



服装舒适性与评价

周永凯 张建春 编著

北京工艺美术出版社

服装舒适性与评价

周永凯 张建春 编著

北京工艺美术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

服装舒适性与评价 / 周永凯, 张建春编著. — 北京: 北京工艺美术出版社, 2006.1

ISBN 7-80526-185-7

I. 服 ... II. ①周 ... ②张 ... III. 服装—舒适性—研究 IV. TS941.17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 156232 号

责任编辑: 陈宗贵

封面设计: 张 恬

版式设计: 宋朝晖

责任印制: 宋朝晖

服装舒适性与评价

FUZHUANG SHUSHIXING YU PINGJIA

周永凯 张建春 编著

出版发行 北京工艺美术出版社
地 址 北京市东城区和平里七区 16 号
邮 编 100013
电 话 (010) 64283627 (总编室)
(010) 64280948 (发行部)
传 真 (010) 64280045/3630
经 销 全国新华书店
制 版 北京宏达恒智印艺有限公司
印 刷 北京市铁成印刷厂
开 本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16
印 张 11.5
版 次 2006 年 1 月第 1 版
印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷
印 数 1 ~ 3500
书 号 ISBN 7-80526-185-7/J · 441
定 价 30.00 元

前 言

服装舒适性与评价是近些年发展起来的一门新型交叉学科，它把人体—服装—环境作为一个系统，从人体需要出发，全面研究服装及其材料的使用性能，评价服装的舒适性。服装舒适性与评价研究的内容体现了当今服装科学的最前沿水平。人体—服装—环境系统是一个十分复杂的热力系统。人体新陈代谢产生的热量和湿量通过服装散发到环境中，环境的热湿变化也通过服装传递给人体。服装作为人体与环境之间热湿传递的中介，它固有的热湿性质直接决定了人体的热舒适性。近几十年，在认识到服装的舒适性的重要程度之后，许多医学、空调、纺织专家和学者结合人体生理参数、心理感觉和环境条件等因素变化对服装热湿舒适性进行了大量研究工作，提出了与人体生理参数、心理感觉和环境条件相联系的服装热阻、湿阻和透湿指数等服装热湿舒适性指标，并通过改变服装面料的组成、结构、性能及服装结构等达到改善服装舒适性的目的。这些研究成果为建立人体—服装—环境系统热湿传递模型奠定了基础。

国外对服装舒适性与评价已研究多年。美国等西方发达国家将其研究成果直接应用于军队装备，士兵科学备装，减轻着装重量，提高着装质量等，为作战提供了基本的防护保障。丹麦等国家已将研究与建筑空调研究相结合，评价服装的舒适性。美国 Kansas State University 在研究功能性服装及其舒适性方面，Natick 研究所的 Goldman 博士在湿传递及军服的研究方面，North State University 的 Roger Barker 教授在研究防护服系统、防护服材料及其 KES 风格等方面至今领先于世界。

目前对服装舒适性与评价已提出许多评价指标，其中最具权威性和代表性且已被业内接受的当属丹麦学者 Fanger 教授提出的 Fanger 方程及美国学者 Woodcock 提出的透湿指数。Fanger 方程是 Fanger 教授通过 3000 多人的身体实验及相应的理论推导而得出的集人体、服装和环境各指标于一体的热平衡方程，已被广泛采用。透湿指数亦是目前被业内最普遍采用的用于评价服装及面料湿传递性能的指标。

国内服装舒适性与评价研究主要集中在服装面料的热湿舒适性方面，研究工作主要集中在几所纺织服装院校及军内研究机构。总后勤部军需装备研究所多年来在服装热、

湿传递性能,舒适性和防护性方面做了大量研究工作,先后设计研制出了中国第一代、第二代暖体假人,目前正在设计研制第三代假人——出汗假人。他们还利用自行设计的仪器,研究服装材料的透湿机理及衣内的换气效应,并初步建立了一套数学模型。总参防化研究院主要从人体生理的角度出发研究防化服装的防护工效学特性进而开发新型防化材料及其防护服装。

