

ICS 13.180  
CCS A 25

T/WSJD

中国卫生监督协会团体标准

T/WSJD 14.7—2024

# 工作相关肌肉骨骼疾患的工效学预防指南

## 第7部分 电子产品制造作业

Ergonomic guidelines for the prevention of work-related musculoskeletal disorders

Part 7: Electronic products manufacturing work

2024-03-11 发布

2024-03-26 实施

中国卫生监督协会发布



## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 前 言 .....  | II |
| 1 范围 .....                                       | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                                  | 1  |
| 3 术语、定义和缩略语 .....                                | 1  |
| 4 生产工艺（活动）、工效学危险因素与潜在的 WMSDs 部位 .....            | 2  |
| 5 干预措施 .....                                     | 3  |
| 6 效果评估 .....                                     | 3  |
| 附 录 A （资料性） 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及其来源和可参照的干预措施 ..... | 4  |
| 附 录 B （资料性） 电子产品制造作业工效学干预措施示例 .....              | 10 |
| 参 考 文 献 .....                                    | 33 |

## 前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国卫生监督协会提出并归口。

本文件主要起草单位：上海市疾病预防控制中心、中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、重庆市疾病预防控制中心、广州市职业病防治院、天津市疾病预防控制中心、上海闵行区疾病预防控制中心、上海松江区疾病预防控制中心。

本文件主要起草人：杨凤、尹艳、郭薇薇、王忠旭、贾宁、邸姐、丁文彬、陈凤琼、王致、彭志恒、刘静、应圣洁、徐晓文、蒋元强、江松。

# 工作相关肌肉骨骼疾患的工效学预防指南

## 第7部分 电子产品制造作业

### 1 范围

本文件规定了电子产品制造作业预防工作相关肌肉骨骼疾患的工效学技术要求。

本文件适用于电子产品制造作业人员肌肉骨骼疾患相关工效学危险因素的识别、评估、预防和控制。

### 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。

T/WSJD 14. 1-2020 工作相关肌肉骨骼疾患的工效学预防原则 第一部分：通用要求

### 3 术语、定义和缩略语

#### 3.1 术语和定义

上述引用文件界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**电子产品制造作业 Electronic products manufacturing work**

指电子设备、电子元器件和电子专用材料的生产制造作业。电子设备是指由集成电路、晶体管、电子管等电子元器件组成，应用电子技术（包括）软件发挥作用的设备；电子元器件是电子线路或电子设备中执行电气、电子、电磁、机电和光电功能的基本单元；电子专用材料指用于电子元器件、组件及系统制备的专用电子功能材料、互联与封装材料、工艺及辅助材料等。

##### 3.1.2

**印制电路板 Printed Circuit Board, PCB**

又称印刷线路板，是重要的电子部件，为电子元器件的支撑体，是电子元器件电气相互连接的载体。由于它是采用电子印刷术制作的，故被称为“印刷”电路板。

##### 3.1.3

**表面贴装技术 Surface Mounted Technology, SMT**

一种将无引脚或短引线表面组装元器件安装在印制电路板的表面或其它基板的表面上，通过再流焊或浸焊等方法加以焊接组装的电路装连技术。

##### 3.1.4

**双列直插形式封装技术 Dual In-line Package, DIP**

指采用双列直插形式封装的集成电路芯片封装技术，绝大多数中小规模集成电路均采用这种封装形式，其引脚数一般不超过100。DIP插件加工处于SMT贴片加工之后，一般采用流水线人工插件。

### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

WMSDs 工作相关肌肉骨骼疾患 Work-related musculoskeletal disorders

AOI 自动光学检测 Automated Optical Inspection

VDTs 视觉显示终端 Video Display Terminals

## 4 生产工艺、工效学危险因素与潜在的 WMSDs 部位

### 4.1 生产工艺或作业活动

4.1.1 电子产品制造主要包括电子设备组装、电子元器件加工和电子专用材料制造等生产工艺。

a) 电子设备组装是先将元器件、零件组合成电子部件，再经部件组装和调试，形成电子设备或整机产品的过程。常见工序有加工连接（如通孔插装元器件的焊接工艺）、总装与调试（如电子的胶合、预加工、表面贴装、手工插件、清洗、包装、装配、测试等）、机械加工（如切割、剪脚等）。

b) 电子元器件加工工序主要有清洗、氧化、扩散、离子注入、光刻、刻蚀、薄膜、金属化、抛光、压焊、测试等，一般由专业性较强的自动化生产线完成；人工操作主要分布在备料、配料、上料、机加工、手工覆膜、刮片、打磨、目检等。

c) 电子专用材料制造工序包括混料、上料、成型、烧结、分拣、研磨、包装等。

4.1.2 电子产品制造作业多为手工和半自动化操作，使用手持工具和相关操作设备。手持工具包括：通用型工具，如螺丝刀、钢丝钳、气（电）动扳手，镊子、橡皮擦，剪刀，防静电刷、夹钳等和专用工具，如剥线钳、成型钳、压接钳、绕接工具、手动和电动绕接器、热熔胶枪、热风枪、手持式线扣钳、线束捆扎搭扣、电烙铁、接料带等；相关操作设备包括：印刷机，AOI设备、波峰焊、离子注入机、清洗机、刻蚀机、光刻机、紫外光固化机、抛光机、研磨机、绕线机、压接机、点料机、X-ray测试机等。

### 4.2 工效学危险因素

4.2.1 电子产品制造工艺复杂，包括手工操作、半自动/全自动操作及辅助作业。其中手工操作主要分布在成型加工、插件、装配、功能测试、目检及包装工艺等，作业人员在作业过程中，广泛存在节奏快、手部重复性高、强迫体位、静力作业、视觉紧张、局部振动和长时间立姿、坐姿等工效学危险因素，相关岗位有打孔工、打磨工、上料工、刷胶工、手工焊、清洗工、手工插件、剪脚工、线束工、剥线工、分拣工、组装工、目检工、测试工等；半自动/全自动化工艺主要分布在表面贴装、晶圆制造加工、晶圆封装、显示器件及二极管等生产线、电子专用材料制造烧结及铸造工艺，作业人员主要为自动化设备操作，主要存在长时间立姿作业、视觉紧张、职业性紧张工作等工效学危险因素，相关岗位有晶圆封装、检测；辅助作业包括入库、备料、物流、维修等，主要存在搬运重物、用力推拉、不良作业姿势、长时间走动等工效学危险因素，相关岗位为搬运工、配料工、点料工、送料工、设备维修工、模具装卸工等。

4.2.2 电子产品制造作业在不同的生产环境中还存在化学毒物和物理因素等可能会加重工效学危险因素的健康影响效应，例如：在电子产品表面清洗、电子元器件生产工艺中可能存在四氯化碳、苯类、三氯乙烯、酸/碱类、窒息性气体、高分子化合物等化学因素；在切割、打磨、包装工艺中的噪声及粉尘；在离子注入、光刻、刻蚀、检测作业中可能接触高频电场、电离辐射等物理因素。

4.2.3 作业人员个体的遗传、性别、年龄等人口学因素以及电子产品制造中插件、装配、组装等流水线作业中工作重复单调、工作时间长、工作自主性低（行业特点）等社会心理因素也是影响 WMSDs 发生的危险因素。

4.2.4 电子产品制造作业不同生产单元、主要生产工艺涵盖的岗位或工种存在的潜在工效学危险因素及其来源详见附录A及表A. 1。

### 4.3 潜在的 WMSDs 部位

电子产品制造生产过程中的工效学危险因素可能导致作业人员的颈、肩、下背、腕/手、膝、足踝等部位发生 WMSDs。

## 5 干预措施

5.1 用人单位可结合本企业自身情况，针对需优先控制的工效学危险因素，基于 T/WSJD 14. 1-2020 第 6 部分和第 8 部分，制定并实施符合工效学原则的干预措施，方案应包括工作场所、材料/设备处理、工具使用、作业姿势、个体防护、工作组织等六个方面内容。在可行的情况下，用人单位应将工程控制作为处理工效学问题的首选方法。

5.2 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及可参照的干预措施导引编号详见附录 A 及表 A. 2。

5.3 本文件附录 B 提供了电子产品制造作业（活动）WMSDs 预防控制的工效学干预措施示例。方案主要基于常见的电子产品制造作业（活动），并非涵盖该行业所有的作业活动和所有的工效学问题。用人单位可将本文件中的干预措施示例作为样例，设计并开发出更切实可行的干预措施。

## 6 效果评估

用人单位应依据 T/WSJD 14. 1-2020 第 7 部分的要求，对本单位的工效学程序实施效果进行评估，以确定工效学实施程序是否达到工效学目标。

附录 A  
(资料性)

**电子产品制造作业潜在工效学危险因素及其来源和可参照的干预措施**

为便于对电子产品制造作业工效学危险因素的识别、评估与控制,本附录将电子产品制造作业的主要生产工艺、工序和涵盖的岗位或工种(包括但不限于这些岗位)、工效学危险因素归纳为表A.1;工效学危险因素及可参照的干预措施归纳为表A.2。

