

T/WSJD

中国卫生监督协会团体标准

T/WSJD 14.4—2024

工作相关肌肉骨骼疾患的工效学预防指南

第4部分 轨道交通设备制造作业

Ergonomic guidelines for the prevention of work-related musculoskeletal disorders

Part 4: Rail transit equipment 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 生产工艺或作业活动、工效学危险因素与潜在的WMSDs部位..... 1

5 干预措施 2

6 效果评估..... 2

附录A(资料性) 轨道交通设备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) 轨道交通设备制造作业工效学干预措施示例..... 7

参考文献 22

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》的要求起草。

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：株洲市劳动卫生职业病防治中心、中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、湖南省职业病防治院、广州市职业病防治院、湖南省联诚轨道装备有限公司、株洲市第二医院。

本文件主要起草人：邱艳霞、胡双球、孙康、杨书、蒋少波、邹海滨、朱海林、王忠旭、贾宁、杨乐华、何卫红、王致、彭志恒、向佳炜、蔡宇翔、许轶、杨建岳等。

工作相关肌肉骨骼疾患的工效学预防指南

第4部分 轨道交通设备制造业

1 范围

本文件规定了轨道交通设备制造业预防工作相关肌肉骨骼疾患的工效学技术要求。

本文件适用于轨道交通设备制造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

轨道交通设备 rail transit equipment manufacturing

专用于轨道交通系统的轨道导向运行的各种设备。

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

4 生产工艺或作业活动、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 轨道交通设备制造主要包括电机、电气设备、车轴、转向架等零部件制造、车体制造、涂装、总装和调试等生产单元。

a) 零部件制造：金属、非金属原材料经加工后做成零部件，主要涵盖备料/下料、铸造、锻造、机加（车、铣、刨、钻、镗等）、成型、焊接、打磨、清洗、组装等工序。

b) 车体制造：是先将钢材加工、焊接组成底架、顶盖、侧墙，再将各部件组焊而成，主要有下料、成型、组焊等工序。

c) 涂装：车体及部分零部件在完成焊装后需要进行涂装，主要包括喷砂、涂胶、腻子、打磨、喷

漆、回修等工序。

d) 总装：包括粘接以及线槽、布线、管道、车门、内饰、设备等的安装。

e) 调试：机车及部分零部件按照试验大纲要求在各试验台进行试验检测。

4.1.2 作业人员进行手工和半自动化操作时，大量使用手动工具和相关操作设备，包括切（气）割机、抛光机、打磨机、砂轮机、各类焊机、喷枪、气（电）动扳手、铆钉机、各类风（电）动工具、悬链、吊具、起重设备、夹钳、折弯机、校平机、剪板机、步冲机、探伤机、液压机、成型机、变位机、数控车床、铣床、试验台、移车台等。

4.2 工效学危险因素

4.2.1 作业人员在不同工艺过程从事不同的生产作业活动，常涉及负重作业、高重复性作业、不良姿势作业、持续久坐或站立作业等，作业过程中广泛存在重负荷、重复性高、强迫体位、静力作业、局部振动和长时间立姿、坐姿、蹲姿伴弯腰等工效学危险因素，并处于较高接触危险。相关岗位及工效学危险因素主要有：铸造、锻造、机加、下料、成型等作业人员长时间立姿或伴弯腰；焊装作业人员长时间立姿、坐姿、蹲姿伴弯腰、颈部前屈、长时间重复作业等；喷砂、涂胶、打磨、腻子、喷漆、回修等作业人员长时间立姿伴弯腰作业、频繁使用手臂作业；粘接、组装作业人员涉及肩以上或膝以下的手工操作、提举和搬运重物；试验检测作业人员存在精力集中、持续久坐或站立作业。

4.2.2 轨道交通设备制造作业在不同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，例如铸造、锻造过程中产生的高温，焊接过程中产生的电焊烟尘、氮氧化物、二氧化锰、电焊弧光、噪声等，切割、打磨时产生的粉尘、噪声和局部振动等，涂装过程中的苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯、乙酸乙酯、乙酸丁酯等有机溶剂。作业人员个体的遗传、性别、年龄等人口学因素和工间休息不足、长时间持续工作等不良工作组织、工作自主性低等社会心理因素也是影响WMSDs发生的危险因素。

4.2.3 轨道交通设备制造作业不同生产单元、主要生产工艺涵盖的各工种或岗位潜在工效学危险因素及其来源参见附录A中的表A.1。

4.3 潜在的WMSDs部位

轨道交通设备制造生产过程中存在的工效学危险因素可能导致作业人员的下背/腰部、颈部、肩部、上背部、手/腕部、膝部、足/踝部、臀/腿部、肘部等部位发生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，措施应包括工作场所、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，应将工程控制作为解决工效学问题的首选措施。

5.2 轨道交通设备制造作业潜在工效学危险因素及其可参照的干预措施（导引编号）参见附录A中的表A.2。

5.3 本文件附录B提供了轨道交通设备制造作业WMSDs预防控制的工效学干预措施示例。措施主要基于常见的轨道交通设备制造作业，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。

全国团体标准信息平台

附 录 A
(资料性)

轨道交通设备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

为便于对轨道交通设备制造作业工效学危险因素的识别与控制，本附录将轨道交通设备制造作业不同生产单元、主要工艺涵盖的岗位或工种（包括但不限于这些岗位）及潜在工效学危险因素与可参照的干预措施归纳如下表 A.1 和 A.2。

