

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 299.2—2017

电池制造业职业危害预防控制指南 第2部分：硅太阳能电池

Guidelines for prevention and control of occupational hazards in battery
manufacturing industry — Part 2: Silicon solar cell

2017 - 10 - 26 发布

2018 - 05 - 01 实施

中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 发布

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本部分。

GBZ/T 299《电池制造业职业危害预防控制指南》目前分为以下两个部分。

——第1部分：蓄电池；

——第2部分：硅太阳能电池。

本部分为GBZ/T 299的第2部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分起草单位：江苏省疾病预防控制中心、江苏省安全生产监督管理局、扬州市疾病预防控制中心。

本部分主要起草人：朱宝立、龚伟、倪金玲、叶明宪、张晓玲、汪庆庆、曹永荣、王兴春、窦建瑞。

电池制造业职业危害预防控制指南

第2部分：硅太阳能电池

1 范围

GBZ/T 299的本部分规定了硅太阳能电池生产行业职业危害预防控制的人员职责、危害识别与评估、防护措施、应急救援及防治工作的评估。

本部分适用于硅太阳能电池片制造及硅太阳能电池组件制造企业职业危害预防控制，不适用于蓄电池再生作业。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- GB 2297 太阳光伏能源系统术语
- GB 4064 电气设备安全设计导则
- GB 5083 生产设备安全卫生设计总则
- GB/T 11651 个体防护装备选用规范
- GB/T 16758 排风罩的分类及技术条件
- GB 15258 化学品安全标签编写规范
- GB 15603 常用危险化学品贮存通则
- GB 16483 化学品安全技术说明书编写规定
- GB 17915 腐蚀性商品储藏养护技术条件
- GB 17916 毒害性商品储藏养护技术条件
- GB/T 18664 呼吸防护用品的选择、使用与维护
- GB/T 20097 防护服一般要求
- GB/T 23466 护听器的选择指南
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范
- GB 50029 压缩空气站设计规范
- GB 50034 建设照明设计标准
- GB 50073 洁净厂房设计规范
- GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
- GB 50187 工业企业总平面设计规范
- GB 50472 电子工业洁净厂房设计规范
- GB 50704 硅太阳能电池工厂设计规范
- GBZ 1 工业企业设计卫生标准

- GBZ 2.1 工作场所有害因素接触限值 第1部分：化学有害因素
- GBZ 2.2 工作场所有害因素接触限值 第2部分：物理因素
- GBZ 158 工作场所职业病危害警示标识
- GBZ 159 工作场所空气中有害物质监测的采样规范
- GBZ/T 160.6 工作场所空气有毒物质测定 钙及其化合物
- GBZ/T 160.9 工作场所空气有毒物质测定 铜及其化合物
- GBZ/T 160.10 工作场所空气有毒物质测定 铅及其化合物
- GBZ/T 160.17 工作场所空气有毒物质测定 钾及其化合物
- GBZ/T 160.18 工作场所空气有毒物质测定 钠及其化合物
- GBZ/T 160.22 工作场所空气有毒物质测定 锡及其化合物
- GBZ/T 160.29 工作场所空气有毒物质测定 无机含氮化合物
- GBZ/T 160.30 工作场所空气有毒物质测定 无机含磷化合物
- GBZ/T 160.33 工作场所空气有毒物质测定 硫化物
- GBZ/T 160.36 工作场所空气有毒物质测定 氟化物
- GBZ/T 160.37 工作场所空气有毒物质测定 氯化物
- GBZ/T 160.48 工作场所空气有毒物质测定 醇类化合物
- GBZ 188 职业健康监护技术规范
- GBZ/T 189.3 工作场所物理因素测量 第3部分：工频电场
- GBZ/T 189.8 工作场所物理因素测量 第8部分：噪声
- GBZ/T 192.1 工作场所空气中粉尘测定 第1部分：总粉尘浓度
- GBZ/T 194 工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范
- GBZ/T 195 有机溶剂作业场所个体职业病防护用品使用规范
- GBZ/T 203 高毒物品作业岗位职业病危害告知规范
- GBZ/T 205 密闭空间作业职业危害防护规范
- GBZ/T 224 职业卫生名词术语
- GBZ/T 225 用人单位职业病防治指南
- GBZ/T 229.1 工作场所职业病危害作业分级 第1部分：生产性粉尘
- GBZ/T 229.2 工作场所职业病危害作业分级 第2部分：化学物
- GBZ/T 229.3 工作场所职业病危害作业分级 第3部分：高温
- GBZ 230 职业性接触毒物危害程度分级

3 术语和定义

GBZ/T 224及GB 2297界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

硅太阳能电池 silicon solar cell

以晶体硅为基体材料的太阳能电池，也称硅太阳能池或晶硅电池。

3.2

光伏组件 photovoltaic module

具有封装及内部联结的、能单独提供直流电输出的，最小不可分割的太阳能电池组合装置。

3.3

减反射膜 antireflection coating

敷在太阳能电池受光面或盖片上的光学薄膜，用以减少入射光的反射。

3.4

银浆 silver paste

以银为主，并含有其他成分的制作电极用的浆体。

3.5

铝浆 aluminum paste

以铝为主，并含有其他成分的制作电极用的浆体。

3.6

层压工艺 laminate technology

将互连好的太阳能电池和封装材料进行真空热压成型的工艺。

4 基本要求

4.1 职业卫生防护原则

4.1.1 依法防治，预防为主，防治结合，分类管理，综合治理。

4.1.2 单位自律，全员参与，持续改进。

4.1.3 依靠科技进步，优先采用有利于职业病防治的工艺、技术和材料。

4.1.4 维护劳动者健康及相关权益，关注职业病高危人群，尤其是流动劳动者。

4.2 用人单位职责

4.2.1 用人单位应按照国家职业病防治法的要求建立职业卫生管理体系，设立专职职业卫生管理人员，开展职业病的预防控制工作，保障劳动者享有职业病防治法规定的职业卫生权利，接受政府、劳动者和工会组织的监督，具体参见 GBZ/T 225。

4.2.2 制定职业病危害预防控制计划，包括职业病危害因素识别及其危害、职业危害预防控制的实施方法和进度表；开展新、改、扩建项目的职业危害评价；落实用于职业病危害因素的识别、评价、控制及职业卫生培训等职业病防治工作经费；确保劳动者参与制定职业危害控制计划，并了解相关内容；对职业危害控制计划每年至少进行 1 次总结、检查和修订，并随工作任务、程序和工作岗位的变化及时改进；修订职业危害控制计划时应考虑能消除或减少硅太阳能电池制造行业职业危害的新材料、新工艺、新技术和新设备。

