,其主要任务是:

(1) 第一阶段,实现设备与系统由静到动的转换,进行单机与子系统试运行与调试,以及全系统无负荷联动试运行与调试,主要检查制造与安装的质量,排除故障和隐患,使各子系统协调工作,与负荷无关的主要技术指标达到设计要求,该过程由施工单位负责。

(2) 第二阶段,主要发现和解决设计中存在的问题。系统一般应带负荷运行,通过调整,使空调系统在满足工艺条件的前提下,全面实现设计的各项技术经济指标。该过程也称系统综合效能测定与调整,由建设单位负责,设计、施工单位配合工作。

通风与空调分部工程的子分部划分

表 0-1

子分部工程	分 项 工 程	
送、排风系统	风管与配件制作	通风设备安装, 消声设备制作与安装
防、排烟系统	部件制作	排烟风口、常闭正压风口与设备安装
除尘系统	风管系统安装	除尘器与排污设备安装
空调系统	风管与设备防腐	空调设备安装, 消声设备制作与安装, 风管与设备绝热
净化空调系统	风机安装 系统调试	空调设备安装, 消声设备制作与安装, 风管与设备绝热, 高效过滤器安装, 净化设备安装
制冷系统	制冷机组安装, 制冷剂管道及配件安装, 制冷附属设备安装, 管道及设备的防腐与绝热, 系统调试	
空调水系统	冷热水管道系统安装, 冷却水管道系统安装, 冷凝水管道系统安装, 阀门及部件安装, 冷却塔安装, 水泵及附属设备安装, 管道及设备的防腐与绝热, 系统调试	

空调工程施工作为一个生产过程, 安装完成的空调系统就是产品。作为生产者, 完成产品的试运行调试是施工单位的责任。在第一阶段, 所有单机设备需要启动试运行, 各子系统和全系统需要联合调试。虽然有的重要设备是由生产厂家派人试运行, 但由于施工单位承担了全部工程的安装工作, 最熟悉工程的具体情况, 具有组织多专业、多工种技术力量配合的能力, 必定是整个工作的主持者。在试运行调试中, 如果设计、制造或安装被检查发现问题, 应该由责任方负责解决。由于不带负荷, 第一阶段主要检查制造与安装的质量, 调试系统的运行状态。试运行调试所有规定的检测和调试项目应该达到国家现行规范的质量标准。在第一阶段试运行与调试合格以后, 工程可以进入竣工验收程序。

第一阶段试运行与调试合格, 并不能说明系统在负荷条件下就一定能达到设计的技术指标。第二阶段主要检查在带负荷条件下空调系统的运行情况。当某些指标达不到设计的要求时, 还需进一步调整。由于需要空调系统服务的对象也处于工作状态, 特别是工艺性空调, 其效能测定与调整和车间生产有联系又有矛盾, 因此应掌握好第二阶段试运行与调试的时间, 宜安排在生产设备试运行或试生产阶段, 当然这项工作只能由建设单位(或业主)来组织和实施。空调系统综合效能测定和调整的具体项目内容的选定, 应由建设单位或业主根据产品工艺的要求进行综合衡量为好。一般以适用为准则, 不宜提出过高的要求。第二阶段试运行与调试合格以后, 可以进入工程移交程序。

空调工程、特别是大型工程的试运行与调试涉及项目多, 技术难度大, 持续时间也比较长。而且实施过程中建设、施工、设计以及监理单位与供应商要分别履行自己的责任。本书的目的之一是帮助学习者了解在空调试运行与调试过程中工程参与各方的职责, 领会整个过程的实施程序, 掌握操作的基本方法。

二、空调系统运行管理的意义与现状

空调工程移交以后, 其保修期为两个采暖期和供冷期。在此期间出现的问题, 要分析是由于设计、制造、安装或是使用的原因, 由责任方承担经济损失, 而安装单位将履行保修职责。但使用单位也应对空调系统的运行制定完善的管理制度, 安排专职人员对空调系

统进行日常运行管理和维护保养工作。使用单位对人员的培训宜提前到空调设备安装阶段完成,通过参与空调系统的试运行与调试,以及在保修期配合安装单位工作,为以后的运行管理和维护保养积累经验。

