

物理因素危害防治进修班讲义

—专业理论和实习—

(中册)

山西医学院预防医学系

劳动卫生职业病教研室

1988. 8. 1. 太原

目 录

- 第一章 加强物理因素职业危害的防治研究工作.....刘世杰等 (1)
- 第二章 劳动过程对机体影响的研究现状.....范福田 (5)
- 第三章 人类功效学及其在劳动卫生工作中的应用 (提纲)
.....王 生 (11)
- 第四章 噪声危害及其防治.....刘书乾 (21)
- 第五章 噪声性耳聋.....刘书乾 (36)
- 第六章 振动危害及其防治.....刘书乾 (43)
- 第七章 局部振动病.....刘书乾 (57)
- 第八章 高温作业危害和防治研究概况.....范福田 (67)
- 第九章 异常气压对人体健康的影响.....范福田 (75)
- 第十章 电磁辐射对人体健康的影响.....刘书乾 (81)
- 第十一章 电离辐射对人体的损伤.....药宝祥 (85)
- 第十二章 生产性有害因素的联合作用.....刘书乾 (97)
- 第十三章 空气离子研究新进展.....李安伯 (103)
- 第十四章 物理因素危害课堂讨论及复习.....刘书乾 (123)
- 第十五章 制订卫生标准的程序和要求.....赵 融 (127)
- 第十六章 检测手段在预防医学中的作用 (提纲)
.....梁振昌 (135)

实 习 内 容 (讲义略)

- | | |
|---------------------|-----|
| 一、参观合成纤维厂噪声控制 | 刘书乾 |
| 二、实习电测听 | 刘书乾 |
| 三、实地振动测量 | 刘书乾 |
| 四、心电图的使用 | 戴伏英 |
| 五、脑电图示教 | 戴伏英 |
| 六、肌电图在局部振动病检查中的应用 | 李 敏 |
| 七、振动病检查 | 刘书乾 |
| 八、看《噪声》和《高温中暑》录相 | 刘书乾 |
| 九、电磁辐射现场测定 | 刘书乾 |
| 十、电离辐射现场测定 | 刘书乾 |
| 十一、看《减压病》和《空气离子》录相 | 范福田 |
| 十二、气象条件测定 | 戴伏英 |
| 十三、空气离子测定 | 刘书乾 |
| 十四、阅尘肺X线胸片 | 王英华 |
| 十五、据学员要求,必要的检测方法实习 | 刘书乾 |
| 十六、据学员建议典型工厂或有关单位参观 | 刘书乾 |

第一章 加强物理因素职业危害的防治研究工作

随着工业、农业、交通运输和科学技术的发展，物理因素对人体危害范围日益广泛，危害程度日趋严重。特别是噪声和电磁辐射，除了对作业工人的健康产生影响外，已逐渐扩展并危及到一般人群或居民。针对生产实际出现的问题，我国劳动卫生工作者从不同的方面展开了广泛的研究，其内容涉及到高低气温、高低气压、噪声、振动、射频辐射、红外辐射、紫外辐射、激光、工频电场、空气离子、劳动生理以及工效学等各个领域。有些研究论文受到国际学术界的重视。最近召开的中华医学会劳动卫生职业病学物理因素职业危害专题学术讨论会收到征文354篇，会议上交流的论文就有100多篇，论文的水平较过去有很大提高。

目前，全国已经初步建立起一支物理因素职业危害的防治队伍。他们当中，既有长期从事医学工作的专家，也有相当数量从事生物学、物理学、工程技术和计算机工作的科学技术人员。这是今后全面深入地开展防治和研究工作的基础。新近成立的中华医学会劳动卫生职业病学物理因素学组将有助于推动这一领域各项工作的开展。促进提高科学素质和科学水平。