**表A.1 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及其来源**

| 生产单元             | 主要工艺  | 岗位或工种<br>(包括但不限于) | 工效学危险因素(因素编号 <sup>#</sup> )  |
|------------------|-------|-------------------|--|
| <b>1. 电子设备组装</b> |       |                   |  |
| 备料               | 入库    | 搬运                | 2.1、2.2、2.3、3.1、3.2、4.6、4.7、6.1  |
|                  |       | 扫码、入库             | 1.6、2.4、2.5、3.1、3.6、4.3  |
|                  | 配送    | 点料                | 2.9、2.10、3.6   |
|                  |       | 送料                | 2.1、2.2、2.3、3.4、5.2  |
| 成型加工             | 成型加工  | 切割                | 2.5、2.6、3.1、3.6  |
|                  |       | 冲压                | 2.3、2.4、2.5、3.1、3.6、4.2  |
|                  |       | 钻孔                | 1.3、2.4、2.5、2.9、3.1、3.2、3.6、4.3  |
| 表面贴装             | 上料    | 上料工               | 2.5、1.3、3.1、4.2  |
|                  |       | 刷胶工               | 1.1、1.3、1.9、2.5、3.1、3.6、4.1  |
|                  | 焊接    | 回流焊操机工            | 1.1、1.3、2.4、2.8、3.4  |
|                  | 测试    | 炉前AOI\炉后AOI       | 1.1、1.3、2.4、2.9、2.10、3.1、3.6、5.2、5.3、6.4   |
|                  | 整形、修整 | 手工焊               | 1.1、1.9、2.4、2.5、3.1、3.6  |
|                  | 清洗、烘干 | 清洗工               | 1.1、1.3、1.4、2.4、2.5、3.1、3.2、3.6  |
| 插件               | 上料    | 分板工               | 1.1、2.4、2.5、3.1、3.2、3.6  |
|                  | 装配    | 插件工               | 1.1、1.3、1.4、1.9、2.2、2.4、2.5、2.9、2.10、3.1、3.2、3.3、3.6、4.2、4.3、4.4、4.7、5.2、5.3、5.5、5.6、6.4 |
|                  | 焊接    | 波峰焊操机工            | 1.1、1.3、1.9、3.1、3.4、4.2、6.3  |

表 A.1 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及其来源(续)

| 生产单元       | 主要工艺     | 岗位或工种<br>(包括但不限于) | 工效学危险因素(因素编号 <sup>#</sup> )  |
|------------|----------|-------------------|--|
|            | 整形、修整    | 手工焊               | 5.5、5.6、6.4  |
| 插件         | 整形、修整    | 剪脚工               | 1.1、1.3、1.4、2.2、2.4、2.5、2.9、3.1、3.2、3.6、4.7、5.2、5.3、5.5、5.6、6.4                          |
|            | 清洗       | 清洗工               | 1.1、1.3、1.4、2.4、2.5、2.9、2.10、3.1、3.6、5.2、5.3、5.5、5.6、6.4                                 |
| 装配         | 线束安装     | 剥线工               | 1.1、1.3、1.4、2.2、2.4、2.5、3.1、3.2、3.3、3.6  |
|            |          | 压接工               | 1.1、1.3、1.4、2.4、2.5、3.2、3.6、4.4  |
|            |          | 线束工               | 1.1、1.3、2.2、2.5、3.1、3.6、4.1  |
|            | 零部件组装    | 小型零件组装            | 1.1、1.3、1.4、1.9、2.4、2.5、2.6、2.9、2.10、3.1、3.2、3.3、3.6、4.2、4.3、4.4、4.7、5.2、5.3、5.5、5.6、6.4 |
|            | 大件组装     | 大型部件装配            | 1.1、1.3、1.4、2.1、2.2、2.4、2.5、2.6、3.1、3.2、3.3、3.6、4.2、4.3、4.4、5.3、5.5、6.4                  |
| 功能测试       | 检测、调试    | 目检工               | 1.1、1.3、1.4、2.9、2.10、3.6、4.3、5.2、5.3、6.4   |
|            |          | 测试工               | 1.4、2.8、3.6、5.2、5.3、6.4  |
| 成品包装       | 包装       | 包装工               | 1.1、1.3、2.4、2.5、3.1、3.2、3.6、4.3、4.4  |
|            |          | 贴标、扫码工            | 1.1、1.3、2.4、2.5、3.1、3.6  |
|            |          | 缠膜工               | 3.1、4.4、4.6  |
| 物流         | 发货、拣货、装货 | 搬运工               | 2.1、2.2、2.3、3.1、4.6、4.7、6.1  |
|            |          | 叉车工               | 2.7、5.3、6.2  |
| 维修         | 设备维修、保养  | 维修工、卸模工           | 2.1、2.2、2.5、4.1  |
| 2. 电子元器件加工 |          |                   |  |
| 备料         | 材料制备     | 搬运工               | 2.1、2.2、2.3、3.1、4.6、4.7、6.1  |
|            |          | 配料工               | 2.1、2.2、2.3、3.4、5.2  |
| 自动化生产      | 物料       | 上料、下料             | 2.1、2.2、3.1、3.6  |

表 A.1 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及其来源(续)

| 生产单元        | 主要工艺    | 岗位或工种<br>(包括但不限于)                       | 工效学危险因素(因素编号 <sup>a</sup> )         |
|-------------|---------|---|-------------------------------------|
| 自动化生产       | 晶圆制造、加工 | 喷砂工、酸洗工、研磨工、切割工、抛光工、清洗、氧化扩散、光刻、镀膜、抛光、压焊 | 2.8、2.10、3.6、5.3                    |
|             |         | 自动化切割、焊接、打印                             | 2.8、2.10、3.6                        |
|             | 晶圆封装    | 手工覆膜、刮片                                 | 1.3、2.4、2.5、3.1、3.6                 |
|             |         | 固化成型                                    | 6.3                                 |
| 自动化生产       | 显示器件生产  | 清洗、溅射、打磨、化学气相沉积、光刻、刻蚀、离子注入、光刻胶剥离、清洗、固化  | 2.8、2.10、3.6、5.3                    |
|             |         | 清洗、光刻、刻蚀、蒸镀、减薄、划裂                       | 2.8、2.10、3.6、5.3                    |
| 调试与检测       | 检测      | 功能测试                                    | 2.9、2.10、3.6、5.2、5.3                |
|             |         | 目检                                      | 2.9、2.10、3.6、5.2、5.3                |
| 包装          | 包装      | 包装工                                     | 1.1、1.4、2.4、2.5、3.1、3.2、3.6、4.3、4.4 |
| 模具制造        | 制造      | 机加工                                     | 2.6、3.1、3.3、3.6、4.2、4.3             |
|             |         | 精打磨                                     | 2.6、3.1、3.3、3.6                     |
|             | 安装      | 装卸                                      | 2.1、2.2、3.1、4.1、4.4、4.6             |
| 维修          | 维修、保养   | 维修工                                     | 2.1、2.2、2.5、4.1                     |
| 3. 电子专用材料制造 |         |   |                                     |
| 备料          | 材料制备    | 搬运工                                     | 2.1、2.2                             |
|             |         | 配料、混合                                   | 2.1、2.2                             |
| 烧结工艺        | 成型      | 上料、粉碎                                   | 3.1、3.6、4.4                         |
|             |         | 上胶                                      | 3.1、3.6、4.4                         |
|             |         | 下料                                      | 2.1、2.2                             |
|             | 烧结      | 排胶                                      | 2.2、3.1                             |

表 A.1 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及其来源(续)

| 生产单元 | 主要工艺 | 岗位或工种<br>(包括但不限于) | 工效学危险因素(因素编号 <sup>#</sup> )         |
|------|------|-------------------|-------------------------------------|
| 烧结工艺 | 烧结   | 上料工               | 2.1、2.2、3.1、3.6                     |
|      |      | 下料工               | 2.1、2.2、3.1、3.6                     |
|      | 研磨   | 研磨工               | 2.6、2.9、3.1、3.3、3.6                 |
|      |      | 分拣工               | 2.4、2.5、3.6                         |
| 铸造工艺 | 铸型   | 配料                | 2.1、3.6                             |
|      |      | 下料                | 2.1、3.6、4.4                         |
|      | 熔炼   | 熔炼                | 3.6、4.8、6.3                         |
|      |      | 浇注                | 3.6、4.8、6.3                         |
| 铸造工艺 | 熔炼   | 固溶化               | 3.6、4.8、6.3                         |
|      | 热处理  | 热处理               | 3.6、4.8、6.3                         |
| 检测   | 功能测试 | 调试                | 2.9、2.10、3.6、5.2、5.3                |
|      | 尺寸测量 | 目检                | 2.5、2.9、2.10、3.6、5.2、5.3            |
| 包装   | 包装   | 包装工               | 1.3、1.4、2.4、2.5、3.1、3.2、3.6、4.3、4.4 |

注: # 因素编号基于 T/WSJD 14.1-2020 通用要求的危险因素的顺序号, 具体如下:

1. 工作组织: 1.1-每天超过 8h 工作班制; 1.3-长时间连续操作; 1.4-工间休息不足; 1.9-频繁的轮班/倒班。
2. 工作类型: 2.1-提举和搬运重物; 2.2-用力较大的工作; 2.3-强推拉用力; 2.4-高重复性工作; 2.5-需频繁使用手指、手或臂部工作; 2.6-工作中使用手臂振动工具; 2.7-具有车辆传递的全身振动工作; 2.8-使用键盘或其他数据录入设备的精力集中工作; 2.9-精细操作工作; 2.10-高视觉要求的工作。
3. 作业姿势和动作: 3.1-不良姿势和动作; 3.2-持续和/或高频率变换关节位置; 3.3-长时间强迫体位; 3.6-持续久坐或站立工作。
4. 作业空间和工作任务: 4.1-工作空间不足所致强迫体位或动作受限; 4.2-工作站设计所致过多动作或不良体位; 4.3-工作面高度和尺寸大小不够; 4.4-肩部以上或膝部以下的手工操作; 4.6 沉重和/或需要高度身体用力的工作物体操作; 4.7-难以抓握或较滑物体的手工操作; 4.8-冷/热的工作环境和/或物体的手工处理。
5. 社会心理因素: 5.2-时间压力和需求过高; 5.3-职业性紧张工作; 5.5-缺乏自主工作(低影响, 低控制); 5.6-社会支持不足。
6. 环境因素: 6.1-地面光滑或不平整; 6.2-全身性振动; 6.3-作业环境过冷或过热; 6.4-作业环境照明不足。