表 A.1 轨道交通设备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	工种或岗位 (包括但不限于)	工效学危险因素 (因素编号 ^a)
零部件制造	下料	下料工	2.1、2.2、3.1、3.6
	铸造	熔炼工	2.2、2.3、3.1、4.6、4.8、6.3
		造型工	2.4、2.5、3.1、3.6
	锻造	锻工	2.2、2.5、3.1、3.6、4.6、4.8、6.3
		热处理工	2.1、3.1、3.6、4.8、6.3
	机加	机加工	1.3、2.2、2.4、2.5、3.6
	成型	成型工	1.3、2.1、2.5、3.1、3.6
		数控工	1.3、2.2、3.6
	焊装	电焊工	1.3、1.4、2.4、2.5、3.1、3.3、3.6、4.1、4.3、4.6、5.5
		铆接工	1.3、1.4、2.1、2.2、2.5、2.6、3.1、3.3、3.6、4.3、4.6、5.5
	打磨	打磨工	1.3、2.4、2.6、3.1、3.6、4.1、4.3
	清洗	清洗工	1.3、2.5、3.1、3.6
	组装	钳工	1.3、2.1、2.5、2.6、2.9、3.1、3.3、3.6、4.3、4.4
车体制造	下料	下料工	2.1、2.2、3.1、3.6
		切割工	1.3、2.4、2.5、3.1、3.6、4.3
	成型	成型工	1.3、2.1、2.5、3.1、3.6
		数控工	1.3、2.2、3.6
	组焊	打磨工	1.3、2.4、2.6、3.1、3.6、4.3
		电焊工	1.3、1.4、2.4、2.5、3.1、3.3、3.6、4.3、4.6、5.5
涂装	喷砂	喷砂工	1.3、2.4、2.5、3.1、3.6、4.3、4.6
	涂胶	涂胶工	2.4、2.5、3.1、3.6、4.3
	腻子	腻子工	1.3、2.4、2.5、3.1、3.6、4.3、4.4
	打磨	打磨工	1.3、2.4、2.6、3.1、3.6、4.3
	喷漆	喷漆工	1.3、2.4、2.5、3.1、3.6、4.3、4.6
	回修	回修工	1.3、2.5、3.1、4.3

表 A.1 轨道交通设备制造业潜在工效学危险因素及其来源（续）

生产单元	主要工艺	工种或岗位 (包括但不限于)	工效学危险因素 (因素编号 ^a)
总装	粘接	粘接工	1.3、2.1、2.4、2.5、3.1、3.3、4.4
	设备等安装	装配工	1.3、2.1、2.4、2.5、2.9、3.1、3.3、4.3、4.4、6.4
调试	试验检测	试车工	1.3、2.8、2.9、2.10、3.6
		检测工	1.3、2.8、2.9、2.10、3.6

注：因素编号代表基于 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：1.3-长时间连续操作；1.4-工间休息不足。
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；2.8-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；3.3-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；4.3-工作面高度和尺寸大小不够；4.4-肩以上或膝以下的手工物体操作；4.6-沉重和/或需要高度身体用力的工作物体操作；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：5.5-缺乏自主工作（低影响，低控制）。
6. 环境因素：6.3-作业环境过冷或过热；6.4-作业环境照明不足。

表 A.2 轨道交通设备制造业可参照的工效学干预措施

危险来源	工效学危险因素 ^a	干预措施 (措施编号 ^b)
1. 工作组织	1.3 长时间连续操作	B.2.6.1、B.2.6.2
	1.4 工间休息不足	B.2.6.1
2. 工作类型	2.1 提举和搬运重物	B.2.2.3、B.2.2.5、B.2.2.6、B.2.2.10、 B.2.2.11、B.2.2.13、B.2.3.5、B.2.4.1、 B.2.5.3
	2.2 用力较大的工作	B.2.2.1、B.2.2.2、B.2.2.8、B.2.2.11、 B.2.2.12、B.2.6.1
	2.3 强推拉用力	B.2.2.5、B.2.2.6、B.2.2.7、B.2.2.10、 B.2.2.11
	2.4 高重复性工作	B.2.3.4、B.2.3.6、B.2.6.1、B.2.6.2
	2.5 需频繁使用手指、手或臂部工作	B.2.3.1、B.2.3.3、B.2.3.4、B.2.3.6、 B.2.4.3、B.2.6.1、B.2.6.2
	2.6 工作中使用手臂振动工具	B.2.3.2、B.2.3.3、B.2.5.1
	2.8 使用键盘或其他数据录入设备的精力集中工作	B.2.1.1、B.2.6.1
	2.9 精细操作工作	B.2.4.3、B.2.6.1
	2.10 高视觉要求的工作	B.2.1.2、B.2.6.1

