

物理因素职业危害与预防

贾树队 郝兰英 崔尚聪 主编

天津科学技术出版社

物理因素职业危害与预防

主 编 贾树队 郝兰英 崔尚聪

副主编 刘立联 汪永义 曹海泉

编 委 (姓氏笔画为序)

王文兰 王新明 刘立联

邢富昆 齐瑞良 汪永义

许克义 陈 玉 陈和平

陈贵海 张会兰 赵立安

赵济海 郝兰英 徐淑萍

贾树队 崔尚聪 曹海泉

彭智慧 傅景荣

主 审 李才广

目 录

概述	(1)
第一章 气象因素与健康	(7)
第一节 气温与环境污染	(7)
第二节 异常气温与人体健康	(14)
第三节 微小气候与人体健康	(21)
第二章 高温作业与中暑	(34)
第一节 高温作业对机体的影响	(34)
第二节 中暑的类型和原因	(38)
第三节 中暑的急救和治疗	(42)
第四节 高温中暑的预防	(45)
第三章 寒冷与健康	(61)
第一节 寒冷对机体的影响	(61)
第二节 冻疮	(63)
第三节 冻伤和冻僵	(67)
第四章 异常气压与健康	(72)
第一节 高气压对人体的影响	(72)
第二节 低气压对人体的影响	(75)
第五章 噪声与振动	(79)
第一节 噪声及其危害	(79)
第二节 振动及其危害	(95)
第六章 触电	(108)
第一节 触电发生的原因和对人体的危害	(108)
第二节 触电的临床表现、急救和预防	(110)
第七章 射频辐射的职业危害及其防治	(114)
第一节 射频辐射的概念	(114)

第二节	射频辐射的职业危害·····	(118)
第三节	微波与职业危害·····	(123)
第八章	超声的职业危害与预防·····	(131)
第一节	超声对人体的影响·····	(131)
第二节	超声的测量应用与防护·····	(137)
第九章	光辐射与职业危害·····	(143)
第一节	光辐射及其在工业上的应用·····	(143)
第二节	光辐射对人体的损害·····	(146)
第三节	紫外线辐射及其防护·····	(152)
第十章	常见的放射性辐射及其防治·····	(155)
第一节	放射性辐射对人体的损伤·····	(155)
第二节	放射性辐射的检测与标准·····	(158)
第三节	放射性辐射防护措施·····	(172)
第十一章	物理因素的监测·····	(182)
第一节	车间气象条件的测定·····	(182)
第二节	生产环境噪声的测定·····	(186)
第三节	高频电磁场的测定·····	(190)
第四节	生产性振动的监测·····	(192)
附 录		
附录一	卫生部、劳动部、全国总工会联合公布防 暑降温措施暂行办法·····	(197)
附录二	工业企业设计卫生标准(摘录)·····	(204)
附录三	高温作业分级·····	(207)
附录四	卫生部、国家劳动总局关于颁发工业企业 噪声卫生标准(试行草案)的通知·····	(211)
附录五	作业场所局部振动卫生标准·····	(214)
附录六	作业场所激光辐射卫生标准·····	(218)
附录七	作业场所微波辐射卫生标准·····	(221)
附录八	作业场所超高频辐射卫生标准·····	(225)

概 述

一、预防物理性职业危害的意义

随着科学的不断发展,物理性职业危害广泛的存在于工农业生产及交通、通讯、军事、科研等行业中,而且接触物理性职业危害的人数日益增多,因此,预防物理性职业危害已成为当今劳动卫生工作的一项重要内容。了解、研究和掌握物理因素对人体的影响,加强物理性职业危害的管理,降低物理因素对作业工人健康损害是防止职业病发生的根本措施,对降低职业病发病率,保障作业工人身体健康具有深远意义。所以,必须做好物理性职业危害的预防工作。

二、物理性有害因素的种类与分布

(一) 物理性有害因素的种类

1. 异常气象条件:高温、高湿、高气压和低气压。
2. 电离辐射:X射线、 γ 射线、 α 射线及 β 射线等。
3. 非电离辐射:紫外线、红外线、高频电场、高频磁场、微波、激光等。

(二) 物理性有害因素的分布见下表:

常见物理性有害因素的种类与分布

种 类		行 业 分 布
异常气象条件	高 温	冶金熔炼、玻璃、搪瓷烧制、机械工业浇铸
	高 湿	纺织、印染、面食加工、井下采煤
	高 气 压	潜水,沉箱作业
	低 气 压	航空、登山、高山勘探