北京服装学院从1987年更名以来,在服装舒适性与评价的基础研究方面已经做了许多工作。20世纪90年代,北京服装学院与有关单位合作承担林业部及黑龙江省防火指挥部课题——森林防火服工效学评价,在选择面料、辅料、服装结构设计、服装生理学评价及防火现场试验等方面做了大量研究工作,开发的阻燃隔热防护服装曾被北京焦化厂以及大兴安岭有关防火部门采用,获得了良好的社会和经济效益。北京服装学院承担的“非接触式人体测量系统”项目,获取了大量有关人体的各种参数,揭示了有关人体的理论和研究方法,曾获军队科技进步二等奖。2002年,北京服装学院得到中央财政经费支持,建立了服装舒适性与评价实验室,拥有人工气候室、暖体假人、(模拟)人体汗蒸仪等大型贵重实验仪器设备。较完整的服装工效检测实验系统满足了教学和科学研究的迫切需要。

综上所述,目前无论国外和国内,都已将服装舒适性与评价的基础研究成果应用于国防、航天、生化、体育等关系到国家命运及重大影响的高科技领域。随着生活水平的提高,人们对着装的要求亦越来越高,简言之“舒适”和“功能”。因此开展服装舒适性与评价的研究亦越来越迫切。

自1984年以来,我国纺织服装类院校中陆续建立了服装专业,先后开设了“服装舒适性与评价”及其相关课程,然而,能满足纺织服装教学和科研的教材和参考书甚少。因此,尽快编写出版《服装舒适性与评价》教材和参考书具有特别紧迫的意义。

本书是在北京服装学院“服装的舒适性与功能”、“服装的生理学评价方法”等有关服装舒适性与评价相关教材和作者发表的服装舒适性与评价相关论文的基础上,又经查阅大量国内外文献,汇总归纳而成。

参加本书编写的有周永凯、张建春、田永娟、张杰等。全书由周永凯统稿,张建春审稿。田永娟和张杰对本书的图表绘制和编排做了大量工作,在此一并致谢!

由于我们的水平和经验有限,书中难免有不足和错误之处,热忱欢迎读者批评指正。

周永凯

2005.11.15

目 录

第一章 绪论	(1)
一、服装舒适性与评价的发展历史	(1)
二、服装舒适性与评价的研究内容	(2)
三、服装舒适性与评价的研究意义	(4)
第二章 描述环境、服装、人体的物理量	(6)
第一节 描述环境的物理量	(6)
第二节 描述服装的物理量	(14)
第三节 描述人体的物理量	(34)
第三章 服装的干热传递	(57)
第一节 人体散热方式和服装对热传递的影响	(58)
第二节 服装传热原理与热阻	(63)
第三节 影响服装热阻的因素	(68)
第四节 服装热阻测试	(72)
第五节 人工气候室	(75)
第六节 人体穿着试验	(77)
第七节 暖体假人	(80)
第四章 服装的湿热传递	(89)
第一节 蒸发散热	(89)
第二节 服装的透湿指数	(92)
第三节 服装透湿指数的影响因素	(95)
第四节 服装的透水指数	(97)
第五节 最大潜热的计算及其应用	(98)

第六节	动态条件下的湿传递	(99)
第七节	服装湿阻测试	(102)
第五章	服装热阻和湿阻的数据模型及其计算	(110)
第一节	服装热阻和湿阻的数据模型	(110)
第二节	根据设计织物的结构参数计算其热湿传递阻力	(118)
第六章	舒适理论及评价指标	(122)
第一节	舒适的概念	(122)
第二节	Fanger 热舒适方程	(123)
第三节	舒适性评价指标	(126)
第四节	温度性舒适评价指标	(137)
第七章	极端环境中服装的舒适性	(141)
第一节	高温环境概述	(141)
第二节	热带和高温气候下服装的舒适性	(143)
第三节	寒冷环境概述	(151)
第四节	正确判定寒冷程度的指标	(152)
第五节	冬季服装的舒适性	(155)
第六节	不同环境条件下的着装条件	(157)
附 录		(159)
1.	织物特征与热阻值 (表)	(159)
2.	用暖体假人模型测出的成衣热阻值 (表)	(162)
3.	出汗假人测得服装的湿阻和透湿指数 (表)	(167)
4.	国家标准: 服装热阻测试方法 暖体假人法	(168)
5.	符号说明	(174)
参考文献		(176)

