

T/WSJD

中 国 卫 生 监 督 协 会 团 体 标 准

T/WSJD 14.3—2024

工作相关肌肉骨骼疾患的工效学预防指南

第3部分 船舶制造作业

Ergonomic guidelines for the prevention of work-related musculoskeletal disorders

Part 3: ship 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、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) 船舶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) 船舶制造作业工效学干预措施示例	7
参考文献	32

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：广州市职业病防治院、中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、中国船舶集团广州船舶工业有限公司、中国船舶集团广船国际有限公司、上海市疾病预防控制中心、大连中远海运重工有限公司、株洲市劳动卫生职业病防治中心、大连市卫生健康监督中心。

本文件主要起草人：王致、彭志恒、王忠旭、贾宁、杨燕、周庆、陈培仙、邱艳霞、杨书、尹艳、杨凤、郑成彬、张海、杨创远、陈西峰。

工作相关肌肉骨骼疾患的工效学预防指南

第3部分 船舶制造作业

1 范围

本文件规定了船舶制造作业预防工作相关肌肉骨骼疾患的工效学技术要求。

本文件适用于船舶（包括油轮、货船、客轮、渔船等）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、预防与控制。

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指南 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

船舶制造作业 ship manufacturing work

指生产能航行或停泊于水域进行运输或作业的交通工具的制造企业，包括油轮、货船、客轮、渔船等各类船舶的制造。

3.1.2

船坞 dock

指船舶制造、停泊和维修时使用的坞式建筑物，排水后可进行船舶制造和维修，灌水后船舶可以进出。

3.1.3

船舶舾装 ship outfitting

指船舶上的电气、通风、管系、内饰等各种设备的安装作业，根据作业区域可分为分段舾装、船坞舾装和码头舾装。

3.1.4

分段制造 segmented manufacturing

指对船体分段进行制造加工的工艺流程，主要包括分段装配、分段焊接、分段涂装等工艺。

3.1.5

组立加工 assembly processing

船舶制造中船体分段装配的一个生产阶段，在固定的场地将零部件进行组装，加工形成船舶简单的船体结构构件。

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

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 船舶制造主要生产工艺包括钢板预处理、组立加工、分段制造、搭载总装、船舶舾装、调试和试航等。

a) 钢板预处理：船舶制造所需钢材的前期处理环节，主要是对钢材进行最初的理料、切割、打磨和焊接等。

b) 组立加工：将零部件按照船舶设计进行组装，形成船舶的局部构件，主要工序包括理料、搬运、切割、打磨、焊接、装配和校正等。

c) 分段制造：称大组立，是船体分段装配的一个生产阶段，将局部构件制作成船体的不同分段，最后再组成完整船体的生产过程，主要工序包括焊接、打磨、喷漆和装配等。

d) 搭载总装：在船坞内将分段制造的分段合拢拼装成完成船体的工艺，主要工序包括合拢、吊装、切割、打磨、焊接、装配、校正等。

e) 船舶舾装：在分段制造和搭载总装过程中对船舶上的各类机械、电器、电子设备、线管等设备的安装作业，主要工序是装配、切割、打磨和焊接等。

f) 调试和试航：指船舶装配完成后对船上所有设备和控制系统的调试工作。

4.1.2 船舶制造的作业活动多为手工操作和半自动化作业，大量使用手动工具和相关操作设备，包括切割机、打砂机、砂轮机、打磨机、抛光机、各类焊机、喷枪、气（电）动扳手、铆钉机、各类风（电）动工具、大型吊具、起重设备（龙门吊、塔吊等）、夹钳、除锈机、折弯机、校平机、探伤机等。

4.2 工效学危险因素

4.2.1 船舶制造生产过程中，广泛存在重负荷、节奏快、重复性高、强迫体位、静力作业、局部振动和长时间站姿、坐姿、蹲姿伴弯腰等工效学危险因素，并处于较高的接触水平。船舶制造作业以非固定岗位为主，在分段制造、搭载总装、船舶舾装作业中普遍存在工作空间不足所致强迫体位或动作受限。船舶制造作业相关岗位及工效学危险因素主要有：理料、搬运等作业人员存在提举和搬运重物、强推拉用力；起重、运输等作业人员存在持续久坐或站立工作；切割、焊接、打磨等作业人员存在长时间强迫体位、不良姿势和动作、工作中使用手臂振动工具；喷漆、涂漆作业人员存在持续站立工作、肩以上的手工物体操作；装配作业人员存在持续站立工作、工作中使用手臂振动工具、工作空间不足所致强迫体位或动作受限等；检查、校正等作业人员存在长时间强迫体位、长时间连续操作；调试和试航存在持续站立工作、长时间连续操作。

4.2.2 船舶制造作业中，在钢板预处理、组立加工、分段制造、搭载总装、船舶舾装等生产工艺中可能存在矽尘、电焊烟尘、金属粉尘、苯系物、乙酸酯类、锰及其化合物、一氧化碳、臭氧等化学因素

以及噪声、高温、手传振动、紫外辐射等物理因素，这些因素可能加重不良工效学因素的健康危害。船舶制造作业中工作时间长、职业性紧张、工作满意度低等心理社会因素也是影响 WMSDs 发生的危险因素。

4.2.3 船舶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参见附录A中的表A.1。

4.3 潜在的WMSDs部位

船舶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 用人单位可结合企业自身情况，确定需要采取控制的危险因素及其优先等级，基于工效学原则和危险控制原则（见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、工作组织等六方面。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方案。

5.2 船舶制造作业工效学危险因素及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提供了船舶制造作业（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船舶制造作业（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)

船舶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

为便于对船舶制造作业工效学危险因素的识别与控制,本附录将船舶制造作业的主要生产单元、主要工艺以及涵盖的岗位或工种(包括但不限于这些岗位)、潜在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 船舶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 [#])
钢板预处理	理料、搬运	配料工、搬运工	1.3、1.7、2.1、2.2、2.3、2.5、3.1、3.4、4.7、6.1
	起重、运输	起重工、铲车工	1.3、2.7、3.6、6.2
	切割、打磨、焊接	切割工、打磨工、电焊工、木工	1.3、2.5、2.6、3.3、3.6
组立加工	理料、搬运	配料工、搬运工	1.3、1.7、2.1、2.2、2.3、2.5、3.1、3.4、4.7、6.1
	起重、运输	起重工、铲车工	1.3、2.7、3.6、6.2
	切割、打磨、焊接	切割工、打磨工、电焊工、铜工、机加工、钳工、管工	1.3、2.5、2.6、3.3、3.6、4.2
	校正	火工、测量工、密性工	1.3、2.5、3.1、3.3
	装配	拼装工、装配工	1.3、2.3、2.5、2.6、3.6、4.2
分段制造	喷砂	喷砂工	3.1、3.6、4.1、5.3、5.4
	喷漆、涂漆	油漆工	1.2、1.3、3.1、3.6、4.1、4.3、4.4
	打磨、焊接	打磨工、电焊工	1.2、1.3、2.5、2.6、3.1、3.3、4.1、4.3、4.4
	装配	装配工、起重工、管工、火工、拼装工	1.2、1.3、1.4、2.3、2.5、3.1、3.6、4.1、4.2、4.4
搭载总装	切割、打磨、焊接	打磨工、电焊工、管工、木工、刨工	1.2、1.3、2.5、2.6、3.1、3.3、4.1、4.4、5.4、6.3
	合拢、吊装	合拢工、起重工、搬运工	1.2、1.3、2.3、3.1、3.6、4.1、4.3、4.4
	装配	装配工、拼装工、钳工	1.2、1.3、1.4、2.3、2.5、3.1、3.6、4.1、4.4、6.1
	划线、检查、校正	划线工、测量工、密性工、质检工、火工	1.3、2.5、2.9、2.10、3.1、3.3、4.1、6.4
船舶	理料、搬运	配料工、搬运工	1.2、1.3、2.1、2.2、2.5、3.1、3.4、

舾装			4.1、4.4、4.7、6.1
	起重、运输	起重工、铲车工	1.3、2.7、3.6、6.2
	切割、打磨、焊接	切割工、打磨工、电焊工、铜工、钣金工、机加工	1.2、1.3、2.5、2.6、3.3、3.6、4.1、4.4、5.4、6.3
	装配	装配工、钳工、拼装工、电工、管工	1.2、1.3、1.4、2.3、2.5、3.1、3.6、4.1、4.3、4.4、6.4
调试和试航	调试	调试工	1.3、2.5、3.1、3.6、5.1、5.3