续表

种 类		行 业 分 布
电 离 辐 射	X	医疗诊断、工业探伤、辐射育种
	γ	原子能工业、金属探伤
	β	原子能工业、放射物理研究、放射性仪器调试
	α	原子能工业
电 磁 辐 射	红 外 线	冶金、玻璃熔炼、粮食木材烘干、食品加工等
	紫 外 线	灯具制作、电焊加工
	高频电磁场	工业高频热处理、塑料热合
	激 光	工业切割、打孔、焊接、军事通讯、眼病、肿瘤治疗
其 它	微 波	微波炉制做、通讯、电视广播
	噪 声	工业、农业、矿山、军事等机械振动
	振 动	运输驾驶、风钻打孔探矿、机加工打磨、铸工清砂
	超声波	工业清洗、焊接、裂隙探查及医疗诊断

三、物理性职业危害对人体的作用机制

常见的物理性有害因素有：异常气象条件、电离辐射、电磁辐射、噪声、振动、超声波等。物理性有害因素对人体的作用与物理因素的种类有关，较常见的有以下几种：

1. 高温、高温强辐射和高温高湿作业使作业工人体温调节障碍，破坏人体的热平衡。

2. 高压作用人体，若减压过速，可使组织或血液产生气泡引起血液循环障碍或组织损伤。

3. 低气压作用人体如航空或高山作业，可使作业人员产生适应不全症，如呼吸、循环机能亢进等。

4. 电离辐射作用于人体，通过对能量的吸收，导致分子的电离和激发，引起分子结构的改变以及生理、生化与代

谢的改变，造成细胞及组织和器官的损伤。

5. 电磁辐射作用于机体主要是不同强度照射所引起的致热作用与非热作用导致机体组织或细胞发生相应的变化或损害。

6. 噪声对人体的作用，主要是听觉系统的特异性影响，一定强度的生产性噪声长期作用于人体的听觉器官，可引起感音系统慢性退行性病变，导致噪声性耳聋。

7. 振动长期作用于人体，主要引起接触部位局部血管痉挛，造成局部缺血，使振动作业工人发生局部振动病。

8. 超声波能量被吸收后，其机械作用使大分子退化，其化学性空化作用可使人体内某些细胞产生不良反应。

物理因素种类很多，由于物理因素的种类不同，作用强度和作用机制亦不同，可分别引起相应的组织、细胞产生不同程度的损害。不同种类的物理因素，不同强度的刺激对人体的作用方式不同，如：有急性作用，慢性作用，局部作用，全身作用。了解物理性职业危害的种类、作用机制及对人体的作用方式，既是预防物理性职业危害的理论基础，又是做好物理性职业病预防工作的前提条件。

四、物理性职业病的诊断

物理性职业病指物理因素引起的法定职业病。我国卫生部、劳动人事部、财政部、中华全国总工会在一九八七年十一月五日颁发的《职业病范围和职业病患者处理办法的规定》中，确定了中暑、减压病、高原病、航空病、局部振动病和放射性疾病等六种法定物理因素职业病。职业病电光性眼炎、噪声聋的诊断是一项技术性很强的工作，凡从事职业病诊断的人员，必须认真学习和掌握国家颁发的职业病诊断

标准及有关规定,以科学的态度和极端负责的精神,做好职业病诊断工作。在职业病诊断时,必须实行以当地为主和以职业病防治机构或职业病诊断组的集体诊断为准的原则。根据患者的职业接触史,既往健康状况,现场劳动卫生学调查,临床症状及相应的理化检验结果进行综合性分析后,作出诊断。对于急性职业病,如中暑,放射性皮肤烧伤及其它急性职业危害应及时到临近医疗单位或职业病防治单位进行诊断治疗。治疗后,接诊单位应根据职业病管理工作与职业病报告办法填写职业病卡片,向职业病管理机构进行报告。上述职业病诊断工作内容是做好职业病诊断与管理的基础工作,各级医疗单位及基层职业病防治机构,应严格执行职业病诊断范围及其处理办法等有关规定,以促进职业病的诊断与管理工作科学化与规范化。

五、物理性职业危害的预防

物理性职业危害广泛的存在于生产环境之中,预防物理性职业危害是保证有害作业工人健康的一项重要内容。根据职业危害的强度——反应和时间——效应关系,降低有害因素的强度及作用时间是减少或避免职业病发生的基础,要做好物理性职业危害的预防工作,应采取以下综合性预防措施:

(一) 组织措施

职业病的预防不是单纯的技术问题,它与车间设计、生产工艺、防护设施及劳动管理等均有密切关系,所以必须建立职业病防治小组(由领导、工人、技术人员、医务人员组成),负责本单位职业病防治工作。这样层层有人管,一旦出现问题,可及时发现予以解决。通过宣传贯彻劳动卫生有关规定,开展群众性预防工作,提高群众的防病意识有利于防

止职业病的发生，对职业病预防工作具有促进作用。

（二）技术措施

技术措施是控制和消除物理有害因素，预防职业危害的主要手段，包括工艺过程的改革和技术工程的革新。在工艺过程中可通过工艺改革和设备更换以减少危害，如：建桥墩时采取管柱钻孔法和沉井法代替沉箱法以消除减压病；毛纺行业以无梭织机代替有梭织机减低噪声强度等。

通过对物理因素危害实行工艺改革和进行技术工程防护可降低物理性有害因素强度，有效的预防职业危害。所以，在职业危害预防工作中必须抓好技术措施这一重要环节。

（三）卫生保健措施：

卫生保健措施是通过宣传教育提高群众性防病意识，制订科学的卫生管理制度等综合性的保健措施，卫生保健措施主要包括以下内容：

1. 进行经常性卫生检查 检查车间有害因素的防护设施是否完善，监测有害因素强度是否超标，鉴定预防措施效果及时提出改善办法。

2. 做好就业前体检与定期体检 就业前体检的目的在于防止职业禁忌症人员参加有害作业，防止不必要的职业危害。定期体检是了解有害作业工人时间一效应关系的一种手段，通过定期体检可随时观察职业危害作用下的健康变化，以便及时发现问题做出完善的处理，避免职业病的发生。

3. 供给保健膳食 不同的有害因素对人体产生的损害不同，造成机体对营养的需求量也不同，如：神经系统受损应增加维生素B₁、B₆、C和胆碱、磷质、钙、磷；造血系统损害应增加蛋白质、维生素B₆、B₁₂、叶酸、维生素C等。供给保健膳食的目的是根据机体的需要增加相应的营养

成分，以减少机体的损害保证机体的健康状况。

在物理性职业危害的预防工作中组织措施、技术措施、卫生保健措施三者构成完整的预防体系，缺一不可，做好职业病预防工作必须进行综合性管理。

第一章 气象因素与健康

大气中的一切物理因素，如气温、气压、气流、气湿、空气离子化、太阳辐射等，统称为气象因素。气象因素是重要的环境物理因素，与人体健康和环境污染密切相关，气象因素在物理因素中占重要地位，是劳动保护与环境医学必须研究的重要内容。也是劳动卫生与职业病防治的研究课题。

第一节 气温与环境污染

一、气温的产生与来源

气温即空气的温度。气温来源于太阳辐射的能量。太阳是一团炽热的熔融物质。根据核物理的研究太阳是一个巨大热核反应器，在热核反应过程中产生大量辐射能量，称为太阳辐射。太阳辐射通过大气层时，一部分被反射和散射，一部分被大气所吸收，其吸收量约为14%，但空气被太阳辐射能量直接加热不多，仅使空气温度上升 $0.015-0.02^{\circ}\text{C}$ 。太阳辐射能透过大气层而到达地面，被土层所吸收，转为热能，加温地面、水体和土壤层，地面的热量以对流、传导和辐射的方式，向空气散热使气温升高。所以，被太阳辐射加热的土壤表面，是直接加温空气的主要热源。由于各地地表特征不同，被太阳加热的情况不同，因而各地空气温度也不一致，例如沙漠地层，易被加热，也易散热，所以这些地区昼夜温差甚大。

一年四季和一日之间气温是有明显变化的，气温日变化和年变化的主要影响因素是太阳辐射强度，昼夜的长短和空气污染程度。气温有明显的地区性差异，形成这种差异主要决定于地理纬度、海拔高度、海陆分布、地表状况及地形特点等。

二、垂直温差与逆温

包围在地球表面的空气称为大气或大气层。大气自下而上可分为对流层（逆温层）、平流层、电离层和外大气层四层。其中对流层是最接近地面空气密度最大的一层。是人类赖以生存的空气环境，与人生和环境保护关系最为密切。对流层的高度因地理纬度不同而有差别，在赤道，对流层最厚，距地面约为15~17公里，在两极最薄，距地面为7~9公里。