第一章 绪 论

一、服装舒适性与评价的发展历史

为了抵抗大自然的冷和热湿、雨、风以及其他环境因素，人必须建造自身的防护设施。从原始时代起，人类就开始利用鸟类的羽毛、野兽的毛皮、树叶、树皮和藤蔓等遮盖自己的身体，使身体免受外界环境不良因素的刺激以及防止外伤和遮盖，这就是极简单的服装。

人类懂得穿衣遮体已有几十万年了。我国是具有五千年历史的文明古国，传说黄帝的妃子“嫫祖”发明了养蚕、缫丝和织锦，这种传说在某种意义上讲可以表明我国在服装制造方面居世界领先地位。我们的祖先对服装的重要性有深刻的认识，两千多年前西汉时代的《盐铁论·力耕》中说：“衣食者，居之本。”可见衣服对人的生存和生活的重要意义。人们把衣、食、住、行列为生活四大要素，而衣又首当其冲。因为人不同于一般动物，人除了饮食以维持生命活动外，随着人类逐渐走向社会化，衣着又是人类文明的象征，同时也是生产和战争中重要的防护手段之一。

可是服装科学的发展非常缓慢，人们真正懂得了服装隔热防寒的原理并建立了服装生理卫生学这门独立的学科只有 40 多年的历史。是近代全球性战争教育了人们，在两次世界大战中，参战各国都受到严寒气候的威胁，冻伤（包括冻僵）的人数总数超过 100 万。专家们把第二次世界大战中（1940~1942 年冬季）希特勒德军和 1812 年拿破仑法军进攻俄国的情况进行了比较，认为两军都是在相似的环境条件下作战冻伤而遭受严重挫败的，其主要原因都是服装简陋，防寒性能差，以及军队缺乏防寒防冻装备所造成的。寒冷的严重威胁引起了生理学家、物理学家和纺织工程师的重视，他们为提高服装的防寒能力而调查、研究。1940 年气候学家和生理学家 P. Siple 等人到寒区考察，发表了关于“选择寒冷气候服装的原则”，在这篇论文中，总结了当时从生理学和气候学方面所得到的许多新知识，弄清了服装防寒隔热的原理，对服装的选材和设计起了重要的指导作用。1940 年美国为军服制定了热阻值的保暖标准，后经 1941 年生理学家和

工程师共同修改,服装热阻(隔热值)的计量单位定为克罗(clo)。

第二次世界大战以后,许多科学技术先进的国家和军队,先后发展了服装生理学和服装卫生学,并建立了专门的研究机构。1949年英国出版了第一本服装生理学专著——《热调节生理学与服装学》,1955年路顿又出版了一本以服装生理学为主要内容的专著——《人在寒冷环境中》,1957年苏联将该书译成俄文版。至今这两本书仍是生理服装卫生学的基本教材。但是上个世纪40年代和50年代,主要是研究防寒服,服装生理卫生学的定量评价指标只有隔热值(clo)。到了60年代化学纤维发展很快,合成纤维织物给人们带来了福音,也带来了闷热。为了寻找闷热的原因,评价尼龙类衣服闷热的程度,使人们在热环境中尽可能地着装舒适,生理学家对生理热环境条件下的服装生理学问题很感兴趣。1962年伍德科克(A. H. Woodcock)提出了服装的透湿指数,作为热气候条件下着装舒适与否的评价指标。70年代初期,美国著名服装生理学家戈德曼(R. F. Goldman)把隔热值和透湿指数结合起来,提出服装的蒸发散热效能指数。

