

航空工业劳动保护

王连生 编



1984

前 言

近年来,随着我国“四化”建设的迅速发展,工业生产蒸蒸日上,劳动保护作为社会主义建设事业的重要组成部分,必须认真地加强起来。由于航空工业劳动保护课程,在我国是一门新兴的、综合性很强的应用科学,它的历史较短,专业队伍还很小,国内迄今专业书籍也很缺乏。为了落实中共中央关于认真做好劳动保护的通知,工科院校应设立劳动保护专业,我院开办劳动保护讲座,普及这方面的知识,提高航空工程技术人员在劳动保护知识方面的水平。这本小册子作为讲座教材,选题着重结合以实用为原则,学以致用,尽量使教材更切合目前国内的需要,以供劳动保护干部、技安干部、劳动卫生工作者和企业管理干部的参考。由于作者业务水平、编写、讲授经验有限,时间又较仓促,难免存在不少缺点,有错误之处,希望同志们批评指正。

“航空工业劳动保护”是在学院领导的大力支持下进行编写的,在编写过程中,对初稿进行认真商讨,征求各方面的意见,不断进行修改。

本书承南京医学院翟为雷副教授、汪启琳、陈水锦讲师校审;我院胡执中付教授指导,有谷嘉锦、郭龙胜、孙光涛讲师等对本书的编写给予热情支持和提出宝贵的意见,描图有张相唐、周美容同志协助,在此一并表示衷心感谢。

王连生 编

一九八四年八月

目 录

一、 航空工业劳动保护与劳动卫生的意义和任务.....	(1)
二、 劳动卫生与职业病.....	(3)
三、 劳动过程对人体的影响.....	(6)
四、 工业毒理 (一)	(12)
工业毒理 (二)	(16)
五、 职业中毒的预防.....	(18)
六、 制定车间空气中有害物质最高容许浓度.....	(27)
七、 工业“三废”的污染和防治.....	(29)
八、 噪声与控制技术.....	(36)
九、 高速和低速风洞实验的劳动保护.....	(52)
十、 发动机试车车间的劳动保护.....	(59)
十一、 装配、铆接车间的劳动保护.....	(62)
十二、射频辐射防护.....	(64)
十三、X 射线防护.....	(75)
十四、无线电车间的劳动保护.....	(77)
十五、玻璃钢车间的劳动保护.....	(79)
十六、电镀车间的劳动保护.....	(81)
十七、喷漆车间的劳动保护.....	(83)
十八、焊接车间的劳动保护.....	(88)
十九、印刷业车间的劳动保护.....	(93)
二十、铸造车间的劳动保护.....	(96)
廿一、锻造车间的劳动保护.....	(101)
廿二、热处理车间的劳动保护.....	(103)
廿三、电加工车间的劳动保护.....	(105)
廿四、机械加工车间的劳动保护.....	(110)
附 表.....	(112)

一、航空工业劳动保护与劳动卫生的意义和任务

当前，人人出力为振兴中华，实现“四化”，开创航空工业生产新局面的形势下，劳动保护与劳动卫生工作是一项不可缺少的十分重要的工作，又是社会主义建设事业的重要组成部分，必须认真地加强起来。因为，现代化生产建设的发展，将不断出现新技术、新工艺、新材料，给劳动保护与劳动卫生带来许多重大的科学技术问题。

一、劳动保护的意义

劳动保护工作，广义地讲，它包含安全、生产责任制、安全教育、劳动卫生和职业病的预防、“三废”污染治理等，从而，它又和其他现代科学一样，具有一个明显特点，在各学科分别向纵深发展，不断涌现新的分支，它们彼此间又往往相互渗透、相互交叉，从而逐步形成一门新兴的工程技术的学科。

二、劳动保护工作的任务可以概括下列几方面：

1. 为了改善工厂的劳动条件，保护工人、职员的安全和健康，保证劳动生产率的提高，必须健全生产责任制和安全操作规程。
2. 加强安全教育，才能实行安全、文明生产，进一步落实“安全第一，预防为主”的方针，保护劳动者安全与健康必不可少的有力措施，从而，可杜绝重大恶性事故的发生，减少伤亡事故。
3. 研究健全一整套劳动保护的法规和条例，因没有立法，劳动保护监督检查工作就没有依据，这既是保护劳动者安全健康的重要手段，又是保护生产建设顺利进行的有力措施。
4. 加强劳动保护的科学研究，与生产实践密切结合起来，解决实际问题，此外，重视情报、学术交流等。

三、劳动卫生的意义和任务

劳动卫生是研究劳动条件对劳动者健康的影响，提出改善劳动条件，预防职业病的一门学科，从卫生学的观点出发，研究劳动条件对人群健康影响的规律。

1. 研究劳动者在劳动过程中，生理上变化；生产中有害因素对劳动者的健康可能产生的不良影响，为了改善劳动条件，防止职业病的发生，提出预防措施和劳动卫生要求。
2. 研究符合卫生要求的劳动条件，为制定卫生标准、法规、条例和办法，提供科学依据。
3. 研究统计分析劳动者的病伤情况及健康水平，为提高劳动出勤率而采取的各种有效措施，包括组织措施、生产技术措施、卫生技术措施、卫生保健措施等。