4.2.3 用人单位应为每个劳动者进行可能的职业接触识别，包括列出硅太阳能电池制造行业各岗位的工作清单、描述工作任务和程序。进行职业病危害因素识别时，不考虑是否使用个人防护用品。根据职业病危害因素识别的结果，落实工作场所职业病危害因素控制计划，制定和完善职业安全卫生操作规程，为劳动者提供符合职业安全卫生要求的工作场所。

4.2.4 开展职业安全卫生培训：企业负责人应参加职业卫生法律知识、卫生防护知识培训；企业应配备经培训的专职职业卫生管理人员；从事硅太阳能电池制造业的劳动者应参加粉尘、噪声、高温、毒物等职业病危害因素防护知识的培训和法律、法规教育；职业卫生知识培训每年复训一次，并有培训记录。

4.2.5 开展职业健康教育：根据职业人群的职业特点，针对所接触的职业病危害因素进行卫生知识和防护知识的教育，以使个人群体都能树立自我保健意识，提高自我保健水平，促使其自觉主动采取预防措施，防止各种职业病危害因素对健康造成损害，企业应注意对职工的健康促进工作。

4.2.6 为劳动者缴纳工伤保险，落实职业病患者的职业病待遇。

4.2.7 按照 GBZ 188 的要求对劳动者进行职业健康监护。

4.2.8 做好职业病的记录、报告和档案的转移。

4.2.9 对劳动者进行职业危害告知，包括：

- a) 订立劳动合同时，应将作业过程中可能接触的职业病危害因素及其危害、预防措施等如实告知劳动者，并在劳动合同中写明；
- b) 劳动合同还应阐明用人单位的职业病防治责任与义务，如改进生产工艺、制定安全卫生操作规程、工作规范和职业卫生制度及其标准，为劳动者提供职业安全卫生的劳动条件和工作环境，企业生产经营特点及有关规定向劳动者发放个人防护用品及有害作业津贴等，同时，明确用人单位未履行合同条款应当承担的相应责任；
- c) 建立公告栏，公布职业卫生管理制度和操作规程；
- d) 在制绒、扩散、清洗、气相沉积、单串焊、酸碱及危害化学品储存、废水处理等存在职业病危害因素的作业场所，公布职业病危害因素的监测数据，并按 GBZ 158、GBZ/T 203 的要求，设置警示标识，阐明预防措施；
- e) 按 GB/T 18664、GB/T 11651、GB/T 20097、GB/T 23466 的要求为劳动者提供合格的个人防护用品。

4.2.10 对职业病防护设施进行定期维护和检查，并做好相关记录。

4.3 劳动者职责

4.3.1 应主动参与用人单位职业卫生管理体系和职业危害控制计划的制定。

4.3.2 应遵守安全生产操作规程，发现职业卫生安全隐患应及时报告，并积极参与隐患的消除。工作时养成良好的安全卫生习惯。

4.3.3 当工作场所发生职业危害事故时，应按照应急预案立即向监督管理人员报告，并停止作业，直到危险消除。

4.3.4 积极参与和配合用人单位提供的职业卫生技术服务，如职业健康体检、职业卫生培训、职业病危害因素检测等。

4.3.5 按要求正确使用、维护和保存个人防护用品。

4.4 供应商和承包商职责

4.4.1 硅太阳能电池生产主要原材料和生产设备供应商应提供安全技术说明书和生产设备使用说明书，阐明所存在职业病危害因素及防护措施。安全技术说明书和生产设备说明书应符合 GB 15258、GB 16483 的要求。

4.4.2 供应商应提供个人防护用品的技术参数和中文使用说明，并培训劳动者正确使用和维护。

4.4.3 外包（如酸碱装卸、废水处理等）作业承包商应明确职业卫生防护的责任和措施。

4.5 行业协会、学会职责

4.5.1 与硅太阳能电池行业相关的行业协会、学会应根据行业的特点，制定不低于国家相关政策、法规、标准和本标准的行业指南性文件，加强行业自律、规范行业行为、维护公平竞争。

4.5.2 组织行业内用人单位贯彻执行国家相关政策、法规、标准，加强职业卫生培训，开展科学技术交流活动，推广应用各项技术标准和科技成果，并为国家制修订职业卫生标准提供政策建议。

4.5.3 为行业协会、学会成员单位提供信息服务和技术咨询，引导成员单位加强职业卫生能力建设。

4.6 工会职责

4.6.1 按要求建立工会组织，设立工会劳动保护监督检查网络。

4.6.2 开展民主管理、民主监督，开展平等协商，签订集体合同。

4.6.3 工会组织应开展群众性的职业卫生监督，重点检查车间是否有职业卫生监督员，组织和工作制度是否合理，个人防护用品是否按照标准发放，保健津贴是否按时足额发放，更衣室、洗浴间和休息室等卫生设施是否齐备，预防控制措施是否落实，职业禁忌证、职业病患者是否得到妥善处理 and 安置。

4.6.4 收集并分析劳动者对职业卫生的意见和建议，并提出妥善解决的措施。

5 职业接触的危害识别与风险评估

5.1 典型硅太阳能电池生产工艺职业病危害因素的识别

5.1.1 主要职业病危害因素存在的作业场所和岗位

5.1.1.1 硅太阳能电池生产主要包括电池片生产车间、组件生产车间及辅助生产车间。

5.1.1.2 电池片生产车间的主要岗位包括：制绒、磷扩散、刻蚀、制反减射膜、丝网印刷、电池片分选、电池片包装。组件生产车间的主要岗位包括焊条处理、硅片分选、玻璃切割、焊接、层压、上胶层压、组件包装。辅助生产车间主要岗位包括砂浆制取、化学品储存、动力、设备维修、废水处理等（可参考附录 A）。

5.1.1.3 硅太阳能电池生产存在多种职业病危害因素，包括化学有害物质（含粉尘和化学因素）、物理因素、不良工效学作业，主要包括如下：

——粉尘主要有氮化硅粉尘和电焊烟尘等；

——化学物质主要有盐酸、氢氟酸、硝酸、硫酸、磷酸、氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化钙、氮氧化物、三氯氧磷、氨气、硅烷、氯气、五氧化二磷、偏磷酸、氟硅酸、四氟化碳、银浆、铝浆、松油醇、乙醇、甲醇、铅、二氧化锡、铜烟等；