表 A.2 轨道交通设备制造作业可参照的工效学干预措施（续）

危险来源	工效学危险因素 ^a	干预措施 (措施编号 ^b)
3. 作业姿势和动作	3.1 不良姿势和动作	B.2.1.1、B.2.2.4、B.2.2.9、B.2.2.11、 B.2.2.12、B.2.3.4、B.2.3.5、B.2.3.6、 B.2.4.1、B.2.4.2、B.2.4.4、B.2.4.5
	3.3 长时间强迫体位	B.2.1.1、B.2.2.4、B.2.2.11、B.2.3.4、 B.2.3.6、B.2.5.2、B.2.5.4、B.2.6.1、 B.2.6.2
	3.6 持续久坐或站立工作	B.2.1.1、B.2.6.1、B.2.6.2
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.2.1.1、B.2.2.4、B.2.2.11、B.2.3.4、 B.2.3.6、B.2.5.2、B.2.5.4
	4.3 工作面高度和尺寸大小不够	B.2.1.1、B.2.2.4、B.2.2.11、B.2.3.4、 B.2.3.6、B.2.4.2、B.2.4.4、B.2.5.4
	4.4 肩以上或膝以下的手工物体操作	B.2.2.4、B.2.3.4、B.2.3.6、B.2.4.4、 B.2.4.5、B.2.5.4
	4.6 沉重和/或需要高度身体用力的工作物体操作	B.2.2.1、B.2.2.5、B.2.3.1、B.2.3.3、 B.2.3.4、B.2.3.5、B.2.3.6
	4.8 冷/热的工作环境和/或物体的手工处理	B.2.1.3
5. 社会心理因素	5.5 缺乏自主工作（低影响，低控制）	B.2.6.1、B.2.6.2
6. 环境因素	6.3 作业环境过冷或过热	B.2.1.3
	6.4 作业环境照明不足	B.2.1.2
注： ^a 因素编号同表 A.1 ^b 干预措施序号为附录 B 中对应的序号。		

附 录 B
(资料性)

轨道交通设备制造业工效学干预措施示例

B. 1 干预措施示例导引目录

为便于使用时参照查阅，依据轨道交通设备制造业的特征，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 轨道交通设备制造业工效学干预措施示例导引目录

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 保障充分的作业空间
	B. 2. 1. 2 适当的工作照明
	B. 2. 1. 3 加强通风系统设计和维护，保证工作场所空气质量
B. 2. 2 材料/设备处理	B. 2. 2. 1 工装夹具处理
	B. 2. 2. 2 使用工具板和索具架
	B. 2. 2. 3 使用轮式运输装置
	B. 2. 2. 4 焊接变位机
	B. 2. 2. 5 使用顶吊、其他小型吊具、大型起重机等
	B. 2. 2. 6 可移动式货柜
	B. 2. 2. 7 软管、电源线和电缆管理系统
	B. 2. 2. 8 机架和搁板
	B. 2. 2. 9 可移动焊接单元
	B. 2. 2. 10 牵引车和拖车
	B. 2. 2. 11 可移动升降工作台
	B. 2. 2. 12 有角度的架子
	B. 2. 2. 13 有把柄、抓握或把手的箱子
B. 2. 3 工具使用	B. 2. 3. 1 动力手动工具
	B. 2. 3. 2 低振动工具
	B. 2. 3. 3 工具平衡器
	B. 2. 3. 4 自动焊接机器人
	B. 2. 3. 5 使用倒桶器
	B. 2. 3. 6 打磨机器人

表 B. 1 轨道交通设备制造作业工效学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 手工提举、放低或填充或清空容纳箱
	B. 2. 4. 2 移动式座椅
	B. 2. 4. 3 手工精细作业方案
	B. 2. 4. 4 地板作业方案
	B. 2. 4. 5 头以上作业方案
B. 2. 5 个体防护	B. 2. 5. 1 防振动手套
	B. 2. 5. 2 肘垫
	B. 2. 5. 3 肩垫
	B. 2. 5. 4 跪姿支持垫
B. 2. 6 工作组织	B. 2. 6. 1 增加间歇
	B. 2. 6. 2 轮岗作业

B. 2 干预措施示例

B. 2. 1 工作场所

B. 2. 1. 1 保障充分的作业空间

B. 2. 1. 1. 1 方案描述

作业空间和工作岗位尺寸设计应符合GB/T 13547和GB/T 14776的相关要求，包括各类作业姿势相关的作业空间和工作岗位，使坐姿、立姿作业岗位尺寸符合人体工效学，避免作业人员出现强迫体位或不良姿势作业。

B. 2. 1. 1. 2 方案要点

依据工作面高度以及是否可以调整和作业时使用视力和臂力等情况，参照GB/T 13547和GB/T 14776进行坐姿和立姿作业设计。

B. 2. 1. 1. 3 相关岗位

所有固定岗位作业均涉及工作岗位尺寸的设计内容。

B. 2. 1. 2 适当的工作照明

B. 2. 1. 2. 1 方案描述

操作岗位根据操作要求设置局部照明，安装定位灯或佩戴头灯，工作照明符合GB/T 13379要求。当需要近距离观察物品工作时，可以减少颈部和背部不良姿势，见图B.1。



图B.1 工人佩戴头灯作业

B. 2. 1. 2. 2 方案要点

可调臂型灯允许精确定位，可以帮助避免阴影和眩光。

B. 2. 1. 2. 3 相关岗位

工作区域涉及需要补充照明的岗位，如零部件的检验检测。

B. 2. 1. 3 加强通风系统设计和维护，保证工作场所空气质量

B. 2. 1. 3. 1 方案描述

在工作场所合理设置符合要求的通风系统，使整个工作场所都能进行有效通风。减少空气中有害物质蓄积，提供必要的新风保障作业安全，同时降低作业环境温度，减少工作场所粉尘、毒物 and 高温对作业人员肌肉骨骼系统的健康影响，降低WMSDs的患病风险。