另外，它与环境保护、技术安全等有关学科和部门协作，共同研究改善劳动条件，预防职业病的各项措施及其效果，总结群众在这方面的实践经验。

这两门学科，虽然研究的角度不同，研究的内容各有侧重，但其目的都是为了改善劳动条件，保护劳动者健康，提高劳动生产率，促进工农业生产向前发展，因而，两者的任务基本上是一致的，两者的工作有着密切的联系，需要互相配合，协同作战。此外，为改善劳动条件，创造符合卫生的生产环境，还需要运用许多学科的知识 and 成就来完成劳动保护与劳动卫生的工作任务，还需要懂得一点有关卫生技术方面的基本知识，便与技术安全、卫生、环境保护、工程技术等方面的人员协作进行研究。怎样做好劳动保护与劳动卫生的研究和实际工作，它和其它学科一样，必须运用辩证唯物主义的观点、方法、去观察分析问题，坚持理论与实践的统一，实事求是，调查研究，一切从实际出发，研究存在的问题和解决问题的办法，提出切实可行的措施。

总之，我们党历来对这项工作是十分重视的。

二、劳动卫生与职业病

建国三十多年来,由于党和政府的重视,劳动卫生与职业病工作和本学科的发展很迅速,为了在本世纪内实现四个现代化,劳动卫生与职业病必须为这个总任务而奋斗。

劳动卫生学是研究劳动条件对劳动者健康的影响,提出改善劳动条件,预防职业病措施的一门学科,亦有称之为工业卫生学(industrial hygiene)。它是从卫生学的观点出发,研究劳动条件对人体健康的影响规律。

职业病学是研究职业病的病因,临床表现、诊断、治疗和预防的一门学科,又称职业医学(Occupational medicine)。它是从临床的角度出发,研究职业病在人体上发生、发展的规律,两者的目的都是为改善劳动条件,保护劳动者的健康,提高劳动者的生产率,促进社会主义工业发展。

劳动条件包括生产过程、劳动过程和生产环境三方面,每个方面都是由许多因素组成,这些与生产有关的因素称为生产性因素,又称职业性因素。生产性因素对劳动者健康来说,有的起着有利的作用;有的起着有害的作用,这主要取决于生产性因素的性质和数量(强度)。对劳动者的健康和劳动能力可能产生有害的作用,称为生产性有害因素,又称职业危害(occupational hazard),

按其来源和性质分类如下:

1. 生产过程中的有害因素

(1) 化学因素

甲:有毒物质如铅、苯、汞、氯、一氧化碳、有机磷农药等;

乙:生产性粉尘,如矽尘、煤尘、石棉尘等;

(2) 物理因素

甲:异常的气象条件,如高温、高湿、高低气压等;

乙:电离辐射,如 α 射线、 γ 射线等;

丙:非电离辐射,如紫外线、红外线、高频电磁场、微波、激光等;

丁:噪声、振动等;

(3) 生物因素,如炭疽杆菌,布氏杆菌、森林脑炎病毒等。

2. 劳动过程中的有害因素

(1) 劳动组织和劳动制度不合理,如劳动时间过长,劳动休息制度不健全等;

(2) 劳动强度过大或劳动安排不当,如安排的作业与劳动者生理状况不适应等;

(3) 个别器官或系统过度紧张,如视力紧张等;

(4) 长时间处于某种不良体位或使用不合理的工具等。

3. 与一般卫生条件和卫生技术设施不良有关的有害因素。

(1) 生产场所设计不符合卫生标准和要求,如厂房狭小,车间布置不合理等;

(2) 缺乏适当的卫生技术设备(通风、照明等);

表1—1 职业 病 名 单

编号	职业 病 名 称	致病的职业毒害和工作环境	患该种职业病的主要工种举例
1	职业中毒	工业毒物	接触工业毒物的工人
2	尘 肺	长期吸入大量能引起肺纤维病变的各种粉尘	掘进工、风钻工、爆破工、支柱工、矿石搬运工、耐火材料厂、石粉厂、玻璃厂、陶瓷厂、搪瓷厂、石棉厂等的粉碎工、配料工、搬运工、包装工等接触石英粉尘和矽酸盐粉尘的工人
3	热射病和热痉挛	在高温和热辐射的条件下工作	锻工、轧钢工、司炉工等
4	日 射 病	强烈日光直接照射下的露天作业	搬运工、修道工、建筑工、测量人员等
5	职业性皮肤病	经常接触刺激性物质（沥青、焦油、石蜡、漆、树漆、酸、碱等）	接触上述物质的工人
6	电光性眼炎	在放射强烈的紫外线的条件下工作	电焊工、照像制版工等
7	职业性难听	经常在发生噪音的条件下工作	铆工、锻工、打眼工、风钻工、织布工等
8	职业性白内障	经常在某些种类辐射线的作用下工作	玻璃厂的成型工、接触超高频电流作业的工人等
9	潜 函 病	在高气压的条件下工作	潜函工、潜水工等
10	高山病和航空病	在低气压的条件下工作	高山勘探、筑路和铺轨的工人，航空人员等
11	振动性疾病	剧烈的振动	操纵风动工具的工人
12	放射性疾病	电离辐射（ α 射线及其他放射线）	经常操纵和接触电离辐射的工作人员
13	职业性炭疽	接触被炭疽杆菌污染的动物及其制品和原料的工作	制革工、制毡工、制造皮毛制品的工人等
14	职业性森林脑炎	受带病毒壁虱的感染	伐木工、森林调查人员等

