

# 建筑·人体·效能

建筑工效学

21

迈向21世纪建筑技术丛书

TOWARDS THE 21TH ARCHITECTURAL TECHNIQUE



● 迈向 21 世纪建筑技术丛书

# 建筑·人体·效能 ——建筑工效学

杨公侠 著

1335

北方交通大学

藏

书

图书馆

天津科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

建筑·人体·效能:建筑工效学/杨公侠著.-天津:  
天津科学技术出版社,2000.1

(迈向 21 世纪建筑技术丛书)

ISBN 7-5308-2670-0

I.建… II.杨… III.建筑-关系,与人和环境的 IV.T

U-02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 21297 号

责任编辑:丁文红

责任印制:张军利

天津科学技术出版社出版

出版人:王树泽

天津市张自忠路 189 号 邮编 300020 电话(022)27306314

天津新华印刷二厂印刷

新华书店天津发行所发行

\*

开本 850×1168 1/32 印张 8 字数 200 000

2000 年 1 月第 1 版

2000 年 1 月第 1 次印刷

印数:1-1 500

定价:15.00 元

## 丛 书 前 言

大家关心、期望和需求我国建筑的现代化。21 世纪的建筑不仅在造型艺术上要具有新时代的气息和文脉,而且将体现出使用上更为舒适、健康和方便,环境上更为协调、美观和合理。这一切都是以人为本的,故要充分体现出对人的关怀和体贴。建筑技术科学的发展便是为这方面服务的,而且日益起着重要的作用。例如人们在建筑中的活动和行为,乃至一桌一椅的尺度都离不开人体工效学的研究;生活和工作中处处存在着与视觉、听觉和体觉等有关的声学、光学和热学环境问题需要考虑和处理解决,并涉及一系列环境心理学和工程技术课题。它们是提高建筑现代化程度和水平的基本内容和重要方面。

建筑技术科学还很年轻,在国内更是起步较晚。在建筑现代化进程中开始受到业主和设计师们的重视,但是这种认识还远远不够普及和深化。建设部窦以德高级工程师有感于此,组织我校建筑技术科学专业教师编写这一丛书,并推荐天津科学技术出版社编辑出版。在责任编辑丁文红女士的积极支持和配合下,丛书将于近期陆续出版,也算是同仁们对跨入新世纪建筑事业的献礼。希望此丛书能对建筑师和从事室内设计、规划设计等工程技术人员的设计工作有所参考和帮助,也可为建筑和城规专业的大学生、研究生进修,提供参考读物。

王季卿 于同济大学建筑城规学院

1999 年 9 月

# 序

1992 年,我接到联合国教科文组织(UNESCO)主办的杂志《科学对社会的影响》(《IMPACT OF SCIENCE ON SOCIETY》)主编 HOWARD J·MOORE 先生的来信,约请我为该杂志工效学专辑写一篇“住宅中的工效学”(ERGONOMICS OF THE HOME)。在此之前不久,我在英国的《ERGONOMICS》杂志上亦发表了“THE DETERMINATION OF OPTIMUM HEIGHTS FOR CHINESE KITCHEN FACILITIES”一文。这两篇文章发表后,我一直在考虑建筑是人使用的,人要在其中生活、工作、学习;而且建筑师考虑建筑设计方案时,首先是解决使用中的功能问题,室内设计师更是离不开人体尺度。但是迄今还没有一本建筑师用的工效学书籍,这次天津科学技术出版社组织出版一套迈入 21 世纪建筑技术的丛书,我想这是一个很好的机会。将近十年来在这方面收集的资料和讲稿整理成文以飨读者,为建筑师和所有设计人员提供一些理性的和科学的资料,希望他们考虑问题多一些理性和科学。