B. 2. 1. 3. 2 方案要点

进风口应设置在室外空气清洁区并低于排风口，对有防火防爆要求的通风系统，其进风口应设在不可能有火花溅落的安全地点，排风口应设在室外安全处。

B. 2. 1. 3. 3 相关岗位

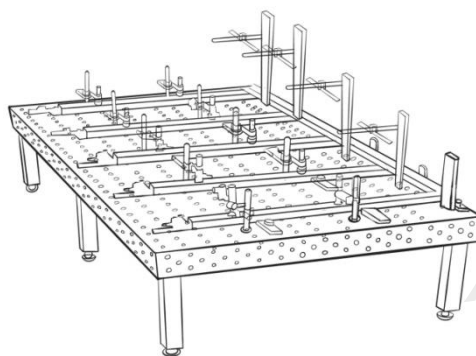
适用于所有的车间，尤其是接触有毒有害化学品、粉尘和高温的岗位，如涂胶、喷漆、喷砂、打磨、电焊、熔炼、锻造、热处理等岗位。

B. 2. 2 材料/设备处理

B. 2. 2. 1 工装夹具处理

B. 2. 2. 1. 1 方案描述

为待处理工件配置夹具固定。避免处理工件时，因其未固定导致的用力抓握和不良姿势操作，见图B.2。



图B.2 工装夹具

B. 2. 2. 1. 2 方案要点

固定的位置 and 高度应适于操作者的身体尺寸，使其操作姿势更加舒适。

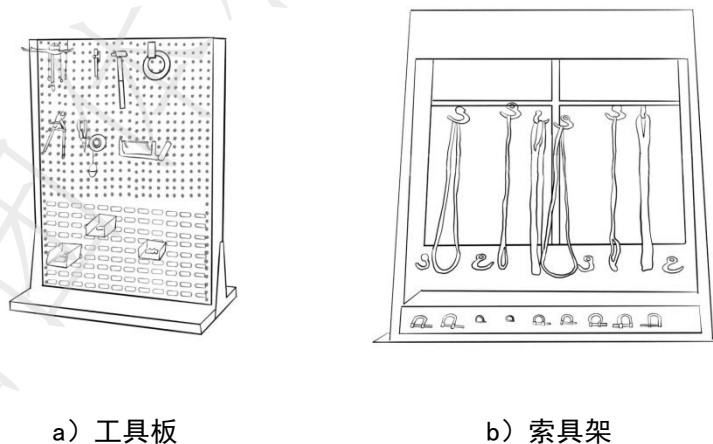
B. 2. 2. 1. 3 相关岗位

所有涉及需工件固定的工装岗位，如零部件的组装。

B. 2. 2. 2 使用工具板和索具架

B. 2. 2. 2. 1 方案描述

可整理和存放工具和索具的挂板或架子。车间内使用工具收纳装置，提供方便索取或使用的工具和材料，减少解开缠结工具的不必要用力或动作，减少浪费时间，见图B.3。



图B.3 工具板和索具架

B. 2. 2. 2. 2 方案要点

摆放工具应触手可及，工位、工具或设备距离手、膝以下或肩以上时，应使用该设备。

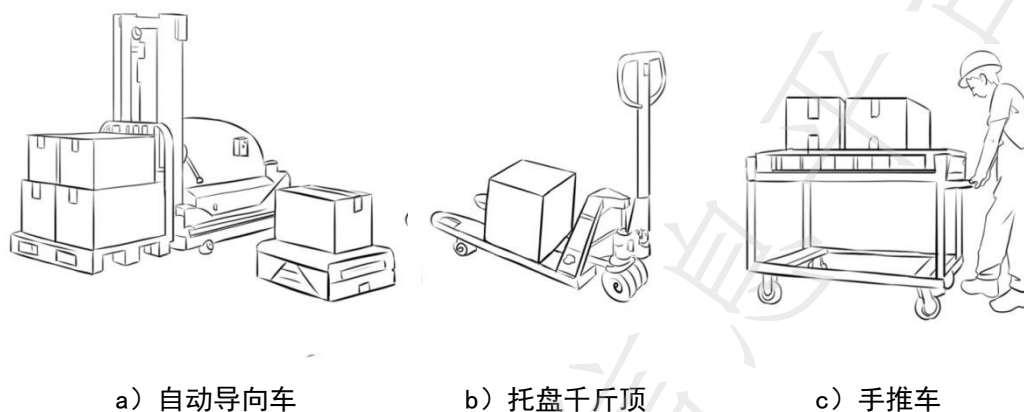
B. 2. 2. 2. 3 相关岗位

电气装配、线路组装、零件安装和分装、涂胶等岗位。

B. 2. 2. 3 使用轮式运输装置

B. 2. 2. 3. 1 方案描述

用于运输和搬运材料的轮式装置（如手推车、手扶卡车等）或千斤顶。该方案可移动或提升笨重材料、工具或设备和定制特殊应用，降低人工举力、推力和拉力，见图B.4。



图B. 4 各种轮式运输装置

B. 2. 2. 3. 2 方案要点

车轮与地面适应，大直径车轮可改善操纵，后旋转和前固定轮有助于推得更容易；前后轮均可转动，车轮应妥善保养；把手应放在车后部腰的位置；装车高度不应妨碍视线；负载应保持平衡，推比拉更可取。