(3) 缺乏防尘、防毒、防暑降温等设备或设备不完善;

(4) 其它安全防护设备和个人防护用品方面有缺陷。

生产性有害因素对人体造成不良影响,必须具备一定的条件,主要是有害因素的强度(剂量),人体接触有害因素的机会和程度,个体因素和环境因素以及几种有害因素的相互作用等。

当有害因素的作用不大时,人体反应仍处于生理变动范围内;如作用超过一定限度,可产生以下三种不同的后果。

(1) 有害因素能引起人体的外表改变,如皮肤色素沉着等。

(2) 有害因素的作用,达到一定程度,持续一定时间,则可造成特定的功能性和器质性病理改变,可引起职业病(occupational disease),出现相应的临床表现,并可在不同程度上影响劳动能力。

(3) 有害因素还可降低身体对一般疾病的抵抗力,使患病率增高和病情加重,病程延长,故称非特异作用。

凡生产性有害因素引起的疾病在广义上均可称职业病。中华人民共和国卫生部于1957年2月公布了“职业病范围和职业病患者处理办法的规定”。根据我国国情将如下十四种职业病,列为国家法定职业病。见表1—1。

此外1963年卫生部批准将布氏杆菌病列入职业病范围;

1964年劳动部、卫生部及全国总工会联合发出通知,规定将煤矿井下工人的滑囊炎列为职业病;煤碳部将煤肺列入职业病;

1974年卫生部批准将接触炭黑引起的尘肺列入职业病范围。

目前,我国开展对五种职业病的普查,是指铅、苯、汞、三硝基甲苯(TNT)、有机磷农药五种作业。

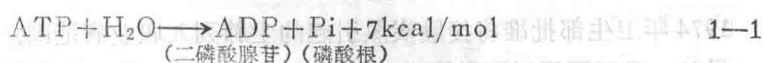
三、劳动过程对人体的影响

人类劳动，一般分体力、脑力劳动两种，人类的劳动又是脑力劳动与体力劳动的结合，仅是有所侧重不同的区别。但，在生产劳动过程中，由于劳动者本身的差异，劳动的种类及工种、时间等各不相同，以及劳动时外界环境条件的变动都对人体健康有影响，当经常参加适宜的劳动时，机体通过神经体液的调节和适应，就能促进健康，并且能提高劳动生产率。但，在劳动负荷过大，劳动时间过长，外界环境条件不良的情况下劳动时，常常使正常的生理机能遭受破坏，而使劳动能力下降，甚至损害健康。劳动保护工作者，就是要研究劳动过程对人体调节适应规律，并找出提高劳动力的措施，达到保护劳动者，提高劳动生产率的目的。

1. 体力劳动时能量消耗、劳动强度分级

(1) 肌肉活动时能量的来源

肌肉收缩时消耗的能量是由肌细胞中的三磷酸腺苷（ATP）分解提供的（式1—1）。但ATP并不是储能分子，仅起传递能量的作用。



细胞内ATP不多，所携能量仅够瞬间活动之用。体内真正储能的分子是糖、脂肪和蛋白质。它们不断分解，把能量供给ATP的再合成，以维持肌肉的继续活动——收缩与松弛。但这一过程需要一段时间来完成，在此期内合成ATP所需的能量是由磷酸肌酸（CP）分解提供的（式1—2）。安静时，肌肉中CP的浓度约为ATP的五倍。



肌肉收缩时，ATP迅速分解，CP立即予以补充，但也只能供肌肉收缩活动几秒至一分钟之用。因此，需从其它途径提供能源。

在中等肌肉活动时，ATP以中等速度分解，糖、脂肪和蛋白质都能通过氧化磷酸化过程（图1—1）提供能量来合成ATP。

在大强度活动时，ATP的分解非常迅速，氧化磷酸化补充ATP的能力受到氧气供应的限制，形成ATP的速度不能满足需要。这时，无氧糖酵解开始参与提供肌肉所需的ATP的分量愈来愈多。图1—2表明，供氧充足时，氧化磷酸化过程产生大量