为了进一步提高我国物理因素职业危害的防治水平，适应社会发展的需求，更好地为四个现代化建设服务，需要从以下几方面加强工作：

(一)、进一步认识物理因素危害防治工作的重要性

物理因素包括的内容很多，影响的范围甚广。虽然在一般情况下，多数物理因素所造成的损伤不会引起严重的死亡，但物理因素

的过量接触可以造成人体健康状况低下，工作能力降低或丧失，个别器官的损伤或职业病（如噪声性耳聋、电光性眼炎、职业性白内障等）。此外，物理因素的影响还可以导致各类事故的发生，从而引起人员的伤亡和生产的破坏。劳动卫生工作者和有关卫生行政部门应进一步提高对物理因素危害重要性的认识，投入更多的人力和物力，把物理因素的危害降到最低限度，保障工人健康，促进生产发展。

（二）、不断提高科研和实际工作的水平

我们已经做了许多重要的工作，但和我国目前实际情况对我们的要求相比，和发达国家的技术水平相比，我们在物理因素职业危害的防治和研究方面，还存在着一定的差距。从过去的工作来看，一般性的调查内容多些，类似的重复性的工作多些；深入的研究，能解决实际问题的研究显得少些。为了提高工作质量和研究水平，宜开展多方面多层次的研究工作。当前应多考虑些降低职业危害、保护劳动者健康的措施和方法，对于采用一般技术措施暂时难以控制危害程度的地方，应强调个人防护，并加强相应的研究。

（三）、加强信息交流和协作

加强信息交流，尽可能多地掌握国内和国外的发展动向，在较高的水平上展开工作，避免重复劳动。交流信息，一方面可以通过杂志、报刊、通讯等书面形式交流研究成果和工作情况；另一方面，也可以通过举办不同规模的全国性或地区性专题学术会议，增进相互了解。有条件的也可以举办国际学术会议，扩大对外交往。目前，有些地区已经建立起物理因素协作组，这是一种进行学术交流、扩大地区协作的好形式。在此基础上，要加强不同地区间的协作。同

时还要加强本系统与其他系统之间的协作。譬如和劳动保护部门以及工程技术部门间的协作，共同研究解决物理因素危害的防治问题。

(四)、建立健全卫生法规

制订卫生标准或职业病诊断标准，是劳动卫生和职业病防治工作的一项重要内容，也是加强劳动保护的一项重要措施。近些年来，我国已经先后制订和修订了一些物理因素的卫生标准（接触限值）和测试规范，但还远远不能满足需要，有些物理因素还没有制订卫生标准。此外，有些诊断标准，如噪声性耳聋的诊断标准，也还有待制订。建设加快这方面的工作，使大家在实际工作中有法可依，有章可循，以利工作的开展。

(五)、加强横向联系，提高我国物理因素测试仪器的水平

物理因素测试仪短缺或质量不高，是影响我国物理因素职业危害防治工作发展的原因之一。因此，积极研制或仿制新的测试仪器和改进提高现有仪器的质量，是当前急待解决的问题。这需要使用单位和仪器研制单位共同努力去完成。要进一步加强横向联系，从共同目标（研制高质量的测试仪器，保护广大劳动者的健康）和共同利益（提高我国测试仪器水平和科研工作水平，提高我国在国际上的声誉和地位）出发，为提高我国物理因素测试仪器的水平而携手前进。

总之，在物理因素职业危害的防治和研究方面，任重而道远。急需同心协力，团结奋斗，克服困难，不断前进。为防治物理因素的危害，保护劳动者的健康，为促进四化建设的顺利进行，在现有基础上继续努力。

（北京医科大学 刘世杰 张书珍 王生）——

摘自中华劳动卫生职业病杂志1987年第5卷第6期，个别文字略有调整（刘书乾）。

会议简讯

中华医学会劳动卫生职业病学会于1987、5、12—17日在湖南省长沙市召开了物理因素职业危害、劳动生理及工效学专题学术讨论会。

来自全国26个省、市、自治区的大专院校和科研防治机构代表以及卫生部、航天部、铁道部、石油部、冶金部、电子工业部、水利电力部和健康报，人民卫生出版社，中华预防医学杂志，中华劳动卫生职业病杂志，工业卫生与职业病杂志等代表共154人参加了本次会议。大会共收到学术论文354篇。