B. 2. 2. 3. 3 相关岗位

物料运送、大零件运输、零部件安装等岗位，如配料、屏柜、制动柜等设备组装。

B. 2. 2. 4 焊接变位机

B. 2. 2. 4. 1 方案描述

用来拖动待焊工件，使工件待焊焊缝运动至理想位置进行施焊作业。减少因位置高度不适带来的不良姿势和强迫体位，降低肌肉疲劳。

B. 2. 2. 4. 2 方案要点

工作台的结构应便于装卡工件或安装夹具，工件安装必须按要求定位，并确定工件的稳定性。

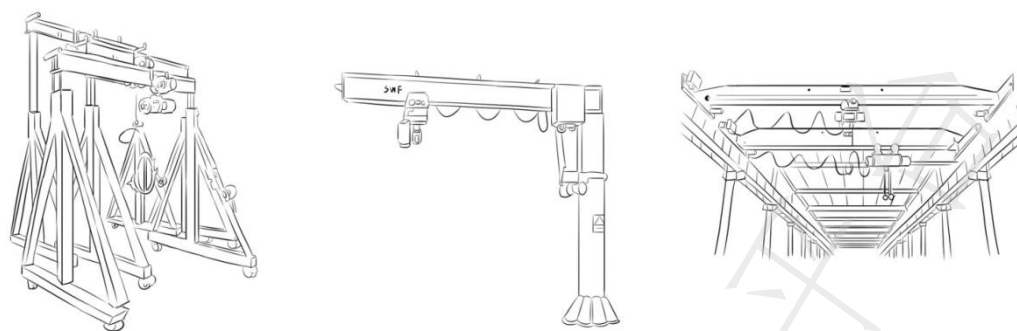
B. 2. 2. 4. 3 相关岗位

底架、顶盖、侧墙、转向架等电焊作业岗位。

B. 2. 2. 5 使用顶吊、其他小型吊具、大型起重机等

B. 2. 2. 5. 1 方案描述

吊运重物的头顶装置、带提升功能的起重机器。方案的实施，可避免人工搬运、推拉沉重物料及设备推车横跨复杂工作场所；对于分段组装后的大型工件，需要使用大型吊机进行转移和吊装。减少搬运重物或工具时所需的力和频繁提升带来的疲劳，见图 B.5。



a) 龙门吊

b) 悬臂吊

c) 桥式起重机

图B.5 各类起重机

B. 2. 2. 5. 2 方案要点

确保系统/设备的额定负载重量，安装起重机前应考虑其运动方式或轨迹，适当设计控制按钮可减少手的不良位置。

B. 2. 2. 5. 3 相关岗位

涉及所有需要调运工具或零部件的岗位。如喷漆、回修、下料、涡轮组装和动平衡试验、产品打包、工件搬运等。

B. 2. 2. 6 可移动式货柜

B. 2. 2. 6. 1 方案描述

用于将材料、工具和设备储存和运输到使用位置的大型货柜。减少物料处理并提高效率，大量材料可同时使用牵引车、叉车或起重机运输，存储货柜可以为特殊用途定制。

B. 2. 2. 6. 2 方案要点

货柜高度应尽可能在膝盖和肩部高度之间，避免使用高边货柜。

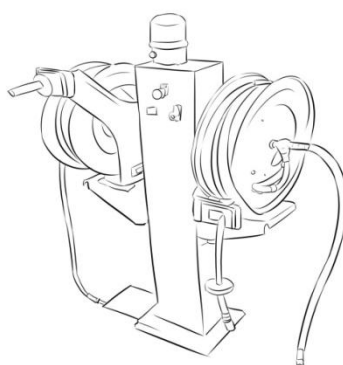
B. 2. 2. 6. 3 相关岗位

涉及较大零部件和工具的近距离输送。如下料、成型、切割、打磨、电焊等岗位

B. 2. 2. 7 软管、电源线和电缆管理系统

B. 2. 2. 7. 1 方案描述

一种存储线圈、软管和电线的卷筒。头顶卷轴减少了空气软管拖拽、弯曲和接触，可轻松方便地存储气动和电气软管/线，弹簧可伸缩设备，减少了手动卷线缆操作，卷轴可便携式安装在头顶、墙壁或工作站上，手动和动力倒带软管卷筒用途广泛，使用头顶卷轴可使软管/绳索远离地面来防止跳闸危险，见图B.6。



图B. 6 电缆卷筒

B. 2. 2. 7. 2 方案要点

尽量减少行驶路径中的缠绕和夹点以及在软管上提供足够的引线，以尽量减少拉力。

B. 2. 2. 7. 3 相关岗位

涉及车间设备使用的所有线缆，如车辆总装时线缆安装岗位。

B. 2. 2. 8 机架和搁板

B. 2. 2. 8. 1 方案描述

用于堆放、移动或存储材料、工具或设备的装置。将材料、工具和设备放置在触手可及的位置，可提升或移动物体，身体不会过度弯扭曲和拉伸；将物品放在机架上，便于从高水平提起；机架改进了物料堆放的组织，便于管理。