随着服装科学的发展,新的服装物理量还在不断提出。提出这些指标的主要目的就是评价服装的舒适性。

服装舒适性与评价就是围绕着这个目的,对服装功能及其检测方法做较全面的论述。它主要解决以下几方面问题:

1. 需要对服装测定哪些性质;
2. 怎样测定这些性质;
3. 测定结果用什么单位表示;
4. 怎样描述服装的使用条件;
5. 在一定使用条件下,如何将测定结果转换成舒适性量度。

二、服装舒适性与评价的研究内容

服装舒适性与评价从生理学、卫生学的角度研究衣料、服装与人体生理现象、环境之间的科学关系,根据生理卫生学的观点来指导服装的设计和制作,指导人们科学地购衣与穿衣,以保证人们穿着舒适。简单地说,服装舒适性与评价是研究穿着舒适性问题的科学。

穿着舒适是指人们不论在哪个季节或处在什么环境下,服装都能给人以轻松、自然、舒适的感觉,便于人体的活动,并能防止人体过多地失去热量和防止不利气候对人体的影响。从服装生理卫生学的角度讲,其主要内容包括:

1. 服装的气候调节作用

服装和皮肤之间微小空间的温度、湿度和气流称为服装内气候,它指服装抵御外界

气候对人体的侵害而维持人体体温恒定的能力。人体具有调节体温的机能，暑热时皮肤温度升高而出汗，寒冷时手足发冷而产生寒战，这都是为了保持体温恒定而产生的生理反应。但裸体时这个调节能力是有限的。人能够根据气候变化通过适当着装，保证在各式各样的气候条件下舒适生活，即服装可以辅助人体进行体温调节，保证人体健康。服装内气候作为温冷感、湿润感被人感知，与人体机能（如发汗、体温调节等）、衣料性质、湿热传递特性、衣服的开口大小及衣服层数等有关。

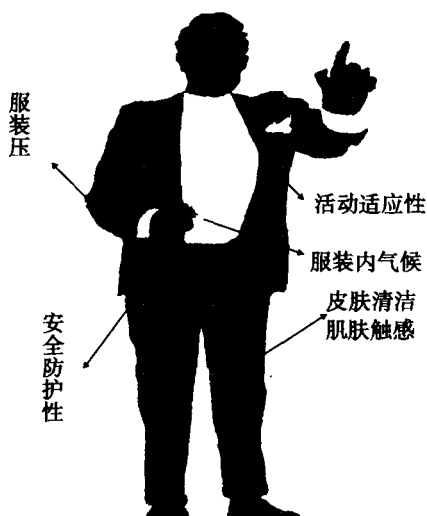


图 1-1 服装穿着舒适性示意图

2. 服装的活动适应性

衣服对皮肤的压力——服装压，指衣服是否适合人体动作和身体运动，以及是否影响人的生长发育等。人在活动时，身体部位产生伸缩与变形，穿着服装不随皮肤变形而变形时，动作就会受到压抑。因服装而产生的动作压抑，使人和服装之间消耗的无效功增加，生活效率低下，容易产生疲劳。穿过重或过紧的服装，会使服装压增加，压迫皮肤血管，阻滞血流，甚至对人体内脏产生影响。如日本和服的腰带、中国的裹脚、16 世纪欧美人穿在胸部的紧身胸衣，以及近年来的细瘦牛仔裤等，都是忽视服装活动性而有害健康的实例。服装压由衣服对人体的压迫感而为人感知，与皮肤的伸展量、衣料的弹性、衣服的宽松度和服装的重量等有关。

3. 服装的皮肤清洁性和良好的肌肤触感

皮肤通过不断地排出汗液、皮脂、角质化脱落的表皮细胞和吸附外界的尘埃与微生物，而不断地受到污染。接触皮肤穿着的服装吸纳这些来自于内部的污垢，并防护来自于外部污垢的附着，从而保持着皮肤表面的清洁。接触皮肤穿着的服装一旦受到污染，吸污性能就会下降，使人感觉不适，同时容易促使皮肤上发生和增殖细菌及微生物。污染后的服装作为媒介，有时会使人生病。服装保护着皮肤的健康，所以，必须触感良好、吸汗纳污。衣服和皮肤接触时皮肤的感觉称为肌肤触感。肌肤触感包括接触感和接触温冷感两个方面：接触感与衣料的物理力学特性有关，接触温冷感与衣料的瞬时热湿迁移有关。