作 者 1998 年 11 月

# 目 录

|                     |        |
|---------------------|--------|
| 一、绪论 .....          | ( 1 )  |
| 二、人体的运动和劳动能力 .....  | ( 6 )  |
| (一)肌肉的生理特征 .....    | ( 6 )  |
| (二)能量的供应和消耗 .....   | ( 8 )  |
| (三)能耗与效率 .....      | ( 11 ) |
| (四)静态和动态肌肉施力 .....  | ( 14 ) |
| (五)技能 .....         | ( 20 ) |
| (六)工作与休息 .....      | ( 23 ) |
| 三、人体测量 .....        | ( 27 ) |
| (一)对人体测量的需要 .....   | ( 27 ) |
| (二)人体测量的项目及统计 ..... | ( 31 ) |
| (三)人体测量值的应用 .....   | ( 38 ) |
| (四)产品功能尺寸的设定 .....  | ( 40 ) |
| (五)工作空间尺寸 .....     | ( 41 ) |
| (六)幼儿人体尺寸 .....     | ( 46 ) |
| 四、椅子和床 .....        | ( 49 ) |
| (一)坐的生理学 .....      | ( 49 ) |

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| (二)坐面与靠背最佳坡度·····           | ( 57 ) |
| (三)工效学的研究方法·····            | ( 59 ) |
| (四)休息椅、工作椅和多功能椅 ·····       | ( 66 ) |
| (五)家具的物理性能试验·····           | ( 85 ) |
| (六)床·····                   | ( 90 ) |
| <b>五、办公的工效学和办公自动化</b> ····· | ( 95 ) |
| (一)人们需要什么样的办公室·····         | ( 97 ) |
| (二)提高一个传统办公室的工作效率的研究·····   | (102)  |
| (三)办公自动化·····               | (109)  |
| (四)办公室文化和办公室环境·····         | (133)  |
| <b>六、家居的工效学</b> ·····       | (138)  |
| (一)家务工作的强度·····             | (139)  |
| (二)静态肌肉施力造成的问题·····         | (143)  |
| (三)与厨房设备有关的空间要求·····        | (147)  |
| (四)与柜子和阁板有关的空间·····         | (158)  |
| (五)通道及走廊·····               | (163)  |
| (六)空间的心理要求·····             | (165)  |
| <b>七、环境信息和标志设计</b> ·····    | (168)  |
| (一)对环境信息的需要·····            | (168)  |
| (二)标志设计·····                | (178)  |
| (三)提高标志可见度的措施·····          | (184)  |
| (四)警戒信号和听觉信息·····           | (192)  |
| <b>八、老年人和残疾人的工效学</b> ·····  | (195)  |
| (一)老年人和他们的空间要求·····         | (195)  |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| (二)残疾人·····                | (200)        |
| (三)为轮椅使用者考虑的问题·····        | (205)        |
| (四)老年人和视觉残疾者·····          | (218)        |
| <b>九、有效、健康和安全的环境</b> ····· | <b>(225)</b> |
| (一)物理环境对于工作效能的影响·····      | (225)        |
| (二)健康与舒适的环境·····           | (231)        |
| (三)安全的环境·····              | (239)        |

建筑·人·环境·双能 1 内止



# 一、绪 论

人们会问：“工效学是一门研究人一机关系的学科，它与建筑有什么关系？”工效学或称人体工程学，虽然近年来除研究人、机之间的关系外，又增加了前二者与环境的关系，它是为解决人、机、环境系统中人的工作效能和健康等问题提供理论与方法的科学。但是一般把建筑理解为属于这三者中的“环境”一方面，所以“建筑工效学”这个提法不易被人们所理解。实质上“建筑”本身亦是物质产品，是使用的“物”，并且“建筑”的含义也很广泛，不能仅仅理解为“空间”。在这里我们是指“可使用的空间”(workable space)，它不只是空间本身，还应包括其中的环境条件、家具、设施等。故须从下列四个方面来理解。

1. 人、机、环境三者中，“人”是最主要的。这个“人”是指操作者或使用者。人的心理特征、生理特征以及人的适应能力都是重要的研究方面。“机”较一般技术用语中的意义要广泛得多，包括人操作和使用的一切物质产品和工程系统，在建筑中就泛指建筑内为进行一切活动而使用的家具、设施等。这些家具和设施应该设计得能够满足人的要求，符合人的特点。“环境”是指人们工作和生活的空间中，围绕着人周围的物理、化学、生物、社会和各种因素。

2. 人体工程学中最重要的思想是“系统”。它不是孤立地研究人、机、环境这三个方面，而是从系统的高度出发，将它们看成是一个相互作用、相互依存系统。“系统”即由相互作用和相互依存的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体。

