



中华人民共和国国家标准

GB/T 40437—2021

电气安全 风险预警指南

Electrical safety—Guidelines for risk early-warning

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 通则	2
4.1 一般原则	2
4.2 逻辑过程	2
5 预警风险要素	3
5.1 预警风险要素的确定原则	3
5.2 预警风险要素的来源	3
5.3 预警风险要素影响因素	4
5.4 预警风险要素的描述	4
6 预警风险要素监测	4
6.1 一般原则	4
6.2 监测对象	4
6.3 监测对象信息的表述	4
6.4 监测数据的管理	5
7 预警等级	5
7.1 一般原则	5
7.2 风险指数的确定	5
7.3 预警等级的确定	5
8 预警措施	6
8.1 一般原则	6
8.2 预警措施的分类	6
8.3 预警措施的解除	7
9 预警评估	7
9.1 概述	7
9.2 预警风险要素的评估	7
9.3 预警风险要素监测的评估	7
9.4 预警等级的评估	7
9.5 预警措施的评估	7
9.6 预警系统的评估	7
附录 A (资料性) 因时域特性产生的危险、危险处境和可能的伤害示例	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、上海市安全生产科学研究所、合肥井松智能科技股份有限公司、佛山市南海区公共安全技术研究院、艾美肯(厦门)电力科技有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、深圳市银星联盟电力科技有限公司、安徽伊法拉电气股份有限公司、杭州之江开关股份有限公司、福州广发电气设备有限公司、广州白云电器设备股份有限公司。

本文件主要起草人：马红、李锋、张宏荃、姚志坚、黎贤胜、宋漳华、季慧玉、余建、戴文忠、曾雁鸿、仲超、陈泽、陈灿森。

引 言

电气设备及系统在设计和制造完成后即使满足了固有安全要求,也会存在一定的残余风险。因此,电气设备及系统的应用不可避免会呈现电气安全的不确定性,存在危害人身和财产安全的风险。

根据电气安全风险发生规律和降低风险的措施,建立电气安全风险预警系统,在危险发生之前及时发现危险前兆,化解危险的发生,能有效减少电气安全事故的发生,达到“防患于未然”的目的。

本文件是电气安全风险预警的通用标准,可为电气设备及系统进行安全风险预警提供指南。

电气安全 风险预警指南

1 范围

本文件提供了电气安全风险预警的一般原则和逻辑过程,给出了预警风险要素确定、预警风险要素监测、预警等级确定、预警措施和预警评估等方面的信息。

本文件适用于交流额定电压 1 000 V 及以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电气设备及系统进行电气安全风险预警。

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 4776—2017 电气安全术语

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 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

GB/T 4776—2017、GB/T 22696(所有部分)界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预警 early-warning