表 A.2 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及可参照的干预措施

| 危险来源       | 工效学危险因素 <sup>a</sup>     | 干预措施<br>(方案编号 <sup>b</sup> )  |
|------------|--------------------------|---|
| 1. 工作组织    | 1.1 每天超过 8h 工作班制         | B. 2.6.1、B. 2.6.2   |
|            | 1.3 长时间连续操作              | B. 2.6.1、B. 2.6.2、B. 2.6.3  |
|            | 1.4 工间休息不足               | B. 2.6.2  |
|            | 1.9 频繁的轮班/倒班             | B. 2.6.1、B. 2.6.2   |
| 2. 工作类型    | 2.1 提举和搬运重物              | B. 2.1.9、B. 2.1.10、B. 2.2.1、B. 2.2.2、<br>B. 2.2.3、B. 2.2.4、B. 2.2.5、B. 2.2.6、<br>B. 2.4.1                                     |
|            | 2.2 用力较大的工作              | B. 2.2.1、B. 2.2.2、B. 2.2.3、B. 2.2.4   |
|            | 2.3 强推拉用力                | B. 2.2.1、B. 2.2.2   |
|            | 2.4 高重复性工作               | B. 2.1.7、B. 2.3.1、B. 2.3.2、B. 2.3.4、<br>B. 3.3.7、B. 2.5.1   |
|            | 2.5 需频繁使用手指、手或臂部工作       | B. 2.1.6、B. 2.3.4、B. 2.3.9、B. 6.1   |
|            | 2.6 工作中使用手臂振动工具          | B. 2.3.3、B. 2.5.2   |
|            | 2.7 具有车辆传递的全身振动工作        | B. 2.1.9、B. 2.6.1、B. 6.2  |
|            | 2.8 使用键盘或其他数据录入设备的精力集中工作 | B. 2.1.4、B. 2.4.3、B. 2.4.4、B. 2.6.1<br>B. 2.6.2   |
|            | 2.9 精细操作工作               | B. 2.1.3、B. 2.4.3、B. 2.4.5  |
|            | 2.10 高视觉要求的工作            | B. 2.1.3、B. 2.1.8、B. 2.3.5、B. 2.3.8<br>B. 2.4.3、B. 2.4.5  |
| 3. 作业姿势和动作 | 3.1 不良姿势和动作              | B. 2.1.3、B. 2.1.5、B. 2.1.6、B. 2.2.6<br>B. 2.2.8、B. 2.3.6、B. 2.4.1、B. 2.4.2<br>B. 2.4.3、B. 2.4.4、B. 2.4.5、B. 2.4.6<br>B. 2.4.7 |
|            | 3.2 持续和/或高频度变换关节位置       | B. 2.1.6、B. 2.2.3、B. 2.2.4  |
|            | 3.3 长时间强迫体位              | B. 2.4.5、B. 2.4.6、B. 2.5.6  |

表 A.2 电子产品制造作业潜在工效学危险因素及可参照的工效学干预措施（续）

| 危险来源         | 工效学危险因素 <sup>a</sup>     | 干预措施<br>(方案编号 <sup>b</sup> )    |
|--------------|--------------------------|---------------------------------|
| 3. 作业姿势和动作   | 3.6 持续久坐或站立工作            | B.2.1.3、B.2.4.4、B.2.5.4、B.2.5.5 |
| 4. 作业空间和工作任务 | 4.1 工作空间不足所致强迫体位或动作受限    | B.2.1.2、B.2.1.3、B.2.4.5         |
|              | 4.2 工作站设计所致过多动作或不良体位     | B.2.1.3、B.2.1.5、B.2.4.5         |
|              | 4.3 工作面高度和尺寸大小不够         | B.2.1.3、B.2.1.6                 |
|              | 4.4 肩部以上或膝部以下的手工操作       | B.2.4.5、B.2.4.6                 |
|              | 4.6 沉重和/或需要高度身体用力的工作物体操作 | B.2.2.3、B.2.2.4、B.2.4.1、B.2.6.3 |
|              | 4.7 难以抓握或较滑物体的手工操作       | B.2.2.7、B.2.2.8、B.2.3.1、B.2.5.1 |
|              | 4.8 冷/热的工作环境和/或物体的手工处理   | B.2.1.1、B.2.5.3                 |
| 5. 社会心理因素    | 5.2 时间压力和需求过高            | B.2.6.1、B.2.6.2、B.2.6.3、B.2.6.4 |
|              | 5.3 职业性紧张工作              | B.2.6.1、B.2.6.2、B.2.6.3、B.2.6.4 |
|              | 5.5 缺乏自主工作（低影响，低控制）      | B.2.1.7、B.2.6.1、B.2.6.2         |
|              | 5.6 社会支持不足               | B.2.6.4                         |
| 6. 环境因素      | 6.1 地面光滑或不平整             | B.2.1.9                         |
|              | 6.2 全身性振动                | B.2.1.9                         |
|              | 6.3 作业环境过冷或过热            | B.2.1.1、B.2.5.3                 |
|              | 6.4 作业环境照明不足             | B.2.1.8                         |

注：<sup>a</sup> 因素编号同表 A.1

<sup>b</sup> 措施编号为附录 B 中对应的编号。

附录 B  
(资料性)  
电子产品制造作业工效学干预措施示例

### B.1 干预措施示例导引目次

为便于使用时参照查阅,依据电子产品制造作业的特征,本附录列出了本作业适宜的干预措施示例目次如下表。

表 B.1 电子产品制造作业干预措施示例导引目次

| 干预措施类别        | 干预措施示例(包括但不限于的干预措施)  |
|---------------|--|
| B.2.1 工作场所    | B.2.1.1 加强通风系统设计和维护,保证工作场所空气质量<br>B.2.1.2 保证充分的作业空间<br>B.2.1.3 合理调整工作台高度<br>B.2.1.4 工作台边缘无尖锐棱角<br>B.2.1.5 配置转动工作台面<br>B.2.1.6 合理摆放物料和工具<br>B.2.1.7 合理设置流水线工位<br>B.2.1.8 适当的工作照明<br>B.2.1.9 清理运输通道,确保路面平坦<br>B.2.1.10 改进作业区域布局,减少物料和工具的运输需求 |
| B.2.2 材料/设备处理 | B.2.2.1 使用轮式运输装置<br>B.2.2.2 使用滚珠平面或输送带<br>B.2.2.3 使用可升降平台车<br>B.2.2.4 使用小型吊具或真空提升装置<br>B.2.2.5 使用可移动式货架<br>B.2.2.6 使用带把手、手柄或把握点的包装和容器<br>B.2.2.7 使用专门设计的物料容器、货盘或托盘<br>B.2.2.8 提供工件固定设备   |
| B.2.3 工具使用    | B.2.3.1 为手持工具设计合适的把柄<br>B.2.3.2 使用悬吊式工具/平衡器<br>B.2.3.3 使用减振工具<br>B.2.3.4 选择合适扫码器<br>B.2.3.5 正确使用显微镜<br>B.2.3.6 合理调整显示屏作业设置<br>B.2.3.7 使用机械化设备代替手工操作<br>B.2.3.8 使用自动检验设备<br>B.2.3.9 配置智能仓储系统  |

表 B.1 电子产品制造作业干预措施示例导引目次(续)

| 干预措施类别     | 干预措施示例（包括但不限于的干预措施）   |
|------------|---|
| B.2.4 作业姿势 | B.2.4.1 手工搬运储物箱或物料<br>B.2.4.2 手工填充或清空容器<br>B.2.4.3 手工精细作业方案<br>B.2.4.4 提供符合人体工效学的座椅<br>B.2.4.5 低位作业方案<br>B.2.4.6 头部以上作业方案<br>B.2.4.7 脚踏开关应用方案 |
| B.2.5 个体防护 | B.2.5.1 防静电手套/指套<br>B.2.5.2 减振手套<br>B.2.5.3 耐高温手套<br>B.2.5.4 防疲劳脚垫<br>B.2.5.5 站立椅<br>B.2.5.6 跪姿护具   |
| B.2.6 工作组织 | B.2.6.1 合理安排工作时间<br>B.2.6.2 增加工间休息<br>B.2.6.3 高低负荷作业轮岗制度<br>B.2.6.4 增加组织内的讨论与交流   |

## B.2 干预措施示例

### B.2.1 工作场所

#### B.2.1.1 加强通风系统设计和维护，保证工作场所空气质量

##### B.2.1.1.1 方案描述

在工作场所合理设置通风换气系统，有粉尘、毒物逸出的设备开口部位应设置局部通排风系统，将有毒有害气体排出和净化，并有效预防热量蓄积，将新风送到作业岗位。减少工作场所粉尘和毒物对作业人员的健康影响，良好的微小气候可降低 WMSDs 的患病风险。

##### B.2.1.1.2 方案要点

保证车间作业时通风换气系统的正常运行，实现有效的通风排毒作用。车间职业安全卫生设计应符合 GB 50523-2010 要求。

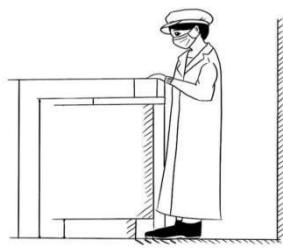
##### B.2.1.1.3 相关岗位

涉及所有的车间，特别是存在粉尘、毒物车间与高温岗位，如半导体（或集成电路）生产中的外延、离子注入、清洗、刻蚀等岗位；电阻、电容等元器件制取等岗位；电子专用材料制作中混陶瓷料、玻璃料、磁性材料等的破碎、配置、加工等岗位；整机联装工艺中的焊接、涂胶、打孔等岗位。