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：1.2-频繁和长时间超时工作；1.3-长时间连续操作；1.4-工间休息不足；1.7-劳动者间工作强度分配不均匀。
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；2.5-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；2.9-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；3.4-长时间和/或长距离走动（水平或倾斜面上）工作；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-肩以上或膝以下的手工物体操作；4.7-难以抓握或较滑的工作物体操作。
5. 社会心理因素：5.1-心理负荷过多或不足；5.3-职业性紧张工作；5.4-过低的工作满意度。
6. 环境因素：6.1-地面光滑或不平；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 船舶制造作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	1.2 频繁和长时间超时工作	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
	1.4 工间休息不足	B.2.6.1、B.2.6.2
	1.7 劳动者间工作强度分配不均匀	B.2.6.2
2. 工作类型	2.1 提举和搬运重物	B.2.1.3、B.2.1.4、B.2.2.1、B.2.2.3、B.2.2.4、B.2.2.7、B.2.2.8、B.2.3.4、B.2.4.1、B.2.4.2、B.2.4.4
	2.2 用力较大的工作	B.2.2.1、B.2.2.3、B.2.2.4、B.2.2.7、B.2.2.8、B.2.3.4、B.2.4.1、B.2.4.2、B.2.4.4
	2.3 强推拉用力	B.2.2.3、B.2.2.7、B.2.2.11、B.2.3.8
	2.5 需频繁使用手指、手或臂部工作	B.2.1.5、B.2.2.2、B.2.2.10、B.2.3.6
	2.6 工作中使用手臂振动工具	B.2.2.2、B.2.3.3、B.2.5.1
	2.7 具有车辆传递的全身振动工作	B.2.1.3、B.2.1.4、B.2.3.3
	2.9 精细操作工作	B.2.1.7、B.2.3.5、B.2.3.6、B.2.4.5
	2.10 高视觉要求的工作	B.2.1.7

3. 作业姿势 和动作	3.1 不良姿势和动作	B. 2. 1. 1、B. 2. 1. 4、B. 2. 1. 5、B. 2. 1. 6、B. 2. 2. 9、 B. 2. 4. 1、B. 2. 4. 2、B. 2. 4. 4、B. 2. 4. 6、B. 2. 4. 7
	3.3 长时间强迫体位	B. 2. 1. 1、B. 2. 2. 5、B. 2. 4. 6、B. 2. 4. 7
	3.4 长时间和/或长距离走动(水平或倾斜面上)工作	B. 2. 1. 3、B. 2. 1. 4、B. 2. 1. 5
	3.6 持续久坐或站立工作	B. 2. 6. 1
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. 1. 6、B. 2. 2. 12、B. 2. 4. 6
	4.2 工作站设计所致过多动作或不良体位	B. 2. 1. 6、B. 2. 2. 4、B. 2. 2. 5、B. 2. 2. 9
	4.3 工作面高度和尺寸大小不够	B. 2. 1. 6、B. 2. 2. 5、B. 2. 2. 12、B. 2. 4. 6、B. 2. 4. 7
	4.4 肩以上或膝以下的手工物体操作	B. 2. 1. 6、B. 2. 2. 5、B. 2. 2. 12、B. 2. 4. 6、B. 2. 4. 7
	4.7 难以抓握或较滑的工作物体操作	B. 2. 2. 2、B. 2. 2. 10、B. 2. 2. 11、B. 2. 3. 2
5. 社会心理 因素	5.1 心理负荷过多或不足	B. 2. 6. 1、B. 2. 6. 2
	5.3 职业性紧张工作	B. 2. 6. 1、B. 2. 6. 2
	5.4 过低的工作满意度	B. 2. 6. 1、B. 2. 6. 2
6. 环境因素	6.1 地面光滑或不平	B. 2. 1. 3、B. 2. 1. 4
	6.2 全身性振动	B. 2. 1. 3
	6.3 作业环境过冷或过热	B. 2. 1. 2、B. 2. 3. 9
	6.4 作业环境照明不足	B. 2. 1. 7

注: ^a 因素编号同表 A.1

^b 措施编号为附录 B 中对应的编号。

附录 B

(资料性)
船舶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, 依据船舶制造作业的特征, 本附录列出了本作业适宜的干预措施示例目次。

表B.1 船舶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 保证充分的作业空间 B. 2. 1. 2 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 清理运输通道, 确保路面平坦 B. 2. 1. 4 改进作业区域布局, 减少物料和工具的运输需求 B. 2. 1. 5 使用工具板和索具架 B. 2. 1. 6 合理配置工作台 B. 2. 1. 7 适当的工作照明 B. 2. 1. 8 有害作业与无害作业分开
B. 2. 2 材料/设备处理	B. 2. 2. 1 使用轮式运输装置 B. 2. 2. 2 提供工件固定设备 B. 2. 2. 3 使用顶吊、其他小型吊具、大型起重机等 B. 2. 2. 4 使用可移动式货架 B. 2. 2. 5 使用机械升降台 B. 2. 2. 6 可移动的调节式焊接设备 B. 2. 2. 7 使用滚珠平面或输送带 B. 2. 2. 8 使用牵引车、拖车和叉车等 B. 2. 2. 9 使用有角度的架子或控制台 B. 2. 2. 10 使用易于抓握的箱子 B. 2. 2. 11 使用卷轴系统 B. 2. 2. 12 使用可移动升降工作台
B. 2. 3 工具使用	B. 2. 3. 1 配置工具扩展器 B. 2. 3. 2 设计工具平衡器 B. 2. 3. 3 使用减振工具 B. 2. 3. 4 使用倒桶器 B. 2. 3. 5 电磁气动压力机 B. 2. 3. 6 手持动力工具 B. 2. 3. 7 使用支撑杆 B. 2. 3. 8 船坞定心装置 B. 2. 3. 9 轻量级鼓风机
B. 2. 4 作业姿势	B. 2. 4. 1 手工提举或放置储物箱 B. 2. 4. 2 手工填充或清空储物箱 B. 2. 4. 3 使用移动式座椅 B. 2. 4. 4 手工搬运储物箱或物料

	B. 2. 4. 5 手工精细作业方案 B. 2. 4. 6 地板作业方案 B. 2. 4. 7 头部以上作业方案
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 跪姿护垫 B. 2. 5. 5 膝部护具 B. 2. 5. 6 护目镜 B. 2. 5. 7 护耳器
B. 2. 6 工作组织	B. 2. 6. 1 增加工间休息 B. 2. 6. 2 高低负荷作业轮岗制度

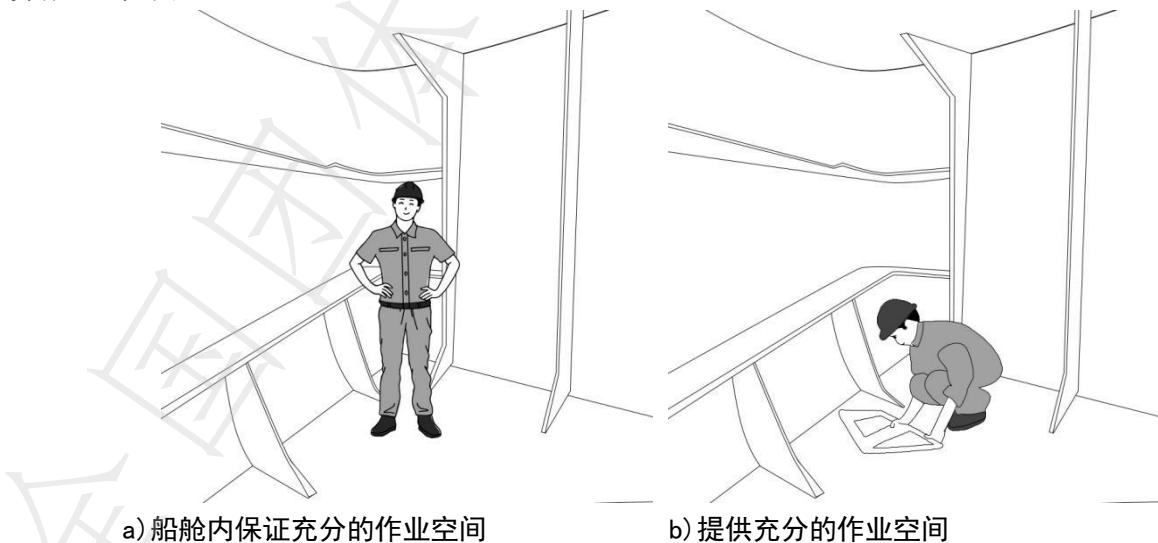
B. 2 干预措施示例

B. 2. 1 工作场所

B. 2. 1. 1 保证充分的作业空间

B. 2. 1. 1. 1 方案描述

作业空间和工作岗位尺寸设计符合GB/T 13547-1992和GB/T 14776-1993的要求，包括各类作业姿势相关的作业空间和工作岗位，避免作业人员出现强迫体位或不良姿势作业。船舱内等有限空间作业时，尽量保证有足够的作业活动空间，使其满足作业人员肢体工作活动要求，避免强迫体位或不良姿势作业（见图B. 1）。



图B. 1 提供充分的作业空间

B. 2. 1. 1. 2 方案要点

依据作业人员的活动特征，参照GB/T 13547-1992和GB/T 14776-1993对作业空间和工作岗位进行工效学设计。局部作业、精细作业尽量安排在船舱外开阔空间，固定作业台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，尽量采用坐姿、站姿交替作业。