中华医学会劳动卫生职业病学会主任委员刘世杰教授，中华医学会湖南省分会副会长陈璋同志到会祝贺并做了重要讲话。刘世杰教授还在大会上做了专题学术报告，并代表学会宣布物理因素学组的成立，宣读了学组成员名单。

物理因素学组的成立是适应我国工农业形势飞速发展的需要，对物理因素职业危害的防治以及劳动生理和工效学研究工作的开展将起到很大的推动作用。第一次学组会议还研究了今后如何加强学术活动，加快信息交流以及广泛开展和推动科研与实际工作。

附 中华劳动卫生职业病学会物理因素学组成员名单。

学组成员：张书珍（组长）于永中（副组长）夏卫（副组长）
李安伯 姜槐 周德林 金锡鹏 杨润生 姚安子

秘书：王生

第二章 劳动过程对机体影响的研究现状

过去的劳动生理，主要是研究以体力劳动为主的劳动过程中机体的调节与适应、作业能力、劳动过程可能引起的疾病等。随着微电子技术的发展，工厂自动化和办公自动化，使劳动的方式和内容发生了变化，荧屏显示终端作业（Visual Display terminal, VDT）愈来愈多，自动化生产线的建立，减轻了体力劳动强度，极大地提高了劳动生产率。但是，随着体力劳动的减轻，却增加了神经精神负担，带来了新的职业危害。目前在一些发达的国家里，对一些特殊工种、夜间勤劳、第三产业等劳动生理变化情况及职业卫生问题研究较多。此外，生物节律规律也越来越多地被用于指导安全生产上。这些都是目前劳动生理和劳动卫生研究的新内容。

第一节 劳动过程中机体的调节与适应

一、体力劳动时的能量消耗

（一）肌肉活动时能量的来源 由肌细胞中的三磷酸腺苷（ATP）迅速分解直接提供，称为^①ATP-CP（磷酸肌酸）系列；在中等强度肌肉活动时由^②需氧系列提供；在大强度活动时以^③乳酸系列提供。

（二）作业时氧消耗动态 劳动一分钟所需氧量叫氧需。血液在一分钟内能供应的最大氧量叫氧上限，成年人氧上限一般不超过3升，有锻炼者可达4升多。氧需和实际供氧之差叫氧债。在劳动强度较大，供氧不足的状态下作业不能持久。

（三）作业的能消耗量及劳动强度分级 作业时的能消耗量是全身各器官系统活动能消耗量的总和。由于最紧张的脑力劳动的能消耗量不会超过基础代谢的10%，而肌肉活动的能消耗量却

可达基础代谢的10~25倍，故用能的消耗量来划分劳动强度的大小，只适用于以体力劳动为主的作业。中等强度的作业，氧需不超过氧上限，大强度的作业，氧需超过氧上限，极大强度的作业，是在无氧的条件下进行的，氧债几乎等于氧需。

(四) 静力作业 主要是依靠肌肉等长性收缩来维持一定的体位，使躯体和四肢关节保持不动时所进行的作业。任何作业都含有静力成分。

二、体力劳动时机体的调节与适应

在劳动过程中，机体通过神经——体液的调节来实现能量的供应和各器官系统之间的协调，以适应生产劳动的需要。这种不断的调节和适应是维持身体健康和作业能力所必须的。劳动时，神经、心血管、呼吸、排泄等系统以及体温调节等都发生适应性变化。但这种适应是有一定限度的，超过了限度则会产生不良后果。

三、脑力劳动与神经系统紧张作业的生理变动特点

脑的氧代谢较其它器官高，安静时约为等量肌肉需氧量的15~20倍，占成年人体总耗氧量的10%，睡眠时则减少。由于脑的重量不超过体重的2.5%，醒觉时已处于高活动状态，故即使是最紧张的脑力劳动，全身能耗消耗量的增高也不致超过基础代谢的10%。葡萄糖是脑细胞活动最重要的能源，平时90%的能量都靠分解它来提供。但脑细胞中贮存的糖原甚微，只够它活动几分钟之用，主要靠血液输送来的葡萄糖通过氧化磷酸化过程来提供能量。因此，脑组织对缺氧、缺血非常敏感。但总摄氧量明显增高时却不能使脑力劳动效率提高。