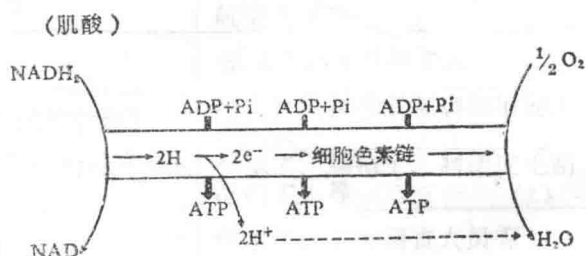


图1—1 氧化磷酸化过程过程形成ATP的示意图
NAD—烟酰胺腺嘌呤二核苷酸是一种辅酶，是氢原子的载体

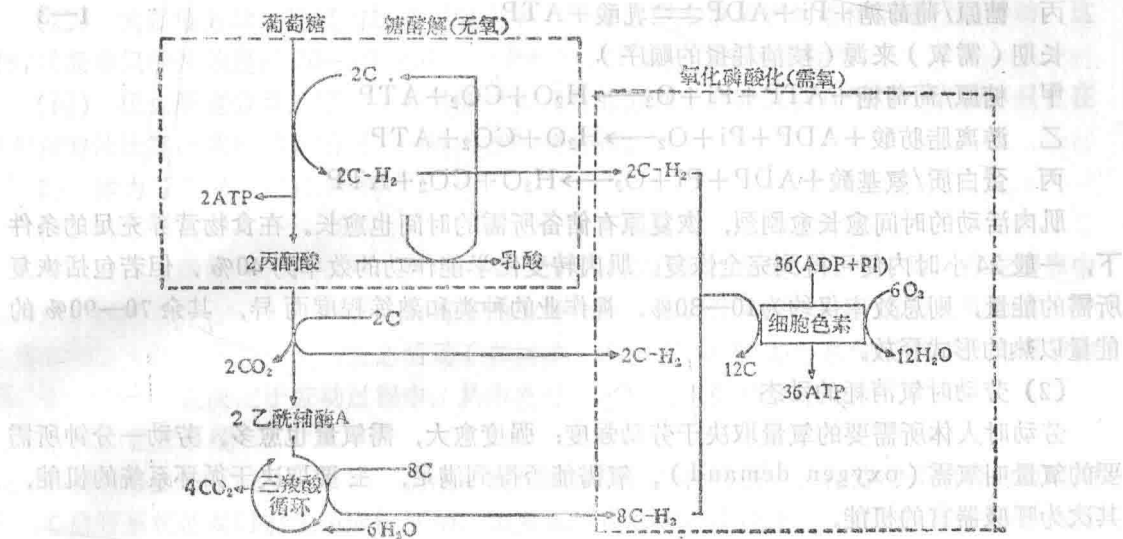


图1—2 一分子葡萄糖在细胞内分解至 CO_2 和 H_2O 形成 ATP 的概括图解 C—Carrier 为载体

ATP，占每一分子葡萄糖形成 38 分子 ATP 中的 36 份，但这一过程的速度较慢。

糖酵介虽然从 1 分子葡萄糖分介中仅能供 2 分子 ATP，但其速度却较氧化磷酸化快 32 倍，而且不需要消耗氧，因此，在剧烈活动时，即使有足够的氧，无氧糖酵介对迅速提供肌肉所需的 ATP，也是一个重要的来源。

它所产生的乳酸，逐渐扩散至血液，在肝脏里又可合成糖原。其缺点是需要动用大量的葡萄糖来合成。肌肉储存的糖原有限，大量消耗是迅速引起疲劳的原因之一。

在非常剧烈的运动中，消耗 ATP 的速度远远超过糖酵介过程产生 ATP 的速度，随着肌细胞 ATP 的耗竭而迅速发生疲劳。

肌肉活动的能量来源可概括于图 1—3 和式 1—3 中。

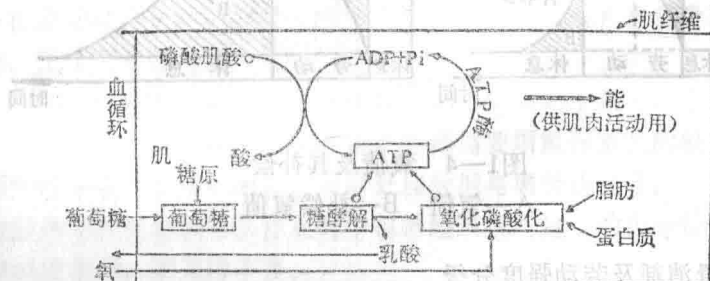
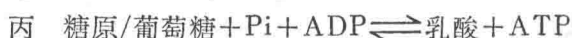


图1—3 肌肉活动时能量的来源示意图

式 1—3 肌肉活动时能量的来源

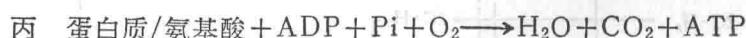
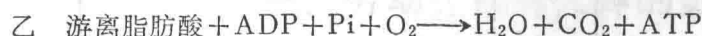
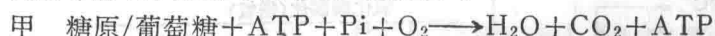
短期（无氧）来源（按提供的速度顺序）

甲 $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi} + 7\text{kcal/mol}$



1—3

长期（需氧）来源（按消耗量的顺序）



肌肉活动的时间愈长愈剧烈，恢复原有储备所需的时间也愈长。在食物营养充足的条件下，一般24小时内便可得到完全恢复。肌肉转变化学能作功的效率为40%，但若包括恢复所需的能量，则总效率仅约为10—30%，视作业的种类和熟练程度而异，其余70—90%的能量以热的形式释放。

(2) 劳动时氧消耗的动态

劳动时人体所需要的氧量取决于劳动强度：强度愈大，需氧量也愈多。劳动一分钟所需要的氧量叫氧需（oxygen demand）。氧需能否得到满足，主要取决于循环系统的机能，其次为呼吸器官的机能。