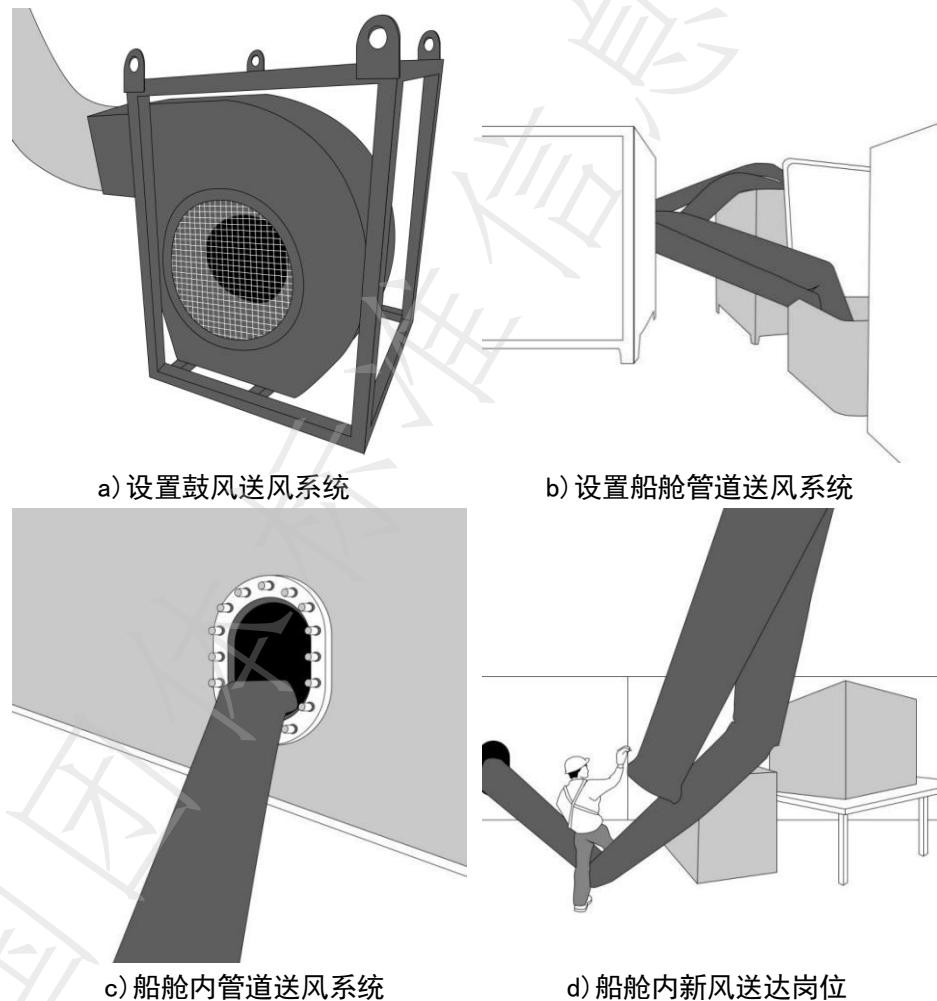
B.2.1.1.3 相关岗位

涉及大部分作业岗位。有限空间作业需注意改善作业空间和作业姿势，如船舱内焊接、喷涂和舾装作业。

B. 2. 1. 2 加强通风系统设计和维护，保证工作场所空气质量

B. 2. 1. 2. 1 方案描述

在工作场所合理设置通风换气系统，特别是船舱等密闭、通风不良区域，将新风送到作业人员岗位，使每人每小时新风量 $\geq 30\text{m}^3/\text{h}$ ，并将有毒有害气体排出，提供必要的新风保障作业安全，同时降低作业环境温度，避免空气中有害物质蓄积，导致作业人员的健康损伤，增加WMSDs的患病风险（见图B.2）。



图B. 2 加强通风系统设计

B. 2. 1. 2. 2 方案要点

保证船舱内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。另外对于喷砂作业可配备全密闭除尘净化系统，喷涂作业可设置局部通风排毒装置，船舱等有限空间的电焊作业可配置移动式局部排风除尘装置。

B. 2. 1. 2. 3 相关岗位

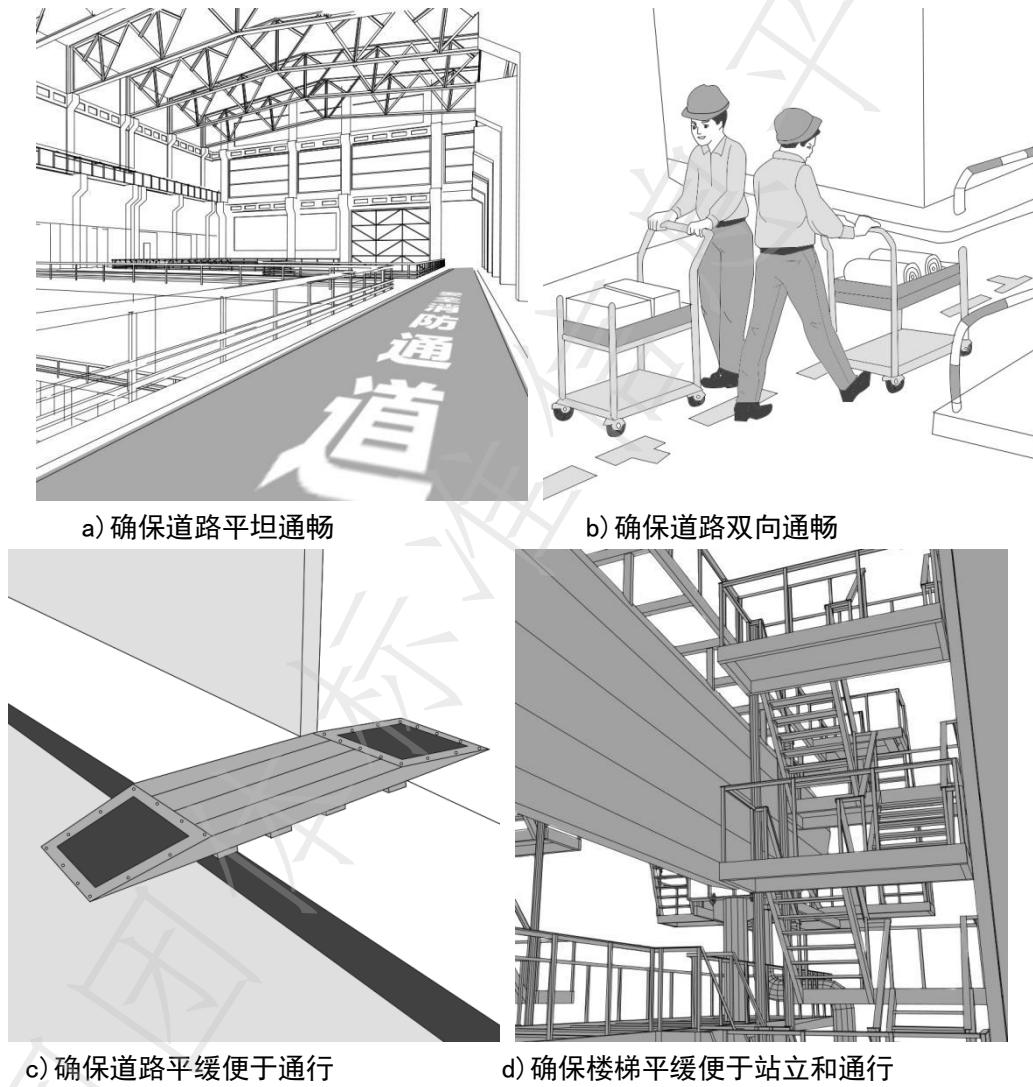
涉及所有的车间，尤其是船舱等有限空间作业岗位。

B. 2. 1. 3 清理运输通道，确保路面平坦

B. 2. 1. 3. 1 方案描述

清除运输通道上的凸凹处，移除地面多余的材料、工具，保证路面平坦、便于通行。

在不平坦或打滑的路面上运送货物是导致滑倒、绊倒、肌肉劳损、用力过度等伤害事故的常见原因，布局良好的运输通道可消除此类事故。路面平坦通畅可便于使用推车和移动式货架（见图B.3）。



图B.3 确保路面便于通行

B. 2. 1. 3. 2 方案要点

运输通道路面可覆盖或涂刷一层耐磨涂层，既可降低滑倒的风险，又不影响小推车、卡车车轮的滚动阻力。道路的凹凸不平之处设置充足的照明。存在滑倒危险的作业区域可为作业人员配备适宜的防滑劳保鞋。清理运输通道或作业地面障碍物（包括工具或杂物等），可以降低作业人员绊倒、滑倒等风险。

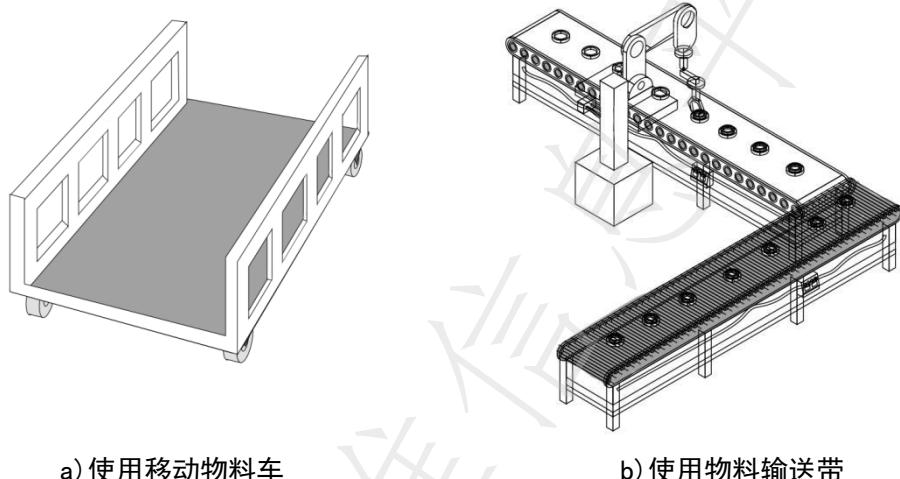
B. 2. 1. 3. 3 相关岗位

涉及所有车间及船舶上的通道、楼梯。

B. 2. 1. 4 改进作业区域布局，减少物料和工具的运输需求

B. 2.1.4.1 方案描述

根据船舶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，减少物料和工具的手工搬运需求，提高工作效率。减少物料运输可大幅缩短工作时间，既可减轻作业人员因高重复性工作、长时间走动、不良作业姿势等导致的疲劳或劳损，也提高了工作效率，有助于预防物料运输所导致的肌肉骨骼损伤事故（见图B.4）。