3.“效能”主要是指人的工作效率和业绩,并且是可以测量的。

4.“健康”包括身心健康和安全,近年来发现人的心理因素能直接影响生理健康和作业效能。

人类工效学的研究在我国最早可溯源到本世纪30年代,当时有少数从英、美留学回国的学者在北京、无锡等地工厂开展对工作环境、职工选择、工件管理、工作疲劳等工效学问题的研究。由于当时从事研究的都是心理学家,故都在“工业心理学”或“劳动心理学”的名义下开展的。旧中国时期,由于工业极其落后,加以战乱频繁,研究无法进行。新中国成立后,有关工业心理学的工作重又得以恢复。50年代的工效学研究大部分局限于研究事故分析、职工培训、操作合理化、技术革新等内容。至60年代初,由于科学技术和生产设备的进口受到严重封锁,我国坚持自力更生的方针,自行设计和制造工业设备与武器装备,促使以研究人机关系为中心任务的工程心理学得以建立而发展。首先在航空、宇航,后来由于文化大革命而被迫中断。文化大革命后迎来了科学的春天,1980年4月国家标准总局成立了全国人类工效学标准化技术委员会,统一规划、研究和审议全国有关人类工效学的基础标准的制定。“人类工效学”这个名词也是首先在这个技术委员会成立大会期间使用的。1984年国防科工委成立了国家军用人—机—环境系统工程系统化技术委员会。这两个技术委员会的建立,对我国人类工效学的发展起着巨大的推动作用。80年代以来,国内几乎每年都召开有关工效学的各种学术会议,出版了多种有关的学术著作和教材。这一切为筹建全国人类工效学组织创造了有利的条件,1989年终于成立了“中国人类工效学学会”。近年来在学会各级组织的推动下,人类工效学在我国得到了空前的发展,但我们也不能不看到,人类工效学在我国毕竟还比较幼稚,工效学中的许多领域还刚刚开始起步甚至尚未顾及。建筑工效学就是一个很好的例子,我国在这一方面尚处于空白的状态。希望相关专业,例如建筑学、室

内设计和家具设计等专业的专家学者在注意风格、款式之余多考虑人类工效学的要求,为推动这门学科的发展助一臂之力。

建筑工效学是用工效学的研究方法来解决建筑中的一些问题。由于建筑创作历来是为神权(教堂,庙宇),王权(宫殿,城堡)服务的。因此,它不是以人为尺度的,不将人的需要作为首先考虑的对象。虽然现代建筑中 LE CORBUSIER 提出的模数系统,是以人体尺度作为建筑的基础和“住房是居住的机器”等见解,甚至某些发达国家通过立法保证人民住房的日照权利。但是也只能说是在建筑设计中,以规范和标准的方式客观地考虑了这些需要。只是到了 50 年代末 60 年代初开始,才有瑞士的 ETIENNE GRANDJEAN 等一批人致力于人在生活和工作方面的需要的研究,以生活和工作作为研究的对象,开始注意到生活特别是居住问题的舒适和质量。E·GRANDJEAN 于 1973 年出版的 ERGONOMICS OF THE HOME 一书可谓是开“建筑工效学”的先河。70 年代以来英国 LOUGHBOROUGH 大学、瑞典的 LUND 大学等亦相继开展了这方面的研究。

作者于 1992 年接到联合国教科文组织(UNESCO)主办的杂志《IMPACT OF SCIENCE ON SOCIETY》(《科学对社会的影响》)主编 HOWARD J·MOORE 先生的来信,特别约请作者撰写一篇介绍“住宅中的工效学”的文章(ERGONOMICS OF THE HOME),由此触发了编写本书的念头,遂将近年来的讲稿和科研资料整理成书。

本书包括的内容如下:

### 第一部分:绪论

**第二部分:人体的运动和劳动能力** 阐述人体肌肉施力的生理特征以及能量的获得。本章中特别要说明的是静态施力的问题,这对于后面涉及人体姿势、家具或工作位置的设计均有影响。

**第三部分:人体测量** 本章除了引入我国有关人体尺寸的国家标准外,还指出了人体测量值的应用原则。这是许多人的

类工效学书中所缺少的。同时还增加了上海市的幼儿人体尺寸,这是作者领导的一个课题组(国家自然科学基金资助项目)的工作结果。这在我国曾是一个空白。

**第四部分:椅子和床** 本章介绍了国外有关椅子研究方面的主要工作,既有从解剖学、矫形学角度研究的结果,也有从工效学角度研究的结果。并且详细地说明了工效学研究的方法,希望读者能够举一反三地应用到其他课题的研究上去。文中专门介绍了 GRANDJEAN 等对于工作椅、休息椅和多功能椅的研究结果。由于家具的结构强度和饰面的耐用与否,均无计算和规范可资校核或遵循,本章介绍了一些试验的要求和一具模拟“坐的行为”的机械,可作为家具性能试验的参考。

**第五部分:办公的工效学和办公自动化** 本章分:(一)人们需要什么样的办公室;(二)提高一个传统办公室的工作效率的研究;(三)办公自动化;(四)办公室文化和办公室环境,共四节。在第(一)节中着重对于大的、绿化美化的办公室作了分析比较。重点是第(三)节,此节中的主要内容是视频显示终端的工效学问题,这是自动化办公室的关键设备。ISO TC159 SC4 专门列了一个专题已工作了数年,但是报告尚未编写完成。作者参加了部分工作,整理了十多年来收集的资料,公诸同好。

**第六部分:家居的工效学** 这是在作者发表于《科学对社会的影响》上的“住宅中的工效学”一文的基础上发展出来的。主要内容包括:家务工作的强度;静态肌肉施力造成的问题;与厨房设备有关的空间要求,这一节中介绍了作者与余亮对于我国厨房设备做的研究结果;接着的一部分是与柜子和阁板有关的空间,在此节中主要是引用了作者与刘盛璜等人的研究结果。第(五)节是关于通道和走廊;最后是空间的心理要求。

**第七部分:环境信息和标志设计** 此章包括:对环境信息的需要,这是人的本能,而在建筑设计中往往是被忽视的。其次是讲述标志设计的原则,其中特别介绍了作者与孙宗伟在这方面

的研究结果:汉字的易读性和字体。最后介绍提高标志可见度的措施。这方面还包括了孙宗伟对于标志的色彩组合的研究结果。

**第八部分:老年人和残疾人的工效学** 本章包括老年人的空间要求和残疾人的需要;为轮椅使用者考虑的问题;最后介绍老年人和视觉残疾者的视觉要求以及提高这些人的视觉效能的措施,其中也包括了周健的工作。

**第九部分:有效、健康和安全的环境** 环境对于提高工作效率、减少疲劳和创造舒适健康的条件起着直接支持和催化的作用。因此包括三节,即物理环境对于工作效能的影响;健康和舒适的环境;安全的环境。这里所介绍的内容在其他专著中可能谈得比较少,但是很重要。

## 二、人体的运动和劳动能力

人体的一切活动,包括人体自身的平衡、稳定或人体的运动,都是由人体的运动系统实现的。运动系统由三个主要部分组成:①骨;②关节;③肌肉,即骨骼肌。运动系统的运动作用是肌肉收缩牵动骨绕关节的转动。所以人体活动的的能力决定于肌肉。

### (一)肌肉的生理特征

#### 1. 肌肉组织和肌力

肌肉占身体总重量的40%左右,分布于人体各部。肌肉由肌纤维组成,肌纤维的直径约0.1cm,其长度依肌肉大小而不同,从0.5cm到14cm。一块肌肉由10万到100万条肌纤维组成。每块肌肉的两端形成肌腱,肌腱的强度极高,没有弹性,牢牢地附着在骨上。长肌肉的肌纤维通常组成肌束,由肌束组成肌肉块。

肌肉可以收缩到它正常长度的一半,肌肉收缩做功产生力,这是内部能的消耗。这种做功的能力与其长度有关,肌肉越长其做功的能力越大。为了达到增加肌肉长度的目的,运动员常常要做拉伸活动。肌纤维具有许多极细的蛋白质微丝,这种微丝分粗细两种,构成一个可以收缩的系统。每一条肌纤维都能以一定大小的力收缩,肌力为许多肌纤维的收缩力之和。人的肌肉的最大肌力为 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 。锻炼可以增加肌肉的截面积。要