对空调系统的运行管理,是继系统设计、设备制造和施工安装之后,第四个决定空调系统运行质量的重要环节。实践证明,空调系统管理人员具有良好的技术素质和责任心,在运行中执行正确的管理制度,可以及时发现和消除事故隐患,延长设备的使用寿命,使空调系统长期保持良好的技术状态。对于工艺性空调和净化空调,因其为生产和科研服务,运行状态将直接关系到产品的质量或科学研究的成败。对用于生物试验的净化空调系统,出现故障还可能造成灾难性后果。因此这类空调系统都应有健全的运行管理制度和技术良好的管理与操作人员。而对使用更广泛的大中型舒适性空调系统,使用单位普遍还未给予足够的重视。多项调查表明,许多空调系统运行都存在各种各样的问题,甚至有的故障已使房间无法实现正常的空气调节,而系统仍在盲目运行使用。我国某高校在对某一地区中央空调使用情况调查中竟发现有一单位空调系统的31个风机盘管,电磁阀卡死就有15个。还有的用户不熟悉空调的自动控制与节能系统,无法使这部分设备正常工作,造成对该部分的投资无法取得预期的效果。出现这种现状的另一个主要原因是缺乏从事空调系统运行管理的技术人才。前面已经讲到,空调系统具有设备多、技术先进、涉及专业广等特点,一般短期培训难以掌握技术要领。因此使用单位对制造厂生产、施工单位安装的成品质量,只是被动的接受,不能积极主动进行维护和保养。空调系统“带病”运行司空见惯,不但建筑室内环境无法满足要求,设备使用也达不到设计的寿命,甚至可能由“小病”酿成重大事故,使国家和人民的财产遭受不应有的损失。众多空调系统运行管理不善,也会造成大量的能源浪费。我们希望这种现状尽快得以改善。高职院校供热通风与空调工程技术专业培养的学生,应该既能到安装施工第一线,又能适合空调系统运行管理的工作,本书也希望为培养这方面人才提供必备的基本知识。随着建筑物业管理的发展,大量懂理论、有技术的高职院校毕业生充实到该领域后,应该使空调系统的运行管理,乃至整个建筑设备物业管理的水平得到较大提高。

第一章 空调测试仪表与使用方法

空调系统在试运行与调试过程中要完成多项测试工作。测量工作能否顺利完成，测量精度能否满足要求，将取决于对测量仪表的选择和使用两个方面。因此，测试人员应该熟悉空调测试常用仪表，了解它们的结构组成、工作原理和基本特性，掌握正确的使用方法。本章介绍在空调测试中常用的仪表和使用方法。

第一节 测量仪表的基本特性

一、测量误差与测量精度

1. 测量误差及分类

任何测量都必定存在误差。测量误差是指对被测量进行测量时，测量结果与被测量真值之间的差。测量误差根据其性质可以分为三类，即系统误差、偶然（随机）误差和过失误差。

(1) 系统误差。其特点是在相同测量条件下，对同一被测量进行多次测量，产生的误差大小正负保持不变，或按一定规律变化。系统误差可以消除，例如用高精度级量仪检定其误差值并绘制修正表等，从测量结果中剔除系统误差。对测量仪表细心的保存、安装和使用也是避免产生系统误差的有效措施。

(2) 偶然误差。是指在相同测量条件下，对同一被测量进行多次测量时，因受到大量微小的和无法掌控的随机因素的影响而产生的误差。测量中这种误差的大小正负变化没有一定规律，无法修正或消除，这种误差称偶然误差或随机误差。偶然误差是误差理论研究的对象。在等精度测量中，偶然误差服从统计规律。随着测量次数的增加，偶然误差的算术平均值将逐渐接近于零，因此，多次测量结果的算术平均值将更接近于真值。

(3) 过失误差。这种误差是由于测量者粗心大意或操作不正确所造成的，如读错、记错、算错等。此类误差有时容易发现，有时则很难发现，一般用换人复测的方法可以避免，也必须避免。

2. 测量精度

测量精度指测量结果与真值的接近程度，与测量误差对应，可以从三个方面进行描述，即准确度、精密度和精确度。

(1) 准确度反映系统误差对测量结果的影响，系统误差大即准确度低。

(2) 精密度反映偶然误差对测量结果的影响，偶然误差大即精密度低。

(3) 精确度同时反映系统误差和偶然误差对测量结果的影响。

如果测量中无过失误差，已经修正或消除了系统误差，对未发现或未掌握其规律的系统误差作为偶然误差处理，那么测量精度就只涉及偶然误差。

在等精度测量中，误差理论分析偶然误差常用的指标之一是均方误差，均方误差小则

测量精度高。对同一被测量进行 n 次测量，通常规定每单次测量的极限误差为三倍均方误差 σ 。而 n 次测量的算术平均值的极限误差为 $3\sigma/\sqrt{n}$ 。若重复测量 4 次，测量结果算术平均值的测量精度比单次测量提高一倍。一般测量重复 2~4 次为宜。