图B.4 减少物料运输需求

B. 2.1.4.2 方案要点

划定相似作业的固定区域，使用货盘、轮盘、自动物料输送带等设施运输物料和工具，确保运输途径高效、省时省力，减少物料运输工作需求。

B. 2.1.4.3 相关岗位

涉及零部件较多或工作活动较为类似的工作岗位，如组立加工作业。

B. 2.1.5 使用工具板和索具架

B. 2.1.5.1 方案描述

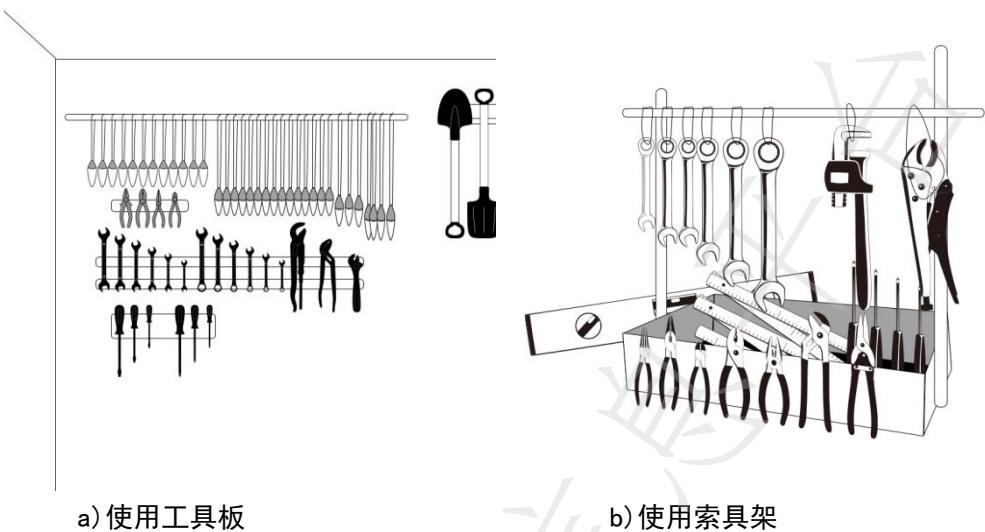
工具板和索具架（工具收纳装置）一般置于膝和肩之间的高度，使存放的工具触手可及，可分为固定或移动装置。船舱内使用工具收纳装置，既有助于保障作业空间通畅和安全，又为工具或材料的索取或使用提供了方便，减少了探取物品而造成的强迫体位或频繁肢体动作，提高工作效率（见图B.5）。

B. 2.1.5.2 方案要点

摆放工具宜触手可及，当需索取的工具、设备或材料在手、膝以下或肩以上时，可使用本方案设备。

B. 2.1.5.3 相关岗位

钢板预处理：焊接、打磨、校正等岗位；组立加工：焊接、铆接、打磨、校正、装配等岗位；分段涂装：油漆、打磨；分段制造：焊接、打磨、管子安装、装配等岗位；搭载总装：装配、打磨等岗位；舾装：电气装配、线路组装、装潢装饰、钳工等岗位。

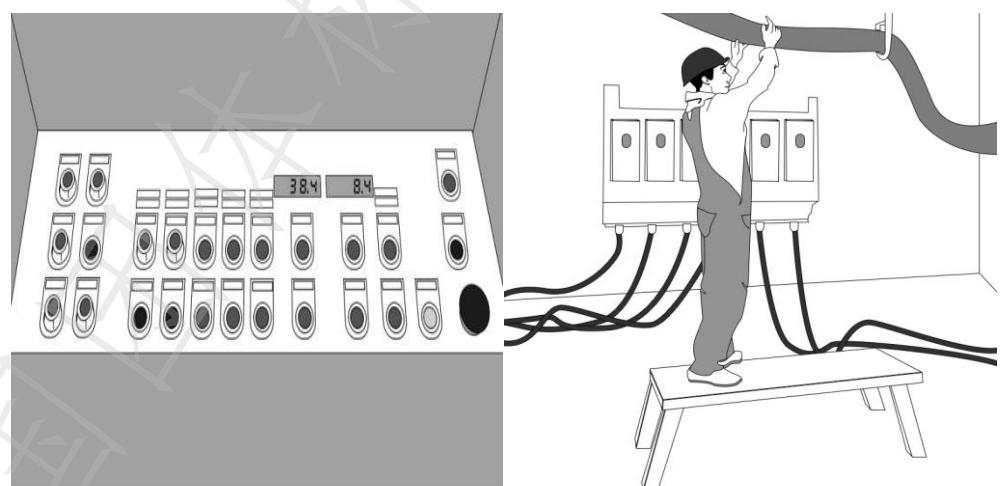


图B.5 使用工具板和索具架

B. 2. 1. 6 合理配置工作台

B. 2. 1. 6. 1 方案描述

设计便于操作的控制台、操作台面或工作台，可方便作业人员进行操作或调整至一定工作高度，将工件方便地移动到台面进行加工和装配作业，可减少下蹲、弯腰、手部过肩等不良作业姿势（见图B.6）。



图B.6 合理配置工作台

B. 2. 1. 6. 2 方案要点

尽量将双手的作业位置调整到腰与肩之间的高度，同时注意工作台能满足负荷、尺寸和形状的需求。

B. 2. 1. 6. 3 相关岗位

如组立加工的工作台、搭载总装的工作平台等。

B. 2. 1. 7 适当的工作照明

B. 2. 1. 7. 1 方案描述

在工作区域和/或设备上安装定位灯或为相关作业人员佩戴头灯。当需要近距离观察和作业时，可以减少颈部和背部不良姿势（见图 B. 7）。

B. 2. 1. 7. 2 方案要点

灯光设置宜避免阴影和眩光。船体组装过程需要保证内部环境的照明条件，确保工作环境的安全与视野舒适。船舱内配置可移动式光源。

B. 2. 1. 7. 3 涉及岗位

工作区域涉及需要采光的所有岗位，特别是搭载总装和舾装过程的船舱内部作业。

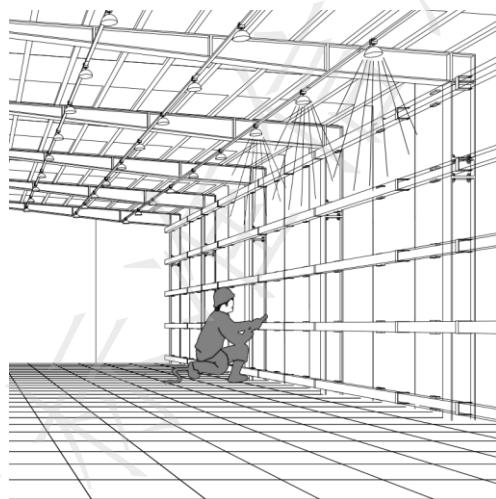


图 B. 7 保证船舱内照明充足

B. 2. 1. 8 有害作业与无害作业分开

B. 2. 1. 8. 1 方案描述

将工作场所中的有害作业和无害作业分开设置，避免有害因素对无害作业人员产生生理和心理影响。

B. 2. 1. 8. 2 方案要点

有害作业集中、独立进行布置，不产生危害的作业不会受到邻近岗位的影响，从而减少对不接触危害的劳动者的健康影响。作业环境有害物的存在对 WMSDs 的发生会产生一定的影响。

B. 2. 1. 8. 3 涉及岗位

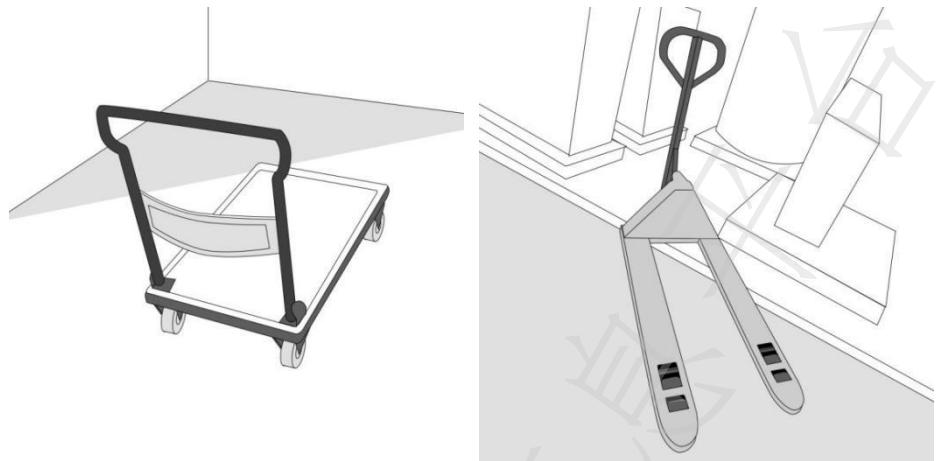
主要涉及产生噪声、挥发性毒物、粉尘等有害作业。

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。它的使用将会减少人工搬运的举力、推力和拉力，辅助移动或转运笨重的材料、工具或设备（见图B.8）。



a) 使用平板车搬运

b) 使用托盘车搬运

图B.8 使用轮式运输装置

B.2.2.1.2 方案要点

托盘车是频繁或远距离移动材料的首选；车轮与地面适应，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；前后轮均可转动，车轮需要妥善保养；车辆把手宜放在车后部与人体腰部平齐的位置；装车高度勿妨碍视线；负载宜保持平衡，推比拉更可靠；车轮应减少振动、防滑、防噪音。

