

GBZ

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T XXXXX—XXXX

## 工作场所工效学不良因素预防控制指南

Guideline for prevention and control of ergonomic hazards at workplaces

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本原则 ..... 3

5 工作空间与工作系统 ..... 3

6 作业设备与工具 ..... 3

7 工作环境 ..... 4

8 工作组织 ..... 5

9 个体防护 ..... 5

10 社会心理 ..... 6

11 工作场所工效学管理 ..... 6

12 健康监护 ..... 6

附录 A（资料性）工效学不良因素辨识与评估 ..... 8

附录 B（资料性）工作系统与作业设计基本要求 ..... 11

附录 C（资料性）工作场所建筑设计的卫生学要求 ..... 13

附录 D（资料性）工作场所工效学负荷管理限值要求 ..... 17

## 前 言

本标准由国家卫生健康委职业健康标准专业委员会负责技术审查和技术咨询,由中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所负责协调性和格式审查,由国家卫生健康委员会职业健康司负责业务管理、法规司负责统筹管理。

本文件起草单位:。

本文件主要起草人:。

# 工作场所工效学不良因素预防控制指南

## 1 范围

本文件规定了工作场所工效学不良因素预防控制的基本原则、工作空间与工作系统、作业设备与工具、工作环境、工作组织、社会心理、个体防护、工作场所工效学管理、健康监护等方面的具体要求。本文件适用于用人单位工作场所工效学不良因素的预防和控制工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GBZ 1	工作企业设计卫生标准
GBZ 2.2	工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
GBZ 158	工作场所职业病危害警示标识
GBZ 188	职业健康监护技术规范
GBZ/T 203	高毒物品作业岗位职业病危害告知规范
GB/T 1251.1	人类工效学 公共场所和工作区域的险情信号 险情听觉信号
GB/T 1251.2	人类工效学 险情视觉信号 一般要求、设计和检验
GB 5083	生产设备安全卫生设计总则
GB/T 8417	灯光信息颜色
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB/T 13379	视觉工效学原则 室内工作场所照明
GB/T 13459	劳动防护服 防寒保暖要求
GB/T 13547	工作空间人体尺寸
GB/T 14776	人类工效学 工作岗位尺寸设计原则及其数值
GB/T 16251	工作系统设计的人类工效学原则
GB/T 18883	室内空气质量标准
GB/T 18978.1	使用视觉显示终端（VDTs）办公的人类工效学要求 第1部分：概述
GB/T 22188.4	控制中心的人类工效学设计 第4部分：工作站的布局和尺寸
GB/T 31002.1	人类工效学 手工操作第1部分：提举与移送
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50033	建筑采光设计标准
GB 50034	建筑照明设计标准
GB 50073	洁净厂房设计规范
JGJ/T 67	办公建筑设计标准
ISO 9241-5	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 5: Workstation layout and postural requirements

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**工效学不良因素 ergonomic hazards**

指工作过程中可能导致工作相关肌肉骨骼疾患、职业紧张等目标疾病的各类工效学危险因素，包括不良姿势、不适宜负荷、紧张，以及不良气象条件和超过工效学限值要求的职业性有害因素。

## 3.2

**工效学负荷 ergonomic load**

指各类工效学不良因素对人体生理和心理带来的负荷。

## 3.3

**力量负荷 strength load**

指作业人员在搬、举、扛、推、拉、提等作业或用肢体操作工具和设备时所施加或者承受的力量对自身机体带来的负荷。

## 3.4

**姿势负荷 posture load**

人在劳动时需要保持一定的姿势（包括站姿、坐姿、蹲姿、跪姿、卧姿、弯腰等）。由于保持某种姿势人体需要承受的负荷。

## 3.5

**心理负荷 psychological load/mental workload**

是各种工作和活动给人的注意、情绪或反应带来的压力。

## 3.6

**工作系统 work system**

为了完成工作任务，在所设定的条件下，由工作环境、工作空间和工作过程中共同起作用的一个或多个个人和工作设备组合而成的系统。

[来源：GB/T 16251—2023，3.2，有修改]

## 3.7

**工作站 workstation**

被工作环境包围，按照工作任务要求的工作设备的组合和空间布局，是工作场所中劳动者从事职业活动的相对固定的功能区域。

[来源：GB/T 16251—2023，3.18，有修改]

## 3.8

**工作空间 work space**

劳动者从事职业活动过程中，按照工作任务在工作系统中分配的个人或多人的空间范围。

[来源：GB/T 16251—2023，3.9，有修改]

## 3.9

**作业过程 work process**

劳动者从事某项职业活动时，人员、设备、材料、信息和能量等在空间和时间上的相互作用的顺序。

## 3.10

**职业紧张 work stress**

在某种职业条件下，客观需求与个人适应能力之间的失衡所带来的生理和心理的压力。

## 3.11

**工作相关肌肉骨骼疾患 work-related musculoskeletal disorders, WMSDs**

是由于个体暴露于工作场所中各类不良工效学因素中产生的肌肉、神经、肌腱、关节、软骨和椎间盘等的损伤疾病。

## 3.12

**轮班作业 rotating schedule**

指两组或两组以上作业人员进行换班的一种工作制度（通常包括夜班）。

## 3.13

**工效学调查 ergonomic investigation**

对评价对象存在的工效学不良因素及其干预、管理情况的调查。

## 3.14

**作业分析 operation analysis**

是对影响作业质量和效率的全部因素（作业目的、作业方法、作业环境以及材料、运输、工装和检查等）进行分析，使每个工序的作业者、作业对象和作业工具三者达到最佳组合。

## 4 基本原则

- 4.1 坚持“预防为主”，选择有利于工效学不良因素防控的工艺、技术、设备和工具，提升工艺技术的机械化、自动化和智能化水平，遵循活动与休息平衡、任务设计与工作能力适应、工作执行符合人体生理特征等工效学原则，加强工作系统和作业的工效学设计，减少或消除不利于劳动者职业健康的工效学不良因素。
- 4.2 坚持“风险管理”，开展工作场所可能存在的工效学不良因素的辨识和评估（具体内容方法见附录A），确定工效学管理与干预工作重点，针对性开展工效学不良因素的预防和控制工作。
- 4.3 坚持“综合治理”，采取革新工艺、改进工作系统设计和作业管理、开展工效学不良因素风险与劳动者健康监测评估、开展健康教育和健康促进等措施，实施工效学不良因素防控管理。
- 4.4 坚持“持续改进”，定期开展工作场所工效学不良因素及其对劳动者影响、相关改进措施效果的监测、评估和改进，不断提升工作场所工效学管理效能。

## 5 工作空间与工作系统

- 5.1 工作系统、作业任务等的设计要求见附录B。
- 5.2 工艺和设备布局应满足GB 50019、GBZ 1和GB/T 12801等工作场所安全和健康防护基本要求，并设置必要的警示标识。
- 5.3 车间内部、不同工艺段之间应充分考虑人流、物流需求，保持足够的物料输送、人员行走间距，确保物料运输安全、快捷和人员安全，有条件的将人流和物流分开设置，并设置醒目的方向、边界标识。
- 5.4 在满足生产工艺及安全健康需要下，生产联系或协作关系密切的工艺或者车间应该尽量接近，选择联合操作，减少不必要的搬运、运输作业。
- 5.5 不同设备之间应设有足够的操作、退避和维护空间，充分考虑设备和墙体、柱体之间的距离、夹角等，应符合GB 5083等设计规范要求，减少作业人员的不良姿势和确保人员安全。
- 5.6 产生高噪声和振动的工艺、设备，应尽量设置在建筑物底层并集中布置，同时采取有效的隔声降噪措施，确保与其他区域有效隔离。
- 5.7 车间内散发热量的设备设置应按车间气流情况确定布置位置，一般宜在操作岗位夏季主导风向的下风侧、车间天窗下方的部位。
- 5.8 工作场所设备设施的布置应满足健康安全防护要求，不应对人体、生产和运输造成危险和有害影响，并避免妨碍工人操作的视野和作业信息交流。
- 5.9 通过颜色、尺寸、形状、标识和位置对控制器进行编码，预防操作失误，减少操作时间。确保显示器和信号器相互易于区分和阅读，在显示器上使用标识或者颜色，帮助劳动者了解如何操作。
- 5.10 当工作场所需要更多光线时，墙面和天花板要使用浅色。