——物理因素主要有噪声、高温和热辐射等；

——不良工效学作业包括负重作业、简单重复性作业、不良体位等。

5.1.1.4 硅太阳能电池生产中，同一岗位可能接触多种职业病危害因素，同一种职业病危害因素可能存在于不同的作业场所，详见附录 B、附录 C。

5.1.2 主要健康损害

5.1.2.1 硅太阳能电池生产主要健康损害有职业性噪声聋、职业性中毒、接触性皮炎、化学性皮肤灼伤、化学性眼灼伤及急性中毒等。

5.1.2.2 不同工种的劳动者面临的职业健康风险不同。

5.2 职业病危害因素的识别方法

5.2.1 与劳动者访谈，了解一般操作规程、可能存在的职业病危害因素及其对健康的影响以及劳动者的职业卫生需求。

5.2.2 查阅职业卫生监测、职业健康监护及职业病分析报告，分析硅太阳能电池行业职业病发展趋势，确定高危人群、高风险活动和作业，检查硅太阳能电池行业职业病报告与资料归档程序，评价硅太阳能电池行业预防控制措施的效果。

5.2.3 按照采购、运输、贮存、处理、加工和处置等流程，对整个生产工艺过程进行巡检，确定职业危害关键控制区域。

5.2.4 检查工作场所的布局、操作方式和可能产生职业病危害因素的所有来源，包括生产工艺、设备、材料、产品、副产品及劳动条件和生产环境，查明硅太阳能电池行业职业接触风险最高的工种和相关从业人员对硅太阳能电池行业职业防护知识的掌握水平、所持态度和行为表现，并按工种列表阐明。

5.3 风险评估

识别职业危害，并进行风险评估，确定硅太阳能电池生产行业职业人群的风险水平等级，同时制定必要措施消除危害或降低风险，并作为用人单位制定年度职业危害控制计划的依据。风险评估包括：

- 硅太阳能电池制造行业职业病危害因素在工作场所的来源与接触方式。
- 硅太阳能电池制造行业职业病危害因素的理化特性、危害程度、在工作场所的分布、浓度或强度以及生产过程中的变化趋势与特点。职业病危害因素的采样与测定应按 GBZ 159、GBZ/T 160.6、GBZ/T 160.9、GBZ/T 160.10、GBZ/T 160.17、GBZ/T 160.18、GBZ/T 160.22、GBZ/T 160.29、GBZ/T 160.30、GBZ/T 160.33、GBZ/T 160.36、GBZ/T 160.37、GBZ/T 160.48、GBZ/T 189.3、GBZ/T 189.8、GBZ/T 192.1 等标准执行。
- 接触多种职业病危害因素的情况。
- 影响职业接触的因素，包括工作场所的布局，劳动组织，作业方式，职业安全卫生操作规程，采光照明，工作场所的清洁与整理，个人防护用品与职业危害防护设施等。
- 用人单位负责人、职业卫生管理人员和劳动者有关硅太阳能电池制造行业职业防护知识的掌握和职业卫生培训情况。
- 所使用的各类生产设备及防护设施是否增加或减少职业接触风险。
- 现行的职业接触风险控制措施的实施情况。
- 劳动者的健康水平和既往职业病发病情况。
- 根据以上资料对岗位进行分类管理，并确定是否需要采取新的预防控制措施，职业有害因素的分级、分类方法可参照 GBZ/T 225、GBZ/T 229.1、GBZ/T 229.2、GBZ/T 229.3、GBZ 230 等标准执行。

6 典型硅太阳能电池生产工艺职业卫生防护措施

6.1 通用要求

6.1.1 防护原则

6.1.1.1 优先采用先进的生产工艺、技术和无毒（害）或低毒（害）的原材料（如采用无铅银浆、无铅焊条）及新设备，消除或减少职业病危害因素；对于工艺、技术和原材料达不到要求的，应根据生产工艺和职业病危害因素特性，参照 GB/T 16758、GB 50019、GB 50073、GBZ/T 194 的规定设计，采取相应的防尘、防毒、防噪、隔热、通风等防护措施，使劳动者活动的工作场所的职业病危害因素的水平符合 GBZ 2.1、GBZ 2.2 的要求；如预期劳动者接触浓度不符合要求的，应根据实际接触情况，首先应积极改进工程技术措施，同时参考 GBZ/T 195 的要求采取有效的个人防护措施。个人防护用品的选用可参见附录 B。

6.1.1.2 硅太阳能电池生产建设项目的厂址选择、厂区布置、生产设备、防护设施、采光照明、人机工效学要求，辅助用室的设计按 GBZ 1、GB/T 50087、GBZ/T 194、GB 5083、GB 50016、GB 50187、GB 50034、GB 50073、GB 50704 的规定执行。

6.1.2 选址

6.1.2.1 硅太阳能生产企业选址应依据 GBZ 1、GB 50472、GB 50704 的规定，结合建设地点现状与当地政府的整体规划，以及水文、地质、气象等因素，进行综合分析而确定。

6.1.2.2 选址宜避开可能产生存在危害健康的场所和设施，建设工程需要难以避开的，应首先进行卫生学评估，并根据评估结果采取必要的控制措施。设计单位应明确要求施工单位和建设单位制定施工期间和投产运行后突发公共卫生事件应急救援预案。

6.1.2.3 向大气排放有害物质的硅太阳能电池生产企业应设在当地夏季最小频率风向被保护对象的上风侧，并应符合国家规定的卫生防护距离要求，以避免与周边地区产生相互影响。建设项目的场址应避开高压走廊（高压架空线路走廊）。

6.1.2.4 应在大气含尘和有害气体浓度较低、自然环境较好的区域。应远离铁路、码头、机场、交通要道以及散发大量粉尘和有害气体的工厂、贮仓、堆场等严重空气污染、振动干扰的区域。

6.1.2.5 硅太阳能电池片洁净厂房与市政交通干道之间距离宜大于 50m。

6.1.3 总体布局

6.1.3.1 平面布置应符合下列要求：

- 硅太阳能电池生产企业厂区应明确功能分区，可分为生产区、非生产区、辅助生产区。根据卫生要求、企业性质、规模、生产流程、交通运输、场地自然条件、技术经济等合理布局。
- 硅太阳能电池生产企业总平面功能分区原则应遵循：分期建设项目宜一次整体规划。对于改扩建项目，应确保项目实施后的整体（包括企业原有部分和改扩建部分）总平面布置设计满足技术经济合理性和职业安全卫生要求。
- 行政办公用房应设置在非生产区；生产车间及与生产有关的辅助用室应布置在生产区内；产生有害物质的建筑（部位）与环境质量有较高洁净要求的建筑（部位）应有适当的间距或分隔。
- 生产区宜选在大气污染物扩散条件好的地段，布置在当地全年最小频率风向的上风侧；产生并散发化学有害物质的车间，宜位于相邻车间当地全年最小频率风向的上风侧；非生产区布