人在一分钟内能供应的最大氧量叫氧上限，成年人的氧上限一般不超过3升，有锻炼者可达4升多。在作业开始2~3分钟内，呼吸和循环系统的活动尚不能满足氧需，肌肉活动所需能量是在缺氧条件下进行的。氧需和实际供氧量之差叫氧债。其后，呼吸和循环系统的活动逐渐加强，氧的供应得到满足，即进入稳定状态（steadystate）下工作，这种作业一般能维持较长时间。若劳动强度较大，需氧超过氧上限，机体继续处于供氧不足的状态下工作，肌肉内的储能物质（主要指糖原）迅速消耗，这种作业就不能持久。作业停止后的一段时间内，机体需要继续消耗较安静时为多的氧，供消除无氧糖酵解的最终产物乳酸及部分恢复肌肉原有储备之用。恢复期的长短视氧债的多少而定，但这并不是绝对的，因部分氧债可在稳定状态期间得到补偿。恢复期一般约需数至十余分钟，也可达一小时以上（图1—4）。

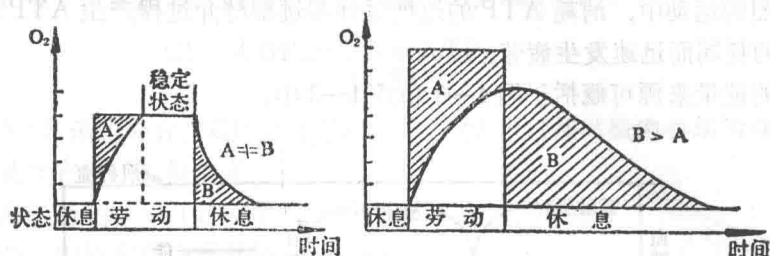


图1—4 氧债及其补偿

A—氧债 B—补偿氧债

(3) 劳动时能量消耗及劳动强度分级

劳动时能量消耗是全身各器官系统活动能量消耗的总和。

由于最紧张的脑力劳动，其能量消耗也不会超过基础代谢的10%，而剧烈的体力劳动能量消耗可达基础代谢的10—25倍，故划分劳动强度的大小，只适用于体力劳动为主的作业。

一般分三级

(甲) 中等强度劳动，劳动时氧需不超过上限，即在稳定状态下进行的作业。我国现在

的工农业生产大多数属此类。它又分为轻、中等及重劳动三种。

(乙) 大强度劳动, 指氧需超过了氧上限, 即在氧债大量蓄积的条件下进行的劳动, 这种劳动最多只能持续进行 20—30 分钟, 如重件的手工锻打、搬运重物等。

(丙) 极大强度劳动, 完全在无氧条件下进行的劳动, 此时氧债几乎等于氧需。只有在短跑和游泳比赛时才有这种情况。一般不超过两分钟。

2. 体力劳动时各器官的变化

(1) 神经系统

劳动时, 人体各器官系统都要参与活动, 为了完成复杂和高度分化的劳动, 首先要靠中枢神经系统的调节作用, 特别是大脑皮层的主导作用。体力劳动时的每一活动及其性质, 一方面取决于大脑皮层内形成的意志活动(自觉能动性)和中枢神经系统高级部位的调节作用; 另一方面, 也决定于劳动过程中, 从内外感受器所传入的神经冲动。

(2) 心血管系统

劳动时心血管系统执行供氧、输送养料和排除代谢产物的任务。在劳动开始后的短时期内, 心血管系统能及时发生适应性变动, 主要表现在心跳及血压上。心跳在 15—30 秒内开始增加, 5—10 分钟后达到稳定状态。

血压变化在劳动开始时, 收缩压上升, 由于劳动分级不同变化而各异, 但血压的恢复比脉搏快。

(3) 呼吸、劳动时呼吸机能也相应发生变化, 每分钟呼吸次数随体力劳动强度而增加, 重体力劳动可达 30—40 次/分。肺通气量可由安静时的 6—8 升/分增至 40—120 升/分。停止劳动后, 呼吸的恢复较脉搏、血压快。

(4) 血液。人在安静状态时, 血糖含量为 0.1%, 血中乳酸为 0.01~0.015%, 劳动时一般血糖下降, 血中乳酸量上升。

(5) 排泄系统

肾脏一昼夜排尿量为 1.2~1.5 升, 而食物的性质、饮水量、气象条件、体力劳动强度等都对排尿量有很大影响。体力劳动时及其后一段时间内尿量减少, 约 50~90%。

汗腺——汗腺有调节体温与排泄的机能。高温、热饮料, 精神兴奋或恐惧、体力劳动等都能影响汗腺的活动。体力劳动时, 汗中乳酸的含量较多。

(6) 体温、在劳动时及其后一段时间内, 体温有所上升, 以利于全身各器官系统活动的进行。一般认为, 正常劳动体温不应超过安静时 1℃。

3. 脑力劳动时与神经系统紧张作业时生理变化

教学活动、科学研究、工艺设计、技术革新等都需要烦重而紧张的脑力劳动, 而操纵电钮的仪表工所需要的却是高度集中精力, 及时处理数据与调节旋钮等。

目前对脑力劳动与神经系统紧张作业时中枢神经系统所进行的极为精细复杂的活动所引起的机体调节和适应现象, 研究得不多。

脑的氧代谢较其它器官高, 睡眠时则减少。由于脑的重量不超过体重的 2.5%, 而醒觉时已处于高度活动状态, 故即使是最紧张的脑力劳动, 全身能量消耗的增高也不致超过基础代谢的 10%。脑细胞中贮存的糖元很少, 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, 故脑组织对缺氧、缺血非常敏感。脑力劳动常使脉搏减慢, 但特别紧张时, 可引起舒张期缩短, 而使心跳加快, 血压升高, 呼吸稍加快, 脑部充血, 而内脏及腹腔血液