## 6 作业设备与工具

- 6.1 在满足工作任务、安全防护等的前提下，应尽可能选用满足工效学不良因素防控要求的设备与工具，必要时应结合工作任务进行工具、设备的工效学负荷测试评估。
- 6.2 操控类设备应与人体操作部位的特性及控制任务相适应，操控手柄的设计应满足人体手部尺寸要求，并尽量增大与手的接触面。
- 6.3 操作设备或工具运行或使用过程可能产生手传振动的，应选择配备有隔振手柄的设备或工具。可能产生全身振动的，应选用接触面较好减振设置的设备和（或）减震座椅。
- 6.4 信号类设备的性能、形式和数量应满足信息特性要求并应适应人的感觉特性，外形、颜色和尺寸等应有较高的区分度，易于辨识并确保标签和标识醒目、易于阅读和理解。
- 6.5 手持工具的外形、尺寸、重量等应符合人体尺寸和解剖生理特点，条件许可的应尽可能选择最为轻便的手持工具，手柄应有一定的摩擦力，或者配备保护装置或制动装置，以避免滑落或者夹手。
- 6.6 手持工具的选择与工作强度、工作能力相匹配，宜选择可辅助补偿性别、年龄、缺乏培训和身体素质等带来的差异的工具。
- 6.7 手持电动工具使用过程产生噪声、振动危害的，应选择符合噪声、振动防控要求的设备。

6.8 定期对作业设备及工具进行维护，减少因维护不良等产生的职业性有害因素。作业设备或工具的使用、管理与维护，应遵循安全健康防护相关要求。

6.9 结合班组和工序设置，设置易于取用的专门区域存放作业工具，并设置相应标识。

## 7 工作环境

### 7.1 暖通空调与微小气候

7.1.1 劳动者作业过程中应免受过热伤害以及寒冷工作环境的伤害，宜注意隔离或隔绝热源或冷源。

7.1.2 充分利用自然通风和机械通风改进微小气候，使用合适的调节参数（温度、湿度、气流方向等）空调系统为劳动者提供有利于健康和舒适的微小气候。

7.1.3 工作场所暖通空调及微小气候等应满足 GB/T 50033、GB 50034、GB 50019 和 GBZ 1 等标准的建筑卫生学设计要求。

7.1.4 空调厂房及洁净厂房的建筑卫生学应满足 GB 50073 设计要求，办公建筑工作场所的建筑卫生学应满足 JGJ/T 67 相关要求。办公建筑工作场所的室内空气质量应符合 GB/T 18883 的要求。

7.1.5 具体要求见附录 C。

### 7.2 采光和照明

7.2.1 工作场所室内照明应满足 GB 50033、GB 50034、GB/T 13379 设计要求。

7.2.2 为劳动者提供充足、不眩光的照明；增加日光的利用；在走廊、楼梯、坡道和其他可能有人行走或工作的地方提供照明。

7.2.3 工作区域照明均匀，使亮度的变化最小；为精密操作或检查工作提供局部照明；在必要的工作场所重新布置光源或者提供遮挡，消除直接和间接眩光；为近距离、注意力持续高度集中的工作任务选择使视觉舒适的工作背景；清洁窗户并维护光源

### 7.3 滑的和/或不平坦的地面

7.3.1 确保运输通道的路面平坦、不滑、无障碍。

7.3.2 在工作场所内，提供小斜面的坡道，用以替代小台阶或者凸凹处。

7.3.3 改进工作区布局，最大限度地减少物料运输的需求。

### 7.4 工作场所职业性有害因素控制

7.4.1 工作场所存在工效相关职业性有害因素的，作业人员接触水平应满足 GBZ 1、GBZ 2.2 等规定的职业接触限值要求，有信息交流要求的工作场所，应同时确保作业环境噪声水平不干扰信息交流。常见工效相关职业性有害因素的接触限值见附录 D。

7.4.2 加强工作场所的整理、整顿和清洁管理，避免物料、工件的无序放置，确保人员、物流通道畅通，区域、通道等标识清晰。

7.4.3 作业过程中产生废料的工序或岗位，提供方便放置、容易清空的废物容器。

### 7.5 工作场所警示标识与标签

7.5.1 工作场所职业病危害警示标识按 GBZ 158 要求进行设计，工作场所一般报警信息及颜色编码按 GB/T 8416 要求进行设计，工业控制监测仪表盘上的信息灯及监视器按 GB/T 8417 要求进行设计。

7.5.2 存在或者产生职业病危害的工作场所、作业岗位、设备、设施，应当按照 GBZ 158 的规定，在醒目位置设置图形、警示线、警示语句等警示标识和中文警示说明。

7.5.3 存在或者产生高毒物品的作业岗位，应当按照 GBZ/T 203 的规定，在醒目位置设置高毒物品告知卡，告知卡应当载明高毒物品的名称、理化特性、健康危害、防护措施及应急处理等告知内容与警示标识。

7.5.4 选择标志颜色时应满足以下要求：

- 其亮度因子能够满足标准规定的最低值，以确保标志在不同光照条件下都能被清晰辨识；
- 颜色的色调和饱和度符合标准，以避免因颜色过于接近或过于相似而降低辨识度；
- 应考虑其长期使用的稳定性，以确保标志的颜色始终符合标准要求；

——应考虑其表面光泽度是否符合标准要求，以提高标志的视觉效果。

7.5.5 灯光信号颜色为红色、黄色、白色、绿色和蓝色，不得使用其他颜色。

7.5.6 对装有危险化学品的容器要贴上标签并适宜地储存，以便起到警示作用，并确保安全处置；危险化学品的标签应设置在容器或存放区域的醒目位置，应易于阅读和理解。

7.5.7 运输道路路面使用色彩鲜艳的油漆进行涂覆，易于识别滑倒的风险。

## 7.6 辅助用室和辅助设施

7.6.1 工作场所车间卫生用室和妇女卫生室等辅助用室的设置应满足 GBZ 1 要求。

7.6.2 劳动密集、作业单调的工作场所，应设置工间休息、交流活动区域，并配备基本的休息设施、文化和体育设施等；

7.6.3 存在较大心理负荷作业的工作场所，应同时设置用于劳动者心理健康咨询服务和心理健康促进的用室。

7.6.4 在工作场所提供易获取的急救设备和初级卫生保健设施。

## 7.7 其他

7.7.1 结合职业健康管理工作的，专人负责并定期组织开展工作场所工效学不良因素防控设备的运维管理工作，确保相关设备设施正常运行。

7.7.2 定期开展工作场所建筑卫生学、工效学不良因素的检测评价，采光照度等不能满足管理要求的，应结合检测评价结果改进。

7.7.3 变更工艺或工作场所建筑设计、工艺设备布局、工作系统设计及职业病危害防控工程控制措施等发生变化的，应及时开展工作场所建筑卫生学、工效学不良因素检测评价。