置在当地全年最小频率风向的下风侧；辅助生产区布置在两者之间。洁净厂房应布置在厂区内环境清洁，人流货流不穿越或少穿越的地方。

- 储存化学危险品或甲、乙、丙类液体等有毒或易燃、易爆物质的库房、储罐、堆场宜布置在场区全年最小频率风向的上风侧，并应远离火源、主要建（构）筑物和人员集中的地带。储存液态介质的储罐四周，应按 GB 50016 等的规定设置防止事故泄漏的防火堤、防护墙或围堰。储存区宜设置围墙和专用出入口。
- 厂区主要道路应贯彻人流与货流分流的原则。洁净厂房周围应进行绿化，宜设置环境消防车道。
- 在满足生产工艺和噪声要求的前提下，电池片生产的洁净室（区）宜靠近空气调节机房，空气洁净度等级相同的工序和工作室宜集中布置。

6.1.3.2 竖向布置应符合下列要求：

- 在厂房（或建筑）内进行工作场所布置设计时，宜将存在危险或有害因素（如尘、毒、腐蚀性物质、辐射、噪声、振动、高温、火灾、爆炸等）的工序或工作间（区）按照危害性质相同的原则相对集中，与其他工序或工作间（区）隔离或分开布置。
- 具有火灾、爆炸危险的工序或工作间（区），宜布置在单层厂房内靠外墙侧或多层厂房内最上一层的靠外墙侧，且其防爆泄压面应避开人员集中的场所、厂房（建筑）的出入口或其他工作间的出入口及主要通道或人流集中的主要道路。
- 对于多层厂房，放散热量和有害气体的生产场所宜布置在建筑物的上层。如应布置在下层时，应采取措施防止对上层造成不良影响。
- 产生较大噪声与振动的生产设备宜安装在单层厂房内。当设计需要将这些生产设备安置在多层厂房内时，宜将其安装在底层，并采取有效的隔声和减振措施。
- 送、回风管和其他管线暗敷时，应设置技术夹层、技术夹道或地沟等。穿越楼层的竖向需暗敷时，宜设置技术竖井，其技术、尺寸和构造应满足风道、管线的安装、检修和防火要求。
- 气体管道的干管应敷设在上、下层技术夹层或技术夹道内，当与水、电管线共架时，应设在其上部，与本房间无关的管道不应穿过。
- 产生有毒有害物质的车间最好设计成多层建筑，底层布置抽气管道，过滤器及通风设备，以及泵房、排水贮槽及化学品库等。
- 同空气洁净度等级房间之间联系频繁时，宜设有防止污染的措施，如缓冲间、气闸室、传递窗等。进入洁净室的人员应淋浴、更衣、风淋后才能入内，以保证进入物流区域的操作人员的清洁卫生。
- 洁净厂房内应设置人员净化、物料净化用室和设施，并应根据需要设置生活用室和其他用室。人员净化用室应包括换鞋、管理、存外衣、更洁净工作服等房间，其他用室应包括空气吹淋室、工作服洗涤间和干燥间等。

6.1.4 厂房设计

6.1.4.1 采光、照明

采光应符合下列要求：

- 厂房建筑方位应能使室内有良好的自然通风和自然采光，相邻两建筑物的间距一般不宜小于二者中较高建筑物的高度。
- 各生产厂房照明应符合表 1 的规定。

表1 各生产厂房照明要求

房间或场所	参考平面及其高度	照度值/lx	备注
动力站	地面至 0.5m 水平面	100	
一般仓库件	1.0m 水平面	100	
机械加工、电子材料及焊接	0.75 m 水平面	300	可另加局部照明
洁净室和洁净区	0.75 m 水平面	300	可另加局部照明
辅助工作室、走廊、气闸室、 人员净化和物料净化用室	0.75 m 水平面	150	

- 洁净区主要工作室一般照明的照度均匀度不应小于 0.7。房间或场所内的通道和其他非作业区域的一般照明的照度值不宜低于作业区域一般照明照度值的 1/3。
- 无采光窗洁净区混合照明中的一般照明，其照度值应按各视觉等级相应混合照度值的 10%~15% 确定，并不低于 200 lx。
- 采用单色光（如黄光）照明的场所，其照度可根据工艺特点和人员操作的需要，在标准值的基础上作适当调整。
- 电池生产洁净区内应选用外部造型简单、不易积尘、便于擦拭的洁净节能灯具。不应采用格栅型灯具。
- 厂房应设置供人员疏散用的应急照明。在安全出口、疏散口和疏散通道转角处应按 GB 50472、GB 50704 的规定设置疏散标志。在专用消防口处应设置红色应急照明灯。
- 工作场所的地面、墙面、顶棚应避免眩光。装修色彩宜淡雅柔和，并应利于对安全色和安全标志的识别。

6.1.4.2 空调、通风

厂房（建筑）管道技术夹层的设计，应考虑安装、检修的方便和安全，并采取必要的通风、采光和防火措施。不同设计的厂房应分别遵循下列要求：

- 以自然通风为主的厂房，车间天窗设计应满足卫生要求：阻力系数小，通风量大，便于开启，适应不同季节要求，天窗排气口的面积应略大于进风窗口及进风口的面积之和；
- 洁净室的排风系统应采取防止室外气流倒灌的措施，且排风系统应设置在风机的进口侧；洁净室的温度、湿度范围应符合表2的规定；
- 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面积 $<20\text{m}^3$ 的车间，应保证人均新风量 $\geq 30\text{m}^3/\text{h}$ ；如所占容积 $>20\text{m}^3$ 时，应保证人均新风量 $\geq 20\text{m}^3/\text{h}$ ；洁净室的人均新风量应 $\geq 40\text{m}^3/\text{h}$ ；
- 可能突然放散大量有害气体的氨气间、扩散间三氯氧磷间等或有爆炸危险气体的建设物，应设置事故通风装置，事故通风设计按 GB 50019、GB 50704 等执行；
- 含有易燃易爆物质的排风系统应与一般排风分开设置，并应采取防火防爆和安全排放措施；
- 机械通风系统的室外进风口、排风口和空气调节系统新风口的设置按 GB 50019、GB 50704 等执行。