4. 服装的身体防护性

服装具有防御来自外界物理的、化学的和生物的危害，保护人体在安全环境下工作和活动的机能。作业用防护服应用在土木、建筑、矿山等行业，有安全帽、口罩、手

套、防尘眼镜等。研究服装的阻燃性、抗静电性、防紫外线性、抗化学品侵蚀性等，对研究服装舒适性与评价将会起到更大的作用。

这四点是对所有衣服的期望，英语称为 body comfort。满足以上四点，并且满足社会环境要求的服装，是服装卫生学追求的目标。把上述四点与人体机能和服装性质结合起来的话，其间的关系如图 1-2 所示。

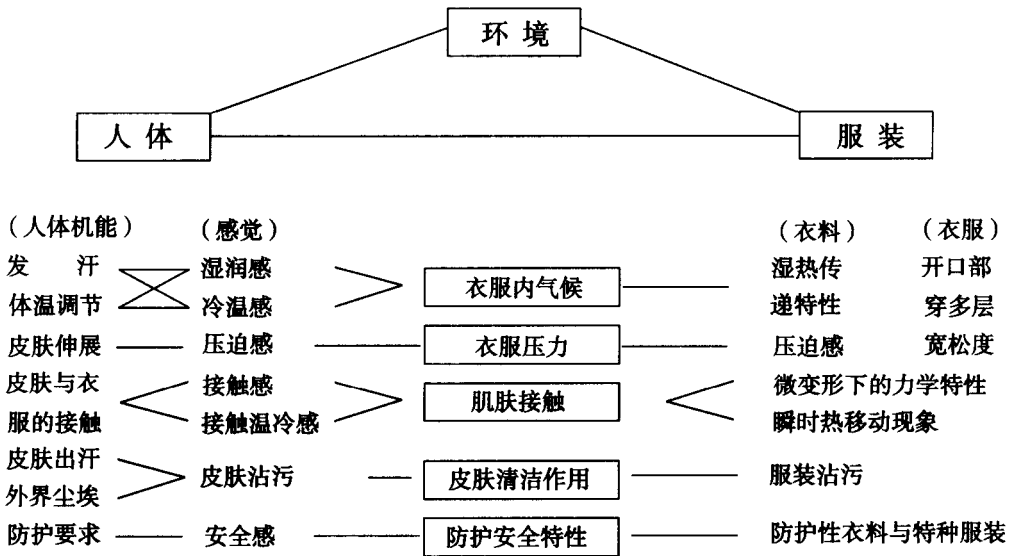


图 1-2 服装穿着舒适性的构成要素

三、服装舒适性与评价的研究意义

首先，随着人类涉足的地理空间范围不断扩大，人们接触到的天然和人为气候条件更为严酷，这就需要在正确的服装生理卫生学理论指导下开发特殊用途的工作服、防护服，从而提高恶劣环境下的工作效率。

其次，随着经济的发展和人们生活水平的提高，人们对服装舒适感的追求日趋强烈，除在工作中要求有穿着舒适的工作服、防护服外，休闲、运动中也要求有舒适的休闲服和运动装。所以，开发各种不同使用要求的休闲服和运动装，可提高运动员的竞技水平，保障人们的身心愉快和人身安全。

还有，化纤纺织品特别是常规化纤纺织品的热湿舒适性仍然影响着消费者对化纤纺织品和服装的接纳心理。所以，深入研究纺织品结构与舒适性的关系，可指导开发热湿舒适性优良的服装。