### B. 2.1.2 保证充分的作业空间

#### B. 2.1.2.1 方案描述

设计符合 GB/T 14776-1993 要求的工作岗位尺寸，包括坐姿工作岗位和立姿工作岗位。确保工作场所的作业空间满足作业人员身体尺寸和功能活动的需求，为作业人员提供足够的容膝空间、容腿空间和脚部空间，避免因空间限制引起的强迫体位或不良姿势作业，见图 B.1。



a) 立姿作业岗位图示



b) 坐姿工作岗位图示

图 B.1 保证充分的作业空间

#### B. 2.1.2.2 方案要点

根据工作面高度是否可以调整和作业时使用视力和臂力等不同情况，分别参照 GB/T 14776-1993 对应要求进行坐姿和立姿作业设计。作业人员尽量采用坐姿、立姿交替作业。

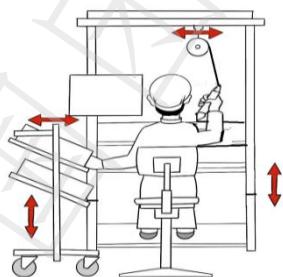
#### B. 2.1.2.3 相关岗位

各类操作岗位均涉及工作岗位尺寸的设计内容，保证作业人员的作业空间。

#### B. 2.1.3 合理设置工作台高度

##### B. 2.1.3.1 方案描述

作业人员的身体应靠近作业点，双手的作业高度应调整在腰部与肩部之间的位置，见图 B.2。作业人员工作台的高度应在其肘关节附近，如果工作需要向下用力，工作台高度应略低于肘关节，减少颈部、肩部及手臂的不良姿势。



a) 可升降装配作业台



b) 可升降操作台

图 B.2 可升降工作台面

##### B. 2.1.3.2 方案要点

可以配备可升降式工作台（如使用液压、电动升降台），以满足不同身高人群及工作内容的需求。

### B. 2.1.3.3 相关岗位

涉及手工作业岗位，如零部件装配作业、包装、尺寸测量、目检检测等作业岗位。

### B. 2.1.4 工作台边缘无尖锐棱角

#### B. 2.1.4.1 方案描述

工作台应设置圆形、柔软的边缘，避免过硬、尖锐的边缘。工作台边缘圆滑，可以减少施加在手腕、手臂或肘部的压力。

#### B. 2.1.4.2 方案要点

工作台外形边缘设计无尖锐棱角，做圆弧处理，也可以在工作台面铺设软垫或对边缘进行封边处理。

### B. 2.1.4.3 相关岗位

涉及需要前臂或腕部长时间支撑在台面的手工操作岗位，如手工插件、绕线、目检、调试等岗位。

### B. 2.1.5 配置转动工作台面

#### B. 2.1.5.1 方案描述

可将工件放置在可转动工作台上，通过转动平台可对工件不同侧面进行操作。避免作业人员频繁翻转工件，减少手部、腰背部用力和扭转，见图 B.3。

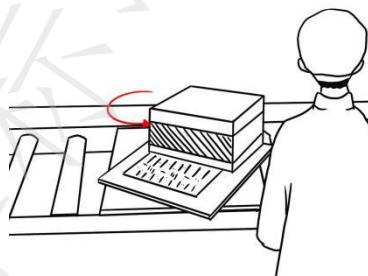


图 B.3 使用可转动组装台面

#### B. 2.1.5.2 方案要点

在工作台、工作面或工件下面安装可转动装置。转动装置应定期维护保养，保持顺滑。

### B. 2.1.5.3 相关岗位

大中型电子产品装配及成品包装岗位。如计算机整机制造、通信设备制造、广播设备制造等大件电子产品的装配和包装。

### B. 2.1.6 合理摆放物料和工具

#### B. 2.1.6.1 方案描述

将物料盒、移动货架及工具架放置在手部主要活动区域内。减少探取物品而造成的不必要用力或肢体弯曲动作，并提高工作效率。

#### B. 2.1.6.2 方案要点

物料和工具应触手可及，即在肘关节水平高度，身体前方 15cm~40cm 以及身体侧面 40cm 以内。

#### B. 2.1.6.3 相关岗位

DIP插件岗位、装配岗位、绕线岗、测试岗位等。

#### B. 2. 1. 7 合理设置流水线工位

##### B. 2. 1. 7. 1 方案描述

对于输送带/滚筒（滚珠）流水线作业，根据 GB/T 14776-1993 要求设置立姿或坐姿输送带工作面高度。流水线电动输送带的传输速度适宜，避免作业人员手部作业频率过高或跟不上传输节奏。在输送带两侧的置物平台上设置切口，使员工可以位于切口内并靠近输送带，避免过度前倾和手臂前伸造成的背部、颈部和肩膀疲劳，见图 B. 4。

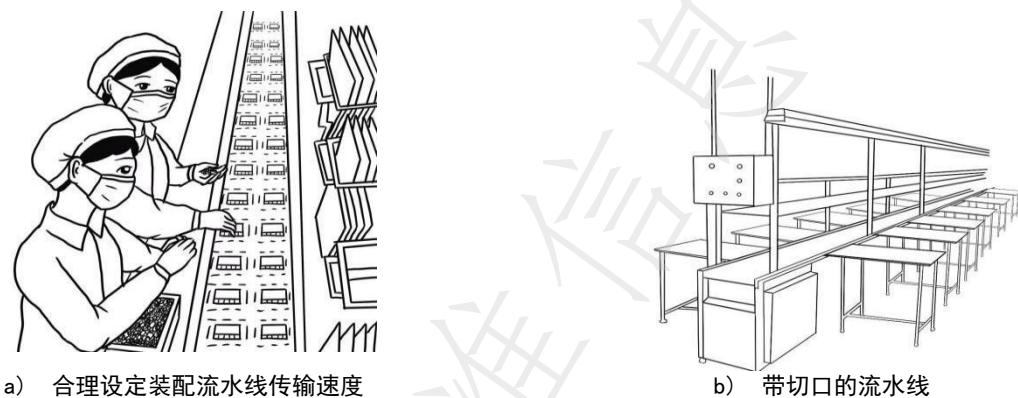


图 B. 4 流水线操作

##### B. 2. 1. 7. 2 方案要点

输送机需要定期维护。

##### B. 2. 1. 7. 3 相关岗位

各类电子产品装配流水线、包装流水线等。

#### B. 2. 1. 8 适当的工作照明

##### B. 2. 1. 8. 1 方案描述

工作场所照明符合 GB50034-2013 相关要求，在同一场所内的不同区域有不同照度要求时，应采用分区照明。对于部分作业照度要求较高，需要近距离观察物品或精细操作时宜增加局部照明，或采用混合照明。适当照明可以预防视觉疲劳，减少颈部和背部不良姿势，见图 B. 5。

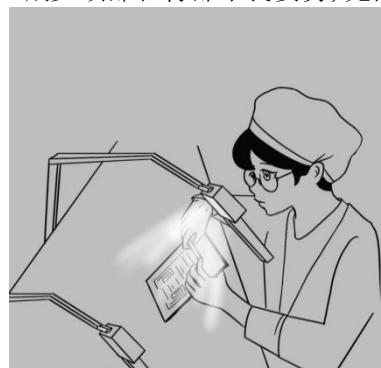


图 B. 5 目检局部照明

##### B. 2. 1. 8. 2 方案要点

在一个工作场所内，不应只配备局部照明。灯光设置应避免阴影和眩光，有效限制工作面上的光幕反光和眩光。定期擦洗照明设备。不同岗位照度可参考 SJ/T 11665-2016 电子信息行业人工照明设计标准。

#### B. 2.1.8.3 涉及岗位

工作区域涉及需要照明的所有岗位，特别是精细作业岗位，如电子元器件装配、检验、测试，线路板电焊、维修、精密设备调试等岗位。

#### B. 2.1.9 清理运输通道，确保路面平坦

##### B. 2.1.9.1 方案描述

清理过道和走廊的障碍物，容许双向运输，并标识通行方向，见图 B.6。清除运输通道上的凸凹处，保证路面平坦、便于通行，并且将物流和人流分开。运输通道双向畅通、平坦、无障碍物有助于良好的工作流程和预防事故的发生，易于使用推车和移动式货架运送物料。



图 B.6 确保运输道路通畅

##### B. 2.1.9.2 方案要点

运输通道路面可覆盖或涂刷一层高摩擦力的涂层，这样既可降低滑倒的危险，又不影响小推车、叉车车轮的滚动阻力。充足的照明有助于辨别道路的凹凸不平之处，避免路面眩光的问题。若存在滑倒危险，应为作业人员配备适宜的工作鞋。

#### B. 2.1.9.3 相关岗位

涉及车间内部运输通道。

#### B. 2.1.10 改进作业区域布局，减少物料和工具的运输需求

##### B. 2.1.10.1 方案描述

根据电子产品制造的工艺需求和生产流程，合理将相同材料、邻近工艺、相似工具的作业安排在同一作业区，减少物料和工具的搬运作业需求，提高工作效率。减少物料运输可缩短工作时间，减轻作业人员因过多体能消耗、重复性作业、过多弯腰等导致的疲劳或劳损，提高工作效率，有助于预防物料运输事故的发生。

##### B. 2.1.10.2 方案要点

划定相似作业的固定作业区域，使用电动传送带、货盘、轮盘等设施进行物料和工具的转移，确保转移途径高效、省时省力。

##### B. 2.1.10.3 相关岗位

涉及工作设备或作业活动较为类似的工作岗位。一般可以分为物料准备区、生产区、测试区、包装区、成品仓库等区域，物料通过传送带或运输车按照生产上下工序进行流转。

## B. 2. 2 材料/设备处理

### B. 2. 2. 1 使用轮式运输装置

#### B. 2. 2. 1. 1 方案描述

用于运输和搬运材料的机械辅助设备，如手推车、托盘车以及电动或自动拖车等，见图 B. 7。方案可降低人工搬运的举力、推力和拉力；辅助移动或转运笨重材料、工具或设备。