# 8 工作组织

## 8.1 工作时间

8.1.1 采取措施减少加班时间，并确保班次之间有足够的休息时间。

8.1.2 从事高强度脑力劳动的工人，不应从事连续的长时间班次（超过八小时）或压缩工作周。

8.1.3 必须让轮班工人参与并积极决定当前轮班表的变更以及这些变更在工作场所的实施方式。

8.1.4 连续的 12 小时白班不应超过四个，连续的 12 小时夜班不应超过两个。对于从事 12 小时班次的人员，不宜加班。

## 8.2 工作休息

8.2.1 根据具体任务确定工作休息的时长和频率。

8.2.2 即使对于久坐的工作任务，尤其是当它们是重复性或需要持续高度关注时，也要安排适当的休息时间。

8.2.3 为劳动者提供体育锻炼的机会，将体育锻炼纳入工作常规，并精心规划和监督。

## 8.3 员工咨询与反馈

8.3.1 构建员工与管理者之间的双向沟通渠道，建立尊重的关系，并为所有人提供讨论和调查问题以及参与决策的机会，

8.3.2 有效沟通是参与和合作的重要组成部分，有效的咨询包括向员工提供信息以及从员工处获取反馈

# 9 个体防护

9.1 作业过程中接触噪声、振动等职业性有害因素需要配备个体防护用品的，应按照个体防护标准为劳动者配备满足要求的防护用品，并加强佩戴过程的监督指导、定期更新维护等管理。作业过程中有信息交流要求的，应确保劳动者佩戴防护用品后不干扰语言交流和听觉信号。

9.2 劳动者作业过程接触全身振动的，作业许可情况下应在人与设备或工具的接触面设置减振用品。

9.3 高温作业劳动者个体防护用品配备应符合下列要求：



- 在湿热条件下，可为作业人员配备宽松、透气性能好的服装；
  - 在热辐射较强的条件下，应减少作业人员皮肤暴露，并配备护目镜或面罩、隔热阻燃鞋、隔热服、热防护服等；
  - 在强热辐射的条件下，应为作业人员配备表面有反射膜的隔热服装和护目镜。
- 9.4 低温作业劳动者应穿戴与寒冷水平和身体活动相适应的防寒服装，防寒服的防寒保暖要求可根据工作场所气温参考 GB/T 13459。
- 9.5 静态作业、Ⅰ级～Ⅱ级体力劳动强度作业以及不要求手部灵活性的作业，应使用防寒手套；环境温度低于-17.5℃，宜使用连指防寒手套。
- 9.6 工作时应保障劳动者的工作环境和过程的安全，避免人体坠落或摔倒导致的肌肉骨骼损伤。通过穿戴如防护头盔、手套或鞋等个体防护装备来避免头部、手、足等部位的肌肉骨骼伤害。
- 9.7 加强个人防护用品的管理，主要采取以下措施：
- 工作场所需要佩戴个人防护用品的工作地点，应有清晰标识。
  - 提供安全有效的个人防护用品。
  - 通过合适的说明书、适合性试验和培训，确保正确使用个人防护用品。
  - 确保在需要的工作地点，每位劳动者都使用个人防护用品。
  - 确保个人防护用品为劳动者所接受，并保持清洁和良好维护。
  - 为个人防护用品提供适宜的存放处。

## 10 社会心理

- 10.1 采取综合措施，减少工作场所社会心理因素的影响，措施包括改变工作组织或工作环境，提高工人应对能力。
- 10.2 确保工人的技能和能力与工作要求相匹配。
- 10.3 调整工作任务，避免长时间从事单调或高度集中精力的任务。
- 10.4 把工作任务整合起来做，使其更有趣、多样。
- 10.5 安排工作时考虑劳动者的技能和偏好，并为他们提供学习新技能的机会。
- 10.6 避免信息显示混乱或复杂。
- 10.7 通过适当的工作设计来避免过度疲劳。
- 10.8 持续精准的操作或使用计算机时，提供短暂而多次的休息可以提高效率减轻疲劳。
- 10.9 改进工作设施、工作任务、工作时间安排时，应容许相关劳动者参与和磋商。
- 10.10 在工作场所为劳动者提供易于交流和相互支持的机会。
- 10.11 将劳动者自己工作的结果通报给他们，并认可、奖励和鼓励劳动者的贡献。
- 10.12 采取措施使年长劳动者能安全、有效地工作。

## 11 工作场所工效学管理

- 11.1 根据工作场所工效学不良因素辨识、监测和评估结果，开展工效学不良因素的风险评估，策划建立和实施工效学不良因素预防、控制内容的管理体系，定期评估并改进完善。
- 11.2 按照职业病防护设施“三同时”管理要求，在新改扩建等项目的可行性研究论证、初步设计和竣工验收阶段，落实工效学不良因素防控的设计与管理要求。
- 11.3 从“人-机（物/料）-环-管”等角度，策划和实施工作场所工效学不良因素管理与干预措施，系统开展工效学不良因素的风险管理。
- 11.4 定期开展工作场所工效学不良因素及作业人员工作有关疾患健康风险的监测，评估健康安全风险并策划、实施针对性改进措施。
- 11.5 将工作场所工效学不良因素预防与控制工作纳入职业安全健康管理内容并实施，建立健全责任制管理体系、制度与规程，落实机构人员与相关保障条件，并建立健全相关管理档案。

## 12 健康监护

- 12.1 用人单位应依据 GBZ 188 等标准，结合本单位实际，实施不良工效学因素作业人员健康监护管理。

- 12.2 每日接触不良工效学因素累计大于等于 4 小时的作业人员应纳入健康监护对象。
- 12.3 明确具体作业对劳动者的生理、心理要求，开展上岗前职业健康检查、相关能力心理测试，确保消除职业禁忌以及劳动者个体特征与作业任务相匹配。
- 12.4 定期开展在岗期间职业健康检查、职业紧张测试或心理压力评估，根据检查或测试结果，采取调岗、轮岗、定期压力疏导、健康教育和健康促进等方式，减小工效学负荷。
- 12.5 针对职业性肌肉骨骼疾病等健康检查，检查周期宜为 2 年 1 次，检查项目可包括：
- a) 症状询问：重点询问与作业类型相关的肌肉骨骼系统局部疼痛、肿胀、活动受限等相关症状；
  - b) 体格检查：局部关节/肌肉的肿胀、皮温、压痛点检查，活动度检查，肌力/肌张力评估等；
  - c) 实验室和其他检查：血常规、尿常规、血沉、类风湿因子等必要的实验室检查；有临床表现者，可选择X射线检查、超声检查、MRI检查、神经-肌电图等补充检查项目。
- 12.6 对于工效学相关异常检查结果，应进行复查或医学观察；疑似职业病或工作相关疾病应及时组织职业病诊断或医学观察，并对工作场所工效学不良因素进行评估，改进、优化工作系统和作业设计以及工作环境等。
- 12.7 建立劳动者健康管理档案，记录职业健康检查及相关测试结果，并进行年度分析。

**附 录 A**  
**(资料性)**  
**工效学不良因素辨识与评估**

**A.1 辨识原则**

工效学不良因素辨识应遵循以下原则：

- a) 全面性：覆盖工作场所的所有工作环节、作业岗位和工作环境；
- b) 系统性：从工作组织、工作类型、作业姿势和动作、作业空间和工作任务、社会心理因素、环境因素等多方面进行分析；
- c) 动态性：定期更新辨识结果，考虑工作场所的变化和新出现的危害因素。

**A.2 辨识方法**

可采用以下方法进行工效学不良因素辨识：

- a) 现场观察：对工作场所进行实地观察，记录作业姿势、动作、工具使用、工作环境等情况。观察应包括不同时间段和不同工作周期，以确保全面覆盖所有可能的工效学不良因素。
- b) 问卷调查：使用标准化问卷收集劳动者对工作环境和作业任务的意见和感受。问卷设计应涵盖身体各部位的不适症状、作业强度、姿势舒适度等内容。
- c) 现场访谈：与劳动者、班组长、部门负责人等进行深入访谈，了解工作过程中的潜在问题。访谈应注重倾听劳动者在实际工作中的体验和建议。
- d) 文件审查：查阅工作场所的设计文件、操作规程、事故报告等资料，分析可能存在的工效学问题。
- e) 检查表法：使用工效学危险源与危害因素检查表，对工作场所进行全面检查。检查表应根据工作场所的具体情况进行适当调整和补充。