一些特殊功能的军用纺织品，往往因热湿传递（或散逸）速度的限制而影响使用，所以，如何建立传热传湿特殊功能的纺织品设计方法，也是急需研究的。

服装是人的第二皮肤，服装是否舒适对人的健康有着很大的影响。服装舒适性与评价以人体—服装—环境为系统，以人体为中心，利用物理学、生理学和心理学的交叉和融合进行研究，追求保证人们身心健康的符合卫生学要求的健康服装。

第二章 描述环境、服装、 人体的物理量

第一节 描述环境的物理量

冬去春来，四季循环，冷暖交替，人们的服装必须随着气候的变化适时调整。着装是否合理，与人们的健康有着非常密切的关系。大自然气候的变化是错综复杂的，科学的着装能增进健康，否则就有可能引起疾病。

由于各地区的自然环境和气候条件不同，人们穿衣的方式和衣着内容差别很大，例如阿拉伯人常穿白色大袍，欧洲人多穿西服。生活在我们北方地区的人们都有这样的体验：脱下冬装不久，就要换上单衣。南方热带地区的人们，则无须置备冬装。我国大部分地区属于温带，人们必须备有四季时令服装，而且要及时换装。上述情况说明，气候变化与人们穿衣的关系至关重要。从生理卫生学角度出发，研究和掌握气候变化的一般规律，使人们合理地安排衣食住行，对每个人来说都是必要的。

一般认为，气温、湿度、风和太阳辐射热是组成环境气候的4项基本要素。这4项基本要素中，任何一项都可以引起环境气候的变化，也就是说，每一项气象要素都直接与服装舒适性有关。例如，气温升高，必须脱减衣服；冷风增大，必须多穿衣服；湿度增大，汗液蒸发困难，使人闷热，等等。但是，在人们活动的自然环境中，人体、服装、环境三者之间对冷、热状态的影响，往往是几种气象因素综合作用的结果。本章主要介绍与服装舒适性与评价有关的4项基本要素及我国的气象特点。

一、气温

地球大气层的温度来自太阳的光和热，但是太阳并不直接给空气加温。太阳的长波辐射热线几乎能够透过洁净的大气层，被地球表面吸收。地面吸收太阳的辐射热能以后温度升高，与地面直接接触的空气层，由于空气分子的导热作用而被加温，通过冷热空

气的对流作用又把热能转移到上层空气。由于这种上下气流和风带着空气团不断与地面接触而被加温,就形成了某一地区的气温。

气温的年变型和日变型都取决于地面温度的变化。对于陆地温度 and 海面温度来说,在同样的太阳辐射热条件下,海面温度上升比陆地慢。因此在同一纬度上,陆地表面与海面比较,夏季温度较高,冬季则温度较低。由此可知,在夏季陆地平均气温比海面气温高,冬季则比海面气温低。

1. 气温的温标表示

(1) 摄氏温标

摄氏温标又称为国际百度温标,简写为 $^{\circ}\text{C}$ 。它在正常大气压条件下,将纯水的冰点定为 0°C ,沸点定为 100°C ,并将两点之间分为100等分,每等分代表 1°C 。

(2) 华氏温标

华氏温标简写为 $^{\circ}\text{F}$ 。它是在正常气压条件下,以纯水的冰点定为 32°F ,沸点定为 212°F ,并将两点之间分为180等分,每等分代表 1°F 。

(3) 绝对温标

绝对温标用 $^{\circ}\text{K}$ 表示。它规定以 -273°C 为 0°K ,称为绝对零度。其分度法与摄氏温标相同,即绝对温标相差1度时,摄氏温度也相差1度。所不同的是,绝对温标把水的冰点定为 273°K ,沸点定为 373°K 。以上三种温标的换算方法为:

华氏变为摄氏: $^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$

摄氏变为华氏: $^{\circ}\text{F} = 9/5 \times ^{\circ}\text{C} + 32$

摄氏变为绝对温度: $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$

绝对温度变为摄氏: $^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.15$

2. 气温测试方法

(1) 棒状温度计

气温的测量一般使用棒状温度计。棒状温度计有酒精温度计和水银温度计,水银温度计在 $-30^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ 之间可进行较准确的测量。