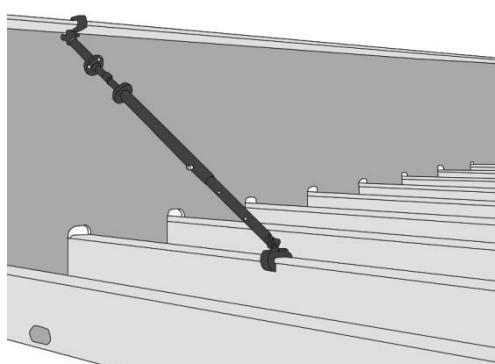
B.2.2.1.3 相关岗位

钢板预处理：钢板搬运、模具更换和维修、材料物流等岗位；组立加工：工件搬运、装配等岗位；分段制造：工件搬运、油漆、装配等岗位；搭载总装：零件搬运、部件吊装、装配等岗位；舾装：物料运送、设备吊装、装配等岗位。

B.2.2.2 提供工件固定设备

B.2.2.2.1 方案描述

配置夹具对待加工工件进行固定，如船体钢板焊接作业。采用该方案在加工工件时，可以避免工件未固定而导致的用力抓握和不良姿势操作，增加工件加工的可靠性（见图B.9）。



图B.9 使用夹具固定钢板

B. 2. 2. 2. 2 方案要点

固定的位置和高度要适于操作者的身体尺寸，使其操作姿势更加舒适，主要适用于小型工件的操作岗位。

B. 2. 2. 2. 3 相关岗位

涉及工件固定的岗位，如组立加工和分段制造。

B. 2. 2. 3 使用顶吊、其他小型吊具、大型起重机等

B. 2. 2. 3. 1 方案描述

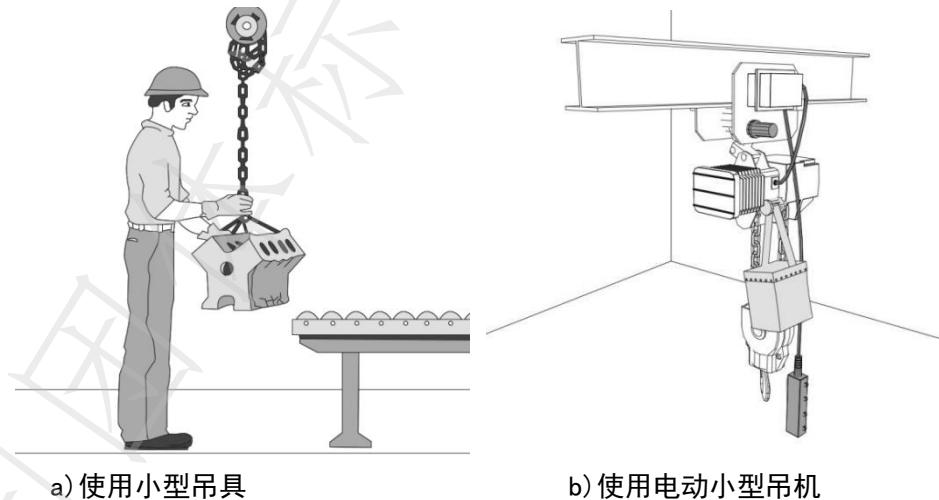
吊运重物的头顶装置、带提升功能的起重机器（如动臂起重机、龙门吊、塔吊等）。该方案的实施可避免人工搬运重物、推沉重物料及横跨复杂工作场所，可附加各种适配器如盒子、袋子和挂钩等；对于分段组装后的大型工件，需要使用大型吊机进行转移和吊装（见图B. 10）。

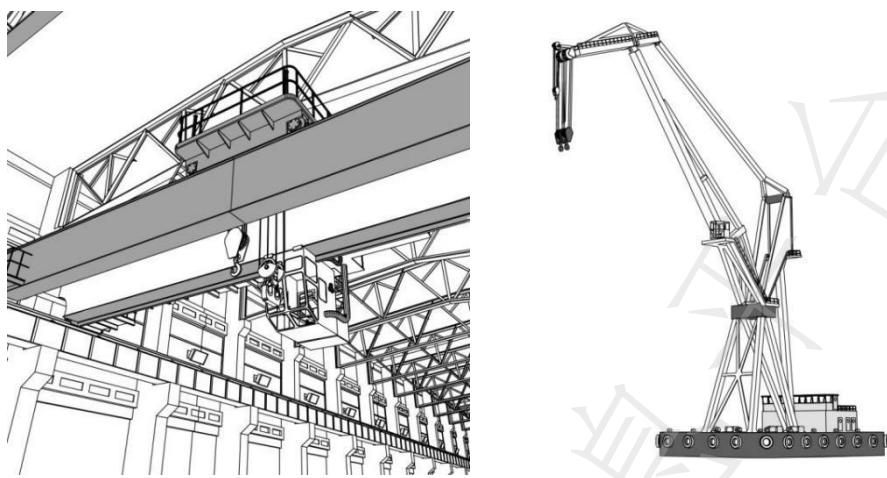
B. 2. 2. 3. 2 方案要点

确保系统/设备的额定负载重量，安装起重机前宜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。确保工件固定装置的可靠性。

B. 2. 2. 3. 3 相关岗位

涉及所有需要调运工具或零部件的岗位，如钢板前处理的上下料，如船体合拢、分段搭载、总装等岗位。



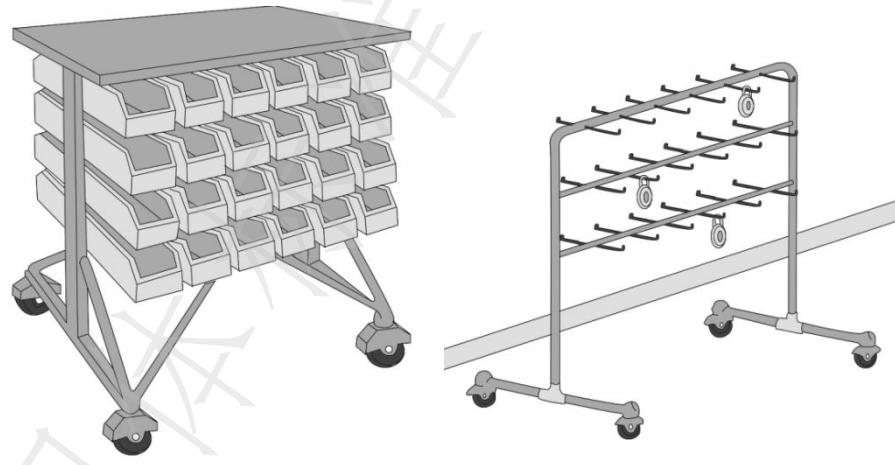


c) 使用大型龙门吊

d) 使用大型起重机

图B. 10 使用各类起重设备

B. 2. 2. 4 使用可移动式货架



a) 使用可移动式货柜

b) 使用可移动式货架

图B. 11 使用可移动式货架

B. 2. 2. 4. 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架。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，存储货架可以减少人手作业负荷（见图B. 11）。

B. 2. 2. 4. 2 方案要点

货架高度尽可能在膝盖和肩部高度之间，避免使用高层货架。

B. 2. 2. 4. 3 相关岗位

涉及较大零部件和工具的近距离输送。

B. 2. 2. 5 使用机械升降台

B. 2. 2. 5. 1 方案描述

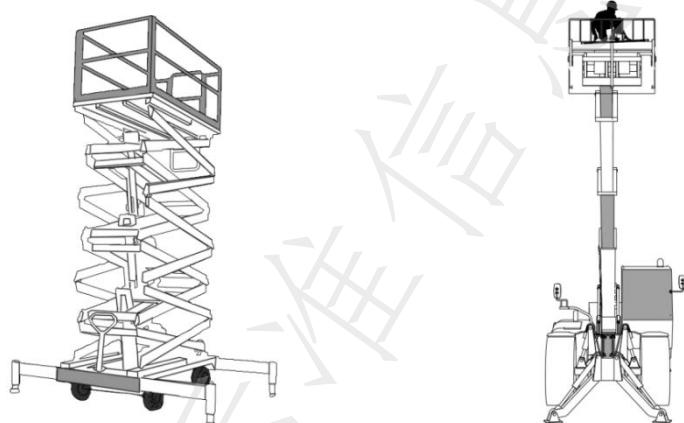
可以托举操作人员将设备、工具或材料放置在适当高度（可调节高度）的机械升降设备。可轻松放置大型材料，易于提升或降低工作面，允许员工以舒适姿势工作，减少作业人员操作时身体弯曲和拉伸，在船体分段制造和搭载总装过程中可以方便安全地进行操作（见图B.12）。