B. 2. 2. 8. 2 方案要点

尽可能在膝和肩高度之间存放物品，机架和搁板可定制以满足个人需求。

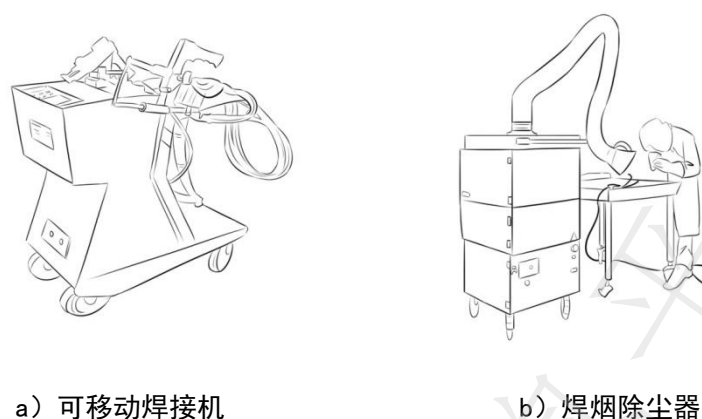
B. 2. 2. 8. 3 相关岗位

涉及存在堆放、移动或存储材料、工具或设备的所有岗位，如零部件的组装、车辆总装各配件的装配。

B. 2. 2. 9 可移动焊接单元

B. 2. 2. 9. 1 方案描述

带有附加夹具、焊枪手柄的焊接单元。允许在不提升的情况下移动焊接单元，在重新定位焊接设备时允许两人同时操作，减少肌肉疲劳和背部伤害的风险，见图B.7。



图B. 7 可移动焊接单元

B. 2. 2. 9. 2 方案要点

夹具的设计应平衡重量，连接到焊接单元的夹具应具有易于夹持手柄。

B. 2. 2. 9. 3 相关岗位

电焊作业岗位。

B. 2. 2. 10 牵引车和拖车

B. 2. 2. 10. 1 方案描述

用于将批量零件、设备、工具移入和移出的设备。拖车有多种尺寸、类型和载荷能力，材料和设备拖车运输可减少磕碰、节省时间、减少装卸操作。

B. 2. 2. 10. 2 方案要点

确保设备额定负载重量，确保拖车上的物品安全和平衡以避免移动或倾斜。

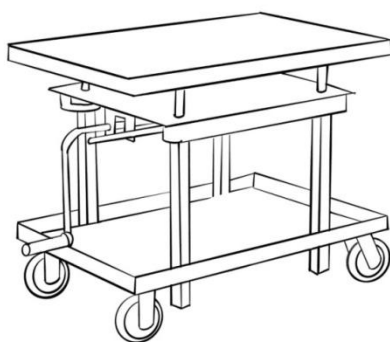
B. 2. 2. 10. 3 相关岗位

涉及所有物流作业，包括车间和仓储物流，如机车零部件、中小部件、转向架部件、橡胶等转运。

B. 2. 2. 11 可移动升降工作台

B. 2. 2. 11. 1 方案描述

可将人或物品提升或降低在舒适高度范围内的装置，使其与工作表面保持水平。措施可降低工人提举、推拉、搬运用力，减少弯腰或肩以上工作等不良姿势，见图B.8。



图B.8 可移动升降工作台

B. 2. 2. 11. 2 方案要点

确保台面上的人或物品安全和平衡以避免移动或倾斜。

B. 2. 2. 11. 3 相关岗位

涉及需要提取和移动物件或工具和大宗物件操作岗位，如零部件的组装、车辆总装各配件的装配材料的搬运、车体打磨、焊接、喷漆等。

B. 2. 2. 12 有角度的架子

B. 2. 2. 12. 1 方案描述

有一定倾斜角度的货架子。减少提肩、伸头、弯腰等不良姿势，改善对容器查看的多余动作。

B. 2. 2. 12. 2 方案要点

倾斜板底缘设挡板，确保物品安全和平衡以避免移动。

B. 2. 2. 12. 3 相关岗位

涉及小零部件上料的所有岗位，如电气、制动器、变压器、冷却塔等设备的组装。

B. 2. 2. 13 有把柄、抓握或把手的箱子

B. 2. 2. 13. 1 方案描述

设计带有把柄、抓握或把手的容纳箱。减少手臂用力，增强对容纳箱的控制。

B. 2. 2. 13. 2 方案要点

不要装载过多物料，减少负荷重量，尽量使用小一点的容纳箱。

B. 2. 2. 13. 3 相关岗位

涉及人工搬运的所有物料箱。

B. 2. 3 工具使用

B. 2. 3. 1 动力手动工具

B. 2. 3. 1. 1 方案描述

根据工程任务需要,从姿势、运动/用力、压力接触、手柄摩擦、手套、重心、工具位置、工具激活按钮和节流器、反力扭矩、平衡器和悬浮、振动与噪声等方面,设计和选用符合人类工效学原则的动力手动工具。减少握持工具数小时所致的手和臂部紧张、疲劳和损伤,降低抓握工具所需的力,减少不良姿势的握持操作,减少冷温接触、减小设备冲击、后坐力和振动,提高生产效率。

B.2.3.1.2 方案要点

基于特定作业任务按照工艺过程需求和工效学原则进行设计和选择工具,预防、控制和降低身体危险因素接触,包括工具、部件和工作场所方面的考虑。避免不良姿势、过度或持续用力、重复操作、接触紧张、振动或噪声接触、冷温接触等作业;尽量选择用力较小且易于抓握的工具。如果没有较轻工具,可使用工具平衡器减轻重量以及降低使用重型工具相关的力。