(2) 最高最低温度计

测量一定时间内(如24h)的最高温和最低温时使用的温度计,有Six-bellani型和Ruthorford型。常用前者,它是将U型管酒精柱的一部分用水银填充,最低值由酒精柱的体积决定,最高值由酒精体积和水银柱体积之和决定。

(3) 热敏电阻温度计

利用金、银、铜、镍等金属阻抗随温度变化的对应关系,通过测量阻抗来测定温度。由于热敏电阻温度计在一定区间敏感度特高,所以已被广泛使用。

(4) 热电偶温度计

是通过测量回路中正比于温度差的热电动势来测定温度的一种方法。

(5) 双金属片温度计

采用两种金属的膨胀差制成，多应用于自动记录式温度计。误差稍大，反应迟缓，但结构简单，使用方便，多用于日间或周、月间测量。

二、湿度

在日常生活中，人人都可以感觉到空气湿度的影响。例如，在冬天可见呼出气成雾状，而夏天感觉闷热，木器家具变形，水泥板潮湿。

大气中的水汽来自江、河、湖、海。森林、草原和动物（包括人类）身上的水分蒸发。地球上的水分不停地蒸发和凝结，这两个可逆的水和汽的形态变化过程，循环往复，产生了云、雾、雨、雪等气候变化。湿度变化——蒸发和凝结过程，伴随着热能转换因而影响气温变化。

1. 湿度的表示方法

(1) 水汽压

空气中水蒸气的分压称为水汽压。水汽含量多时，水汽压高，反之则水汽压低。水汽压的单位通常用毫米汞柱（mmHg）表示。空气中水汽压的高低，只决定于气温，而与其他气候因素（气压、风速、太阳辐射等）无直接关系。

(2) 绝对湿度

或称含湿度，即单位容积空气中所含的水汽质量，实际上就是水汽密度。通常用 g/m^3 或 g/kg 表示。在气温 16°C 左右时，以毫米汞柱为单位的水汽压和绝对湿度相比，在数值上接近。因此，在一般室温情况下，也可以用水汽压代替绝对湿度。

(3) 相对湿度

在某一气温条件下，一定体积空气中能容纳的水汽分子数量是有一定限度的。如果水汽含量未达到这个限度，这里的空气叫做未饱和空气；当水汽含量达到容纳限度时，称为饱和空气，过多的水汽将凝结成水。通常情况下空气中的水汽没有达到饱和状态，空气中实际存在的水汽压或水汽密度与同一温度下饱和水汽压或水汽密度之比，用百分数表示，称为相对湿度。饱和空气的相对湿度为 100%。

(4) 露点温度

当空气中水汽含量不变，而气温不断降低，空气将逐渐达到饱和状态，水汽凝结成露珠，此时的气温称为露点温度，用摄氏温标表示。露点温度只与空气中的水汽含量有关，水汽含量多露点温度高，水汽含量少则露点温度低。由于人们活动的环境中，空气

中的水汽经常是未饱和状态，所以露点温度常常比气温低，只有当相对湿度达到 100% 的时候，露点温度才和气温相等。

应当指出，在一定的海拔高度范围内，水汽压、相对湿度和露点温度不随大气压变化而变化。但是，空气中的含湿量随着大气压变化而变化。所以，在不同海拔高度地区，空气中的含湿量应根据当地实际大气压力值进行修正，即：

$$D = 622 \frac{P_e}{(B - P_e)} \quad (2-1)$$

式中：D——含湿量 (g/kg)；

P_e ——水汽压 (mmHg)；

B——大气压力 (mmHg)；

622——常数，此常数与气体成分有关。

2. 湿度测试方法

(1) 阿库斯特干湿球温度计

由两根棒状温度计组成，其中一根的球部用湿润纱布包覆。干球表示气温，湿球因蒸发热而与干球温度产生差值，由此差值即可得到相对湿度。干湿球温度计由于球部暴露在大气中易受阳光和气流的影响，所以多应用于室内。