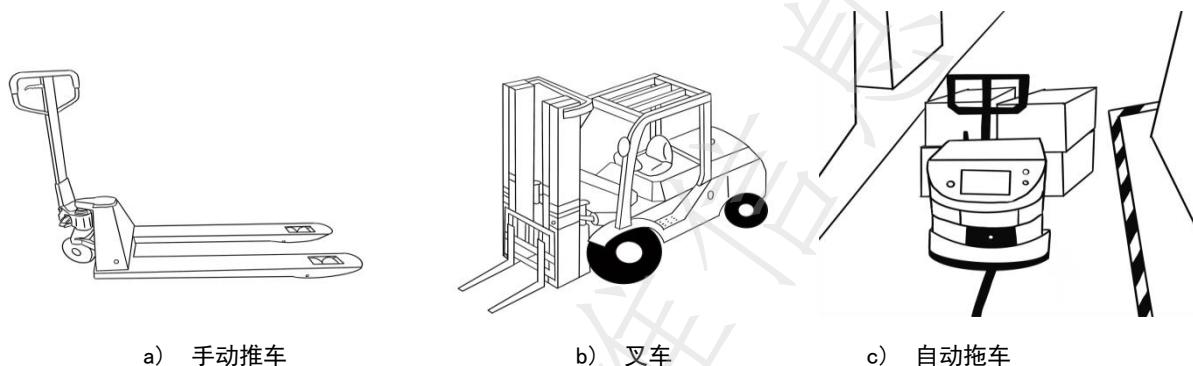


图 B. 7 使用轮式运输装置

#### B. 2. 2. 1. 2 方案要点

运输中应符合设备额定负载重量，确保拖车上的物品安全和平衡，以避免移动或倾斜，装车高度不应妨碍视线。运输车车轮应与地面适应，大直径车轮可改善操纵；后轮旋转和前轮固定有助于轻松推动材料。手动运输车辆把手应放在车后部与人体腰部齐平的位置。

#### B. 2. 2. 1. 3 相关岗位

电子物料的出入库搬运、电子设备半成品的运输、成品仓库仓储物流及设备磨具的更换和维修等。

### B. 2. 2. 2 使用滚珠平面或输送带

#### B. 2. 2. 2. 1 方案描述

作业台面配备手动或电动辊筒、滚珠系统、输送带系统，减少物料的运输频率和运输距离，减少因频繁搬运物品而引起的肩膀和背部疲劳，见图 B. 8。

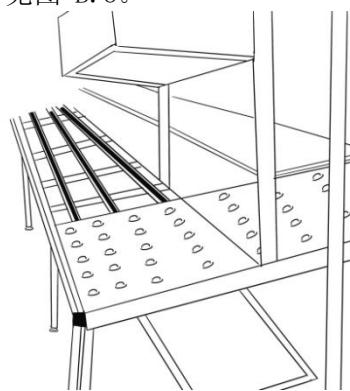


图 B. 8 物料输送传送带及滚珠平台

### B. 2. 2. 2. 2 方案要点

辊筒、滚珠平面或者输送带设置的高度应使作业人员在操作工件时不需弯腰，并留有足够的空间，确保脚部靠近身体，更容易推动或滑动。定期维护滚轴、滚珠或输送带，定期检查所有部件以减少推拉力。

### B. 2. 2. 2. 3 相关岗位

电子产品装配流程中的物料转送，如电子元器件、外包装、零部件的转送。

## B. 2. 2. 3 使用可升降平台车

### B. 2. 2. 3. 1 方案描述

电子物料、半成品在不同车间及生产线间移动和转运可使用可升降平台车，使装载或卸载过程中物料保持或接近腰部高度，减少由于物料提举引起的背部过度弯曲、扭转及用力引起的损伤，见图 B. 9。



图 B. 9 可升降物料平台车

### B. 2. 2. 3. 2 方案要点

可升降平台车一般为手动/电动液压式，大多数可调节的平台车使用弹簧或液压平衡系统进行操作。

### B. 2. 2. 3. 3 相关岗位

电子产品制造过程中的物料、半成品、产品的转送等。

## B. 2. 2. 4 使用小型吊具或真空提升装置

### B. 2. 2. 4. 1 方案描述

使用吊运重物的机械装置、带提升功能的相关设备，如使用真空吸吊机进行重物搬运或提升，见图 B. 10。对较重的物料可使用合适的起重装置提升工具，提升至搬运车或手推车之后再进行转运，减轻不稳定材料的提升和移动时的用力，避免腰背部的受力和损伤风险。



图 B. 10 真空吸吊机

#### B. 2. 2. 4. 2 方案要点

严禁货物超出系统/设备的额定负载重量。

#### B. 2. 2. 4. 3 相关岗位

涉及物料运输的岗位，包括大件原辅料、半成品和成品包装、运输岗位。

#### B. 2. 2. 5 使用可移动式货架

##### B. 2. 2. 5. 1 方案描述

用于材料、工具和设备储存或运输的可移动货架，避免物料在不同工作区间流转时反复装卸，见 B. 11。物料放置在移动式货架上，该货架可直接被运送到下工序工作区，减少物料装卸处理并提高效率。

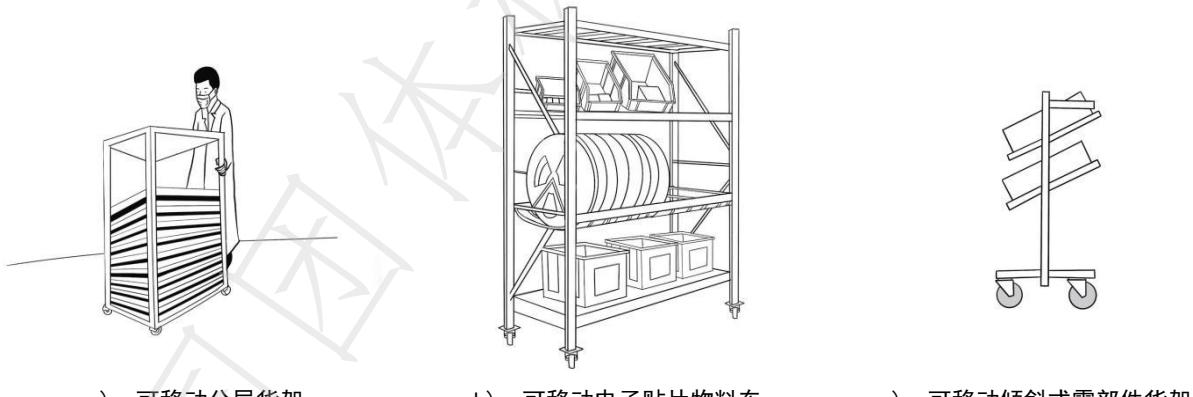


图 B. 11 可移动货架

##### B. 2. 2. 5. 2 方案要点

货架高度应尽可能在膝盖和肩部之间，避免使用高层货架。当需要运输很多小物料时，应为每个物件提供充足的空间，使所有物件都可整洁地被摆放在移动式货架上。

##### B. 2. 2. 5. 3 相关岗位

涉及物料和工具的近距离输送，如电子产品组装电子插件、PCB板、产品外包装岗位。

#### B. 2. 2. 6 使用带把手、手柄或把握点的包装和容器

### B. 2.2.6.1 方案描述

选择装有把手或手柄的包装或容器转运物料，或在箱子、托盘和容器上切割出把手，便于手部抓握。减少因把持货物所引起的肌肉劳损，舒适搬运，提高搬运的安全性。

### B. 2.2.6.2 方案要点

将把手设置在适当角度，在搬运箱子或容器时，使手的腕部处于舒适且伸直的姿势。避免使用表面光滑且无把握点的包装袋。

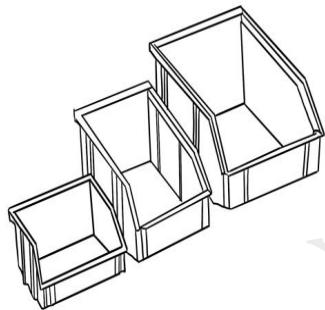
### B. 2.2.6.3 相关岗位

包括物料和成品转运、搬运等岗位。

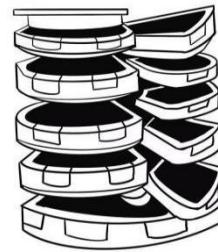
## B. 2.2.7 使用专门设计的物料容器、货盘或托盘

### B. 2.2.7.1 方案描述

为不同电子物料及产品提供专门设计的、尺寸合适的容器、货盘或托盘，以储存并搬运转运物料，简化整理和库存盘点。使用倾斜且侧面开口的容器，可减少提肩、伸头、弯腰等不良姿势且便于拿取，见图 B.12。



a) 使用有角度(侧面开口) 的物料盒



b) 圆形多层可旋转分隔物料盒

图 B.12 物料容器

### B. 2.2.7.2 方案要点

尺寸相同并配有牢固手柄的容器，适合物料的批量转运。为不同物料容器、货盘或托盘的转运，配备尺寸合适的推车或移动式货架。

### B. 2.2.7.3 相关岗位

包括电子物料转运、拣选、装配等岗位。

## B. 2.2.8 提供工件固定设备

### B. 2.2.8.1 方案描述

为待加工工件配置夹具进行固定，避免加工工件时，因其体积小且操作难度大导致的用力抓握和不良姿势操作，见图 B.13。

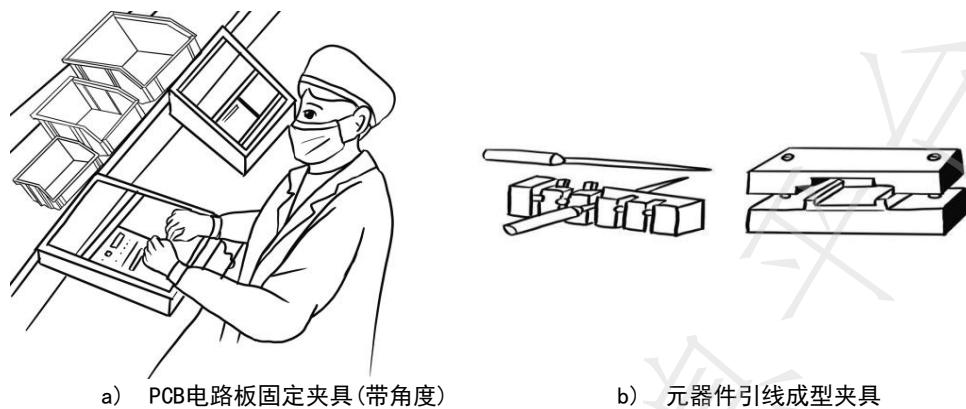


图 B.13 工装夹具

#### B.2.2.8.2 方案要点

固定的位置和高度应适于操作者的身体尺寸，使其操作姿势更加舒适。在装配作业中，使用带角度的夹具固定工件并同时提供手臂支撑，避免因过度低头和身体前倾导致的颈背部肌肉疲劳。