B.2.3.1.3 相关岗位

使用手动工具的所有岗位,如打磨、切割、装配、钳工、铆接等岗位。

B.2.3.2 低振动工具

B.2.3.2.1 方案描述

专门设计用于降低振动的工具。减少传递到手上的振动,降低工人WMSDs患病风险。

B.2.3.2.2 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偏心的砂轮、衬垫和主轴,有些工具使用自动平衡补偿偏心,应尽可能轻抓住工具并仍保持控制工具,手温低更容易受到振动的影响,选择能够最大限度地减少触觉灵敏度损失的手套。

B.2.3.2.3 相关岗位

涉及使用振动工具的所有岗位,如打磨、切割、抛光、螺栓紧固等装配岗位。

B.2.3.3 工具平衡器

B.2.3.3.1 方案描述

用于对工具进行支撑和定位(包括减振)的便携式设备。减少因长时间握持工具而导致的手部和肩部肌肉疲劳,可减少工具的振动风险。

B.2.3.3.2 方案要点

平衡器需要调整和维护,确保对系统或设备的重量进行评估,可广泛使用弹簧式、气动式、电动式或计算机控制的模式,不同的工具类型可以使用不同适配器连接。

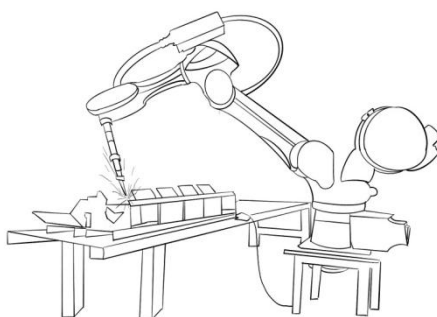
B.2.3.3.3 相关岗位

涉及工具支撑和定位(包括减振)的所有岗位,如车体、转向架等电焊岗位的焊枪定位等。

B.2.3.4 自动焊接机器人

B.2.3.4.1 方案描述

将机器人技术应用于焊接机。减少因以不良姿势或处于受限位置进行长时间焊接所致的疲劳,减少手工焊接量来提高效率,见图B.9。



图B.9 自动焊接机器人

B. 2. 3. 4. 2 方案要点

并不适用于所有焊接应用。

B. 2. 3. 4. 3 相关岗位

适用于车体部件、骨架、底架、侧墙等大零部件电焊作业岗位。

B. 2. 3. 5 使用倒桶器

B. 2. 3. 5. 1 方案描述

移动各类筒装材料的装置。减少过度用力和不良姿势作业。

B. 2. 3. 5. 2 方案要点

手动倒桶机可用于3~15升的容器。

B. 2. 3. 5. 3 相关岗位

转向架、车体等涂装时配料、调漆、喷漆等岗位。

B. 2. 3. 6 打磨机器人

B. 2. 3. 6. 1 方案描述

将机器人技术应用于打磨机。减少因以不良姿势或处于受限位置进行长时间打磨所致的疲劳。

B. 2. 3. 6. 2 方案要点

并不适用于所有打磨件。

B. 2. 3. 6. 3 相关岗位

涉及车体部件、骨架、底架、侧墙等大零部件的打磨。

B. 2. 4 作业姿势

B. 2. 4. 1 手工提举、放低或填充、清空容纳箱

B. 2. 4. 1. 1 方案描述

尽可能避免从地板上抬起，如果必须，腰部不要弯曲，让重物靠近你的身体，保持脊柱处于更安全状态。在提升和降低容纳箱时，保持容纳箱靠近身体。为更易于靠近，拆卸或降低容纳箱侧面。增加手柄，以便更好握持和控制。切割工作台面呈凹形，便于接近容纳箱。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。该方案可减少身体前倾和弯曲，降低肩部和背部紧张，减少完成工作任务所需用力，见图B.10。