第二节 作业能力

一、劳动过程中作业能力的动态

目前仍然对体力劳动过程中作业能力的动态研究较多。因为它不仅可通过测定单位作业时间内产品的质和量来直接观察，而且还可通过测定劳动者的某些生理指标（握力、耐力、视觉运动反应时、手动频率、心率、血乳酸等）的变动情况来衡量。虽然因工人的个体差异、环境条件、心理因素、不同工种、作业的紧张度等各有不同外，却有其共性。但脑力劳动作业动态还不能确切地进行描述。有些发明创造往往是在长期持续紧张思考之下取得的，而脑力劳动的作业能力却更容易受环境因素的干扰和个人情绪的影响，因此，就更难找出规律性。柿奇敏雄用后头部正中位（ O_{2Z} ） β 脑电波研究脑力劳动负荷量发现，在进行30分钟誊写、勾销、加算、计算等作业后， β 振幅值由休息时约 $4\mu V$ 上升到约 $7\mu V$ ，以后保持一定时间，^{作业到3.5~4小时， β 再次表现上升}这表示作业超过3小时后，负荷急剧增加。他试想把过重负担的临界值大约定为 $7.5\mu V$ ，此休息时高 $3.5\mu V$ 。

二、影响作业能力的主要因素

（一）社会因素和心理因素；

（二）个体与生物节律因素；

（三）环境因素；

（四）工作条件和工作性质：如生产设备与工具，劳动强度与劳动时间，劳动组织与劳动制度等。

（五）锻炼与练习；

（六）疲劳。可勉强把疲劳分为个别器官、全身性、智力、技术性疲劳四种类型。

三、提高作业能力和工效的主要措施

- (一) 改革生产技术和工具；
- (二) 合理运用体力；
- (三) 改进操作方法；
- (四) 坚持锻炼与练习；
- (五) 改善劳动制度和组织，注意劳逸结合；
- (六) 提高健康水平，增强体质。

第三节 劳动过程中可能引起的疾病

在生产劳动中，某些作业需要人体长时间保持一定的强制体位，或造成个别器官系统处于过度紧张的状态。这样就会使某些部位遭受压迫、牵引、摩擦等，而使机体发生机能性和器质性变化，甚至形成职业性疾病。

一、VDT作业的职业危害

1、由于过度的注视、频繁的调节和适应可引起视疲劳，视物模糊，视力降低等。慢性影响可引起近视的发生和发展等。

2、由于静态坐姿和个别器官的紧张可引起颈肩腕综合征及背障碍。用肌电图(EMG)比较，VDT作业比程序打键、数值输入、数值笔记等七种作业的肌电位都高，可达 $2.7 \pm 0.6 \mu\text{V}$ ，数值输入最低，是 $1.6 \pm 0.1 \mu\text{V}$ 。为减轻VDT作业负担，保护作业者的身体健康，在一些发达的国家已作了一系列的规定。如有的规定，一日的作业时间不能超过4小时，连续操作者一次不得超过50分钟，每作业50分钟就要休息10分钟等等。

3、由于紧张和单调以及隔绝于集体的工作方式，可引起神经精神功能失调。箕轮尚子发现，VDT作业的自控性，作业量过多

感等这样的主观心理指标比作业时间延长带来的其它自觉症状和主诉更为显著。

二、立位和长期行走的作业 长期站立、步行、搬运重物和用力踩开关的作业可致扁平足、下肢静脉曲张；长期倾斜、弯曲的立位或负重行走可引起脊柱弯曲。

三、个别器官系统的紧张

1、指、掌或前臂紧张，常可引起腱鞘炎。神经肌肉长期过度紧张，可引起职业性神经肌痛。长期缮写、手工针织、钢琴家、提琴家等可发生职业性痉挛。从事屠宰剥皮作业，由于紧张和摩擦，左手指尖及指背远端、近端和中间指关节上可产生胼胝，左手指关节有鼓槌状指样变形和指甲变厚、变色、变脆。