表 2 洁净室的温度、湿度要求

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	36~30		

6.1.5 工艺及生产设备

6.1.5.1 选用的设备，均应符合 GB 5083、GB 4064、GB 50704 以及相关产品标准的规定。

6.1.5.2 应通过采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头将危险和有害因素减少至最低程度。

6.1.5.3 对于可能产生严重危害的生产过程或生产设备，应根据具体情况提高机械化、自动化程度，或采取密闭、隔离措施，以减少对职工的直接危害。

6.1.5.4 对劳动强度较大的装卸运输作业，宜采取机械化、半机械化等措施。所选用的设备应符合人类工效学原则，可最大限度地减轻操作者的体力和脑力消耗及精神紧张状况。

6.1.5.5 正确使用安全防护设施。

6.1.5.6 设备的运行状态应用中文做出醒目标识。

6.1.5.7 设备维修时应设置维修标识，并锁定在关闭状态。

6.1.5.8 正确维护设备。

6.1.6 物料的贮存和运输

6.1.6.1 化学品贮存及使用安全应符合下列要求：

——有毒物品应储存在专门的场所、库房中，其贮存条件、贮存方式、贮存限量应符合现行的 GB 15603、GB 17916 的规定。

——硅烷、氨气、盐酸、硫酸、氢氧化钠、硝酸、氢氟酸危害化学品在洁净厂房内的运输、储存、分配应符合 GB 50472 的规定，采用双层输送管道。

——储存、输送各类化学物品的容器、管道及各类标识应符合 GB/T 15258、GB 17915、GB 17916 的规定。

——储存液态物质的地上式、半地下式储罐，应设防泄漏围堰。围堰的容积应不小于最大单罐地上部分储量。从围堰引出的排水（排污）管（沟）应汇集到专用的污水池。

——气体站房和管道的设计，应符合现行 GB 50029 的有关规定。

——输送有毒介质的管道严禁穿越生活间、办公室。

6.1.6.2 硅烷的贮存及使用安全应符合下列要求：

——将硅烷气瓶存放在有防护、完全通风的户外，避免阳光直射和机械碰撞。

——水容积大于 250L 的硅烷包装应置于独立的开放式单层建筑内，且不得有地下室，可采用有坡度的屋顶，屋顶最低点不得低于 3.7m。

——硅烷站面积大于 19m² 时，应有两个出口。站内任何地点通往出口的距离不得大于 24m。

——硅烷站应设置雨淋系统。站区 15m 之内不可采用可燃材料密封的卡箍接头。雨淋系统的启动应切断硅烷的供应。应在距大宗钢瓶 30m~46m 之间设置消防栓。

- 硅烷开放式输送系统应设置光学式火焰探测器。封闭式系统需要气体泄漏浓度侦测器。机械泄漏检测点 1.5m 内的电气采用防爆设计。1.5m 以内的控制箱应采用正压吹扫的形式。所有监测和控制系统均需配置 UPS 电源。
- 大宗硅烷钢瓶应进行接地。钢瓶出口应设置常闭式紧急切断阀，至少有一个紧急切断按钮距离气源不低于 4.6m。
- 硅烷放空不得排入抽风系统，硅烷尾气排放应经过处理，如采用燃烧式尾气处理器。排放管道应使用氮气连续吹扫，吹扫最低流速为 0.3m/s。

6.1.6.3 液氨的贮存及使用安全应符合下列要求：

- 灌装液氨用的钢瓶或槽车允许重量充装系数为 0.53kg/L；
- 氧气或氯气钢瓶以及一切含铜容器均不得灌装液氨；
- 液氨钢瓶应存放于库房或有棚的平台上；露天存放时，应防止阳光直射。

6.1.6.4 三氯氧磷的贮存及使用安全应符合下列要求：

- 三氯氧磷包装上应有明显的标志，内容包括：生产厂名称、产品名称、商标、净重，以及“有毒品”标志和“腐蚀品”标志。
- 每批出厂的产品都应附有标签，内容包括：产品名称、质量等级、生产厂名、厂址、商标、生产日期或批号、执行标准号等。
- 运输应符合有关危险货物的运输规定。运输过程应小心轻放，严防撞击和包装破损，有防雨和防晒措施，不能与易燃品、易潮解物品共运输。
- 磷贮存在阴凉、干燥、通风的仓库内，远离火种、热源，与碱类物品分开存放。

6.1.6.5 合理设计物料运输方式，减少人工操作，包括：

- 采用机械化运输，减少硅片、组件的人工运输和搬运作业；
- 减少物料的中转次数，避免不合理的交叉和往返运输。

6.1.7 劳动组织

6.1.7.1 用组合机器完成工作任务。

6.1.7.2 通过不同方式，如变换不同工作任务、改变姿势、短时休息等方式，使用劳动者保持警觉，减少疲劳。

6.1.7.3 利用备货架（盒）保持工作流程，以容许劳动者自我调节节奏。

6.1.7.4 利用团队工作提高生产效率和产品质量。

6.1.7.5 重新布置工作布局和工作程序以改进生产流程。

6.1.8 一般职业卫生安全操作规程

6.1.8.1 严格遵守操作规程作业，作业前按规定穿戴好个人防护用品。

6.1.8.2 作业前应检查安全防护装置是否齐全有效、设备的运转情况、设备运行信号指示是否正常。

6.1.8.3 检查作业现场是否存在安全隐患，如有隐患，应先排除安全隐患后再工作。

6.1.8.4 发生故障时，应通知维修人员处理，操作人员不应擅自维修。

6.2 晶体硅太阳能电池片

6.2.1 粉尘的防护

6.2.1.1 重力除尘室及制减反射膜机应安装良好的通风除尘设施。

6.2.1.2 定期清洗除尘室或减反射膜炉内粉尘时，清洗人员应正确佩戴防尘口罩、防尘风帽等。可采用真空吸附方式，并及时清扫地面积尘，避免二次扬尘。

6.2.2 毒物的防护

6.2.2.1 电池片生产车间输送各类化学品的管线采用机械化、管道化和自动化，密闭或负压工况的生产工艺和设备，并安装必要的信号报警、安全联锁和保险装置。

6.2.2.2 生产车间设通风系统，并对尾气进行吸收和净化处理，工艺设备的尾气排放口应根据尾气中不同的介质分别接入相应的废气处理装置，对含酸、含碱废气，经废气洗涤塔处理；对设备排出的有机废气，经活性炭吸附处理；含硅烷废气燃烧后排放；应设置可靠的现场处理装置和局部排风装置。