#### B.2.2.8.3 相关岗位

涉及工件固定的岗位。如PCB板固定夹具、螺丝安装固定夹具及不同形状物料的特制夹具。

#### B.2.3 工具使用

##### B.2.3.1 为手持工具提供合适的把柄

###### B.2.3.1.1 方案描述

手持工具重量应适中（除锤头、斧头等），工具把柄应柔软、舒适，无尖角和毛刺，尺寸大小符合手的测量尺寸，手握处宜有合适的波纹以增加抓握的牢度。重量轻的工具可以减少作业人员肌肉疲劳，良好的设计和适当的维护可以帮助减轻手上的压力、不良的姿势（如弯曲的手腕）、用力等危险因素，见图 B.14。

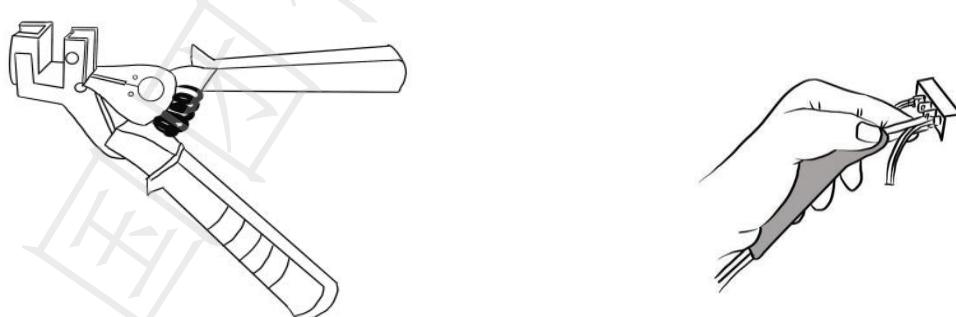


图 B.14 手持工具

###### B.2.3.1.2 方案要点

使用工具时应使操作者的手和上肢保持自然状态。为特定的工作任务选择或设计专用的工具，并定期检查和维护手持工具。

### B. 2.3.1.3 相关岗位

涉及使用手持工具的岗位，如插件、剥线、接线、手工焊工具。

### B. 2.3.2 使用悬吊式工具/平衡器

#### B. 2.3.2.1 方案描述

对于同一岗位在同一操作中重复使用的或长时间使用的工具，可以配备悬吊式工具或平衡器装置，见图 B.15。避免作业人员反复获取工具时的上肢过度拉伸或过度的弯腰前倾，同时减少因长时间用力握持工具而导致的手部和肩部肌肉疲劳。

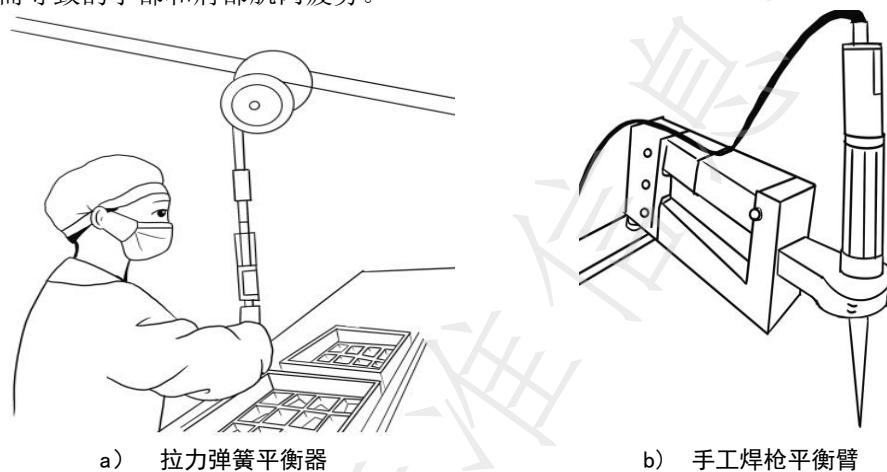


图 B.15 使用悬吊式工具/平衡器

#### B. 2.3.2.2 方案要点

确保不使用悬挂式工具时，不妨碍作业人员的手臂活动范围。

### B. 2.3.2.3 相关岗位

涉及工具使用支撑和定位（包括减振）的岗位，如装配、组装等应用悬吊式螺丝刀、绕接器或热熔胶枪、焊接岗位电烙铁、焊枪平衡定位等岗位。

### B. 2.3.3 使用减振工具

#### B. 2.3.3.1 方案描述

使用专门设计用于降低手传振动的工具。减少设备和工件传递到手上的振动。

#### B. 2.3.3.2 方案要点

应定期进行工具维护，来延长工具寿命并减少振动。振动主要原因源于不平衡或重心偏移，部分工具可使用自动平衡调整重心。手温过低更容易受到振动的影响，应同时保持作业环境温度舒适。应选择能够保持触觉灵敏度的防振手套。

#### B. 2.3.3.3 相关岗位

涉及使用振动工具的所有岗位，如气动拧螺丝岗位。

### B. 2.3.4 选择合适扫码器

#### B. 2.3.4.1 方案描述

对于体积较大物料的信息采集，可选择手持扫码器，并选择无触发开关的扫描设备，以降低手指的频繁；对于体积小且需要移动的物料信息，宜选择固定式扫码器，放置在操作者的正前面，以减少手部的频繁抬举或扭转引起的局部疲劳，见图 B.16。

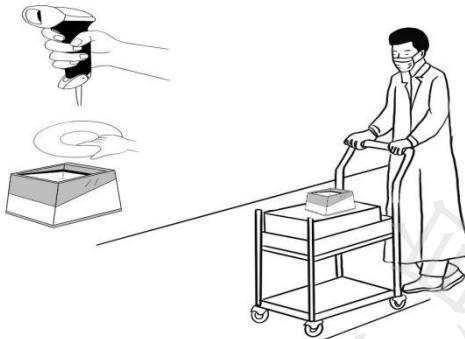


图 B.16 无触发开关扫码器和可移动台式扫码器

#### B.2.3.4.2 方案要点

扫码器应根据作业特点选用。工作台优先选择坐姿作业，减少长时间立姿作业带来的疲劳。

#### B.2.3.4.3 相关岗位

适用于物料入库、发料、领用、回收以及检测、包装打码等电子物料及产品信息采集岗位。

#### B.2.3.5 正确使用显微镜

##### B.2.3.5.1 方案描述

通过调节显微镜高度，使作业人员处于背部直立的位置，使脊柱保持放松的中正姿势，减少颈部和肩部的不良姿势。作业人员保持手肘呈 90°，手臂放在手臂垫上。可使用无目镜显微镜或电子视频显微镜，减少眼部疲劳，见图 B.17。



图 B.17 工业显微镜的使用

##### B.2.3.5.2 方案要点

使用符合人体工程学设计的设备，使用可伸缩的双目观察管，观察物体时的角度可根据个人情况进行调整。宜同时使用可升降座椅，保持舒适的坐姿。定期维护设备，保持镜片或视频显示器清洁。

##### B.2.3.5.3 相关岗位

晶圆蚀刻检验、晶圆上片、晶圆切割、焊线、印字、检验岗位，以及电子元件焊接、检验岗位等。

### B. 2.3.6 合理调整显示屏设置

#### B. 2.3.6.1 方案描述

将显示屏设置于作业人员的视线正前方，避免长时间低头或抬头观察显示屏。操作工具如键盘、鼠标或手持工具高度应放置在立姿或坐姿工位的肘关节高度，使作业人员作业时保持肩膀、手肘和手腕处于放松的中性姿势。减少显示屏作业不适高度造成的颈部、肩膀、腰部和手部的不良姿势，并减少局部肌肉的疲劳。

#### B. 2.3.6.2 方案要点

为输入设备，如键盘和鼠标提供放置空间，显示屏、键盘和鼠标放置高度可调，使工作站能适应不同身高的作业人员。

#### B. 2.3.6.3 相关岗位

自动化操机作业、成品测试检验、装配、物料出库、入库岗位等。

### B. 2.3.7 使用机械化设备代替手工操作

#### B. 2.3.7.1 方案描述

改进机械设备，使用机械代替手工操作，如使用自动剪脚机、气动剪钳、自动点料机、自动缠膜机等，见图 B.18。减少因高频率使用手持工具、手部重复作业以及持续不良姿势所致的疲劳。

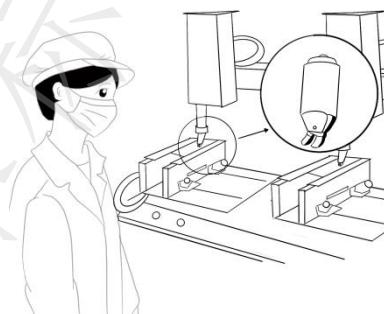


图 B.18 自动剪脚机

#### B. 2.3.7.2 方案要点

通过工程改进减少重复性的手工操作。

#### B. 2.3.7.3 相关岗位

适用于投料、剪脚、插件、包装、点料、部分焊接岗位。

### B. 2.3.8 使用自动检测设备

#### B. 2.3.8.1 方案描述

应用自动检测设备替代人工检测，有效识别制造过程中的缺陷以提高产品质量，见图 B.19。应用自动检测设备，相较于人工检测，可减少人工检测过程中长时间用眼和固定姿势引起的眼部、肩部、颈部疲劳等。