在一次运动中能够发挥最大的力量,须符合下列条件。

(1)肌力与肌肉的截面积有关,一次运动中使用的肌纤维数量愈多,能发挥的力量也愈大。

(2)当肌肉的长度为其静止状态的长度时,可产生最大的肌力,随着它的长度缩短,肌肉产生肌力的能力逐渐减少。

(3)骨的机械作用是杠杆,肌肉附着在骨上,将骨的节点确定一个可以施加最大力量的角度。

在同样的训练条件下,由于女性的肌肉较小,故其肌力比男性约小30%。

## 2. 神经的主导作用

肌纤维的收缩是由“神经冲动”引起的,神经冲动传入肌肉才能引起收缩。神经冲动的强度取决于运动神经元的“兴奋”程度。运动神经元与大脑皮层的运动区有密切的关系,因此肌肉收缩活动中神经起着主导的作用。肌肉收缩具有一定的速度,它决定于一定时间内肌力的大小。所以人体的运动速度同样决定于实际收缩的肌纤维数量,故也受神经系统的支配。当肌肉收缩速度很慢或较长时间保持收缩状态时,它的肌纤维实际上是交替收缩的,这样每条肌纤维都有一段休息时间,可以恢复一定程度的能量。

肌肉收缩时因肌肉长度的变化而分为等长收缩和非等长收缩二种。前者为当肌肉拉力等于外界阻力时,肌肉的长度不改变,这种收缩是在持重物或维持身体姿势时所必需的。因其没有位移,故肌肉没有做机械功。后者为肌肉拉力不等于外界阻力时,肌肉的长度要改变。当肌肉拉力超过外界阻力时,肌肉缩短。这称为向心收缩,是克制性工作。因其产生了位移,肌肉做了机械功(外功)。当肌肉拉力小于外界阻力时,肌肉虽然在收缩,但还是被拉长了。这称为离心收缩或超等长收缩。此时肌肉做负机械功(内功),肌肉不能利用此能量做功,而是转化为热量。

## (二)能量的供应和消耗

### 1. 能量的供应

肌肉活动所需的能量是由细胞中的三磷酸腺苷(ATP)分解提供的。ATP在酶的作用下,迅速分解为二磷酸腺苷(ADP)和磷酸,同时放出能量供肌肉完成机械活动。但肌肉中的ATP储量很少,必须边分解边合成,才能使肌肉的活动持续下去。所以实际上ATP一被分解,就立即由其他物质再合成。当ATP消耗过多,以致ADP增多时,肌肉中的另一种高能磷酸化合物(磷酸肌酸)立即分解为磷酸和肌酸,放出能量供ADP合成ATP。但肌肉中的磷酸肌酸的含量也很有限,磷酸化合物从低能量向高能量转变的这个过程所需能量来源于葡萄糖、脂肪和蛋白质等成分。能量丰富的碳水化合物、蛋白质和脂肪,经过一系列化学变化,被分解成水、二氧化碳和尿酸。这个从原来的营养物质变化为能量的整个过程叫做新陈代谢。这个过程需要氧,氧由肺吸入被血液所吸收。