6.2.2.3 在化学溶剂、化学品装载、分配房间、清洗、磷扩散、PECVD 等可能泄漏的位置设置氨气、氧气、硅烷、氯气、氯化氢等有毒物质检测、报警、控制系统，机械排风系统，并与事故通风系统联锁。同时设置负压监测系统和氧含量监测系统。泄漏报警装置应与事故排风系统、工艺设备、操作阀等联锁。使用剧毒品的场所应设置独立的事事故排风系统。

6.2.2.4 生产过程中使用到的特种气体，特别是以钢瓶储存形式的氨气、硅烷等有毒气体都应储存在专门的气体柜中，特气系统应具有自动切换、自动吹洗的功能，能连续为了生产设备供气。

6.2.2.5 危险品库房设防爆型易燃气体浓度检测传感器和有害气体浓度检测传感器，库房内排风机常年开启。

6.2.2.6 太阳能电池生产区设由新风空调系统及循环空调系统组成的空调净化系统。合理布置新风口与各排气口的位置，避免气流短路。

6.2.2.7 具有化学灼伤危险的作业区（如强酸、强碱储存及使用区域），设置必要的洗眼器、冲淋器，并在装置区设置救护箱。可能接触强酸强碱时正确佩戴防化学物喷溅眼镜、面罩，穿戴防酸碱工作服、防酸碱手套等个人防护用品。

6.2.2.8 制定有毒有害化学品现场检维修作业方案；对氢氟酸、盐酸、硝酸、氨气等可能向空气扩散的毒物的容器、管道等设备等进行维修，应先清除设备中的毒物并经充分通风换气，待工作场所空气中有害物质浓度符合 GBZ 2.1 的要求后作业，同时穿戴适宜的防毒面具、防化学工作服、防护眼镜及防护手套等，并在安全距离内配备现场临护人员。

6.2.3 噪声的防护

6.2.3.1 空调厂房和洁净厂房噪声控制按 GB 50073 等有关现行国家标准执行。

6.2.3.2 空气调节机组与风管之间采取软连接；机组出风口设置消声器；在技术夹层高度允许的情况下，增大风管管径，降低管道风速，减小噪声。空调机房应尽量设置于主厂房边缘，同时采取有效的隔声、吸声、减振等噪声控制措施，阻断噪声的传递。

6.2.4 高温的防护

6.2.4.1 扩散炉的检修区应设置围栏或醒目的警示标志，同时考虑紧急避让空间和便捷疏散通道。

6.2.4.2 扩散炉出片作业、制减反射膜及烧结作业需佩戴防烫手套。

6.2.5 其他职业病危害因素的防护

6.2.5.1 合理设计，无关人员不得进入太阳能电池检测区域，尽量密闭光源，避免模拟太阳能光源直射入眼；检测人员应佩戴合适的防护眼镜。

6.2.5.2 太阳能电池片生产岗位的工人在传送硅片时腕部频繁活动，需改进工具、考虑操作和工作场所的工效学设计，加强生产的机械化和自动化；当工人主诉有腕管综合症状时，应予以定期检查，即使尚未出现阳性的客观体征或肌电异常，也应追随观察。

6.3 光伏组件

6.3.1 毒物的防护

6.3.1.1 焊接区域与其他组装区域分开设置，焊接作业点前侧设吸风罩等排毒设施。

6.3.1.2 涂锡铜带预处理区、涂密封胶、层压装框区等设机械通风装置，如通风橱、排风罩等。

6.3.2 噪声的防护

6.3.2.1 玻璃清洗区独立设置，安装采用双层玻璃门窗、闭门器等隔声措施。

6.3.2.2 选用低噪声清洗机，机体底部安装有效的减振措施。

6.3.2.3 清洗作业时佩戴护耳器。

6.3.3 其他职业病危害因素的防护

6.3.3.1 光伏组件各岗位制定适宜的工作时间及工间休息时间。

6.3.3.2 尽量避免腰部承重强度大、频繁弯腰或腰部长久固定姿的工作。

6.3.3.3 优化机械化、自动化生产工艺流程，减少体力劳动。

6.4 公辅工程

6.4.1 毒物的防护

6.4.1.1 贮存酸、碱及高危液体物质贮罐区周围应设置泄险沟（堰）。

6.4.1.2 储存液态有毒物质的场所应设置围堰或导流槽（沟），围堰的容积应不小于最大单罐地上部分储量。从围堰或导流槽（沟）引出的排水（排污）管（沟）应汇集到专用的污水池。相互抵触的液态物质储存容器应分别设置围堰或导流槽（沟）、排水（排污）管（沟）、污水池，并有可靠措施避免同时发生泄漏时散发出的气态物质发生反应。

6.4.1.3 硅烷、三氯氧磷等有毒特种气体的储存间和配送管道廊内应设置有效的气体排放应急处理设施、在线气体检测报警装置，并与事故排风及废气处理装置联锁。

6.4.1.4 在生产中可能突然逸出大量有害气体或易造成急性中毒气体的作业场所，应设置事故通风装置及与其联锁的自动报警装置。其通风换气次数应不小于 12 次/h。

6.4.1.5 从工作间（区）排出的含有尘、毒的废气、废水、废渣应进行相应的无害化治理，使其符合相关的环保排放标准。

6.4.1.6 散发有毒气体的生产废水，应尽量缩短在室内穿过的距离，不应采用明沟排水。

6.4.1.7 进入废水池、废液罐等密闭空间作业时，应按照 GBZ/T 205 的要求进行职业危害防护。

6.4.2 噪声的防护

6.4.2.1 空压机、冷却机组等选用低噪声设备，独立设置，有效隔声。

6.4.2.2 污泥处理时选用先进工艺和低噪声设备。

7 应急救援

- 7.1 硅太阳能电池生产企业应建立、健全职业病危害因素应急救援机制，明确应急救援机构和组织。
- 7.2 应急救援机构和组织应对本单位存在的职业病危害因素进行排查，对可能发生职业危害事故的工作场所和可能引起职业危害事故的因素制定相应的应急救援预案，如接触液氨、硅烷、三氯氧磷、强酸、强碱工作场所、危险化学品库储存库等。
- 7.3 应定期组织相关人员进行现场模拟演练，提高应急救援水平。
- 7.4 发生职业危害事故时，应立即向有关行政主管部门报告。
- 7.5 使用硅烷、三氯氧磷、液氨等剧毒或高毒化学品的硅太阳能电池企业应按 GBZ 1 的相关要求设置应急救援站或有毒气体防护站。
- 7.6 硅太阳能电池生产企业应与职工医院和就近医疗机构保持密切联系和建立合作关系，以便发生急性职业危害事故时能够得到及时的医疗救助。