则减少。

脑电图、心电图上也有所变化。但这些资料只能说明脑力劳动时可引起这方面的变化，而不能用来衡量劳动的性质及其强度。

脑力劳动时，血糖一般变动不大或稍有增加，对尿量无任何影响，在极度紧张的脑力劳动时，尿中磷酸盐的含量增加；对排汗、体温均无明显的影响。

4. 航空劳动生理的变化

近百年来，人类不断征服天空的实践活动中，逐步探讨研究高空生理，特别是载人航天技术的迅速发展，这门新学科有着广阔的前景，新的防护和卫生技术问题也显得日益重要，它是保障现代高空飞行和载人航天安全活动必不可少的学科。

航空工业中，一般航空地面试验设备，有时在地面要模拟高空飞行状态的各种试验，就会涉及对高空劳动生理和高空大气环境因素等方面的知识。众所周知，大气是有多种气体如氮、氧、氩及二氧化碳等混合组成的，它可分三层地面最底层称对流层，中层是平流层（距地面约60~80公里），最高层为电离层（50~700公里）。人在高空时生理变化，首先遇到突然暴露到低气压环境之中，在大气压力降低时，对人体有二个方面的影响，第一方面是大气中氧气分压降低而引起的缺氧，使人体内物质氧化代谢过程发生一系列生物化学性质的变化，这是航空劳动生理中常见现象，人们一般称为“高空缺氧”也是“缺氧性缺氧”。由于空气具有高度的可压缩性，在呼吸生理中都惯于用气体分压来表示体内任何一个部位某一种气体分子数量的多少，当吸入气氧分压降低，动脉血血氧饱和度下降，动脉血所携带的氧量不足，毛细血管血液氧与压水平不能维持，即可引起组织缺氧，因而，动脉血血氧饱和度也可作为监视缺氧严重程度的客观生理指标。第二方面是低气压的影响，是生物物理变化，当低气压或气压剧变之所以能对机体发生生物物理性影响，是因为：

(1) 含气空腔官如胃肠道、肺、中耳腔和鼻窦内含有气体。当环境压力降低时，腔内气体如不能及时排出，器官壁的可扩张程度可发生体积膨胀或者器官腔内部压力相对升高的变化。

(2) 组织和体液中溶解有一定量的气体，当环境压力降低到一定程度时，这些溶解气体就可能游离出来在血管内、外形成气泡。

(3) 体液主要是由水分组成，当环境压力降低到等于或低于体温条件下的水蒸气压时，水就会形成大量蒸气。

(4) 气压剧变时，由于外界压力变化率很大，一些空腔器官内气体的容积或压力也迅速变化，根据生理解剖特点的不同，最明显影响肺组织，使肺内气体体积膨胀；另一是中耳腔和鼻腔，它的骨质壁不能胀、缩，发生器官腔内压力相对低的变化。上述二个方面的影响，常常是同时发生，主要威胁还是缺氧。

“高空缺氧”可分为爆发性、急性和慢性三种，它是根据缺氧的严重程度、缺氧的发展速度及暴露时间长短的不同来区分的。依急性高空缺氧为例，当组织缺氧发展到一定程度，组织的乳酸含量就要增多，组织中过多的乳酸含量蓄积到一定数量，才能影响血液中乳酸含量的水平也发生改变。根据调查资料，人在4500~5500米高度停留时，安静状态下，尚未见血液中有乳酸增多的现象出现。直到中等严重程度缺氧时，主要的代偿反应是肺通气量增加，心输出量增加，心、脑等器官的血流量增加，氧合血红蛋白的特殊解离特性也具有一定的代偿意义。这时高空缺氧代偿性肺通气量增大，一方面可以使肺泡气氧分压得到提高；另一

方面又引起人体内二氧化碳散失过多,发生缺少二氧化碳,它对人体内的生理过程有着广泛的影响,严重时能引起一系列机能障碍,加重缺氧影响,故缺氧与缺二氧化碳两者又相互影响。当缺氧程度严重,或代偿适应能力较低时,机能障碍就成为主要矛盾,出现一系列临床表现,如肺通气量增加,呼吸频率增加、心、脑等器官血液灌流量增加,心率增加,收缩压升高,舒张压略降低等。若更严重缺氧,就可引起不可逆的病理形态改变。因严重缺氧可使组织有过量乳酸产生,无机磷蓄积和 ATP 生成量减少,发生代谢性酸中毒和能量缺乏,细胞缺氧使溶酶体不稳定释出各种强有力的水解酶进入细胞浆,结果引起细胞死亡和自溶。但是,经过高空锻炼对缺氧已经成习惯的人,对缺氧的耐受性可提高,也就是说这种人能耐受严重的缺氧。

