



中华人民共和国国家标准

GB/T 40431—2021

电气运行场所的人身安全约束指南

Guidelines for personal safety restraint in electrical operation place

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 电气人身安全约束原则	2
5 电气人身安全危险识别	2
6 电气人身安全约束措施	3
7 人员自身的电气安全约束	3
7.1 人员信息	3
7.2 人员自身的电气安全风险	3
7.3 电气安全约束措施	4
8 人机互动时的电气安全约束	4
8.1 人机互动形式	4
8.2 人工操作时的电气安全风险	5
8.3 人工干预时的电气安全风险	5
8.4 人机协同操作时的电气安全风险	5
8.5 其他电气安全风险	5
8.6 电气安全约束措施	6
9 人员互动时的电气安全约束	6
9.1 人员互动形式	6
9.2 工作内容互动时的电气安全风险	6
9.3 非工作内容互动时的电气安全风险	7
9.4 电气安全约束措施	7
参考文献	8

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。

本文件由全国电气安全标准化技术委员会(SAC/TC 25)提出并归口。

本文件起草单位：机械工业北京电工技术经济研究所、苏州电器科学研究院股份有限公司、广州白云电器设备股份有限公司、中国电器工业协会、艾美肯(厦门)电力科技有限公司、上海市安全生产科学研究所、安徽伊法拉电力科技有限公司、深圳市广晟德科技发展有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、广东阿尔派电力科技股份有限公司、中铁九局集团电务工程有限公司。

本文件主要起草人：马红、胡德霖、曾雁鸿、曾彬华、宋漳华、张宏荃、戴文忠、胡稳、季慧玉、马如海、兰桂刚、王大伟。



引 言

人员是电气运行场所的核心要素之一,保障人身安全至关重要。

随着智能系统的大规模扩展,电气运行场所构成趋于复杂,人机互动形式趋于多样,相关要求更加专业和严格,电气安全风险存在变化和加剧。

根据电气运行场所中人员面临的电气安全风险,通过提出设计阶段和使用阶段的风险降低措施,对人员直接或间接地提出约束,以保障人身安全。

本文件可为电气运行场所考虑电气人身安全时提供指南。



电气运行场所的人身安全约束指南

1 范围

本文件确立了电气运行场所的电气人身安全约束原则,给出了人员自身、人机互动、人员互动的电气安全约束内容和约束措施。

本文件适用于低压电气设备及系统运行场所中人员的电气安全约束。

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。

- GB/T 4025—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则
- GB/T 4026—2019 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子、导体终端和导体的标识
- GB/T 4205—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 22696(所有部分) 电气设备的安全 风险评估和风险降低
- GB/T 29481—2013 电气安全标志
- GB/T 33980—2017 电工产品使用说明书中包含电气安全信息的导则
- GB/T 34924—2017 低压电气设备安全风险评估和风险降低指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电气人身安全 electrical personal safety

在电气领域中使人员免除电气设备及系统中各种电气事故造成的伤害。

3.2

约束 restraint

提出保障人身安全的措施。

3.3

协同操作 collaborative operation

规定了一种专门设计的电气设备及系统与一名人员工作于协同工作空间中的行为。

[来源:GB/T 36008—2018,3.1,有修改]

3.4

协同工作空间 collaborative workspace

在操作空间内,电气设备及系统与人员在生产活动中能同时执行任务的工作空间。

[来源:GB/T 36008—2018,3.3,有修改]

3.5

保护性间距 protective separation distance

电气设备及系统的任何危险移动部件与协同工作空间内人员之间的最短允许距离。

[来源:GB/T 36008—2018,3.6,有修改]

4 电气人身安全约束原则

电气人身安全约束优先遵循对人身安全保护的有关规定以及电气安全技术对人员可接受风险水平的要求。

电气人身安全约束宜根据以下原则提出,但不限于:

- 可追溯性,根据电气运行场所中人员所面临的电气安全风险提出;
- 可操作性,结合电气设备及系统的性能和应用情况提出;
- 时域特性,考虑电气运行场所中人员及某些设备(例如可移动设备)随时间推移存在的运动轨迹及其变化;
- 动态调整性,根据电气安全风险的发展和变化以及时域特性进行动态调整;
- 经济和合理性,保障人员安全的前提下,综合考虑安全成本和安全效益。

电气人身安全约束应确保人员的电气安全风险控制在可接受水平。

5 电气人身安全危险识别

按 GB/T 34924—2017 规定,危险识别宜考虑电气运行场所中人员涉及的工作任务、电气设备及系统生命周期中的特定阶段以及运行场景。

工作任务危险识别宜考虑所有的相关任务,包括但不限于以下方面:

- 设置;
- 测试;
- 启动;
- 所有操作模式;
- 停止,包括正常和紧急停止;
- 勘障/排障(人工干预);
- 维护和维修;
- 可合理预见的误使用;
- 任务信息传递和/或交流。