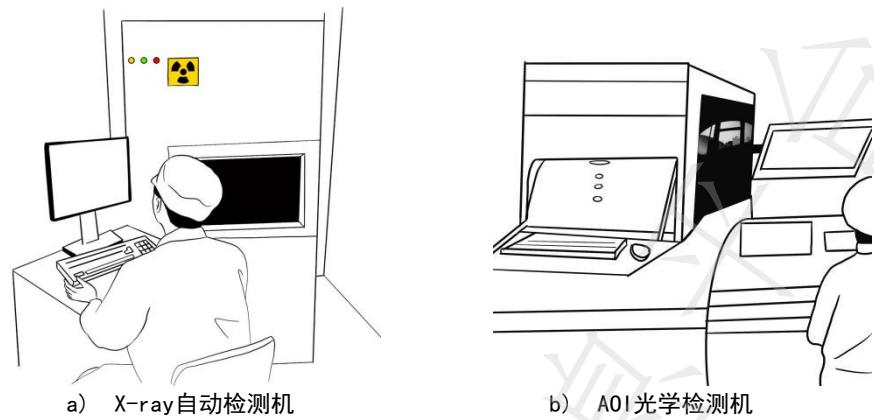


图 B.19 自动检测设备

#### B. 2. 3. 8. 2 方案要点

在SMT制程中常见的自动测试设备根据检测需求及工艺可为X射线检测设备和自动光学检测（AOI）设备。自动检验是非接触式检查，可用在半成品、成品的检测。

#### B. 2. 3. 8. 3 相关岗位

电子元器件检测、刷锡后贴片前检测、贴片后回流焊前检测、回流焊或波峰焊后检测、PCB裸板检测等。

#### B. 2. 3. 9 配置智能仓储系统

##### B. 2. 3. 9. 1 方案描述

建设智能仓储系统，使用拣选机器人。使用自动货柜，减少作业人员上料、配料、取料时因物料位置过高或过低引起的颈部及腰背部的不良姿势，见图 B.20。同时配置智能拣选机器人，准确定位物料位置，降低操作员的脑力疲劳，提高作业人员工作舒适度。

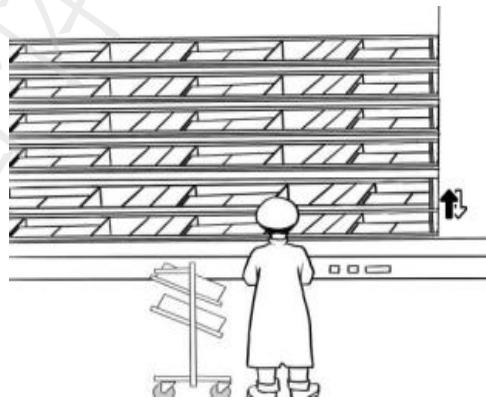


图 B.20 垂直升降柜

#### B. 2. 3. 9. 2 方案要点

针对小型或轻型的电子物料，常见的自动货柜有垂直升降柜、回转柜等。常见智能拣选系统有电子标签拣选或语音拣选方案。

#### B. 2. 3. 9. 3 相关岗位

电子物料存储、点料、配料、回料等岗位。

## B. 2. 4 作业姿势

### B. 2. 4. 1 手工搬运储物箱或物料

#### B. 2. 4. 1. 1 方案描述

搬起储物箱或物料时腰部尽量不要弯曲，应将物体靠近身体，足部保持稳定。为搬运的物件提供把手、手柄或良好的握持点，并牢牢地把持住物件。使用肩部扛运时，应配置肩垫，将容器或物件支撑在一侧肩膀上，并在两侧肩膀之间进行交替。保持正确的搬运姿势，减少完成工作任务的身体负荷，避免肩、背部损伤。

#### B. 2. 4. 1. 2 方案要点

提举时，保持物件靠近身体，通过用腿向上推动提举，而不是腰部用力；或蹲下将物件放在跪姿屈膝的腿上，向上滑动并靠近身体滑至另一条腿上后站起，保持躯干直立。搬运过程中，手、肘部弯曲角度应适宜。较重的物料可寻找身高相似的同伴帮助提举。

#### B. 2. 4. 1. 3 相关岗位

涉及从地板或较低位置（膝部以下）提举或放置的作业岗位，如包装、组装、物流及运输岗位等。

### B. 2. 4. 2 手工填充或清空容器

#### B. 2. 4. 2. 1 方案描述

填充或倾倒物料时，将容器支撑在固定的物体上或靠在固定的架子上或支架上。对于液体或粉末物料，可以考虑使用液泵或者虹吸将物料运送到指定料桶内，避免手工搬运，减少腰部前伸和弯曲，降低完成工作任务的身体负荷。

#### B. 2. 4. 2. 2 方案要点

填充或倾倒时需使用固定装置借力以减轻肢体负荷。

#### B. 2. 4. 2. 3 相关岗位

涉及物料装卸的物流作业岗位和上料加工岗位等，电子专用材料原料混料、投料、上胶等。

### B. 2. 4. 3 手工精细作业方案

#### B. 2. 4. 3. 1 方案描述

应尽量为手工精细作业人员配备座椅。根据 GB/T 14776-1993 要求，设置精细作业面高度和工作站尺寸。进行高精度工作时，应将操作物件放置在略高于肘关节水平的位置，并提供手部支撑。对于较小物料的操作，可配置光学放大镜或显微镜，见图 B. 21。以便作业人员看清楚细微处，减少因需精细观察引起的长时间颈部、肩部不良姿势。



图 B. 21 使用放大镜进行 PCB 板维修

#### B. 2. 4. 3. 2 方案要点

为有需要的岗位配置光学放大镜时，需通过测量被试者的视觉工作距离，根据被试者视觉需求，为每个人配备标准的放大镜。

#### B. 2. 4. 3. 3 相关岗位

需要精细操作装配、焊接、维修或对工件进行仔细检查的岗位，电子元器件、线路板生产、小型零部件装配岗位，清洗岗位、检验岗位等。

#### B. 2. 4. 4 提供符合人体工效学的座椅

##### B. 2. 4. 4. 1 方案描述

为坐姿作业人员提供可移动、旋转、高度可调的符合人体工效学的座椅，避免频繁获取物料时，手部过伸、背部扭转等不良姿势。座椅高度可调节，使作业人员保持舒适坐姿。座椅应设置靠背，为腰部提供支撑，减轻作业人员疲劳，见图 B. 22。



图 B. 22 工效学设计座椅

##### B. 2. 4. 4. 2 方案要点

选择符合 GB/T 14774-1993 要求的座椅。座椅可以根据季节配备坐垫，保持柔软、透气。

#### B. 2. 4. 4. 3 相关岗位

手工插件、装配、包装、人工检测、功能测试等以坐姿作业为主的岗位。

#### B. 2. 4. 5 低位作业方案

##### B. 2. 4. 5. 1 方案描述

因设备操作位较低，作业人员需蹲下或弯腰在不同设备间反复操作，提供可移动坐凳，减少弯腰和蹲姿作业，减少或避免不良姿势作业引起的脊柱和膝部等部位的肌肉骨骼损伤，见图 B. 23。



图 B.23 使用可移动坐凳

#### B. 2.4.5.2 方案要点

尽可能采取上述方案避免腰部弯曲和蹲姿作业，并为低位作业提供充足空间。

#### B. 2.4.5.3 相关岗位

电子贴片机供料器上料、换料、接料及设备底部维修等岗位。

#### B. 2.4.6 头部以上作业方案

##### B. 2.4.6.1 方案描述

应用站立平台提高作业操作位置，避免手部在肩部以上长时间作业，减少肩部、颈部和背部肌肉紧张与疲劳。在物料仓库中可使用可移动式平台梯进行物料的存储和拣选，见图 B.24。

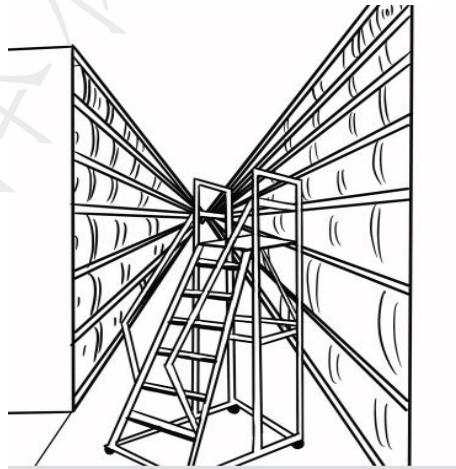


图 B.24 使用可移动式平台梯

#### B. 2.4.6.2 方案要点

可移动式平台梯四周有护栏，使用过程中，具备足够的稳定性和承重能力，符合 GB/T 17889.6-2019 的相关要求。

#### B. 2.4.6.3 相关岗位

包括涉及头部以上作业的设备维修或物料存储、拣选等相关岗位。

#### B. 2.4.7 脚踏开关应用方案

#### B. 2.4.7.1 方案描述

降低脚踏开关的高度，可以提供一个垫脚板，使脚踏开关的高度与脚部的高度持平。避免反复将脚从地面抬高，引起腿部的疲劳。

#### B. 2.4.7.2 方案要点

脚踏开关不应使踝关节在操作时过分弯曲，脚踏板与地面的最佳倾角一般为 $30^{\circ}$ 。在操纵时脚掌应与小腿近似垂直，踝关节活动范围不大于 $25^{\circ}$ ，并在蹬踏力消除后保证操纵器能自动复位。