**A.3 工效学不良因素来源与分类****A.3.1 工作组织**

- a) 每天超过8小时工作班制；
- b) 频繁和长时间超时工作；
- c) 长时间连续操作；
- d) 工间休息不足；
- e) 休息日不足；
- f) 每日/周/月或每年工作强度分配不均匀；
- g) 劳动者间工作强度分配不均匀；
- h) 两班之间休息时间不足（低于11小时）；
- i) 频繁的轮班/倒班。

**A.3.2 工作类型**

- a) 提举和搬运重物；
- b) 用力较大的工作；
- c) 强推拉用力；
- d) 高重复性工作；
- e) 需频繁使用手指、手或臂部工作；
- f) 工作中使用手臂振动工具；
- g) 具有车辆传递的全身振动工作；
- h) 使用键盘或其他数据录入设备的精力集中工作；
- i) 精细操作工作；
- j) 高视觉要求的工作。

### A.3.3 作业姿势和动作

- a) 不良姿势和动作；
- b) 持续和/或高频度变换关节位置；
- c) 长时间强迫体位；
- d) 长时间和/或长距离走动（水平或倾斜面上）工作；
- e) 频繁攀爬楼梯；
- f) 持续久坐或站立工作。

### A.3.4 作业空间和工作任务

- a) 工作空间不足所致不良体位或动作受限；
- b) 工作站设计所致过多动作或不良体位；
- c) 工作面高度和尺寸大小不适配；
- d) 肩部以上或膝部以下的手工物体操作；
- e) 工作空间迫使劳动者采取同一姿势工作；
- f) 沉重和/或需要高度身体用力的工作物体操作；
- g) 难以抓握或较滑的工作物体操作；
- h) 冷/热的工作环境和/或物体的手工处理；
- i) 施加于身体的高度接触紧张或局部压力作业。

### A.3.5 社会心理因素

- a) 心理负荷过多或不足；
- b) 时间压力和需求过高；
- c) 职业性紧张工作；
- d) 过低的工作满意度；
- e) 工作缺乏自主权；
- f) 社会支持不足。

### A.3.6 环境因素

- a) 滑的和/或不平坦的地面；
- b) 全身振动/手臂振动；
- c) 热和冷的工作环境；
- d) 贫乏的视觉条件（如光线不足）。

## A.4 工效学不良因素危险评估

### A.4.1 基本原则

A.4.1.1 危险评估不应仅限于对导致肌肉骨骼负荷的几种特定工效学危害因素，应基于对工作场所的所有工效学危险源和相关危害因素的分析与评估。

A.4.1.2 危险控制目标的设定应基于多因素分析的可理解性评估结果来消除或减少不可接受危险。

A.4.1.3 危险评估过程应包括工作描述、危害识别、危险估计与评价过程。存在严重危害因素时，应立即对其实施危险评估，减少肌肉骨骼负荷危险，改进现有危险控制措施。

### A.4.2 危险分析

#### A.4.2.1 工作描述

基于现场调查与访谈，对如下各项工作内容进行详尽描述与分析，用于识别工效学危害因素及其危险源，估计与评价危险。

- a) 生产流程、工作内容、工作场所（包括作业空间与环境）和工作任务；
- b) 职业事故统计、工作相关疾病和其他疾病的发生、因病休假等；
- c) 工作组织（包括组织机构、人员构成、工作制度等）和轮班制度；

- d) 每天、每周、每月或每年工作小时数；
- e) 每天作业时间、连续作业时间和工间休息制度；
- f) 劳动者特征，涉及年龄、性别、身高、体重、肌力、影响工作的既往病史、职业史（详细工作经历）、职业教育和培训等；
- g) 作业特征，包括作业姿势（如立姿、坐姿、蹲姿、跪姿、卧姿等）、静力负荷、身体不活动、重复性工作和手工操作。

#### A. 4. 2. 2 危害识别

a) 基于A. 4. 2. 1的工作描述和对现场作业活动/动作的详细观察与分析，依据A. 3识别工作场所中的工效学不良因素来源与相关危害因素。包括：工作组织、工作类型、作业姿势和动作、作业空间和工作任务、社会心理因素和环境因素六个方面；

b) 基于上述工作描述与分析结果，对工作场所可能存在与相关危险源和危害因素进行分析与识别，并完成各类检查表的填写。

#### A. 4. 2. 3 危险估计

A. 4. 2. 3. 1 进行危险估计时，应考虑危害发生的严重性、可能性（危险）以及潜在危害接触的作业人员数，并定位其影响部位。评价者在评估时，应对危害发生的严重程度与可能性进行估计，并确定需要采取控制措施的危险因素及其控制的优先等级。

A. 4. 2. 3. 2 为完善上述危险分析结果，获得或验证危险控制要点，推荐使用基于作业活动的危险控制优先等级检查问卷。检查问卷实施程序包括：

- a) 成立检查问卷的实施组织并落实其分工；
- b) 确定拟要检查的工作场所；
- c) 各自完成检查表的填写；
- d) 组织小组讨论工作场所中发现和需优先控制的危险因素；
- e) 制定工作场所降低肌肉骨骼负荷危险的控制计划；
- f) 执行大规模危险控制计划前，应实施小规模控制试验以确保危险控制效果。

**附 录 B**  
**(资料性)**  
**工作系统与作业设计基本要求**

**B.1 工作系统与作业任务设计的原则**

**B.1.1 提举或搬运重物、转移患者、推或拉重物、货物安置等高强度作用力负荷作业时：**

- 避免手工重负荷操作；
- 避免移动物体越过障碍物；
- 避免在不平坦或光滑的通道、台阶或楼梯上搬运；
- 避免高强度或频繁的手部操作；
- 避免提举和搬运较大和较重物体；
- 采用起重机械或使用小型提举设备；
- 标记重物体负荷或内部负荷不对称。

**B.1.2 推或拉重物、运输车辆中货物安置、脚手架安装、转移病人等其他强负荷作业时：**

- 提供有轮子的运载工具；
- 避免在受限空间操作；
- 避免有障碍和不平坦地面操作。

**B.1.3 长时间处于重负荷下的作业如手工材料加工等，应减少每日操作物体总量。**

**B.1.4 大部分工作时间高度重复（几次/min）相似或同样工作时：**

- 调整劳动组织（工作轮换、工作多样化等）；
- 赋予劳动者自主决定休息时间的权利；
- 使具有高负荷不能避免的单调重复性作业机械化。

**B.1.5 在头顶、限定位置、有限空间、极度弯扭曲或伸展、持续倾斜、身体不可及或跪、躺、蜷曲或蹲伏等作业的不适宜身体姿势下：**

- 提供可调节的工具和设备；
- 提供足够大小的空间以避免受限作业导致的不适宜的身体姿势；
- 在伸手可及的范围内安排作业布局；
- 当受限姿势不可避免时设置时间限制和/或交替进行不同性质的作业；
- 避免布置需要跪、躺、蜷曲或蹲伏姿势的作业。

**B.1.6 肌肉保持静态姿势、握持物体或工具等作业时：**

- 提供适合手部特征的握持工具；
- 提供脚手架、梯子或小型设备；
- 提供手臂、腰背、肘等支持物；
- 提供左右手都能够使用的夹子或把手；
- 设置可以在腕关节和手臂之间位置使用的夹子或把手。