高空气象变化也很复杂,常现差异巨大的温度环境,高空低温为最常见,因为高度每上升 100 米,气温平均下降 0.65°C ,在 11000 米高度,气温是 -56.5°C 。温度对人体的作用,在不同环境温度和各种生理条件下,体温的相对恒定是维持人体内环境稳定的重要因素,它保证各种生理功能协调进行,而维持身体产热量与散热量之间的动态平衡。人体的产热量取决于基础代谢率和肌肉活动水平;人体的散热过程是依赖传导、对流、辐射和蒸发四种途径。传导和对流作用的大小取决于外界气温的高低,风速的大小以及身体与之接触的面积,辐射是人体与周围环境进行热交换的一种重要方式,当体温比环境温度高时,人体不断向外界辐射散热;反之,人体将吸收环境的辐射热,辐射传热的大小取决于人体与周围环境的温度差值。蒸发,出汗是一种正常的体温调节功能,可分以下两种:

(1) 在环境温度不太高或体力劳动强度不大的情况下,体内组织的水分通过皮肤角质层透出,这叫做“不显性出汗”,是一种被动的物理弥散现象,没有汗腺的调节活动,一昼夜约丧失水分 700~1000 毫升。

(2) 在环境温度较高或体力劳动强度较大时,就反射性地引起汗液分泌,这种出汗遍及全身并有一定潜伏期,谓之“显性出汗”,这是在高温或重体力劳动条件下进行体温调节的重要生理反应。

寒冷条件下主要生理机能变化,人体在冷暴露中的第一个反应,是皮肤血管收缩使体表温度降低,缩小体表与环境之间的温度梯度,使辐射和对流散热达到最小的程度。在严重的冷暴露中,由于冷使血管反应衰败,波动现象消失,皮肤血管处于持续的极度的收缩状态,流至体表的血流量显著下降,或者完全停滞;当局部温度降至组织冰点 (-5°C) 以下时,组织就会发生冻结,造成局部冻伤。人体在冷暴露中的第二个反应,就是提高骨骼肌的活动水平,这是增加身体产热量的主要途径。由于环境冷强度不同,使肌肉的紧张性收缩强度提高,可发生强烈的肌肉运动,如阵挛性运动或寒颤。寒颤是一种非常有效的产热机制,因它对外无能量消耗。人体受冻时的典型反应是一阵阵的寒颤,另外,寒冷还可以引起血液浓缩,多尿和冷痛等现象。人体对不同环境具有一定的耐受范围,可分舒适区、代偿区和不能代偿区。人体对低温环境的耐受限度,与人体丧失热量也有密切相关。影响耐受限度的因素,有气象因素、防护服装等。人体对寒冷环境也有一定的适应能力,如长期定居在寒冷区的人,代谢活动加强,身体产热增多,有较高的寒颤阈值,即冷习服后寒颤减轻或推迟出现,有时甚至消失。

四、工业毒理(一)

在生产过程中产生或使用的各种有毒物,通称为生产性毒物或工业毒物。工业生产中的原材料、半成品、成品、副产品或废弃物本身可能就是有毒物质或含有毒成分。这些物质可能是固体、液体或气体,而就其对人体的危害来说,则以空气污染具有特别重要的意义。

生产性毒物可以下列五种形式污染空气:

1. 气体——指常温、常压下呈气态的物质,如化工厂管道、容器或反应器逸出的氯、硫化氢、二氧化硫等。
2. 蒸气——由固体升华或液体的蒸发而成,前者如碘、硫等,后者如苯、汽油等的蒸气。凡是沸点低、蒸气压大的液体都易产生蒸气。此外,液态物质加热、搅拌、通气、超声处理及喷雾等均可加速挥发。
3. 雾——如悬浮在空气中的液体微滴,多系由于蒸气冷凝或而液体喷洒而形成的,如浓硫酸加热时形成的硫酸雾,电镀铬时的铬酸雾,喷漆作业的漆雾(漆雾中还含有颜料的固体微粒)。
4. 烟——为悬浮在空气中直径小于 0.1μ 的烟状固体微粒,多为某金属熔融时所产生的蒸气在空气中迅速冷凝及氧化而成;如熔炼铅、铜、镉等金属所产生的铅烟及镉烟。

有机物质加热或燃烧时,也可产生烟,如塑料热压时和农药熏蒸剂燃烧时所产生的烟。

5. 粉尘——为悬浮在空气中的固体微粒,大小多在 $0.1\sim 10\mu$ 。固体物质经机械粉碎或辗磨时可产生粉尘;粉状原料、半成品、成品等在混合、筛分或运输时也有粉尘飞扬。漂浮在空气中的粉尘、烟和雾,统称为气溶胶(aerosol)。工业毒物可按化学、用途、生物作用等不同角度进行分类。按生物作用分类时,又可按其作用特点分为神经毒、肝毒、肾毒、血液毒和全身毒等,或分为刺激性、窒息性、溶血性、致敏性等类。

一、毒物的吸收

毒物进入人体内必须通过细胞膜,分布和排出也要通过细胞膜。绝大多数毒物进入人体内达到一定浓度后,才产生毒性作用。毒物的吸收过程,主要是指通过呼吸道、胃肠道和皮肤粘膜进入血循环。