B. 2. 2. 5. 2 方案要点

工作面必须能够支撑物体或材料的重量，使用电力设备可易于操作，高处作业要做好安全防护措施。

B. 2. 2. 5. 3 相关岗位

包括分段制造、搭载总装、舾装等岗位。



a) 使用剪叉式升降台

b) 使用套缸式升降台

图B.12 使用机械升降台

B. 2. 2. 6 可移动的调节式焊接设备

B. 2. 2. 6. 1 方案描述

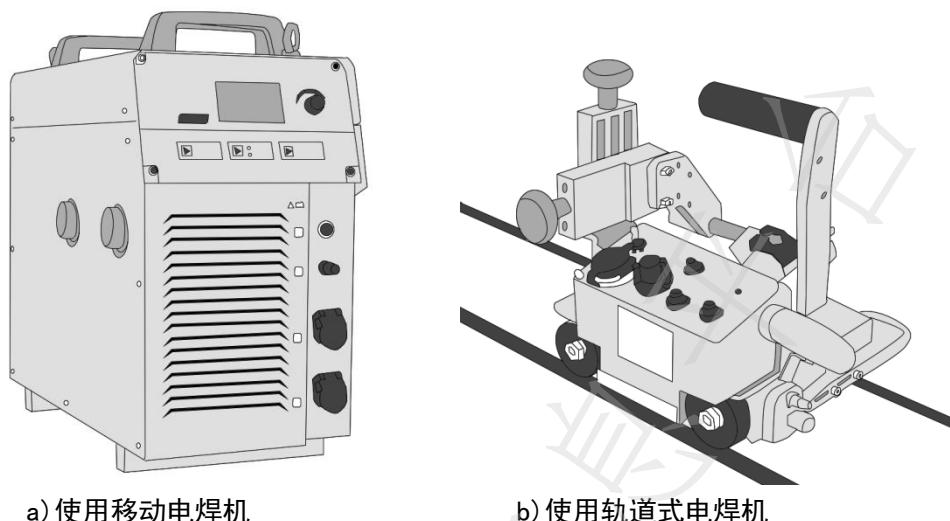
带有附加夹具、焊枪手柄的可移动式焊接设备。该设备在作业点变化时可以减少设备搬运作业，配备的夹具能够适应材料加工的需求（见图B.13）。

B. 2. 2. 6. 2 方案要点

夹具的设计可满足工件和工艺的需求，设备移动滚轮更方便省力。

B. 2. 2. 6. 3 相关岗位

非固定作业的电焊岗位，尤其是船体内部的焊接作业岗位。

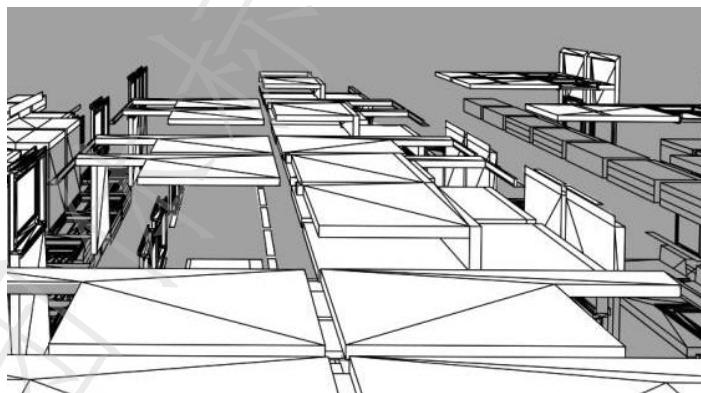


图B.13 使用可移动的调节式焊接设备

B. 2. 2. 7 使用滚珠平面或输送带

B. 2. 2. 7. 1 方案描述

作业台面配备手动或电动滚珠系统、滚轮系统、输送带系统等，这样可以避免在工作台之间搬运大块金属或重物，减少工作台上的摩擦力。方案减少了因频繁搬运物品而引起的肩膀和背部疲劳。输送带可以结合工艺流程优化材料自动输送（见图B.14）。



图B.14 使用滚珠平台

B. 2. 2. 7. 2 方案要点

手动输送机需要定期维护，以减少推拉力。手动传送带上的物品宜在腰部以下或略低于腰部高度时，可更容易推动或滑动，但需避免人员夹伤。

B. 2. 2. 7. 3 相关岗位

钢板前处理的物料转送、组立加工的装配岗位等。

B. 2. 2. 8 使用牵引车、拖车和叉车等

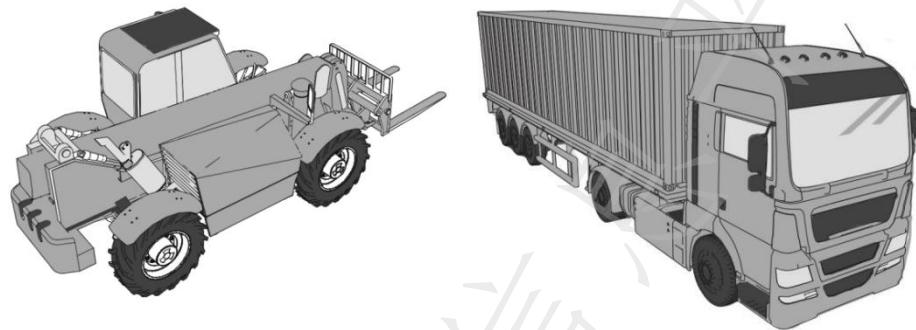
B. 2. 2. 8. 1 方案描述

用于批量运输原材料、零部件和工具设备等。材料和设备拖车运输可减少磕碰、节省时间、减少

装卸操作，减少手工作业带来的肌肉疲劳。拖车有多种尺寸、类型和载荷能力，其中电动车辆应用最为广泛（见图B.15）。

B. 2. 2. 8. 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。



a) 使用叉车运输

b) 使用卡车运输

图B. 15 使用牵引车、拖车和叉车等

B. 2. 2. 8. 3 相关岗位

涉及所有物流作业，包括车间和仓储物流。

B. 2. 2. 9 使用有角度的架子或控制台

B. 2. 2. 9. 1 方案描述

设计具有一定倾斜角度的货架或控制台。方案可以减少抬肩、伸头、弯腰等不良姿势，改善货架和操作平面的视野（见图B.16）。



a) 设计有角度的货箱

b) 使用有角度的控制台

图B. 16 使用有角度的架子或控制台

B. 2. 2. 9. 2 方案要点

倾斜板底缘设挡板，确保物品安全、不易掉落，设计舒适的观察角度。

B. 2. 2. 9. 3 相关岗位

涉及船舶小零部件上料的组立加工岗位和舾装装配岗位、人机界面操作等。

B. 2. 2. 10 使用易于抓握的箱子

B. 2. 2. 10. 1 方案描述

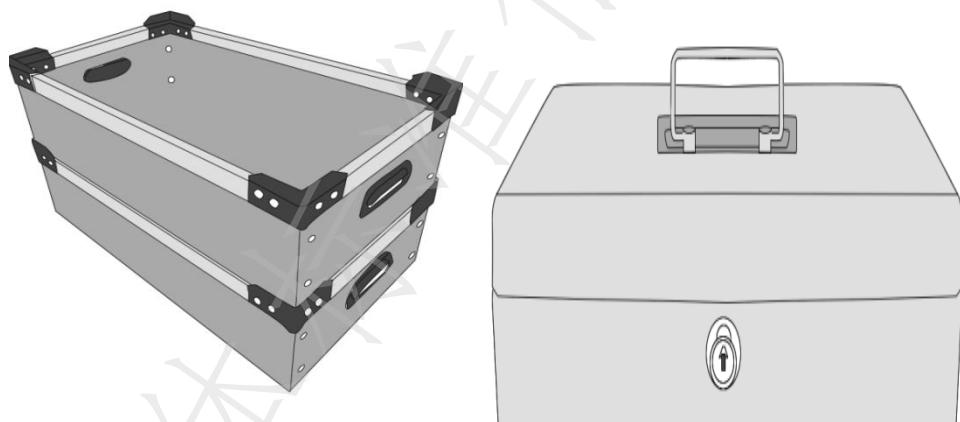
设计带有把手、抓握或把手的储物箱。这样可减少手臂用力，避免手指抓握过重物件，提升对储物箱的控制（见图B. 17）。