图B.10 手工搬运、清空容纳箱操作示意

B. 2. 4. 1. 2 方案要点

提举时，保持负荷靠近身体，通过用腿向上推动提举，或在你跪着的腿上，向上滑动并靠近身体滑至另一腿上后站起，保持靠近身体。较重的物料找到相似高度的同伴帮助提举。

B. 2. 4. 1. 3 相关岗位

涉及从地板或较低位置（膝部以下）提取或放下的作业岗位。如零部件制造中小零件点数配件、清洗等岗位。

B. 2. 4. 2 移动式座椅

B. 2. 4. 2. 1 方案描述

用于零部件安装的可移动的座椅。减少操作人员取零件走动距离，避免弯腰操作导致的下背部损伤。

B. 2. 4. 2. 2 方案要点

注意台面设计以及进出仓室的顺畅和稳定与平衡。

B. 2. 4. 2. 3 相关岗位

涉及较低位置（膝部以下）的零部件安装作业岗位。如顶盖布线 and 接线、屏柜接线等装配岗位。

B. 2. 4. 3 手工精细作业方案

B. 2. 4. 3. 1 方案描述

全螺纹系统上使用锁紧螺母或钮扣螺母，或用电动工具代替手工工具，或采用工效学手动工具。减少所需的手部力量和重复动作的数量，特别是扭转动作。

B. 2. 4. 3. 2 方案要点

反复使用传统的手动工具会导致肌肉拉伤，甚至严重的损伤，如腕管综合症或肌腱炎。使用错误的

工具或者用错误的方式使用工具，会扭伤腕手、前臂、肩膀和颈部。

B.2.4.3.3 相关岗位

需要进行螺栓紧固的装配作业，如零部件、转向架等组装钳工。

B.2.4.4 地板作业方案

B.2.4.4.1 方案描述

- 1: 应用桌子、木架或其他设备抬高作业面至腰部位置；
- 2: 应用长把柄工具，站立完成地板作业任务。减少或避免跪姿或蹲姿作业引发的脊柱和膝部疼痛和损伤。

B.2.4.4.2 方案要点

尽可能采取上述方案，避免腰部弯曲和跪姿、蹲姿作业。如无法避免时，应采取组织方案减少这种作业的频次或持续时间。

B.2.4.4.3 相关岗位

涉及地板作业相关岗位。如底架、侧墙、转向架等电焊、打磨岗位、地板安装、座椅安装等车辆内饰装配。

B.2.4.5 头以上作业方案

B.2.4.5.1 方案描述

工具加长轴（如钻头和螺杆枪等），增加旋转吊架。避免在双肩以上举起沉重工具导致双臂、颈部、双肩和背部肌肉紧张与疲劳。

B.2.4.5.2 方案要点

不适于从事头顶的精细工作，建议减小手持工具重量，缩短作业时间和作业频度。

B.2.4.5.3 相关岗位

涉及头以上操作相关岗位。如车体电焊、打磨、顶端布线、管道、线缆安装。

B.2.5 个体防护

B.2.5.1 防振动手套

B.2.5.1.1 方案描述

具有防振性能的手套。减少振动从振动工具传递到手和手臂。

B.2.5.1.2 方案要点

最佳匹配对减少疲劳至关重要，防振手套不应大幅度增加握持直径，选择尽量减少触觉灵敏度损失的手套，全指手套提供最大的保护。

B.2.5.1.3 相关岗位

适用于有振动感的电动工具作业。如打磨、切割、抛光、螺栓紧固等装配岗位。

B.2.5.2 肘垫

B.2.5.2.1 方案描述

手肘支撑时用来保护肘部的护垫。保护肘部免受接触应力。

B.2.5.2.2 方案要点

适用于在狭窄的空间和/或依靠肘部工作。

B.2.5.2.3 相关岗位

涉及所有需要肘部支撑的作业。如屏柜、制动柜等设备的电焊、打磨。

B.2.5.3 肩垫

B.2.5.3.1 方案描述

在肩上携带物品时保护肩膀的护垫。减少肩膀的接触压力。

B.2.5.3.2 方案要点

当物品不能用手推车或其他运输工具运输时，在肩膀上扛重物通常会在小面积上产生过大的压力，应使用肩垫。

B.2.5.3.3 相关岗位

涉及需要肩扛较重物件或工具的作业。冷却塔、屏柜、制动柜等设备的组装、车辆管道、设备、内饰等装配。

B.2.5.4 跪姿支持垫

B.2.5.4.1 方案描述

跪在坚硬地面上用来保护膝盖的护垫。跪着的时候减少膝盖的压力，防止膝盖受损。

B.2.5.4.2 方案要点

在可能的情况下，工作台面应该抬高，以减少跪地。

B.2.5.4.3 相关岗位

涉及所有跪姿作业岗位。如底架、侧墙、转向架等电焊、打磨岗位、地板安装、座椅安装等车辆内饰装配。

B.2.6 工作组织

B.2.6.1 增加间休

B.2.6.1.1 方案描述

组织安排间休，最好半天1次，每次间休 5~10min。缓解局部肌肉疲劳，减少局部肌肉疾患发生风险。

B.2.6.1.2 方案要点

间休可增加有针对性的适度锻炼，如保健操或弹力绳等。

B. 2. 6. 1. 3 相关岗位

涉及长时间的持续重复性作业。如电焊、打磨、喷砂、腻子刮涂、喷漆、装配的等岗位。

B. 2. 6. 2 轮岗作业

B. 2. 6. 2. 1 方案描述

在不同活动部位的岗位之间，允许岗位轮换作业。缓解局部肌肉疲劳，减少局部肌肉疾患发生风险。

B. 2. 6. 2. 2 方案要点

避免相同活动部位岗位人员之间的互换轮岗。

B. 2. 6. 2. 3 相关岗位

涉及长时间持续重复性使用单单位作业的岗位。如长时间站姿作业的电焊岗位与长时间坐姿作业的电焊岗位。

参考文献

- [1] GB/T 13547 工作空间人体尺寸.
 - [2] GB/T 14776 人类工效学工作岗位尺寸设计原则及其数值.
 - [3] GB/T 13379 视觉工效学原则室内工作场所照明.
 - [4] GB/T 14774 工作座椅一般人类工效学要求.
 - [5] GB/T 14779 坐姿人体模板功能设计要求.
 - [6] GB/T 15241.2 与心理负荷相关的工效学原则第 2 部分:设计原则.
 - [7] GB/T 16251 工作系统设计的人类工效学原则.
 - [8] GB/T 31002.1 人类工效学手工操作第 1 部分:提举与移送.
 - [9] 国际劳工局编著(张敏主译). 工效学检查要点(第二版). 中国作业人员出版社, 2010.
-