根据电气安全风险发生规律和经验,以及电气设备及系统自身可能存在的残余风险,对可能出现的异常状态或紧急情况进行监测和预测并发出报警的活动总称。

3.2

电气安全风险预警系统 electrical safety risk early-warning system

能够根据电气安全风险发生规律和经验,监测预警对象活动,判定预警等级,发出预警信息的系统。

注:该系统也可具备采取一定措施的能力。

3.3

时域特性 temporality

对预警对象随时间变化所构成的动态状况的表述。

3.4

预警风险要素 early-warning risk elements

在预警系统中,存在导致危险发生的可能性,需要对其发展态势进行预警的要素。

3.5

监测 monitor

对预警风险要素进行监视、监听、测试、测验等一系列动作的总称。

3.6

预警等级 rating of early-warning

根据预警风险要素可能造成的危害程度、紧急程度和发展态势而划分的等级。

3.7

预警信息 early-warning message

根据预警风险要素可能造成的危害程度、紧急程度和发展态势而发布的预先告知或态势通知等警示类信息。

注：一般包括预警等级、起始时间、可能影响范围、警示事项、预警措施等。

3.8

预警措施 early-warning measures

根据预警信息所采取的应对措施。

3.9

预防(常设)措施 prevention (permanent) measures

根据电气安全风险发生规律和经验,对预先判定的预警信息提前设置的应对措施。

3.10

应急措施 emergency measures

对突发电气安全风险采取的应对措施。

4 通则

4.1 一般原则

电气安全风险预警遵循的一般原则包括但不限于：

- 可操作性,按照 GB/T 34924—2017 规定的电气安全风险评估等合理、可靠的方法,使风险预警过程客观、可操作；
- 信息的实效性和相关性,有助于电气安全风险的动态监测；
- 动态调整持续改进,关注电气安全风险发展,及时更新预警等级或解除预警；
- 综合衡量,综合考虑科技、经济、知识和社会发展水平以及社会不同人群、不同地域环境下对电气安全事故风险的承受能力等因素；
- 经济合理；
- 兼容与协调等。

4.2 逻辑过程

电气安全风险预警是一系列逻辑过程,从预警风险要素确定(见第 5 章)、预警风险要素监测(见第 6 章)、预警等级确定(见第 7 章),到预警措施实施(见第 8 章),最终实现风险预警,见图 1。为了使整个逻辑过程更合理和安全可靠,基于电气安全风险评估理论,对过程中的各个环节进行风险评估。

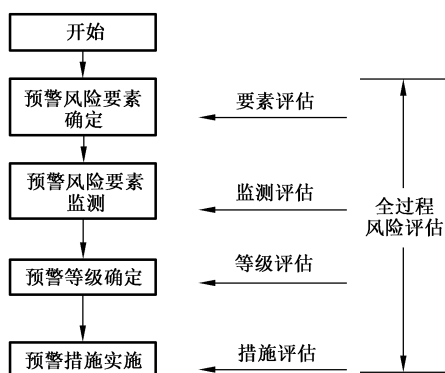


图 1 电气安全风险预警的逻辑过程

根据电气安全风险预警的逻辑过程,由图 1 所示逻辑过程中的各个环节构成电气安全风险预警系统(以下简称“预警系统”),包括:

- 预警风险要素确定;
- 预警风险要素监测;
- 预警等级确定;
- 预警措施实施。

注 1: 本文件不涉及实现风险预警的硬件措施,例如控制系统、监测设备等。

预警系统宜考虑时域特性的影响,包括但不限于:

- 电气设备及系统应用中,人员及某些设备(例如可移动设备)除固定位置外,还存在移动范围,并会随时间推移发生变化;
- 环境因素随时间推移发生变化;
- 随时间推移,暴露在危险环境下可能产生的积聚效应和增效影响等。

注 2: 人员及某些设备(例如可移动设备)因时域特性产生的危险、危险处境和可能的伤害示例见附录 A。

5 预警风险要素

5.1 预警风险要素的确定原则

预警风险要素的确定原则包括但不限于:

- 客观性;
- 关联性;
- 系统性;
- 可追溯性;
- 定性和定量相结合。

5.2 预警风险要素的来源

基于历史数据(例如危险和意外事故记录等)和电气安全风险评估结果,根据预警风险要素的确定原则,其来源包括但不限于以下方面:

- 电气设备及系统的风险要素:
 - 残余风险;
 - 防护措施(例如根据用户采取的防护措施)失效的风险;
 - 使用信息存在的风险,例如说明书中未告知的风险。

- 环境的风险要素,例如环境条件的改变对人员和/或设备的影响。
- 人员的风险要素,例如在非移动范围内活动、未佩戴或未正确佩戴防护设备、需要专业人员操作的设备在未经允许的情况由非专业人员操作等。
- 人机协同操作的风险要素,例如信息传递的准确性等。

5.3 预警风险要素影响因素

预警风险要素受以下因素影响:

- 预警风险要素引起伤害的严重程度。
- 预警风险要素发生伤害的可能性:
 - 人员和/或电气设备及系统暴露在危险处境的可能性;
 - 发生危险的概率;
 - 技术和人员避免或限制伤害的可能性,受人员技术水平、安全知识、经验、导致伤害发生的速度等因素的影响。

5.4 预警风险要素的描述

预警风险要素的描述包括对基本信息、触发信息和伤害信息的描述,其中:

- 基本信息是对与电气安全相关的电气设备及系统、环境、人员的正常状态的信息描述,可包括:电气设备的分类、用途、可移动性、操作方式等,海拔、温湿度、大气压力、雨雪等环境信息,专业人员、受过培训的人员(电气)或非专业人员等人员属性;
- 触发信息是对预警风险要素发展为电气安全危险的触发因素的信息描述,可包括:电气设备及系统的不安全状态、环境的不安全状态、人员不安全行为和状态等;
- 伤害信息是对预警风险要素可能引发的电气安全危险的信息描述,可包括:伤害类型、伤害结果、伤害性质、伤害严重程度等。

6 预警风险要素监测

6.1 一般原则

预警风险要素监测宜服从于预警系统的统筹安排。

6.2 监测对象

基于预警风险要素的来源,监测对象包括电气设备及系统、环境、人员、人机协同操作。

监测对象的信息包括:

- 电气设备及系统信息,包括但不限于:
 - 状态信息、额定值(电压、电流、频率等)、工作速度、表面允许温度范围等;
 - 对于可移动设备,包括转移位置、运动范围、运动方向、探测范围等。
- 环境信息:最低、最高温度,户内或户外,气压,湿度等。
- 人员信息,包括但不限于:数量、位置、活动轨迹、在危险区域的时间、触及方式、采取的防护等。
- 人机协同操作信息:
 - 设备的传递信息,包括但不限于:视觉信息、听觉信息、触觉信息等;
 - 人员的传递信息,包括但不限于:启动、暂停、停止操作等。

6.3 监测对象信息的表述

监测对象的信息可通过多种形式进行数据表达,如:模拟数据、数字数据、混合数据等。

数据可借助有线、无线等方式传输。

6.4 监测数据的管理

监测对象的信息通过数据表达后,宜考虑数据的准确性和稳定性。

监测数据准确性的影响因素包括但不限于:

- 人员与管理;
- 设施与环境;
- 监测方法的选择;
- 数据识别规则;
- 质量控制等。

监测数据稳定性的影响因素包括但不限于:

- 监测数据误差偏离;
- 监测数据识别偏离;
- 监测数据的离散性等。

7 预警等级

7.1 一般原则

按照 GB/T 34924—2017 规定的风险指数确定方法,根据以下优先级原则,确定预警等级。

- a) 以人为本,引发人身伤害的预警风险要素等级最高;
- b) 引发财产损失的预警风险要素等级次之;
- c) 再次,引发过程故障的预警风险要素;
- d) 最后,设备故障等。

7.2 风险指数的确定

7.2.1 分析风险指数影响因素,包括:

- a) 伤害的程度(用 S 表示):
 - 1) 轻微(正常可逆或短期内可修复),用 S_1 表示;
 - 2) 高度(正常可逆或长期内可修复),用 S_2 表示;
 - 3) 严重(正常不可逆或不可修复)或死亡,用 S_3 表示。
- b) 伤害的广度(用 F 表示):
 - 1) 极少-较少暴露和/或短时间暴露,用 F_1 表示;
 - 2) 频繁-持续暴露和/或长时间暴露,用 F_2 表示。
- c) 避免或限制伤害的可能性(用 P 表示):
 - 1) 可能避免,用 P_1 表示;
 - 2) 不大可能避免,用 P_2 表示。

7.2.2 综合考虑 7.2.1 中的各项影响因素,按照 GB/T 34924—2017 中图 4 的规定,确定风险指数。

7.3 预警等级的确定

根据风险指数,划分为稍有风险、轻度风险、中度风险、高度风险、严重风险 5 个风险等级。

对应风险等级,划分为一级、二级、三级、四级、五级五个预警等级,其颜色表示和应对措施等情况见表 1。

表 1 预警等级情况表

风险等级	预警等级情况		
	等级	颜色表示	应对措施
稍有风险	一级	绿色	无需采用应对措施,需保存记录
轻度风险	二级	蓝色	采取一般应对措施
中度风险	三级	黄色	采取较高应对措施
高度风险	四级	橙色	采取严重重视应对措施
严重风险	五级	红色	采取最高级别应对措施