二、测量仪表的基本特性

对被测量进行测量，测量者操作认真负责并对测量结果进行数据处理可以提高测量精度。但测量结果的可靠程度主要取决于测量仪表的性质。下面介绍测量仪表的基本特性。

1. 测量仪表的精度

测量仪表的精度影响测量精度，但二者的含义不同。要了解测量仪表的精度应先了解测量仪表的绝对误差和百分误差概念。被测量的测得值与被测量的标准值之差为绝对误差。所谓标准值是用精确度高 3~5 倍的标准仪表测量的结果。对测量仪表校检中各点的绝对值最大的绝对误差作为测量仪表的绝对误差，这里用 Δ_m 表示。百分误差则为：

$$\delta = \pm \frac{\Delta_m}{L_a - L_b} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 δ ——百分误差；

L_a 、 L_b ——测量仪表的刻度上限与下限。

百分误差的绝对值去掉“%”后剩下的数字为仪表的精度。我国仪表工业目前采用的精度等级系列为：0.005、0.01、0.02、(0.035)、0.04、0.05、0.1、0.2、(0.35)、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0、5.0。

【例 1-1】 某测温仪表的测温范围为 200~1000℃，校验时得到的最大绝对误差为 5℃，试确定该仪表的精度等级。

【解】 由式 (1-1)，该仪表的百分误差为

$$\delta = \pm \frac{5}{1000 - 200} \times 100\% = \pm 0.625\%$$

去掉“%”后的绝对值为 0.625，处于 0.5 与 1.0 级之间，精度等级应定为 1.0 级。

仪表精度也称为仪表准确度，有时也用仪表的绝对误差直接定义仪表准确度。在理解测量仪表精度等级概念时应注意以下几点：

(1) 测量仪表的绝对误差与被测量的大小无关。例如，某一温度仪表的精度为 1.0 级，测量范围为 50~100℃，如果使用这一温度表来测量温度，无论你测的温度值是 60℃ 还是 80℃，绝对误差均为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

(2) 同一精度，不同量程的两台测量仪表，在对同一被测量进行测量时，产生的绝对误差可能不同。例如，两只精度均为 1.0 级的温度计，一个测量范围为 0~50℃，另一个为 0~100℃，用这两只温度计去测同一约 40℃ 的温度值，前者可能产生的绝对误差为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，后者为 $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 。因此选用测量仪表时，在满足被测量数值范围的前提下，尽可能选择小量程，使测量值在上限或全量程的 2/3~3/4 处为宜，这样可以减小测量误差。

(3) 用户不能按自己检定的百分误差随意给仪表升级使用，但可以降级使用。

(4) 仪表的精度等级表示可能的误差值大小，但绝不意味该仪表在实际测量中会出现这么大的误差。

2. 恒定度

当外部条件不变时,用同一测量仪表对某一被测量进行重复测量时,指示值之间的最大差数与仪表量程之比的百分数为读数变差。读数变差也指当仪表指针上升(正行程)与下降(反行程)时,对同一被测量所得读数之差。变差大小即反映了仪表多次重复测量时,其指示值的稳定程度,称为恒定度。仪表读数的变差不应超过仪表的百分误差,如1.0级的测量仪表,读数变差不应超过1%。

3. 灵敏度

灵敏度是表征测量仪表对被测量变化的反应能力。对于给定的被测量,测量仪表的灵敏度用仪表指示值的增量(输出增量,即仪表指针的线位移或角位移等)与引起该增量的被测量增量(输入增量)之比来表示,当输入与输出量的量纲相同时,灵敏度也称为放大比或放大因数。

有刻度盘的测量仪表,被测量的变化可以通过仪表指针位移被测出。较小的被测量变化若引起较大的仪表指针位移则灵敏度高,但被测量的变化波动会影响读数。两相邻刻线间隔所表示的量值差称为分度值。一般要求刻度间隔大于0.8mm。有经验的测量人员可以估读 $1/3 \sim 1/4$ 分度值。

4. 灵敏度滞阻

灵敏度滞阻又称为灵敏阈或灵敏限,也称分辨率,是指能够引起测量仪表指示值出现可察觉变化的被测量的最小变化值。它表征了仪表响应与分辨输入量微小变化的能力。一般仪表的灵敏度滞阻应不大于仪表绝对误差的一半。

了解以上测量仪表的基本特性,对正确选用测量仪表会有所帮助。但仪表出厂标定的特性参数在使用中会发生变化,测量仪表应按有关规定定期校检。空调系统测试必须使用检定合格并在保证期内的仪表。