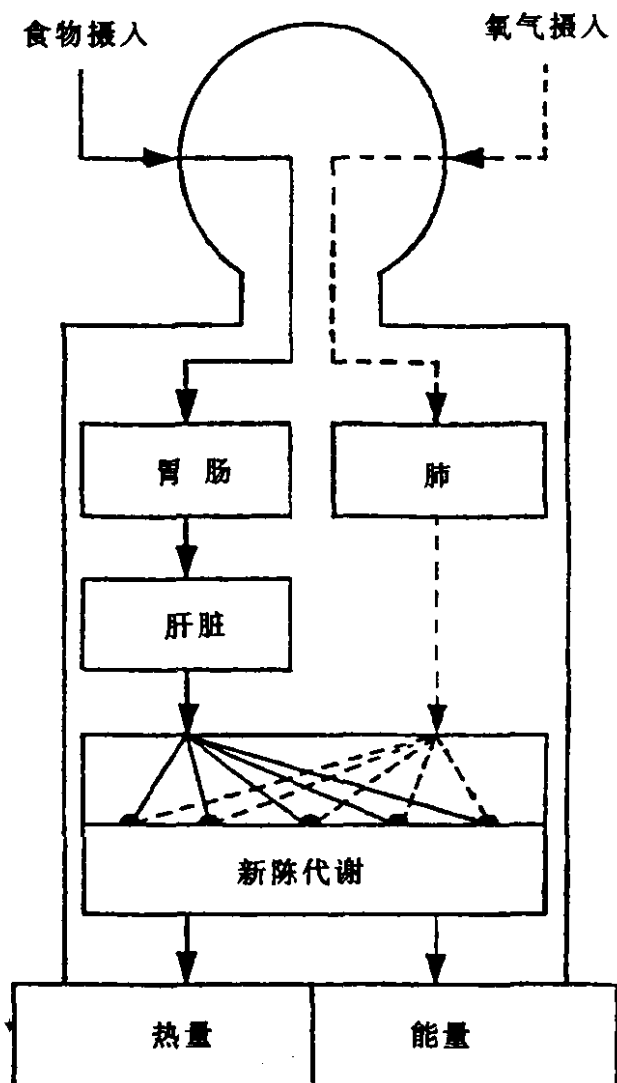


图 2-1 食物变成能量的过程

食物含有能量的成份被消化器官所吸收,然后进入肝脏并在其中进行分解,最后人体的所有组织将这种化学能转化成热和机械能



新陈代谢的过程如图 2-1 所示。食物中含有能量的成份被消化器官所吸收,然后进入肝脏并在其中分解。葡萄糖由血液输送,它虽然不是直接的肌肉收缩的能量,但在强体力活动中它是主要的供能物质。在一般体力活动和静止状态下,脂肪和蛋白质是主要的供能物质。葡萄糖从血液进入细胞,经过多次分解转变为丙酮酸,再进一步分解有两种方式,即有氧化糖和糖原的无氧酵解。有了充足的氧,丙酮酸才可进一步有氧分解,最后产生水和二氧化碳,整个分解过程放出大量能量,供再合成三磷酸腺苷之用。当供氧不足时,丙酮酸转化为乳酸。乳酸属代谢生成的废物,是引起肌肉疲劳和肌肉反应迟缓的主要原因。丙酮酸转化为乳酸时,也释放出少量的能量,在低氧条件下可短时间地维持肌肉的剧烈活动。图 2-2 说明了肌肉收缩的供能方式。

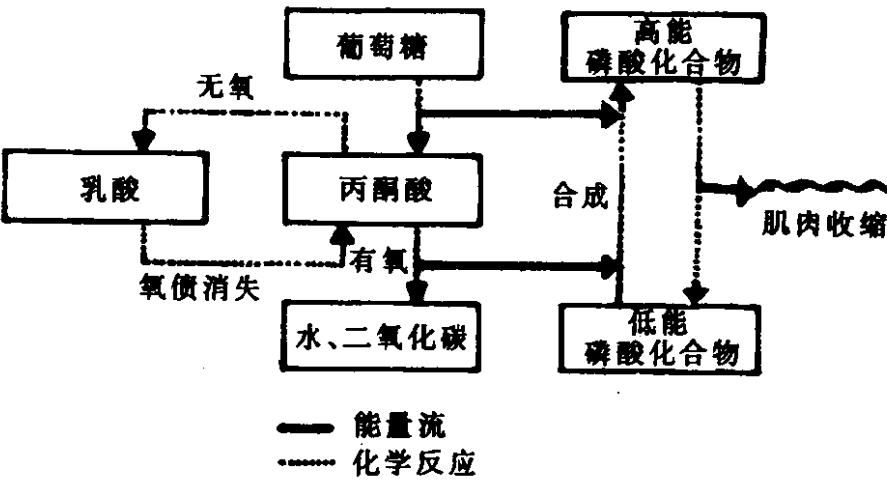


图 2-2 肌肉收缩的供能方式

2. 氧的作用

人在进行剧烈的体力活动时,呼吸速度显著加快,增大呼吸量以补充氧气的摄入。当人的供氧系统跟不上对氧的需要时,造成所谓氧债状态。因此,工作结束后仍需要通过呼吸获得大量的氧,将乳酸合成丙酮酸和重新获得高能的磷化物,也为丙酮