**B.2 工作系统设计**

**B.2.1 工作系统的设计应根据工艺设备和技术现状，综合考虑作业人员生理特征、作业内容和作业负荷，按照GB/T 16251要求合理进行工作空间、工作站、作业流程及其组织管理等的设计，确保人机功能的合理分配和人机交互的协同高效。**

**B.2.2 工作空间和工作站的设计应满足人体测量学参数要求及GB/T 13547、GB/T 14776等标准的设计要求，为躯体作业活动特别是头、手臂、手、腿和足的活动提供足够的空间。**

**B.2.3 工作空间和工作站的设计应尽量保证作业人员的坐姿操作，其次为站姿操作，尽量避免蹲姿、跪姿和卧姿等不良操作姿势，最好坐姿和站姿之间可以自由相互转换。**

**B.2.4 设计站姿操作的，应确保劳动者能自然站立、靠近作业区在身前完成操作，并为立姿工作的劳动者提供可短时倚靠的椅凳。设计坐姿操作的，应为劳动者提供可调节的靠背椅。**

B.2.5 作业面的设计应考虑作业任务、作业人员的身体尺寸及作业用具与人员的交互特征，确保满足相应作业人机界面交互的尺寸、角度及人体活动范围要求。

B.2.6 坐姿工作岗位的相对高度和立姿工作岗位的工作面高度应满足GB/T 14776的设计要求。身体尺寸特殊的劳动者，应通过调整立足点、作业台面高度等方式，确保劳动者适宜的操作高度与空间。

B.2.7 工作座椅的结构型式应尽可能与坐姿工作的各种操作活动要求相适应，座椅高度、尺寸应与工作台、显示装置、控制装置适应，使操作者在工作过程中可以变换操作姿势、保持身体舒适稳定并能进行准确的控制和操作。

B.2.8 作业设备、操作工具等的布局应布置在操作人员的最大工作活动范围之内，应尽可能靠近操作人员并按最佳动作顺序进行排列与布置，便于操作人员取用和操作，并尽量减少操作人员手臂移动的距离和次数。

B.2.9 作业设备、操作工具等的布置不应影响操作和视野，应避免布置在操作者的正前方，需要进行操作或检维修的设备工具，应预留足够空间，避免不良姿势的作业。

B.2.10 工作站内信号类、显示类设备的布置应满足GB 5083、GB/T 1251.1和GB/T 1251.2相关要求。

B.2.11 工作站的设置应便于作业信息以及班组间的信息交流，颜色与操作对象的颜色应有一定的对比性，并设置安全卫生有关的防护设施设备，按照要求悬挂或张贴标识。

B.2.12 使用视觉显示终端（VDTs）办公的工作站设计应满足GB/T 18978.1、ISO 9241-5等列标准的人类工效学设计要求；控制中心工作站的布局和尺寸应满足GB/T 22188.4的设计要求。

### B.3 作业设计

B.3.1 综合考虑作业内容、作业工具、作业形式与劳动者特征，以及作业过程中存在的各种环境、组织管理等因素及其相互影响进行作业设计，尽可能选用较简单的动力链完成工作任务。

B.3.2 作业设计应考虑作业用力与操作者的肌力适应，避免肌肉、关节、韧带等不必要或者过度的紧张；手工操作作业，应保持物件靠近劳动者身体，物料搬运作业应确保劳动者在同一工作高度水平操作，消除操作物料时需要弯腰或者扭曲身体的工作任务。

B.3.3 作业过程中操作者身体动作之间应保持良好的平衡，避免可能造成长时间静态肌肉紧张的身体姿态；操作动作的频率、速度、方向和范围应在解剖学和生理学的限制范围内。

B.3.4 尽量消除特殊负荷或特殊姿势的作业，必须采取特殊负荷或姿势作业的，应控制其工效学负荷在合理范围内，并提供合适的辅助支撑用具。操作精密工具等手部、上臂易疲劳的作业，应提供手部支撑用具。

B.3.5 力量负荷较大的作业，应使用输送带、起重机和其他机械运输或传送方法，作业条件不许可完全机械操作的，应设置吊具、推车等辅助工具等。

B.3.6 尽量借助下滑运动或传送工具传送物料，借助于重物传送物料的，应尽可能将物料传送到靠近劳动者使用的位置。

B.3.7 小型多品类物料的输送，可设计使用可移动式货架传送，减少不必要装卸作业。工作区应设计和配备便于劳动者取用的多层物料货架，以减少人工搬运物料频次。

B.3.8 根据作业内容与形式，结合人体疲劳与适应特征，合理设计作业持续时间，避免单调作业，合理调节作业速率，丰富工作内容，克服作业单调感。

附录 C  
(资料性)  
工作场所建筑设计的卫生学要求

C.1 采光照明

- C.1.1 工业建筑、办公建筑、医院建筑等的照明数量和质量、照明标准值、照明节能、照明配电及控制、照明管理及监督等应满足GB 50034标准中的有关要求。
- C.1.2 室内工作场所的照明设计、亮度分布、照度、眩光、光的方向性、颜色特性、闪烁和频闪特性、天然采光、视觉显示终端（VDT）工作场所的照明、应急照明、照明装置的维护和运行、节约能源等应满足GB/T 13379的有关要求。
- C.1.3 工业建筑、办公建筑、医院建筑等的采光基本要求、采光标准值、采光质量、采光计算、采光节能应满足GB/T 50033标准中的有关要求。
- C.1.3.1 工业建筑的采光系数标准值应符合表 C.1 的规定。

表 C.1 工业建筑的采光标准值

采光等级	车间名称	侧面采光		顶部采光	
		采光系数标准值 (%)	室内天然光照度标准值 (lx)	采光系数标准值 (%)	室内天然光照度标准值 (lx)
I	特别精密机电产品加工、装配、检验；工艺品雕刻、刺绣、绘画	5.0	750	5.0	750
II	精密机电产品加工、装配、检验、通信、网络、视听设备、电子元器件、电子零部件加工；抛光、复材加工；纺织品的精纺、织造、印染；服装剪裁、缝纫及检验；精密理化实验室、计量室；主控室；印刷品的排版、印刷；药品制剂	4.0	600	3.0	450
III	机电产品加工、装配、检修；机库；一般控制室；木工、电镀、油漆、铸工；理化实验室；造纸、石化产品后处理；冶金产品冷轧、热轧、拉丝、粗炼；	3.0	450	2.0	300
IV	焊接、钣金、冲压剪切、锻工、热处理；食品、烟酒加工和包装；日用化工产品；炼铁、炼钢、金属冶炼；水泥加工与包装；配、变电所；橡胶加工、皮革加工；精细库房（及库房作业区）	2.0	300	1.0	150
V	发电厂主厂房；压缩机房、风机房、锅炉房、泵房、动力站房、电石房、乙炔库、氧气瓶库、汽车库、大中件贮存库、一般库房；煤的加工、运输，选煤配料间、原料间；玻璃退火、熔制	1.0	150	0.5	75



C.1.3.2 办公建筑的采光系数标准值应符合表 C.2 的规定。

表 C.2 办公建筑的采光标准值

采光等级	房间类别	侧面采光	
		采光系数最低值 $C_{min}$ (%)	室内天然光临界照度 (lx)
II	设计室、绘图室	3	150
III	办公室、视屏工作室、会议室	2	100
IV	复印室、档案室	1	50
V	走道、楼梯间、卫生间	0.5	25

C.1.3.3 办公建筑的采光标准可采用窗地面积比进行估算，其比值应符合表 C.3 的规定。

表 C.3 窗地面积比

采光等级	房间类别	侧面采光	顶部采光
II	设计室、绘图室	1/4	1/8
III	办公室、会议室	1/5	1/10
IV	复印室、档案室	1/6	1/13
V	走道、楼梯间、卫生间	1/10	1/23

注：1) 窗地面积比计算条件：①III类光气候区，其光气候系数 $K=1.0$ ，其他光气候区的窗地面积比应乘以相应的光气候系数 $K$ ；②普通单层（6mm厚）清洁玻璃垂直铝窗，该窗总透射比取 $\tau 0.6$ ，其他条件的窗总透射比为相应的窗结构挡光折减系数 $\tau_c$ 乘以相应的窗玻璃透射比和污染折减系数；