(1) 经呼吸道吸收

工人在八小时劳动中(一般强度)约呼吸 10m^3 的空气。由于肺泡总面积大,($50\sim 100\text{m}^2$),空气在肺泡内流过慢,接触时间长,血流丰富而肺泡壁薄,这些都极有利于吸收,因而,呼吸道是生产性毒物进入人体的最重要的途径。毒物在空气中的浓度愈高,吸收就愈快。特别是水溶性较大的毒物更易为上呼吸道吸收。

(2) 经皮肤吸收

毒物经皮肤吸收可通过表皮屏障(epidermal barrier)到达真皮并进入血管,也可通过毛囊与皮脂腺或汗腺绕过表皮屏障,通过毛囊与汗腺吸收要快得多,但它的总面积仅占表

面面积0.1~1%左右，所以，经表皮屏障吸收是主要的。

(3) 经胃肠道吸收

对于误服、自杀及随食物进入胃肠道的毒物来说，这一吸收途径有重要意义。

(4) 其它吸收途径——如眼及将毒物注射进入体内，这在动物实验中常有发生。

二、毒物的代谢转化

毒物进入人体后，必然与体液或细胞内部的物质发生化学或生物化学反应。这种反应有时直接损害细胞的正常生理和生化功能，有时使毒物本身结构发生改变。后者称为毒物的代谢转化，通过代谢转化可使毒性降低（介毒作用）或增加（致毒作用）。

大多数有机毒物在体内的代谢转化反应可归结为氧化，还原、水解、结合或合成。往往一种毒物可通过不同的代谢转化途径，每一途径可包括一种或多种反应。

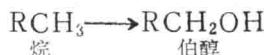
(1) 氧化作用

包括烷烃的氧化，烯烃和芳烃的环氧化、芳香胺中叔胺的N-氧化，硫醚的S-氧化，芳香胺中伯胺及仲胺的N-羟化及芳烃的羟化，还有氧化性脱烃、脱胺、脱硫、脱卤等作用。这些都需要微粒体酶参与。

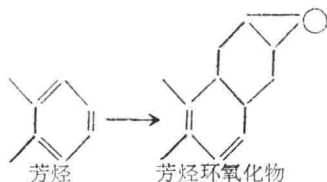
氧化作用还包括醇类和醛类的脱氢作用，需要辅酶 I（NAD）参与，最后还有单胺及双胺的氧化，需要单胺和双胺的氧化酶。

几种常见的氧化反应如下：

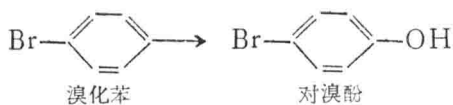
烷烃的氧化



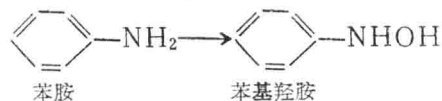
芳烃的环氧化



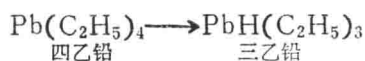
芳烃的羟化



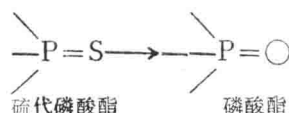
N-羟化



脱烃



脱硫



醇类脱氢



醛类脱氢



(2) 还原作用

还原作用比氧化作用少见，主要有硝基和偶氮化合物的还原和还原性脱卤。它们需要有微粒体酶催化。此外，还有醛还原成醇，则是上述醇类脱氢的逆反应。



(3) 水介作用

主要限于脂类：酰胺类。腈类也能水介，芳香腈水介为相应的羧酸及氨，而脂肪腈先氧化为腈醇，再水介为醛及氢氰酸。由于后一反应释放出氢氰酸，故脂肪腈比芳香腈毒性大。



体内各组织都含有水介酶……。

(4) 结合作用

- ① 葡萄糖醛酸结合，凡带羟基、氨基、巯基的化合物都可与葡萄糖醛酸结合形成葡萄糖苷酸。葡萄糖醛酸在人体含量丰富，故此为最重要的结合。
- ② 硫酸结合，醇类、酚类和芳香胺类都能与硫酸根结合形成硫酸酯。
- ③ 乙酰化，伯氨基，伯酰氨基的毒物能与乙酸结合形成乙酰化。
- ④ 肽结合，芳香族羧酸与氨基酸结合称为肽结合。
- ⑤ 甲基化，S—腺苷蛋氨酸的甲基可转移给各种胺类、酚类和硫醇类。
- ⑥ 谷胱甘肽结合，芳香族化合物经过环氧化以后，可与谷胱甘肽结合。

三、毒物的排出

(1) 经肾排出

肾脏是人体排出毒物的极有效率的器官，排毒的机理和排泄正常代谢产物三种过程一样，肾小球过滤，肾小管扩散及肾小管分泌。其中过滤对毒物排泄更有意义，毒物随尿排泄，但也有可能经肾小管细胞被重吸收。

(2) 经肝胆排出

胃肠道吸入毒物随血流经肝脏入大循环。毒物及其代谢产物主要以运输方式经肝脏排入胆囊。随胆汁排出的高度极化物质与血浆蛋白、葡萄糖醛酸、硫酸等结合的毒物，而随粪便排泄，如铅、锰、镉、砷等。