（一）垂直温差与垂直气流

由于加温空气，直接使空气温度上升的是被加热的地面。所以，在对流层内，气温随高度增加而降低，这种情况称为气温递减。在正常情况下，每升高1000米，气温下降为 6.5°C ，称为气温递减率。高层与低层空气的温度差，称为垂直温差，这是形成垂直对流的动力。低层气温高，空气受热膨胀，比重小而上浮，高层气温低，空气收缩，比重大而下沉，这样则形成垂直对流。垂直对流的大小决定于垂直温差。这对污染物在大气中的扩散稀释与地面空气中污染物的浓度有很大影响。在正常气象条件下，地面空气污染物依靠垂直对流迅速到达高层空气中稀释扩散，使低层空气中污染物浓度下降，避免空气污染和引起危害。通常由气温垂直分布状况决定大气的混合层高度，在晴天无风无云的情况下，太阳间接把地表和地表附近的空气加热，于是暖空气上升，

直到它的温度冷却到与上层空气温度相同时为止，这称为混合深度，显然低层空气越热，混合深度越深，低层空气的污染物越容易稀释扩散。

（二）逆温与空气污染

大气的温度随距地面的高度增加而下降，但是这种气温递减的梯度变化并非固定不变。实际上，有时可出现温度随高度上升而增高现象，这种情况称为气温逆增，简称逆温。逆温常发生在以下情况：晴朗、干燥无风的天气或者地面积雪、化雪等，可致地面温度迅速下降，则可出现逆温现象。夜晚，特别是冬季的夜晚，得不到太阳辐射能量，因而使地表和临近地面的空气变冷，低层空气的温度降低，出现逆温现象。此时不能产生垂直对流，大气处于稳定状态，低层空气中的污染物不能上升，这样低层空气中的污染物难以扩散，污染物浓度显著增高，形成环境污染，危害人体健康。

逆温形成的污染程度，取决于逆温的天数、逆温时间和逆温层厚度等。

逆温的解除，主要受日照的影响，在一般情况下，上午太阳又照暖地面，低层空气的温度逐渐上升，逆温状态就发生变化而解除。由于夏季气温高，垂直温差大、不容易形成逆温，空气混合深度很高。冬季，特别是严冬气温低，垂直温差小，混合深度小。所以，一年之内冬季大气污染严重，一日之内夜晚和清晨污染严重，中午和下午污染较轻。

三、“城市热岛”山谷与大气污染

（一）气压与气流

气压和气流受着气温的影响，而气流决定着污染物的移

动和扩散。所谓气压，围绕在地球表面的空气层具有重量，其重量为地球表面所承受，这种压力称为气压。各地的气压是不同的，不同地区的气压差称为压差，是空气流动的动力，压差越大、空气流动越快、风速越大。

压差大小决定两个因素：一是空气的厚度，空气层越厚，气压越大，反之气压降低；二是空气的温度，气温越高，空气密度小、压力越低。一年四季气温不同，气压波动在20~30毫米汞柱，在大陆上气压最高时间是冬季，而最低气压出现在夏季。当然，在海洋上气压波动与此不同。气压随着高度上升而减低，所以高山上或高原地区气压降低，这是因为高度越上升，大气层的厚度就越薄，压力越小。在大气层中，每上升10.5米，气压则降低一毫米汞柱。所以，航空作业是低气压作业，而潜水作业为高压作业。

由于不同地区和不同季节气压不同，因此形成气压差。压差推动着空气流动，称为气流。

气流，又称刮风，就是空气团向不同方向移动。主要是由于各地气压分布不均匀而引起，气流总是从高压的地区向低压的地区流动。空气流动的快慢称为风速，风速的大小取决于气压差，压差越大风速越快。风速通常用单位时间空气流动的距离表示，以米/秒表示。但是，在同样压差的情况下，风速大小与两地距离有关，两地距离越短，风速越大，反之风速则小。

气流对空气污染有决定性影响。归纳起来主要有两方面的作用：

1. 推动污染物移动 这是污染物在空气中运输的主要方式。在这种作用下，空气污染物可由一处转移到另一处，运送远近决定于风速大小，运输方向决定于风向。污染源的

下风侧污染最重，污染物浓度最高，上风侧污染最轻。所以建工厂选址应坚持下风侧原则，避免污染。

2. 稀释和扩散 在气流的推动下，污染物与空气充分混合，并稀释扩散，扩散的快慢与风速正相关，风速越大越容易稀释和扩散而降低污染物浓度，减轻污染。

(二) 城市“热岛现象”与污染

人口密集的城市，热源多而密布，而且人体本身也是一个小型发热源，因此城市发热量远比四周郊区多，而且城市住宅林立，热难以散出，气温显著增高，好象一个热岛，处于四周郊区农村包围之中。这样城市和四周郊区形成温差，温差又可产生气压差，因而形成一种由四周郊区流向城市的气流。这种气流不仅妨碍城市污染物的扩散，而且可能把郊区工厂排放的污染物引入市区，从而造成城市的空气污染。这种污染来自城市热岛作用。而热岛现象能否产生以及其明显程度，决定于城市热源数量、热污染情况和人口密度。显然，城市发热源多，热污染严重和人口众多，则热岛现象明显，热岛风力强。热岛现象与季节有关，冬季比夏季明显，热岛作用引起的污染也较严重。