2) 侧窗采光口离地面高度在0.75m以下部分不计入有效采光面积；

3) 侧窗采光口上部有高度超过1m以上的外廊、阳台等外部遮挡物时，其有效采光面积可按采光口面积的70%计算；

4) 顶部采光指平天窗采光，锯齿形和矩形天窗可分别按平天窗1.5倍和2倍窗地面积比进行估算。

C.2 暖通空调

C.2.1 设置系统式局部送风时，工作地点的温度和平均风速应符合表C.4的规定。

表 C.4 工作地点的温度和平均风速

热辐射强度 (W/m²)	冬季		夏季	
	温度 (°C)	风速 (m/s)	温度 (°C)	风速 (m/s)
350-700	20-25	1-2	26-31	1.5-3
701-1400	20-25	1-3	26-30	2-4
1401-2100	18-22	2-3	25-29	3-5
2101-2800	18-22	3-4	24-28	4-6

注1：轻度强度作业时，温度宜采用表中较高值，风速宜采用较低值；重强度作业时，温度宜采用较低值，风速宜采用较高值；中度强度作业时其数据可按插入法确定。

注2：对于夏热冬冷（或冬暖）地区，表中夏季工作地点的温度，可提高2℃。

注3：当局部送风系统的空气需要冷却或加热处理时，其室外计算参数，夏季应采用通风室外计算温度及相对湿度；冬季应采用采暖室外计算温度。

C.2.2 工艺上以湿度为主要要求的空气调节车间，除工艺有特殊要求或已有规定者外，不同湿度条件下的空气温度应符合表C.5的规定。

表 C.5 空气调节厂房内不同湿度下的温度要求（上限值）

相对湿度（%）	<55	<65	<75	<85	≥85
温度（℃）	30	29	28	27	26

C.2.3 冬季寒冷环境工作地点采暖温度宜符合表C.6。

表 C.6 冬季工作地点的采暖温度（干球温度）

体力劳动强度级别	采暖温度（℃）
轻劳动	≥18
中等劳动	≥16
重劳动	≥14
极重劳动	≥12

注：①体力劳动强度级别按 GBZ 2.2《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》执行。  
②当作业地点劳动者人均占用较大面积（50m<sup>2</sup>~100m<sup>2</sup>）时，轻作业冬季工作地点采暖温度可低至 10℃；中等作业时可低至 7℃；重作业时可低至 5℃。

C.2.4 设置采暖的建筑物，冬季室内活动区的平均风速，应符合下列规定：

C.2.4.1 在工业建筑，当室内散热量小于 23W/m<sup>3</sup>时，不宜大于 0.3m/s；当室内散热量大于或等于 23W/m<sup>3</sup>时，不宜大于 0.5m/s。

C.2.4.2 工业企业辅助建筑，不宜大于 0.3m/s。

C.2.5 当设置集中新风系统时，宜设集中或分散的排风系统，办公室的排风量不应大于新风量的90%，卫生间应保持负压。

C.2.5.1 工作场所的新风应来自室外，新风口应设置在空气清洁区，新风量应满足下列要求：非空调工作场所人均占用容积<20m<sup>3</sup>的车间，应保证人均新风量≥30m<sup>3</sup>/h；如所占容积>20m<sup>3</sup>时，应保证人均新风量≥20m<sup>3</sup>/h。采用空气调节的车间，应保证人均新风量≥30m<sup>3</sup>/h。

C.2.5.2 复印室、打印室、垃圾间、清洁间等应设机械通风设施，换气次数可取 4 次/h~6 次/h。封闭式车间人均新风量宜设计为 30m<sup>3</sup>/h~50m<sup>3</sup>/h。

C.2.5.3 建筑物室内空气应符合国家现行的有关室内空气质量、污染物浓度控制等卫生标准的要求。

C.2.5.4 洁净室内的新鲜空气量应取下列两项中的最大值：

- 1) 补偿室内排风和保持室内正压值所需新鲜空气量之和；
- 2) 保证供给洁净室内每人的新鲜空气不小于 40m<sup>3</sup>/h。

C.2.6 根据办公建筑类别不同，其室内主要空调指标应符合下列规定：

C.2.6.1 A 类、B 类办公建筑应符合下列条件：

- 1) 室内温度：夏季应为 24℃~26℃，冬季应为 20℃~22℃；室内相对湿度：夏季应为 40%~60%，冬季应大于或等于 30%；
- 2) 新风量每人每小时不应低于 30m<sup>3</sup>；
- 3) 室内风速：夏季应小于或等于 0.25m/s，冬季应小于或等于 0.20m/s；
- 4) 室内空气中可吸入颗粒物 PM10 应小于或等于 0.15mg/m<sup>3</sup>；
- 5) 当采用集中空调通风系统时，应设置空气净化、消毒杀菌的装置。

C.2.6.2 C类办公建筑应符合下列条件：

- 1) 室内温度：夏季应为 26℃～28℃，冬季应为 18℃～20℃；室内相对湿度：夏季应小于或等于 70%，冬季不控制；
- 2) 新风量每人每小时不应低于 30m<sup>3</sup>；
- 3) 室内风速：夏季应小于或等于 0.30m/s，冬季应小于或等于 0.20m/s；
- 4) 室内空气中可吸入颗粒物 PM10 应小于或等于 0.15mg/m<sup>3</sup>；
- 5) 当采用集中空调通风系统时，应设置空气净化、消毒杀菌的装置。

C.2.7 舒适性空气调节室内计算参数应符合表C.7的规定。

表 C.7 舒适性空气调节室内计算参数

参数	冬季	夏季
温度（℃）	18～24	22～28
风速（m/s）	≤0.2	≤0.3
相对湿度（%）	30～60	40～65

注：过渡季节微小气候计算参数取冬季、夏季差值。

C.2.8 工艺性空气调节室内温湿度基数及其允许波动范围，应根据工艺需要及卫生要求确定。活动区的风速：冬季不宜大于0.3m/s，夏季宜采用0.2～0.5 m/s；当室内温度高于30℃时，可大于0.5 m/s。

C.2.9 封闭式车间微小气候的设计宜符合表C.8的要求。

表 C.8 封闭式车间微小气候设计要求

参数	冬季	夏季
温度（℃）	20～24	25～28
风速（m/s）	≤0.2	≤0.3
相对湿度（%）	30～60	40～60

注：过渡季节微小气候计算参数取冬季、夏季插值。

C.2.10 洁净室的温、湿度范围应符合表C.9的规定。

表 C.9 洁净室的温、湿度范围

房间性质	温度（℃）		湿度（%）	
	冬季	夏季	冬季	夏季
生产工艺有温、湿度要求的洁净室	按生产工艺要求确定			
生产工艺无温、湿度要求的洁净室	20～22	24～26	30～50	50～70
人员净化及生活用房	16～20	26～30	—	—

附录 D  
(资料性)  
工作场所工效学负荷管理限值要求

D.1 工作场所工效学负荷管理限值应首先符合 GBZ 1、GBZ 2.2 的相关要求。

D.2 噪声

D.2.1 作业环境中噪声强度应当满足表D.1规定的设计要求。

表 D.1 作业环境噪声声级工效学要求

作业地点名称	工效限值 dB (A)
普通车间	≤80
洁净室非单向流	≤60
洁净室单向流、混合流	≤65
非噪声作业车间（噪声车间观察（值班）室，非噪声车间办公室、会议室、主控室、精密加工室等）	≤55

D.2.2 洁净室内的空态噪声级，非单向流洁净室不应大于60dB(A)，单向流、混合流洁净室不应大于65dB(A)。

D.2.3 洁净室的噪声频谱限制应采用倍频程声压级，空态噪声频谱的限制值不宜大于表D.2中的规定。

表 D.2 空态噪声倍频程声压级的限制值（dB(A)）

洁净室分类	中心频率（Hz）							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
非单向流	79	70	63	58	55	52	50	40
单向流、混合流	83	74	68	63	60	57	55	54