(2) 阿斯曼通风式温湿度计

原理同干湿球温度计，但两根棒状温度计插装在镀铬管中，可防止辐射热的影响。并且，对管内球部始终施加一定的气流 (3.7m/s)。阿斯曼通风式温湿度计可用于精确的测量。

(3) 湿感阻抗型湿度计

这种湿度计采用湿感阻抗材料（随水分含有量变化而电阻发生变化的物质）为检测元件，测量大气中的湿度变化。这种方法可使检测头小型化、高精度化，并且反应迅速。

(4) 毛发湿度计

除去脂肪的人发，随湿度变化而长度变化。利用这一特性制成的毛发湿度计与双金属温度计配合，可用于自动记录式温湿度计等。毛发式温度计不能表示温度的瞬间值，在温度低时易出现迟差，这种迟差一般在 +20℃ ~ +50℃ 之间可忽略不计。

三、风

由于各地区的地理特点和气压不同而产生的空气流动，形成垂直气流和水平气流。通常将水平气流叫做风。由于陆地和海洋上空年平均温度差所形成的冬季的大陆风和夏

季的海风，统称为季风。

1. 风的特征表示

风的特征是以风向和风速来表示的。风向是指风吹来的方向，通常以 8 个或 16 个方位表示（图 2-1）。

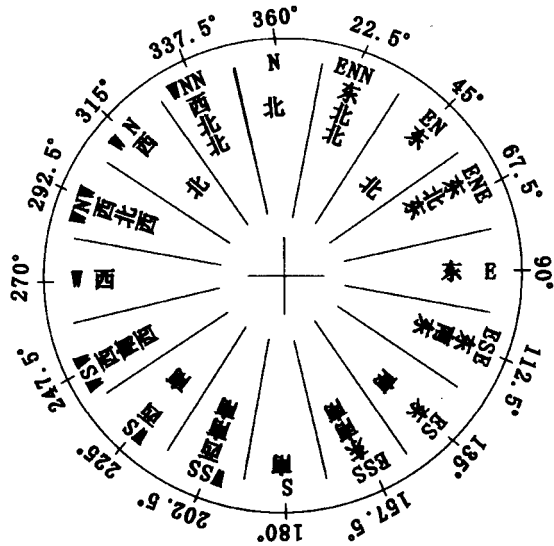


图 2-1 风向的方位

对于人体来说，风向主要有 4 种：坐着和站立时，有迎面风和背面风；水平躺着时，有头→脚向风和脚→头向风。单位时间内空气在水平方向上流动的距离叫做风速。风速的单位用 m/s 或 km/h 表示。天气预报部门常用风力等级表示风的大小，风力分为 12 级，人们凭经验可以估计风力和风速（表 2-1）。

2. 风速测试

人体周围的风是影响体温调节的重要因素。风拂过皮肤表面，会带走皮肤表面层的暖空气，具有冷却效

果。在寒冷季节，被风拂过会感到冷；在酷暑时，被风拂过会促进汗液蒸发，感到凉爽舒适。气流以其压力和冷却力施于皮肤以适当的刺激，有利于新陈代谢。初始的强风刺激，会提高身体的兴奋性；但长时间的强风作用，会使身体疲劳。通常，室外的风速平均为 5m/s，这种风速的风可促使皮肤表面的散热，促进人体的新陈代谢。即使是风速在 0.5m/s 以下人体感觉不到的气流（称为不感知气流），对体温调节也有很大影响。气流的测量一般采用风车风速计、卡他温度计和热线阻抗式风速计等。

表 2-1 风力等级和风速估计表

风力等级	海面浪高 (m)		近海岸渔船特征	陆地征象	风速 (m/s)	
	一般	最高			范围	中间值
0	—	—	静	静、烟直上	0~0.2	0.1
1	0.1	0.1	寻常渔船略觉摇动	能看出烟的方向	0.3~1.5	0.9
2	0.2	0.3	张帆渔船可随风移行 2~3km/h	人脸感觉有风，树叶有微响	1.6~3.3	2.5