(三) 山谷风与污染

山地和谷地由于受气温和地势的影响，使局部空气流动独具特点。

1. 山地风与污染特征 当大范围气流吹过山地时，位于迎风面山坡上的烟囱所排出的烟气及其他污染物，则会顺着空气的流向向上扩散稀释，降低浓度，所以，工厂建在主导风向的迎风面可以避免污染环境。当气流由迎风面吹过山顶而到达背风面时，则在背风面形成局部涡流，此时位于背风面山坡上的烟囱排出物，被涡流压下，不能很好的扩散，

局部地区造成污染。

2. 谷地与污染 周围环山中间凹陷，称为山谷。周围地面明显增高，河床地区明显降低称为河谷。谷地空气环流量独具特点，其污染状况因谷地地形而与一般地区不同。例如白天日照充足，山坡地面因受日照而增温，气温也随之增高，空气受热膨胀上升，此时山谷里的空气也上升填补，形成谷风。显然，位于山坡上的工厂烟囱排出物上升扩散，降低浓度。但是到了寒冷的夜晚情况却不同了，山坡的地面因大量散热而变冷，气温也随之降低，此时谷地的气温高于山坡的气温，因而上升，而山坡上空气下降补充，形成山风，此时山坡的污染物被压到谷底，不能扩散出去，形成严重的空气污染。世界上历次大的污染事件都是在这种情况下发生的。

四、热 污 染

热是空气和水体的一种物理性污染因素，随着发电事业的发展，热污染越来越被人们所重视，成为环境保护与环境医学的重要考核指标。

（一）热污染的来源

主要来自含热空气和含热废水的污染。大量含热废水，如冷却水等排入水中，使水温升高，称为热污染。据调查以原煤和石油为燃料的发电站，通常只有40%左右的热量变为电能，剩余热量则排入大气或随冷却水带走，引起热污染。每生产一度电约有1200大卡热量排出，污染环境。此外，热污染还来自其他发热源，如炼钢、炼铁炉，熔化炉等，它们主要污染空气、造成热生产环境和热生活环境，影响人体健康。

（二）热污染的危害

热污染的危害表现在许多方面，主要有：

1. 影响水质 大量含热废水持续排入水中后,可使水温升高,影响水质,改变水质特征。可使水域环境发生一系列化学、物理和生物学变化。在 $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内,水温每升高 10°C ,可使化学反应速率增加一倍,增强水中有毒物质的污染,如氯化物、重金属离子的毒性增加。生物化学反应的速度也随温度的升高而加快。

2. 溶解氧降低 空气中的氧溶解在水中称为溶解氧。水中溶解氧的含量与空气中氧的分压和水的温度密切相关。水温是主要影响因素,水温愈低水中溶解氧含量越高。相反,水温愈高,水中溶解氧含量越低。在760毫米汞柱大气压下,空气中含氧为20.9%时,当水温为 10°C 时,溶解氧为9.17毫克/升。水温 30°C ,溶解氧为7.63毫克/升。另外,水温增加时,水中生物氧化能力增强,生化需氧量增加,从而进一步减少水中溶解氧含量,甚至造成水中严重缺氧,影响鱼类和其他水生生物生存。

3. 富营养化现象出现 氮磷等元素是生物的营养盐类。水中营养盐来源于有机物的分解,水温增高后,有机物分解加快,水中营养盐含量增多,呈现“富营养化”现象。在富营养化状态下,藻类和某些生物繁殖加快,水中有机物进一步增多,促进了富营养化状态,结果水中含氧量降低或消失,单一藻类过度生长,破坏生态平衡,使污染加重。

4. 生物群落变化 固定的自然水体,适应这种环境,生活着一系列生物,如鱼、虾及其他生物。它们之间保持着生态平衡。当水体受到污染时,水环境发生变化,原来适于较低水温生活的鱼类因不适应新的环境而减少或死亡,而耐高温的鱼类和生物迅速生长起来,结果使水中生物群落改变,破坏原有的生态系统。另外,由于热污染其水温虽然不致于