2、视觉器官紧张可使眼内有疼痛感、头痛、自觉视力障碍、调节障碍、充血、流泪、眼睑浮肿等。高度近视者，有时还能发生黄斑性脉络视网膜炎，甚至视网膜剥离。

3、发音器官紧张可致机能性的发音障碍，使声音嘶哑、失调及失声。还可致器质性损害，呼吸道及发音器官发炎，声带出血、声带不全麻痹及“歌唱家结节”。

四、其它作业

1、夜间勤务 在24小时周期内，体力作业能力以9~12点钟的效率最高，17时以后准确度下降，22~2点之间最差，事故发生增加。守和子等对上夜班的工人进行调查，作业者常反应昼间睡眠障碍。白天睡眠尿中的A_a量比夜间睡眠排泄量高。夜间睡眠到睡眠中期，觉醒率为5.7%时，A_a的排油量为0.84ng/min 昼间睡眠达到中期时，觉醒率为46.7%，A_a的排泄量为2.95

ng/min,所以在制订劳动制度时要考虑种种因素,以维护机体的健康。

2、消防队员和出租汽车司机作业时生理功能的变化情况。本桥莹等,对消防队员和急救队员进行24小时的心率等测定,消防队员以牵水笼头者心率最高,达160次/分以上,其次为攀云梯者。不论是消防还是急救队员,他们的口腔温度、血压、闪光融合频率值日内都发生变化。闪光融合频率、舒张压到次日早晨9时比头日晨9时的值还有显著性低下。对出租汽车司机在行车中的心血管功能调查发现,血压到晚上和深夜显著上升,脉搏则减慢,高血压和临界高血压组直到次日清晨,还保持显著的上升状态。24小时的心电图发现晚上和深夜90%的人都发生变化。

(劳动卫生学教研室 范福田)

第三章 人类工效学及其在劳动卫生工作中的应用（提纲）

人类工效学（又称工效学）是随着近代工业的兴起而发展起来的一门综合性应用科学。尽管它作为一门学科存在只有几十年的历史，但是发展十分迅速，特别是在发达国家，普遍受到重视。

一、命名和定义：

工效学在其发展和形成过程中，由于在不同国家和地区的发展经过和研究的侧重点不同，各国科学工作者给予这门学科的命名和定义也不尽相同，到目前为止，尚未统一。

1. 命名：

以美国为首的一些国家自四十年代起一直将这门学科称为“人类因素”（Human Factors），另有些国家则称作“人类工程学”（Human Engineering）或“工程心理学”（Engineering Psychology）等。目前比较普遍采用的名称是“Ergonomics”，是由波兰教授雅斯特莱鲍夫斯基首先提出来的。该词来源于希腊语，其中“Ergos”意指工作，“nomos”则是规律的意思，我国也采用了这一名词，早些年翻译过来的名称有“人类工效学”、“工效学”、“人机学”、“人机工程学”等等，目前多采用第一或第二种译名。

2. 定义：

人类工效学的定义有很多种。其中比较有代表性的解释是：

国际劳工组织（ILO）认为：工效学是把人的生物科学应用于工人及其工作环境，以便使工人获得最大的满足而同时提高劳动生产率。

国际工效学学会认为：工效学是研究人在工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素，研究人和机器及环境的相互作用，研究在工作中、家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒程等问题。

总之，从对人类工效学的诸多解释和定义来看，它是以人为中心，研究机器、设备和环境如何适合于人的生理心理特点及要求，目的是达到人在生产劳动中的健康、安全和舒适，提高人的工作效率。