8 预警措施

8.1 一般原则

根据预警等级结果,达到预警级别的,发布预警信息,实施预警措施。

预警措施宜服从于预警系统的总体要求和目标,以准确、及时、有效、可靠的方法实现系统的总体要求。

预警措施的选取原则:

- 针对性;
- 时效性;
- 安全性;
- 稳定性;
- 可靠性;
- 经济合理性。

8.2 预警措施的分类

根据电气安全风险发生规律和经验,对可预先判定的情况宜采取预防(常设)措施,对突发性情况宜采取应急措施。

预防(常设)措施包括但不限于:

- 电气设备及系统上设置的听觉、视觉、触觉措施,可按照 GB/T 4025—2010 的规定编码。
- 应用场所的听觉、视觉措施,可包括:指示灯、图形符号、安全标志、安全标语等;
- 人员防护措施、人员培训等;
- 环境因素的监控措施;
- 应急预案等。

应急措施包括但不限于:

——干预措施:

- 人工干预,例如通过操作消除设备的危险、主动脱离危险区域、减少暴露在危险区域的时间等;
- 设备干预,例如自动停止工作等。

——信息传达措施:

- 听觉信号措施,例如语音警示、警报警示等;
- 视觉信号措施,可包括视觉警告措施、视觉危险措施、视觉紧急措施等,例如文字警示、灯

光警示等。
——疏散措施等。

8.3 预警措施的解除

当预警风险要素不能形成闭环,例如人员撤离、设备危险状态解除等危险情况消除或危险达不到预警级别时,可及时解除预警措施。

9 预警评估

9.1 概述

按照 GB/T 34924—2017 规定的电气安全风险评估方法,对电气安全风险预警进行全过程风险评估,包括预警风险要素、预警风险要素监测、预警等级、预警措施的评估。

本文件仅提出对预警系统全过程进行风险评估可依据的方法和覆盖的内容,具体评估细节可在产品标准中规定。

9.2 预警风险要素的评估

预警风险要素的评估内容包括但不限于:

- 预警风险要素的客观性、关联性、系统性、可追溯性等;
- 预警风险要素确定过程的安全性;
- 对需重新选取的预警风险要素的风险评估,不致产生新的风险因素。

9.3 预警风险要素监测的评估

预警风险要素监测的评估内容包括但不限于:

- 监测对象的信息全面性;
- 监测对象的信息数据转化过程的安全性;
- 监测数据准确性和稳定性;
- 监测过程的安全性,不致产生新的风险因素。

9.4 预警等级的评估

预警等级的评估内容包括但不限于:

- 预警等级的原则;
- 预警等级的确定;
- 预警等级确定过程的安全性,不致产生新的风险因素。

9.5 预警措施的评估

预警措施的评估包括但不限于:

- 预警措施分类的合理性;
- 预警措施的全面性、有效性;
- 预警措施的安全性,不致产生新的风险因素。

9.6 预警系统的评估

对预警系统进行风险评估,确保预警系统的安全性,不致产生新的风险因素。

附录 A

(资料性)

因时域特性产生的危险、危险处境和可能的伤害示例

表 A.1 给出了人员及某些设备(例如可移动设备)因时域特性产生的危险、危险处境和可能的伤害示例。

表 A.1 因时域特性产生的危险、危险处境和可能的伤害示例

序号	分类	危险	危险处境	可能的伤害
1	可移动范围内	人员失误	不安全行为和状态	损害人员健康、损坏设备等
2		设备故障	不安全状态	损害人员健康、损坏设备等
3		环境因素异常	不安全状态	损害人员健康、损坏设备等
4	不可移动范围内	电击危险	直接接触、间接接触等	电流通过人体,引发的人体伤害、设备损坏等
5		着火危险	产生电弧、火花等	灼伤人员,烧毁电气设备等
6		机械危险	外壳防护失效、运动部件危险等	损害人员健康、损坏设备等
7		运行危险	触及危险部件、危险物质排放、振动噪声排放等	损害人员健康、损坏设备等
8		辐射危险	电场、磁场和电磁场的危险	使电气设备产生错误功能,不能正常工作,可能影响人员健康等
9		其他危险	人机工效不合理等	损害人员健康、损坏设备等