8 职业危害防治工作的评估

- 8.1 为掌握本单位职业危害的控制效果，硅太阳能电池生产企业应定期由主管安全生产的部门负责组织安全、技术、工会等部门人员、职业卫生管理人员、职工代表和专家，共同对本单位的职业病防治工作进行综合评估。
- 8.2 评估周期为一年。
- 8.3 评估内容包括：
 - 组织机构是否完善；
 - 各项规章制度是否健全；
 - 职业卫生档案的建立情况；
 - 防护设施的配备和运行情况；
 - 危害警示标识的设置情况；
 - 个人防护用品的配备和使用情况；
 - 应急救援措施是否齐全，辅助用室是否满足基本卫生要求；
 - 职业安全培训情况；
 - 职业病危害因素监测与评价情况；
 - 职业健康监护执行情况；
 - 劳动者的健康状况以及职业病的发病情况；
 - 对职业病防治工作的建议；
 - 对评估中发现的问题，应制定出切实可行的解决方案加以解决；
 - 评估报告存入职业卫生档案，并接受职业卫生监督管理部门查阅。

附 录 A
(资料性附录)
硅太阳能电池生产行业典型工艺流程

本部分主要以图A.1和图A.2所示的硅太阳能电池生产行业的典型工艺进行分析，按生产车间不同职业病危害因素所提出的职业危害预防控制指南，可以直接使用，也可根据具体实际修改使用。

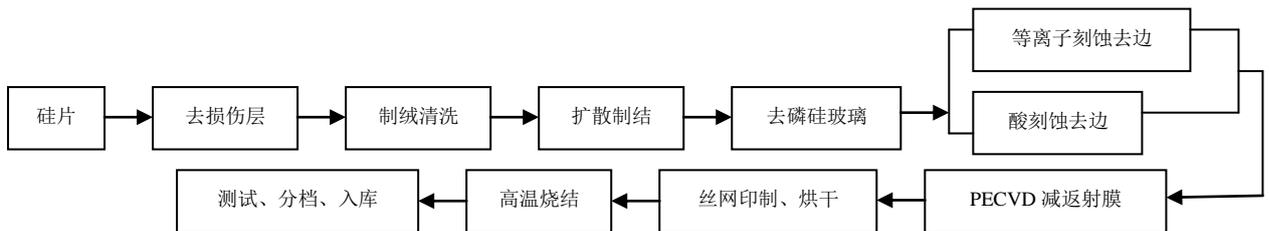


图 A.1 硅太阳能电池片主要生产工艺流程

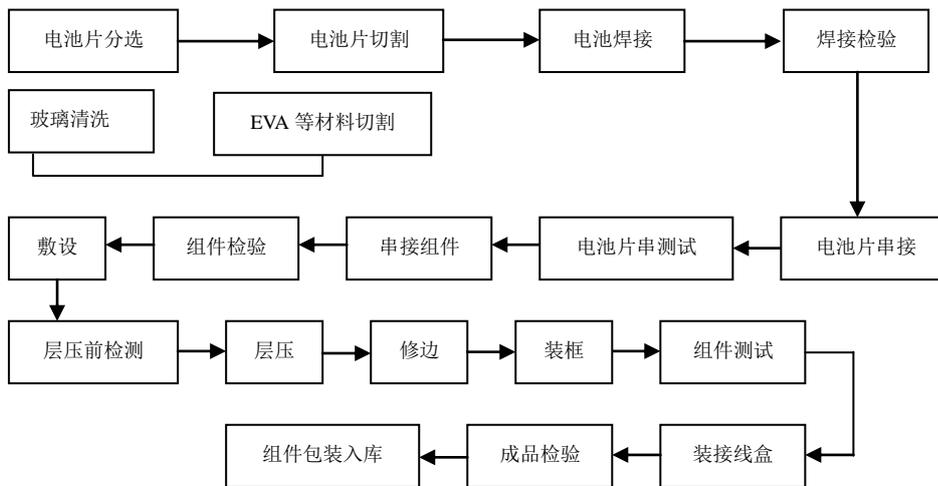


图 A.2 太阳能电池组件主要工艺流程

附 录 B
(资料性附录)

硅太阳能电池生产行业各岗位存在的职业病危害因素和防护措施

硅太阳能电池生产行业不同岗位可能存在的多种职业病危害因素和防护措施可参考表 B.1。

表 B.1 硅太阳能电池生产行业各岗位存在的职业病危害因素、采取的防护措施和个人防护用品

工作场所	岗位	职业病危害因素	防护措施	个人防护用品
硅太阳能电池片生产车间	制绒清洗	盐酸、氢氟酸、氮氧化物、硝酸、氢氧化钠、噪声等	通风排毒、管线密闭	耐酸碱手套、护目镜
	磷扩散	盐酸、氢氟酸、三氯氧磷、氯气、二氧化碳、五氧化二磷、偏磷酸(HPO ₃)、噪声、高温等	通风排毒、管线密闭	耐酸碱手套、防烫手套
	去磷硅玻璃	氢氟酸、磷酸、硫酸、氢氧化钾、氮氧化物	通风排毒、管线密闭	耐酸碱手套
	制反减射膜	氨气、硅烷、四氟化碳、SiF ₄ 、氯化硅粉尘、高温	通风排毒、管线密闭、真空吸尘系统	防尘口罩、防烫手套
	丝网印刷、烧结	银浆、铝浆、松油醇、铅、高温	通风排毒、管线密闭	氯丁橡胶手套、防烫手套
硅太阳能电池组件生产车间	预处理、分选	锡、二氧化锡、乙醇	通风排毒	氯丁橡胶手套
	焊接	铅烟、锡、二氧化锡	通风排毒	防尘口罩
	层压	噪声	低噪声设备、隔声室	护听器
	上胶装框	甲醇、噪声	通风排毒	护听器
辅助生产车间	动力	噪声、工频电场、低温	设备隔音、屏蔽	护听器、防低温手套
	维修	电焊烟尘、砂浆、噪声	通风排毒、物理隔声	防尘/防尘半面罩、护听器
	酸、碱储存	盐酸、氢氟酸、氮氧化物、硝酸、氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化钙	通风排毒、管线密闭	耐酸碱手套、耐酸碱工作服、防化学喷溅眼镜
	气体	氮气(N ₂)、氧气(O ₂)、氩气(Ar)、四氟化碳、硅烷、氨气、氢氟酸	管线密闭、自动计量	防酸口罩、自给正压式呼吸器
	废水处理	氢氧化钠、氢氧化钙、氯化钙、絮凝剂、助凝剂、氢氟酸	管线密闭、自动计量	耐酸碱手套、防尘口罩、护听器、防化学喷溅眼镜