二、工效学的发展：

人类工效学就其研究内容而言，可以追溯到很早以前。人们很早就注意到劳动条件和劳动过程对人体健康和生产效率的影响，特别是大机器生产出现以后，然而从工效学的角度进行系统研究，一般认为是从本世纪初开始的。

泰罗被认为是工效学的始祖。泰罗关于怎样操作、怎样组织操作才能达到省力高效的研究，吉尔贝斯用拍电影的方法所做的关于“时间和运动”的研究，都是本世纪早期的工效学研究。

第一次世界大战时期，英国即研究改善劳动休息制度、减轻疲劳、提高效率等方面的问题。第二次世界大战期间，各种复杂武器大量出现，对武器的操作提出了很高的要求。科学工作者开始研究如何使武器的设计适合于士兵的生理和心理特点，使生物科学和工程设计科学紧密结合起来，为推动工效学的发展起了很大作用。到第二次世界大战以后，人们将这种思想广泛应用到工业设计之中，并相应地开展了人体测量学的研究。

1950年英国成立了工效学学会，以后又有些国家相继成立

了工效学学会，如西德、法国、荷兰等。1960年国际工效学学会（IEA）成立。1961年在瑞典的斯德哥尔摩召开了第一次工效学学术会议，并出版了机关刊物“应用工效学”即 Applied Ergonomics，一直延续到现在。

1976，国际标准化组织（ISO）成立了工效学技术委员会（TC159），其主要任务为审定并发布工效学标准。1980年，我国在国家标准总局领导下成立了“全国人类工效学标准技术委员会”。委员会下设6个分委员会。几年来已制订并批准公布了几项国家工效学标准。

我国是一个大国，又是发展中国家，工业发展也不平衡。既有大型现代化企业，也有许多传统手工业，乡镇企业在近些年发展也很快。我国工业、农业的从业人数很多，然而工效学的研究开展较晚，与发达国家相比差距较大。有调查在1977年资本主义国家中有270所重要的劳动保护性科研机构，其中约20%专门从事工效学研究。我们应当努力加强工效学的研究，以促进我国四化建设的顺利进行。

三、研究内容

1. 人体方面：

主要研究人体形态（根据人体测量数据提供人体各部尺寸大小、活动范围等），人体生物力学（包括肌力、耐力、运动方式和运动时身体各部的受力等），生理功能、健康状态、心理素质和精神状态，以及工作能力、训练、技术熟练程度等。

2. 机器设备方面：

研究机器设备和各种工具的设计如何适合于人的生理心理特点及要求，既便于操作，又能减轻体力负荷和保持良好姿势。此外，

还研究各种仪表、显示器控制器等如何适合于人的感官和操作。

3. 环境方面：

研究工作场面的合理设计（包括工作台、坐椅、合适的工作空间等），工作环境中良好的或适宜的气象条件，以及如何消除或控制环境中的有害因素，如噪声、振动等。理论上环境有害因素的研究还应包括粉尘和有毒物质的危害研究，但到目前为止，从工效学角度进行的研究多是物理性有害因素。此外，环境方面还研究工作场所的合理照明等。

4. 研究人——机——环境系统的综合（整体）设计。

把人、机器和环境作为一个整体系统，研究人与机器的合理分工。人——机——环境之间的协调。同时还研究劳动休息制度、轮班制度、奖惩制度、培训等管理方面的问题。

5. 研究与脑力劳动有关的工效学问题，如信息交换和信息处理，精神紧张和精神疲劳等。

四、工效学研究方法

工效学是一门边缘性科学。它所涉及的知识领域包括医学、生物学、数学、力学、工程物理、计算机科学、行为科学、心理学、社会学等等多种科学。

工效学的研究大体上可以分为实验室研究和现场研究两大部分。工效学的研究方法，有些是直接采用上述学科（如生理学、心理学、卫生学等）的研究方法；有些则是在上述各学科研究方法的基础上，结合近代科学技术和本学科的理论，创造了一些适合本学科的独特研究方法，如工作分析方法，动作时间研究方法，生物力学测量方法，工作姿势校正方法等。