#### B. 2.4.7.3 相关岗位

使用脚踏开关控制的设备操作岗位，如脚踏零部件整形设备使用岗位、脚踏剪脚机使用岗位等。

### B. 2.5 个体防护

#### B. 2.5.1 防静电手套/指套

##### B. 2.5.1.1 方案描述

在接触电子元器件、电路板等原料、半成品及成品时佩戴防静电手套或指套。去除静电对产品造成损害，同时防止手指反复接触小器件引起指尖磨损，见图 B.25。



图 B.25 使用防静电指套

##### B. 2.5.1.2 方案要点

选用柔软度和透气性较好的防静电手套，选择适合自己的尺寸，手套应该紧贴手部并轻松移动。

防静电指套常见为橡胶制品，需选用合适尺寸，收口不宜过紧，防止手部血液循环不畅。同时应避免长时间佩戴，出现手指长时间潮湿等情况。

##### B. 2.5.1.3 相关岗位

电路板印制、电子元器件组装、产品测试等岗位。

#### B. 2.5.2 减振手套

##### B. 2.5.2.1 方案描述

使用具有防振性能的手套。减少振动从振动工具（如打磨机、气动设备等）传递到手和手臂，见图 B.26。

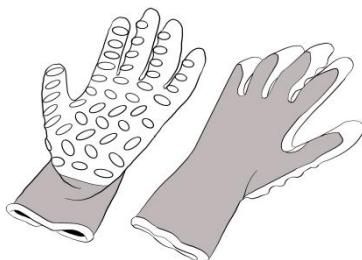


图 B. 26 减振手套

#### B. 2.5.2.2 方案要点

防止过度防护，避免影响正常作业，尽量选择触觉灵敏度高的手套。

#### B. 2.5.2.3 相关岗位

使用手持打磨机、气动设备的相关打磨、装配等岗位。

#### B. 2.5.3 耐高温手套

##### B. 2.5.3.1 方案描述

接触高温设备及物料时，应佩戴防烫伤手套。减少工件的高温传递到手和手臂，引起烫伤，见图 B. 27。



图 B. 27 耐高温手套

#### B. 2.5.3.2 方案要点

衬里和涂层具柔韧性，方便舒适准确工作。

#### B. 2.5.3.3 相关岗位

电子设备组装中手工焊、炉温测试、烧结、分拣、锡缸清理、炉后外观检查等岗位。电子专用材料制造中老练、熔接、烤管、退火、烧结、扩散、被炭、黑化以及电子玻璃生产中的热加工区等岗位操作。

#### B. 2.5.4 防疲劳脚垫

##### B. 2.5.4.1 方案描述

长时间立姿作业，可在工作岗位地面上铺设防疲劳脚垫或使用防疲劳鞋垫，见图 B. 28。减少足部的接触压力，缓解脚部血液流通压力，减少身体疲劳感。



图 B. 28 防疲劳垫

#### B. 2.5.4.2 方案要点

防疲劳脚垫的放置应与地面牢固贴合，定期维护，避免出现滑动及翻起，防止绊倒或摔倒。

#### B. 2.5.4.3 相关岗位

涉及所有长时间立姿作业的岗位（含移动和固定岗位），如物料、上下料、装配、包装、自动化操机岗位等。

#### B. 2.5.5 站立椅

##### B. 2.5.5.1 方案描述

为长时间立姿作业人员提供临时倚靠的站立椅，可以有效支撑腰臀，减轻腿部的疲劳，见图 B.29。



图 B. 29 站立椅

##### B. 2.5.5.2 方案要点

站立椅可倚可坐，提供临时休息，实现坐立交替作业。

##### B. 2.5.5.3 相关岗位

涉及长时间立姿作业的岗位（含移动和固定岗位）。

#### B. 2.5.6 跪姿护具

##### B. 2.5.6.1 方案描述

为跪姿作业人员提供保护膝盖的护垫或护膝。减少膝盖的压力，防止膝盖受损，见图 B.30。



图 B.30 跪姿作业护垫或护膝

#### B. 2.5.6.2 方案要点

在可能的情况下，工作台面应该抬高，以减少跪姿作业。如不可避免进行跪姿作业，宜为作业人员提供护垫或护膝。护垫应足够大且不易滑动，材料应柔软舒适。护膝应该紧贴小腿，但不能影响小腿的血液循环，垫料压实变硬后应及时更换垫料。

#### B. 2.5.6.3 相关岗位

涉及跪姿作业岗位，如设备检修、电装工等。

### B. 2.6 工作组织

#### B. 2.6.1 合理安排工作时间

##### B. 2.6.1.1 方案描述

合理安排工作时间，符合国家相关规定，加强加班时间与轮班制度的规范性，安排及时休息。合理的作息时间能缓解工作疲劳，提高生产效率，减少因长时间保持不良工效学姿势而引起的肌肉骨骼疾患。

##### B. 2.6.1.2 方案要点

避免频繁和长时间超时工作，频繁的轮班/倒班。改变工作时间安排时，管理人员应征询作业人员意见，制定合适的工时制度，合理安排员工休假，可制定员工弹性工作制。

##### B. 2.6.1.3 相关岗位

涉及长时间加班或轮班的作业，如流水线装配作业、自动化操机作业、功能测试与检验。

#### B. 2.6.2 增加工间休息

##### B. 2.6.2.1 方案描述

合理安排工间休息，推荐每半天至少1次，每次休息5~15min。利用工作休息时间进行做操锻炼，缓解腰背部及颈肩肌肉的紧张，具体工间操动作可根据不同岗位特征来定。缓解局部肌肉疲劳，定时放松。

##### B. 2.6.2.2 方案要点

休息的频率和持续时间将取决于任务的性质。一般来说，作业活动需要的力越大，或者一个姿势持续的时间越长，需要的恢复时间就越长；频繁、短暂的休息比少量、长时间休息更利于疲劳恢复；工间休息时间可增加有针对性的适度锻炼，如工间操或弹力绳等。

在连续性高视觉要求作业间增加工间休息，并加强对眼睛肌肉的放松训练并定期完成视力检查。

### B. 2.6.2.3 相关岗位

涉及单调、长时间的持续重复性作业，如插件、装配、检验等岗位。

### B. 2.6.3 高低负荷作业轮岗制度

#### B. 2.6.3.1 方案描述

对于不同作业强度的岗位，如经常需要手工提举重物的岗位，可与体力负荷较轻的岗位定期进行轮换。对于活动部位不同的作业岗位，可以安排岗位轮换作业。方案可缓解局部肌肉疲劳，降低长期体力负荷，减少局部肌肉疾患发生风险。

#### B. 2.6.3.2 方案要点

避免相似作业强度岗位之间的无效轮岗；避免相同活动部位岗位人员之间的互换轮岗。针对连续性视觉终端作业中增加轮岗制度，减少作业重复性。

### B. 2.6.3.3 相关岗位

涉及长时间持续重复性使用单部位作业的岗位，如物料搬运，转运和流水线装配岗位；用视觉要求高的精细装配、手工焊接、目检岗位等。

### B. 2.6.4 增加组织内的讨论与交流

#### B. 2.6.4.1 方案描述

在工作场所为作业人员提供易于交流和相互支持的机会，见图 B.31。作品内容、工作程序、工作时间等发生变化时，应组织作业人员进行讨论，为作业人员提供发表意见和建议的机会。应充分考虑工作要求和作业人员的个体情况。充分交流可以使作业人员得到尊重、提高积极主动性，缓解职业紧张。



图 B.31 增加组织讨论

#### B. 2.6.4.2 方案要点

在每个工作班前组织一个简短会议，传达指令、交换当日工作安排，并且应留有提问和回答问题的时间；安排工作流程，方便一个工段内或工作组内的作业人员有机会不时进行交流，也鼓励作业人员之间的偶尔交谈，尽量避免完全孤立的工作；提供更衣室、休息区、饮水设备和就餐区让大家共同使用，为作业人员提供更多交流机会。

#### B. 2.6.4.3 相关岗位

涉及长时间持续重复、单调作业岗位，如流水线装配、插件、检验等岗位。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 13379-2008 视觉工效学原则 室内工作场所照明
- [2] GB/T 13547-1992 工作空间人体尺寸
- [3] GB/T 14774-1993 工作座椅一般人类工效学要求
- [4] GB/T 14775-1993 操纵器一般人类工效学要求
- [5] GB/T 14776-1993 人类工效学 工作岗位尺寸设计原则及其数值
- [6] GB/T 14779-1993 坐姿人体模板功能设计要求
- [7] GB/T 15241.2-1999 与心理负荷相关的工效学原则 第2部分：设计原则
- [8] GB/T 16251-2023 工作系统设计的人类工效学原则
- [9] GB/T 17889.6-2019 梯子—第6部分：可移动式平台梯
- [10] GB/T 18978.1-2003 使用视觉显示终端(VDTs)办公的人类工效学要求第1部份概述
- [11] GB/T 31002.1-2014 人类工效学 手工操作 第1部分：提举与移送
- [12] GB 50034-2013 建筑照明设计标准
- [13] GB 50523-2010 电子工业职业安全卫生设计规范
- [14] GB/T 50780-2013 电子工程建设术语标准
- [15] SJ/T 11665-2016 电子信息行业人工照明设计标准
- [16] ISO/TR 20646-2014 Ergonomics guidelines for the optimization of musculoskeletal workload
- [17] 国际劳工局编著（张敏主译）. 工效学检查要点（第二版）. 中国工人出版社，2010
- [18] 王忠旭. 工作相关肌肉骨骼疾患及人因工效学评估方法. 人民卫生出版社，2023
- [19] 王卫平. 电子产品制造技术. 北京：清华大学出版社，2007
- [20] 杜中一. 电子产品制造技术（从半导体材料到电子产品）. 北京：化学工业出版社，2020