通常,执行工作任务通过人机互动、人员互动来完成。该阶段的危险更多由人员的不安全行为和状态触发。

电气运行场所中电气设备及系统生命周期的特定阶段的危险识别宜覆盖以下可能的阶段,包括但不限于:

- 组装和安装;
- 试运行;
- 使用;
- 维护和维修。

电气设备及系统的电气安全危险通常由电击、能量、着火、热、人机界面、人机工效等方面的潜在风险或不合理设计触发,相关电气安全危险按 GB/T 22696(所有部分)的规定。

运行场景的危险识别宜考虑运行场景的内容和特征。运行场景可包括常规工作空间、安全防护空

间、协同工作空间以及整个场所的环境因素。运行场景的电气安全风险通常由环境因素变化、安全间距（例如协同工作空间中的保护性间距）不合理、运动轨迹重叠或交叉等不安全状态触发。

6 电气人身安全约束措施

设计阶段宜按照以下优先顺序采取电气安全约束措施：

- a) 固有安全措施，可包括电气设备及系统的固有安全设计措施，也包括人员的固有安全措施；
- b) 防护措施，可包括针对电气设备及系统提出的危险防护、外壳防护等措施，也包括针对人员提出的佩戴防护用品等措施；
- c) 使用信息，包括随电气设备及系统交付的说明书、电气设备及系统上的安全标识、运行场所中的安全标识、针对人员的操作手册等。

使用阶段宜从额外的防护设备、个人防护用品、培训等方面采取电气安全约束措施。

7 人员自身的电气安全约束

7.1 人员信息

宜考虑的人员信息包括，但不限于：

- 静态信息，特定时间内不发生变化或处于同一水平的信息，例如安全技能水平、安全经验、对风险的认知能力、应对故障的能力等；
- 动态信息，随时间推移发生变化的信息，例如身体健康状况、心理状况、操作/干预/协同操作位置（执行任务的空间范围）、运动轨迹等；
- 人机工效信息包括，但不限于：
 - 是否考虑了设备常用人群特征，例如：性别、年龄、惯用手、身高、力量；
 - 是否考虑了相关健康因素（例如：有视力或听力损伤等身体缺陷），并根据设计的改进不断调整等。

7.2 人员自身的电气安全风险

7.2.1 人员信息变化引起的电气安全风险

由人员静态信息、动态信息、人机工效信息（见 7.1）变化引起的电气安全风险。

7.2.2 电气运行场所引起的电气安全风险

可从以下因素考虑由电气运行场所引起的电气安全风险，但不限于：

- 场所环境因素变化引起的，例如温度、压力、湿度、尘埃等的变化；
- 各类特定工作空间（常规工作空间、安全防护空间、协同工作空间等）因设计不合理等引起的。

7.2.3 人员暴露在危险处境引起的电气安全风险

可从以下因素考虑由人员暴露在危险处境引起的电气安全风险，但不限于：

- 人员进入危险区域的频率和时间；
- 人员握持或触及电气设备及系统的频率和时间；
- 暴露在危险处境的积聚效应和增效影响等。

7.3 电气安全约束措施

7.3.1 固有安全措施

对人员的固有安全措施包括,但不限于:

- 安全文化的建设和完善;
- 安全心理的培训和强化;
- 安全技术的持续培训,例如:电气设备及系统的风险应对、事故记录、应急措施等;
- 工作规章制度的完善和严格执行;
- 安全操作规程的学习和强化;
- 对固有安全措施的掌握和应用。

7.3.2 防护措施

对人员的防护措施包括,但不限于:

- 个人防护用品;
- 用于受困人员逃逸和援救的措施;
- 用于安全使用电气设备及系统的措施等。

7.3.3 使用信息

使用信息包括,但不限于:

- 标识在电气设备及系统上的信息;
- 随电气设备及系统提供的文件,例如:说明书(考虑电气安全信息时按 GB/T 33980—2017 的规定)等;
- 标识在电气运行场所的信息,标识的设计及应用要求按 GB/T 29481—2013 的规定;
- 操作手册等。

可进行标识的信息包括:

- 指示标志、禁止标志和警告标志;
- 安全使用标志、参数;
- 听觉、视觉或触觉信息;
- 其他警告装置等。

可进行标识的信息内容和要求,按 GB/T 4025—2010、GB/T 4026—2019、GB/T 4205—2010 的规定。

8 人机互动时的电气安全约束

8.1 人机互动形式

人机互动形式包括,但不限于:

- 人工操作;
- 人工干预;
- 人机协同操作等。

注:本文件的人工操作视为人为控制,人工干预视为人工进行参与,人机协同操作视为部分由设备控制、部分由人为控制。

人机互动形式通过以下方式体现:

- 握持；
- 触及；
- 接近；
- 安全间距(例如保护性间距等)；
- 远程操作等。

8.2 人工操作时的电气安全风险

对于非自动化、半自动化的电气设备及系统,其运行任务需要人工操作来完成。人工操作可发生在电气设备及系统生命周期的所有相关阶段(见第5章)。

人工操作时的电气安全约束针对该过程中产生的电气安全风险提出,电气安全风险包括人员的不安全行为(例如未按规定操作等)、不安全状态(见7.1)和电气设备及系统的电气安全风险(见第5章)。

根据人机互动形式的体现方式,人员的不安全行为还可包括:

- 非正常握持；
- 非正常触及；
- 非正常接近；
- 运动轨迹超出安全范围等。

8.3 人工干预时的电气安全风险

一些辅助操作或应用环境复杂的情况,无法通过程序自动实现,需要进行人工干预。人工干预可发生在电气设备及系统生命周期的所有相关阶段(见第5章),例如:

- 使用过程中,自动化、智能化设备的某些功能需要人工干预时；
- 维修过程中,勘障的某些功能需要人工干预时；
- 应急措施动作时等。

人工干预时的电气安全约束针对该过程中产生的电气安全风险提出,电气安全风险包括人员的不安全行为(例如未按规定启动或停止等)、不安全状态(见7.1)和电气设备及系统的电气安全风险(见第5章)。

8.4 人机协同操作时的电气安全风险

通常,人机协同操作更多发生在生命周期的使用阶段。人机协同操作需要和电气设备及系统在协同工作空间内完成同一工作任务,也涉及人工操作和人工干预形式。

因此,人机协同操作的电气安全约束要同时考虑人工操作、人工干预的电气安全风险(见8.2、8.3)和人机协同操作的电气安全风险。

人机协同操作的电气安全风险,宜考虑:

- 人员自身的电气安全风险(见第7章)；
- 由电气设备或系统性能(例如:正常操作条件、负载、速度、加速度等)变化引起的风险；
- 保护性间距是否符合要求；
- 通行路线(例如:人员路线、电气设备或系统的移动路线、物料搬动到工作区域的路线)是否存在重叠或交叉等；
- 协同工作空间的安全防护措施等。

8.5 其他电气安全风险

除人工操作、人工干预、人机协同操作的电气安全风险之外,还宜考虑其他可能产生电气安全风险的情况,包括但不限于:

- 人机界面信息获取的准确性,例如:数字信息、颜色信息、图形符号信息等;
- 设备上安全标志信息获取的准确性,例如:提示、警告、禁止标志信息等。

8.6 电气安全约束措施

8.6.1 固有安全措施

对电气设备及系统的固有安全设计措施包括,但不限于:

- 改善电气设备及系统零部件的可靠性;
- 改进电气绝缘结构、绝缘配合、提高绝缘水平,例如:设计双重绝缘等;
- 减少能量;
- 减少暴露于危险处境的需求;
- 替换危险或有害材料和物质;
- 改进物理结构,例如:去除锐边、棱角等。

对人员的固有安全措施见 7.3.1。

8.6.2 防护措施

对电气设备及系统的防护措施包括,但不限于:

- 用于防止接近或触及危险区域的固定挡板、护栏或围墙,例如:外壳防护等,相关要求按 GB/T 4208—2017 的规定;
- 防止进入危险区域的连锁防护;
- 紧急停止;
- 用于隔离和消散能量的措施等。

对人员的防护措施见 7.3.2。

8.6.3 使用信息

使用信息见 7.3.3。

9 人员互动时的电气安全约束

9.1 人员互动形式

人员互动形式包括,但不限于:

- 人员之间的工作内容互动;
- 人员之间的非工作内容互动。

9.2 工作内容互动时的电气安全风险

进行工作信息交接、交流时的必要互动,可通过当面、电话、文件等形式完成。

工作内容互动时的电气安全约束针对该过程中产生的电气安全风险提出,主要受以下因素影响:

- 工作信息传递的准确性;
- 工作信息传递的及时性;
- 工作信息接收的准确性;
- 工作信息接收的及时性;
- 工作信息识别的准确性;
- 工作信息内容的适用性等。

9.3 非工作内容互动时的电气安全风险

非工作内容的互动,可通过当面、电话、环境影响完成。

非工作内容互动时的电气安全约束针对该过程中产生的电气安全风险提出,宜考虑:

- 互动中不良情绪的传递;
- 互动中不利消息的获取;
- 对安全工作不良心理状态(例如侥幸心理)的传染等。

9.4 电气安全约束措施

9.4.1 固有安全措施

对人员的固有安全措施见 7.3.1。

9.4.2 防护措施

对人员的防护措施见 7.3.2。

9.4.3 使用信息

使用信息见 7.3.3。

参 考 文 献

- [1] GB/T 36008—2018 机器人与机器人装备 协作机器人
-