D.2.4 办公场所的噪声控制应符合JGJ/T 67的要求。

D.2.4.1 办公室、会议室内的允许噪声级，应符合表 D.3 规定。

表 D.3 办公室、会议室内允许噪声级

房间名称	允许噪声级（A 声级， dB）	
	A 类、B 类办公建筑	C 类办公建筑
单人办公室	≤35	≤40
多人办公室	≤40	≤45
电视电话会议室	≤35	≤40
普通会议室	≤40	≤45

D.3 振动

D.3.1 采用新技术、新工艺、新方法避免振动对健康的影响，应首先控制振动源，使手传振动接振强度符合GBZ 2.2的要求，全身振动强度不超过表D.4规定的卫生限值。采用工程控制技术措施仍达不到要求的，应根据实际情况合理设计劳动作息时间，并采取适宜的个人防护措施。

表 D.4 全身振动强度卫生限值

工作日接触时间 (t, h)	卫生限值 (m/s <sup>2</sup> )
4<t≤8	0.62
2.5<t≤4	1.10
1.0<t≤2.5	1.40
0.5<t≤1.0	2.40
t≤0.5	3.60

D.3.2 受振动（1Hz～80Hz）影响的辅助用室（如办公室、会议室、计算机房、电话室、精密仪器室等），其垂直或水平振动强度不应超过表D.5中规定的设计要求。

表 D.5 辅助用室垂直或水平振动强度卫生限值

接触时间 (t, h)	卫生限值 (m/s <sup>2</sup> )	工效限值 (m/s <sup>2</sup> )
4<t≤8	0.31	0.098
2.5<t≤4	0.53	0.17
1.0<t≤2.5	0.71	0.23
0.5<t≤1.0	1.12	0.37
t≤0.5	1.8	0.57

D.4 紫外线辐射

D.4.1 紫外辐射阈限值宜符合美国政府工业卫生学家会议（The American Conference of Governmental Industrial Hygienist, ACGIH）的阈限值（Threshold Limit Values, TLVs）和生物接触限值（BEIs）（Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)）。本标准所指紫外线辐射是指波长为180~400nm的非相干紫外辐射（不具有相干辐射性质的辐射，如黑体、太阳、白炽灯、普通的气体放电灯、脉冲闪光灯等），是几乎所有健康劳动者都可能反复暴露于这些辐射条件下，而不会对健康产生急性不利影响。

D.4.2 眼角膜暴露于紫外辐射的阈限值（TLVs）详见表D.6。

表 D.6 紫外辐射阈限值和相对频谱效率（Relative Spectral Effectiveness）

波长 (nm) <sup>a</sup>	TLV (J/m <sup>2</sup> ) <sup>b</sup>	TLV (mJ/cm <sup>2</sup> ) <sup>b</sup>	相对频谱效率, S (I)
180	16260	1626	0.00185
190	16260	1626	0.00185
200	16260	1626	0.00185
205	16260	1626	0.00185
210	10233	1023	0.00293
215	4732	473	0.00634
220	2188	218	0.0137
225	1012	101	0.0297
230	468	46.8	0.0641

表 D. 6（续表）

波长（nm） <sup>a</sup>	TLV（J/m <sup>2</sup> ） <sup>b</sup>	TLV（mJ/cm <sup>2</sup> ） <sup>b</sup>	相对频谱效率，S（I）
235	216	21.6	0.139
240	100	10	0.300
245	83	8.3	0.360
250	70	7.0	0.430
254 <sup>c</sup>	60	6.0	0.500
255	58	5.8	0.520
260	46	4.6	0.650
265	37	3.7	0.810
270	30	3.0	1.00
275	31	3.1	0.960
280 <sup>c</sup>	34	3.4	0.880
285	39	3.9	0.770
290	47	4.7	0.640
295	56	5.6	0.540
297 <sup>c</sup>	65	6.5	0.460
300	100	10	0.300
303 <sup>c</sup>	250	25	0.120
305	500	50	0.060
308	1200	120	0.026
310	2000	200	0.015
313 <sup>c</sup>	5000	500	0.006
315	1.0×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>3</sup>	0.003
316	1.3×10 <sup>4</sup>	1.3×10 <sup>3</sup>	0.0024
317	1.5×10 <sup>4</sup>	1.5×10 <sup>3</sup>	0.0020
318	1.9×10 <sup>4</sup>	1.9×10 <sup>3</sup>	0.0016
319	2.5×10 <sup>4</sup>	2.5×10 <sup>3</sup>	0.0012
320	2.9×10 <sup>4</sup>	2.9×10 <sup>3</sup>	0.0010
322	4.5×10 <sup>4</sup>	4.5×10 <sup>3</sup>	0.00067
323	5.6×10 <sup>4</sup>	5.6×10 <sup>3</sup>	0.00054
325	6.0×10 <sup>4</sup>	6.0×10 <sup>3</sup>	0.00050
328	6.8×10 <sup>4</sup>	6.8×10 <sup>3</sup>	0.00044
330	7.3×10 <sup>4</sup>	7.3×10 <sup>3</sup>	0.00041
333	8.1×10 <sup>4</sup>	8.1×10 <sup>3</sup>	0.00037
335	8.8×10 <sup>4</sup>	8.8×10 <sup>3</sup>	0.00034
340	1.1×10 <sup>5</sup>	1.1×10 <sup>4</sup>	0.00028

表 D. 6（续表）

波长（nm） <sup>a</sup>	TLV（J/m <sup>2</sup> ） <sup>b</sup>	TLV（mJ/cm <sup>2</sup> ） <sup>b</sup>	相对频谱效率，S（I）
345	1.3×10 <sup>5</sup>	1.3×10 <sup>4</sup>	0.00024
350	1.5×10 <sup>5</sup>	1.5×10 <sup>4</sup>	0.00020
355	1.9×10 <sup>5</sup>	1.9×10 <sup>4</sup>	0.00016
360	2.3×10 <sup>5</sup>	2.3×10 <sup>4</sup>	0.00013
365 <sup>c</sup>	2.7×10 <sup>5</sup>	2.7×10 <sup>4</sup>	0.00011
370	3.2×10 <sup>5</sup>	3.2×10 <sup>4</sup>	0.000093
375	3.9×10 <sup>5</sup>	3.9×10 <sup>4</sup>	0.000077
380	4.7×10 <sup>5</sup>	4.7×10 <sup>4</sup>	0.000064
385	5.7×10 <sup>5</sup>	5.7×10 <sup>4</sup>	0.000053
390	6.8×10 <sup>5</sup>	6.8×10 <sup>4</sup>	0.000044
395	8.3×10 <sup>5</sup>	8.3×10 <sup>4</sup>	0.000036
400	1.0×10 <sup>6</sup>	1.0×10 <sup>5</sup>	0.000030
a：选取有代表性的波长；其他值应选用中间波长代替。 b：1mJ/cm <sup>2</sup> =10J/m <sup>2</sup> c：汞放电光谱的发射谱线。			

D. 4. 3 皮肤暴露于UV-C（180-280nm）和300m以下光谱范围中的阈限值，详见表D. 7。

表 D. 7 皮肤紫外辐射阈限值和相对频谱效率

波长（nm） <sup>a</sup>	TLV（J/m <sup>2</sup> ） <sup>b</sup>	TLV（mJ/cm <sup>2</sup> ） <sup>b</sup>	相对频谱效率，S'（I）（主要的）
180	1.0×10 <sup>6</sup>	10000	3.0×10 <sup>-4</sup>
190	1.0×10 <sup>6</sup>	10000	3.0×10 <sup>-4</sup>
200	1.0×10 <sup>6</sup>	10000	3.0×10 <sup>-4</sup>
205	50120	5012	6.0×10 <sup>-4</sup>
210	25120	2512	1.19×10 <sup>-3</sup>
215	12540	1259	2.38×10 <sup>-3</sup>
220	6310	631.0	4.75×10 <sup>-3</sup>
225	3162	316.2	9.49×10 <sup>-3</sup>
230	1585	158.5	0.0189
235	794	79.4	0.0380
240	400	39.8	0.075
245	200	20.0	0.150
250	100	10	0.30
260	100	10	0.30
270	100	10	0.30
280	100	10	0.30
290	100	10	0.30
300	100	10	0.30