B. 2. 2. 10. 2 方案要点

避免装箱后过重，减少作业人员负荷重量，尽量使用小一点的储物箱。

B. 2. 2. 10. 3 相关岗位

涉及人工搬运的所有储物箱，负荷重量较大的优先使用机械辅助设备进行搬运。



a) 使用易于抓握的储物箱

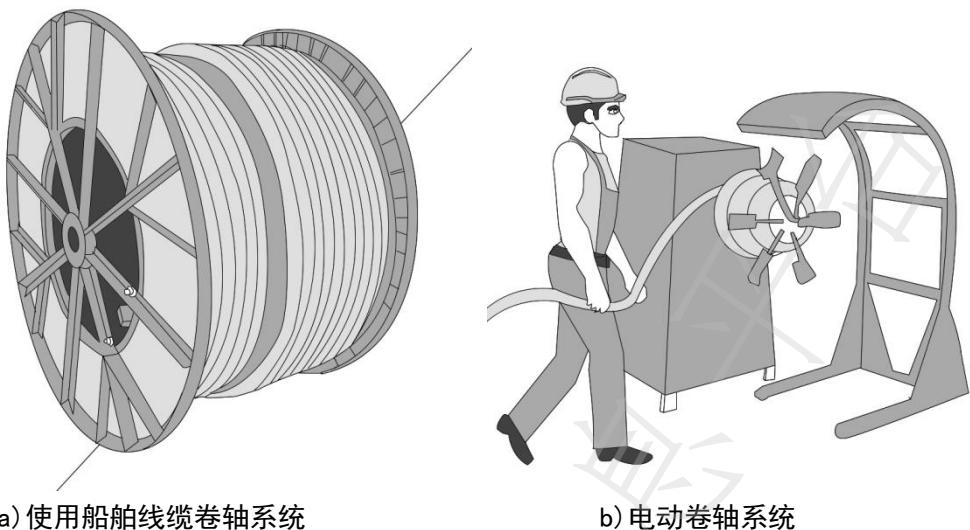
b) 使用易于抓握的箱子

图B. 17 使用易于抓握的箱子

B. 2. 2. 11 使用卷轴系统

B. 2. 2. 11. 1 方案描述

用于存储线圈、软管和电线的一类卷筒系统。卷轴系统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（见图B. 18）。



图B.18 使用卷轴系统收纳管线

B. 2. 2. 11. 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. 11. 3 相关岗位

涉及使用软管、电源线和电缆等线缆的岗位，包括船舶下水后使用的缆绳、锚绳等。

B. 2. 2. 12 使用可移动升降工作台

B. 2. 2. 12. 1 方案描述

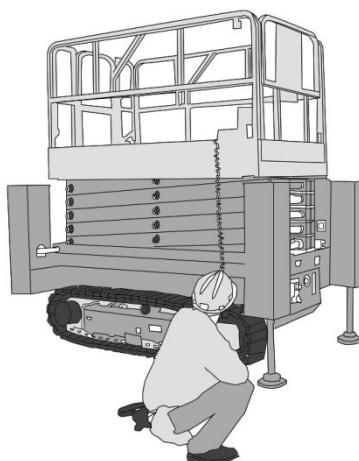
提升或降低负荷至舒适高度范围的装置，使其与工作表面保持水平位置，从而减少提举、推拉、搬运用力，减少弯腰等不良姿势（见图B.19）。

B. 2. 2. 12. 2 方案要点

确保台面上的物品安全和平衡以避免移动或倾斜。可储存较重或较笨重的设备。

B. 2. 2. 12. 3 相关岗位

涉及需要提取和移动大宗物件或工具的岗位、作业面在较高位置的作业岗位。



图B.19 履带式可移动升降工作台

B. 2. 3 工具使用

B. 2. 3. 1 配置工具扩展器

B. 2. 3. 1. 1 方案描述

对手动工具进行扩展的一类便于操作的加载器具，如加长手持工具的手柄。操作员使用拓展工具后能够站立或直立，而不是采用蹲姿或肢体弯曲等不良姿势，同时可减少传递到手臂的振动。可以连接到多种类型手持工具，在船舱内有限空间中发挥作用（见图 B. 20）。



图 B. 20 配备工具延长手柄

B. 2. 3. 1. 2 方案要点

根据工具使用人员的人体尺寸及作业场景设计扩展器。改装工具可能会造成危险，禁止以违反国家电气规范的方式改装工具。

B. 2. 3. 1. 3 相关岗位

涉及分段制造和搭载总装工艺中手臂不可及或手持工具不可及的喷涂、打磨等岗位。

B. 2. 3. 2 设计工具平衡器

B. 2. 3. 2. 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。该方案可减少因长时间握持工具而导致的手部和肩部肌肉疲劳，可降低工具振动带来的危害。

B. 2. 3. 2. 2 方案要点

平衡器需要调整和维护，确保不影响系统或设备的正常功能，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。

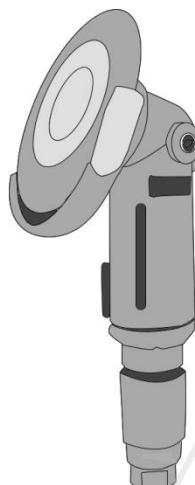
B. 2. 3. 2. 3 相关岗位

涉及工具支撑和定位（包括减振）的所有岗位，如组立加工车间的焊枪平衡定位。

B. 2. 3. 3 使用减振工具

B. 2. 3. 3. 1 方案描述

专门用于降低手传振动的工具，用于减少设备和工件传递到手上的振动（见图B. 21）。



图B. 21 配备减振防护套的振动设备

B. 2. 3. 3. 2 方案要点

在不影响工具性能的情况下配置减振装置。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，尽可能轻抓工具并仍保持控制工具。手温过低更容易受到振动的影响。接振岗位宜配置减振手套。

B. 2. 3. 3. 3 相关岗位

涉及使用振动工具的所有岗位，如打磨、气动拧螺丝岗位。

B. 2. 3. 4 使用倒桶器

B. 2. 3. 4. 1 方案描述

移动或翻转各类筒装材料的装置，可由一个人轻松操作，用于减少过度用力和不良姿势作业（见图B. 22）。

B. 2. 3. 4. 2 方案要点

注意手动倒桶器负荷的最大重量，加强固定装置的牢固性并定期检查。

B. 2. 3. 4. 3 相关岗位

如分段制造工艺中进行涂装作业的调漆、喷漆等岗位。



图B.22 半自动倒桶器

B.2.3.5 电磁气动压力机

B.2.3.5.1 方案描述

便携式电磁压力机和空气压力机，在焊接过程中保持零件位置。焊接操作时，减少手工夹紧零件时的不良姿势和用力，显著降低完成工作所需的时间。

B.2.3.5.2 方案要点

用于对接金属板长焊缝焊接。

B.2.3.5.3 相关岗位

涉及焊接作业等岗位。

B.2.3.6 手持动力工具

B.2.3.6.1 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、工具控制按钮和节流器、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、具有结实牢固手柄的手持动力工具。该方案用于减少握持工具数小时所致的手和臂紧张、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.2.3.6.2 方案要点

基于特定作业任务按照工艺过程需求、工效学原则、标准设计和选择工具，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。如果没有较轻的工具，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。常用手持动力工具有螺帽紧固枪、打磨机、钻孔机、冲击钻/电锤、铆枪和铆钉托杆、冲击扳手等。