第二节 温 度 测 量

温度是一个重要的物理量。它是国际单位制(SI)中7个基本物理量之一,也是空调测试中的一个重要被测参数。

温度不能直接测量,而是借助于物质的某些物理特性是温度的函数,通过对这些物理特性变化量的测量间接地获得温度值。空调系统测试中常用的有水银玻璃管温度计和数字式温度计。

一、常用测温仪表

1. 水银玻璃管温度计

玻璃管液体温度计是利用液体体积随温度升高而膨胀的原理制作而成。由于液体膨胀系数远比玻璃的膨胀系数大,因此当温度变化时,就引起工作液体在玻璃管内体积的变化,从而表现出液柱高度的变化。若在玻璃管上直接刻度,即可读出被测介质的温度值。为了防止温度过高时液体胀裂玻璃管,在毛细管顶部须留有一膨胀室。其结构如图1-1所示。

水银玻璃管温度计的液体为水银。它的优点是直观、测量准确、结构简单、造价低廉,因此应用广泛。但其缺点是不能自动记录、不能远传、易碎、测温有一定迟延。

2. 数字式温度计

数字式温度计一般由热电偶、补偿导线及测量仪表构成。其结构复杂,但可靠性和精度较高,测温范围广,便于测量和读数。能用于远距离、多点、集中测量和自动控制。

热电偶的测温原理是基于1821年塞贝克发现的热电现象。两种不同的导体A和B连接在一起,构成一个闭合回路,当两个接点1与2的温度不同时(见图1-2),如 $T > T_0$,在回路中就会产生热电动势,此种现象称为热电效应。该热电动势就是著名的塞贝克温差电动势,简称为热电动势。导体A、B称为热电极,测量端通常焊接在一起,如图中1点所示,测量时将它置于被测温度场感受被测温度,故称为测量端。接点2要求温度恒定,为参考端(也称冷端)。

数字式温度计配用标准热电偶。我国热电偶按国际标准生产,共有S、B、E、K、N、R、J、T八种标准型热电偶。仪表读数表盘为液晶显示,热电偶与测量仪表要配套使用。补偿导线分为补偿型与延伸型两类。补偿型补偿导线材料与热电极材料不同,常用于贵金属热电偶,它只能在一定的温度范围内与热电偶的热电特性一致;延伸型补偿导线是用与热电极相同的材料制成的,适用于廉价金属热电偶。不同热电偶所配用的补偿导线也不同,使用热电偶补偿导线时必须注意型号相配,正、负极性也不能接错。

二、测温仪表的使用方法

1. 水银玻璃管温度计的使用方法

用玻璃管液体温度计测温度,其安装点应位于方便读数、安全可靠之处。温度计以垂直安装为宜。测量管道内的流体温度时,应使温度计的温包处于管道的中心线位置,插入方向须与流体流动方向相反,以便与流体充分接触,测得真实温度。测量过程中应该注意如下几点:

(1) 由于玻璃材料有较大的热滞后效应,故当温度计被用来测量高温后立即用于测量低温时,其温包不能立即恢复到起始时的体积,从而使温度计的零点发生漂移,因此会引起误差。

(2) 温度计插入深度不够将引起误差。因对温度计标定时,其全部液柱均浸没于被测介质中,但实际使用时却往往会只有部分液柱浸没其中,因而引起温度计的指示值偏离被测介质的真实值,故必须在测量时先将温度计放置于测定稳定一段时间后再读数。

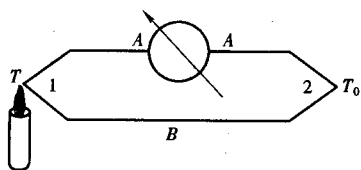


图 1-2 热电效应原理图

(3) 工作液与玻璃管壁面间的表面吸附力会造成工作液流动的迟滞性,从而降低温度计的灵敏度,甚至出现液柱中断现象,此时可轻弹温度计或手握温包使液柱上升至相互连接后再使用。

(4) 读数时视线必须与标尺垂直,并与液柱面处于同一水平面。此外,读数时只能小心转动温度计顶

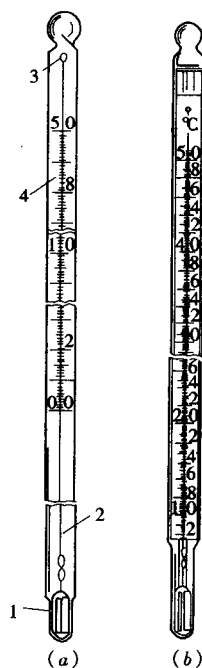


图 1-1 水银温度计

(a) 棒式温度计;

(b) 内标式温度计

1—温包; 2—毛细管;

3—膨胀器; 4—标尺