D.5 其他因素

D.5.1 手部活动、提举、移送等工效学负荷可参考GB/T 31002.1相关内容及美国政府工业卫生学家会议（ACGIH）的阈限值（TLVs）和生物接触限值（BEIs）。

D.5.2 手部活动水平（Hand Activity Level, HAL）基于活动频率、休息间隙和活动速度，分为0-10个水平，详见图D.1。手部活动水平（HAL）也可以基于专家评分经验研究计算，计算公式如下，且应四舍五入为整数：

$$HDL = 6.56 \ln D \left[ \frac{F^{1.31}}{1 + 3.18 F^{1.31}} \right] \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：D=工作周期（duty cycle[%]）、F=手部活动频率（hand exertion frequency[exertions/s]），也可根据表 E.8 进行估算。

D.5.3 手部活动阈限值重点关注手部、手腕和前臂，主要考虑平均手部活动水平和标准化手部施力峰值（Normalized Peak Force, NPF），详见图D.2，手部活动阈限值按照以下公式进行计算：

$$NPF = \frac{PF}{\text{姿势特定参考力}} \times 10 \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：1）PF 为峰值力（Peak force），通常被认为是第 90 个百分位的力施加的手在任务周期。峰值力被归一化为 0 到 10 的刻度，对应适用人群（男性、女性、年轻人、老年人、办公室职员、工厂工人等）的姿势特定强度的 0 到 100。2）TLV：NPF = 5.6 - 0.56 × HAL；3）AL 为行动限（Action Limit），AL：NPF = 3.6 - 0.56 × HAL；或者 NPF<sub>TLV</sub> = 0.56（10 - HAL）、NPF<sub>AL</sub> = NPF<sub>TLV</sub> - 2。

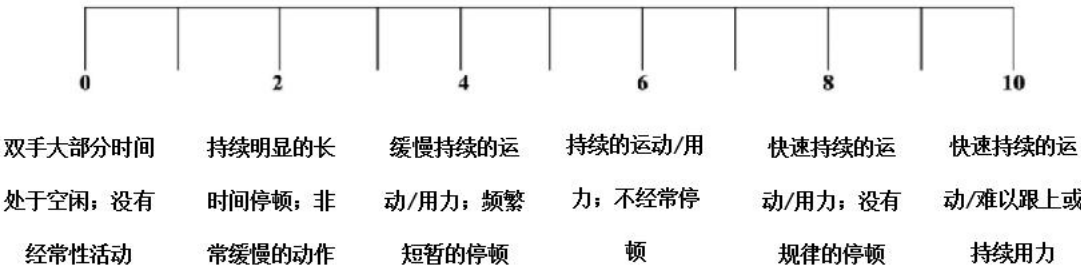


图 D.1 手部活动水平（0-10）（可使用该表进行评分）

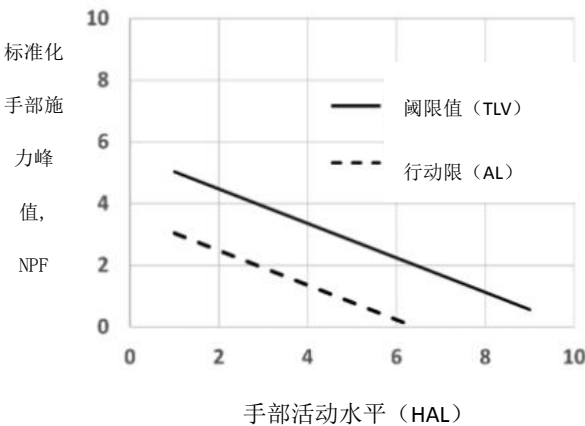


图 D.2 基于手部活动水平（HAL）和标准化手部施力峰值的手部活动阈限值



表 D.8 手部活动水平与手部用力频率和工作周期

频率 (工作量/秒)	周期 (时间/每工作量)	工作周期 (%)				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
0.125	8.0	1	1	—	—	—
0.25	4.0	2	2	3	—	—
0.5	2.0	3	4	5	5	5
1.0	1.0	4	5	6	7	7
2.0	0.5	—	6	7	8	8

注：1. 将手部活动水平（HAL）值四舍五入为最接近的整数，为0-10。2. 使用图D.1获得本表所列之外的手部活动水平（HAL）值。3. 手部力量比特定姿势力量多10%的工作周期百分比。

D.5.4 提举阈限值应符合下表D.9、D.10、D.11的要求：

表 D.9 提举工作阈限值（每天提举≤2 小时及每小时≤60 次或每天提举>2 小时及每小时≤12 次）

垂直区	水平面 <sup>A</sup>		
	近：<30cm	中等：30—60cm	过长 <sup>B</sup> ：60—80cm
达到极限 <sup>C</sup> 或肩部以上30cm到肩部以下8cm高度	16kg	7kg	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>D</sup>
肩部以下到膝关节 <sup>E</sup> 以上高度	32kg	16kg	9kg
膝关节 <sup>E</sup> 以下到胫骨中段以上高度	18kg	14kg	7kg
胫骨中段到地板高度	14kg	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>D</sup>	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>D</sup>

表D.9—表D.11的附注：  
A. 从内踝骨与提举物体之间的中点距离。  
B. 提举工作不应在从内踝骨中点超过80cm的水平距离开始或结束。  
C. 常规提举工作不应在高度超过肩部30cm以上或距离地板高度超过180cm的距离开始或结束。  
D. 常规提举工作不应在标记为“没有此项重复提举的已知安全限值”的阴影条目进行操作。虽然现有证据不支持在阴影条目确定安全重量限值，但如果是少量或轻量的提举可以用专业判断是否安全。  
E. 膝关节高度解剖学标志是假设劳动者直立，双臂垂于两侧。

表 D.10 提举工作阈限值（每天提举>2 小时及 12 次<每小时次数≤30 次或每天提举≤2 小时及 60 次<每小时次数≤360 次）

垂直区	水平面 <sup>A</sup>		
	近：<30cm	中等：30—60cm	过长 <sup>B</sup> ：60—80cm
达到极限 <sup>C</sup> 或肩部以上30cm到肩部以下8cm高度	14kg	5kg	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>D</sup>
肩部以下到膝关节 <sup>E</sup> 以上高度	27kg	14kg	7kg
膝关节 <sup>E</sup> 以下到胫骨中段以上高度	16kg	11kg	5kg
胫骨中段到地板高度	9kg	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>D</sup>	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>D</sup>

见表D.9。

表 D. 11 提举工作阈限值（每天提举>2 小时及 30 次<每小时次数≤360 次）

垂直区	水平面 <sup>a</sup>		
	近：<30cm	中等：30—60cm	过长 <sup>b</sup> ：60—80cm
达到极限 <sup>c</sup> 或肩部以上30cm到肩部以下8cm高度	11kg	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>d</sup>	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>d</sup>
肩部以下到膝关节 <sup>e</sup> 以上高度	14kg	9kg	5kg
膝关节 <sup>e</sup> 以下到胫骨中段以上高度	9kg	7kg	2kg
胫骨中段到地板高度	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>d</sup>	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>d</sup>	没有此项重复提举的已知安全限值 <sup>d</sup>
见表D. 9。			