B.2.3.6.3 相关岗位

使用上述手动工具的所有岗位，如船舱焊接打磨作业。

B.2.3.7 使用支撑杆

B. 2.3.7.1 方案描述

在长钢条穿过机器时，在其底下合适位置垂直放置一根金属杆，用以支撑来减少不良姿势作业，减少维持钢条进出机器的静态用力。

B. 2.3.7.2 方案要点

确保支撑杆稳定，能够承受负荷并足够润滑。

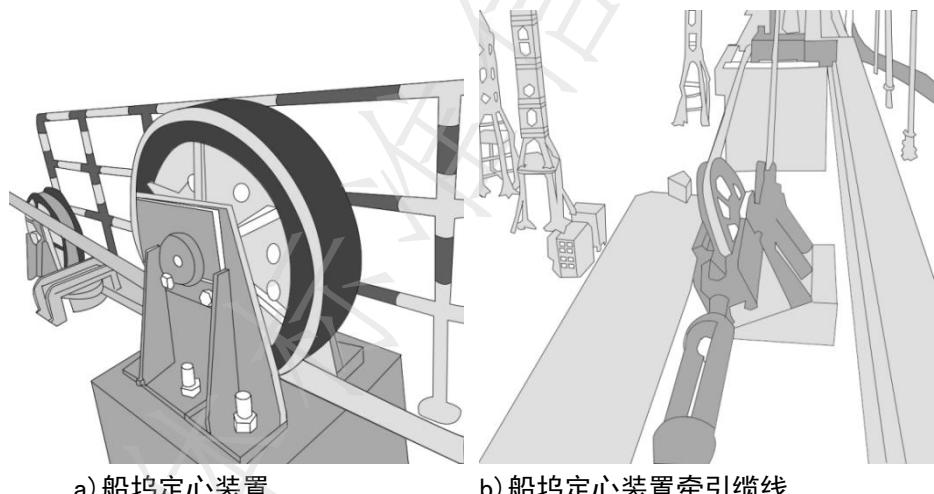
B. 2.3.7.3 相关岗位

钢板预处理的切割、折弯、打孔等作业。

B. 2.3.8 船坞定心装置

B. 2.3.8.1 方案描述

在船坞中将船舶拉到指定位置的机械卷盘系统，用于减少人手将船拉动的笨拙作业（见图B.23）。



图B.23 使用船坞定心装置移动船舶

B. 2.3.8.2 方案要点

经常检查缆绳，保证缆绳坚韧、无破损。

B. 2.3.8.3 相关岗位

船坞区域中移动船舶的作业。

B. 2.3.9 轻量级鼓风机

B. 2.3.9.1 方案描述

重量较轻的鼓风机，用于小空间内空气流通，降低密闭空间作业或作业点转移时搬运鼓风机的人工负荷（见图B.24）。

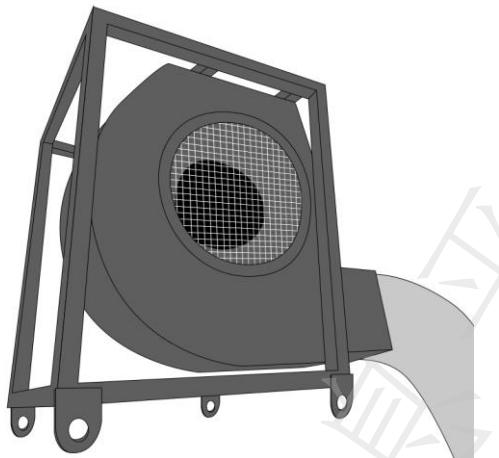


图 B. 24 轻量可移动式鼓风机

B. 2. 3. 9. 2 方案要点

确保风量足够，保证作业安全。

B. 2. 3. 9. 3 相关岗位

搭载总装、舾装等涉及密闭空间的作业。

B. 2. 4 作业姿势

B. 2. 4. 1 提举或放置储物箱

B. 2. 4. 1. 1 方案描述

尽可能避免从地板上抬起，必要时腰部尽量不要弯曲，让重物靠近你的身体，保持脊柱处于更安全状态。在提举或放置储物箱时，保持储物箱靠近身体。为更易于靠近，拆卸或放置，储物箱侧面可增加手柄，以便更好握持和控制。该方案用于减少腰部前伸和弯曲、肩背部紧张，降低完成工作任务的身体负荷。

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，或在跪着的腿上，向上滑动并靠近身体滑至另一腿上后站起，保持躯干直立。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，如钢板上下料、工件搬运、组立装配、舾装等。

B. 2. 4. 2 手工填充或清空储物箱

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，减少身体前倾和弯曲，降低完成工作任务的身体负荷。

B. 2. 4. 2. 3 方案要点

提举储物箱时，保持物件靠近身体，通过用腿向上推动提举，或在跪着的腿上，向上滑动并靠近身体滑至另一腿上后站起，保持躯干直立。填充或倾倒时寻找固定装置借力以减轻肢体负荷。

B. 2. 4. 2. 4 相关岗位

涉及物料装卸的物流作业岗位和加工岗位等。

B. 2. 4. 3 使用移动式座椅

B. 2. 4. 3. 1 方案描述

用于零部件安装、舾装作业的可移动式座椅，避免蹲跪、过度弯腰等不良姿势和抓取零部件的重复性作业。设计符合人体工程学的座椅，来减少作业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. 3. 2 方案要点

注意配套作业台面设计以及进出工作区域的顺畅、稳定与平衡。

B. 2. 4. 3. 3 相关岗位

涉及较多零部件安装作业岗位，如组立加工的装配岗位。

B. 2. 4. 4 手工搬运储物箱或物料

B. 2. 4. 4. 1 方案描述

手抬搬运时，握住储物箱靠近身体，足部保持稳定。肩扛搬运时，要有肩垫，将容器或物件支撑在一个肩膀上，并在两个肩膀之间交替。当手工升降重物时宜保持腰部直立。搬运时，保持物件靠近腰部。该方案可以减少脊柱压力和单肩疲劳。

B. 2. 4. 4. 2 方案要点

手、肘部弯曲角度适宜。

B. 2. 4. 4. 3 相关岗位

物流岗位、装配岗位的零部件搬运作业。

B. 2. 4. 5 手工精细作业方案

B. 2. 4. 5. 1 方案描述

全螺纹系统上使用更为便捷地锁紧螺母或纽扣螺母，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频次，特别是手部扭转动作。

B. 2. 4. 5. 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，如腕管综合征或肌腱炎。使用错误的工具或者用错误的方式使用工具，可能会加重肌肉骨骼损伤。

B. 2. 4. 5. 3 相关岗位

打磨岗位、装配岗位，尤其是打螺丝/螺母的作业。

B. 2. 4. 6 地板作业方案

B. 2. 4. 6. 1 方案描述

方案1：应用桌子、木架或其他设备抬高作业面至腰部位置；

方案2：应用长柄工具，站立完成地板作业任务。

钢板材料处理和组立加工作业时，工件多放在地板进行作业，常发生弯腰、身体屈曲、跪姿或蹲姿导致下背或膝部疼痛。采用该方案可减少或避免跪姿或蹲姿作业引发的脊柱和膝等部位的WMSDs。

B. 2. 4. 6. 2 方案要点

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

B. 2. 4. 6. 3 相关岗位

钢板切割、打磨、焊接、组立加工、舾装等岗位。

B. 2. 4. 7 头部以上作业方案

B. 2. 4. 7. 1 方案描述

配备工具加长轴（如磨机和螺杆枪等工具），应用提升作业台，或使用梯子等工具调整作业姿势。运用工具加长轴完成头顶作业，或应用作业平台提升作业位置，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（见图B. 25）。



图B. 25 使用梯子和搭建工作平台

B. 2. 4. 7. 2 方案要点

不适用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. 7. 3 相关岗位

包括分段装配、分段涂漆，搭载总装、舾装等涉及头以上作业的相关岗位。

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

佩戴具有防振性能的手套，用于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 减振防护手套

B. 2.5.1.2 方案要点

最佳匹配对减少疲劳至关重要，过度防护可能会影响正常作业，选择尽量减少触觉灵敏度降低的手套。保护效果最好的是全指手套。

B. 2.5.1.3 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. 2.5.2 肘垫

B. 2.5.2.1 方案描述

护垫保护肘部免受接触应力压迫，降低肘部受到的外力作用，减少对肢体的负荷（见图B.27）。

B. 2.5.2.2 方案要点

适用于在狭窄的空间和/或依靠肘部用力的作业。

B. 2.5.2.3 相关岗位

涉及所有需要肘部支撑的作业，如船舱内机电设备的舾装岗位。



图B.27 防护肘垫

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，用于减轻肩膀的接触压力（见图B. 28）。



图B.28 防护肩垫

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，需要手工肩部搬运时宜使用肩垫；在肩膀上扛重物通常会在小面积上产生过大的压力。

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。

B. 2. 5. 4 跪姿护垫

B. 2. 5. 4. 1 方案描述

跪在坚硬地面上作业时，使用保护膝盖的护垫，减少膝盖的压力，防止膝盖受损。

B. 2. 5. 4. 2 方案要点

护垫足够大且不易滑动，材料宜柔软舒适。在可能的情况下，工作台面应该抬高，以减少跪姿作业。

B. 2. 5. 4. 3 相关岗位

涉及所有跪姿作业岗位，如舾装的管工、电装工等。

B. 2. 5. 5 膝部护具

B. 2. 5. 5. 1 方案描述

跪在坚硬的地面上作业时，用来保护膝盖的护膝，可以减少接触压力。

B. 2. 5. 5. 2 方案要点

可能情况下，工作台面应该抬高，以减少跪姿作业；护膝应该紧贴小腿，但不能影响小腿的血液循环；单膝或双膝跪下会对膝盖的骨骼和软组织造成接触压力；压力会减少血液循环和挤压神经；垫料压实变硬后宜及时更换垫料；在进行热作业时，选择防火垫。

B. 2. 5. 5. 3 相关岗位

涉及所有跪姿作业岗位。

B. 2. 5. 6 护目镜

B. 2. 5. 6. 1 方案描述

根据作业情况配置防喷溅、防化学毒物或防辐射的护目镜，避免劳动者躲避有害因素导致的不良作业姿势，并降低心理负荷。

B. 2. 5. 6. 2 方案要点

护目镜要达到防护有害因素的效果，定期进行清洗、保养和更换。

B. 2. 5. 6. 3 相关岗位

涉及喷涂岗位、电焊岗位、打砂作业等。

B. 2. 5. 7 护耳器

B. 2. 5. 7. 1 方案描述

佩戴降低噪声的护耳器，减少噪声作业对劳动者的不良生理和心理影响。

B. 2. 5. 7. 2 方案要点

根据工作场所噪声强度选择适宜的防护耳塞或耳罩；定期进行护耳器使用培训或有效性试验，保证护耳器的正确佩戴。

B. 2. 5. 7. 3 相关岗位

涉及所有噪声作业岗位。

B. 2. 6 工作组织

B. 2. 6. 1 增加工间休息

B. 2. 6. 1. 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。缓解局部肌肉疲劳，定时放松肌肉紧张。

B. 2. 6. 1. 2 方案要点

工间休息时间可增加有针对性的锻炼活动，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。

B. 2. 6. 2 建立高低负荷作业轮岗制度

B. 2. 6. 2. 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，可以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。该方案可以缓解局部肌肉疲劳，减少长期体力负荷，降低局部肌肉疾患发生风险。

B. 2. 6. 2. 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。

B. 2. 6. 2. 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。

参考文献

- [1] GB/T 12924—2008 船舶工艺术语 船体建造和安装工艺
- [2] GB/T 13379—2023 视觉工效学原则 室内工作场所照明
- [3] GB/T 13547—1992 工作空间人体尺寸
- [4] GB/T 14774—1993 工作座椅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 15706—2012 机械安全 设计通则 危险评估与危险减小
- [9] GB/T 16251—2023 工作系统设计的人类工效学原则
- [10] GB/T 31002.1—2014 人类工效学 手工操作 第1部分：提举与移送
- [11] GB/T 36954—2018 机械安全 人类工效学原则在危险评估与危险减小中的应用