附 录 C
(资料性附录)

硅太阳能电池生产行业主要职业病危害因素

C.1 职业病危害因素与接触工种（位）

在硅太阳能电池生产过程中，同一职业病危害因素可在不同的岗位产生，如表 C.1 所示。

表 C.1 职业病危害因素与岗位对应表

职业病危害因素	硅太阳能电池生产岗位
氮化硅粉尘	制减反射膜、设备维护
电焊烟尘	组件焊接、维修
氢氟酸（氢氟酸）	制绒、磷扩散、去磷硅玻璃、储存、装卸、含氟废水处理
硝酸、氮氧化物	制绒、磷扩散、去磷硅玻璃、储存、装卸
盐酸	制绒、磷扩散、去磷硅玻璃、储存、装卸、污水处理
磷酸	制绒、磷扩散、去磷硅玻璃、储存、装卸
硫酸	去磷硅玻璃、储存、装卸
氢氧化钠	制绒、磷扩散、去磷硅玻璃、储存、装卸、污水处理
氨气	制绒、磷扩散、制反减反射膜、制减反射膜、含氨废水处理
硅烷	特气储存、气相沉积、设备维护
三氯氧磷、五氧化二磷	磷扩散、储存、更换磷源
氯气	磷扩散
银浆	丝网印刷
铝浆	丝网印刷
松油醇	丝网印刷
铅	丝网印刷、组件单串焊
铜	组件单串焊
二氧化锡	组件单串焊
氢氧化钙	废水处理
乙醇	含锡铜带预处理
甲醇	上胶、装框
噪声	玻璃清洗机房、废水污泥处理系统、空调冷却机组、纯水制取等
高温	烧结、制减反射膜
工频电场	动力设备巡检

C.2 粉尘职业接触限值

工作场所空气中粉尘容许浓度见表 C.2。

表 C.2 工作场所空气中粉尘容许浓度

危害因素名称	8h 时间加权平均容许浓度 (PC-TWA)		超限 倍数	备注
	mg/m ³			
	总尘	呼尘		
氮化硅粉尘	8	—	2.0	氮化硅粉尘游离二氧化硅含量<10%，归类为其他粉尘
电焊烟尘	4	—	2.0	G2B: 可疑人类致癌物

C.3 化学物质职业接触限值

工作场所空气中化学物质容许浓度见表 C.3。

表 C.3 工作场所空气中化学物质容许浓度

危害因素名称	职业接触限值 ^a			立即威胁生命和健康浓度(IDLH) ^b (20℃) mg/m ³
	最高容许浓度 (MAC)	时间加权平均 容许浓度 (PC-TWA)	短时间接触容 许浓度 PC-STEL	
氨	—	20	30	360
二氧化氮 (NO ₂)	—	5	10	96
二氧化锡(按 Sn 计)	—	2	—	400
氢氟酸	2	—	—	25
甲醇	—	25	50	33000
磷酸	—	1	3	10000
硫酸	—	1	2	80
氯	1	—	—	88
铅(烟)	—	0.03	—	700
铜(烟)	—	0.2	—	—
氢氧化钾	2	—	—	—
氢氧化钠	2	—	—	250
三氯氧磷	—	0.3	0.6	—
五氧化二磷	1	—	—	—
盐酸	7.5	—	—	150
一氧化氮 (NO)	—	15	—	120
^a 引自GBZ 2.1。				
^b 引自GB/T 18664。				

C.4 噪声职业接触限值

每周工作 5d, 每天工作 8h, 稳态噪声限值为 85dB (A 计权), 非稳态噪声等效声级的限值为 85dB (A 计权), 见表 C.4。

表 C.4 工作场所噪声职业接触限值

接触时间	接触限值 dB (A 计权)	备注
每周工作 5d, 每天工作 8h	85	非稳态噪声计算 8h 等效声级
每周工作 5d, 每天工作不等于 8h	85	计算 8h 等效声级
每周工作不是 5d	85	计算 40h 等效声级

C.5 高温作业职业接触限值

接触时间率 100%, 体力劳动强度为 IV 级, WBGT 指数限值为 25℃; 接触时间率 100%, 体力劳动强度为 IV 级, WBGT 指数限值为 25℃; 劳动强度分级每下降一级, WBGT 指数限值增加 1℃~2℃; 接触时间率每减少 25%, WBGT 限值指数增加 1℃~2℃。

本地区室外通风设计温度 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的地区, 表 C.5 中规定的 WBGT 指数相应增加 1℃。

常见职业体力劳动强度分级见表 C.6。

表 C.5 工作场所不同体力劳动强度 WBGT 限值

单位为摄氏度 (°C)

接触时间率 %	体力劳动强度			
	I	II	III	IV
100	30	28	26	25
75	31	29	28	26
50	32	30	29	28
25	33	32	31	30

表 C.6 常见职业体力劳动强度分级表

体力劳动强度分级	职业描述
I (轻劳动)	坐姿：手工作业或腿的轻度活动（正常情况下，如打字、缝纫、脚踏开关等）；立姿：操作仪器，控制、查看设备，上臂用力为主的装配工作
II (中等劳动)	手和臂持续动作（如锯木头等）；臂和腿的工作（如卡车、拖拉机或建筑设备等非运输操作等）；臂和躯干的工作（如锻造、风动工具操作、粉刷、间断搬运中等重物、除草、锄田、摘水果和蔬菜等）
III (重劳动)	臂和躯干负荷工作（如搬重物、铲、锤锻、锯刨或凿硬木、割草、挖掘等）
IV (极重劳动)	大强度的挖掘、搬运，快到极限节律的极强活动

C.6 工频电场职业接触限值

8h 工作场所工频电场职业接触限值见表 C.7。

表 C.7 工作场所工频电场职业接触限值

频率 Hz	电场强度 kV/m
50	5