



中华人民共和国国家标准

GB 15578—XXXX
代替 GB 15578-2008

电阻焊机的安全要求

Safety requirements for resistance welding machine

(IEC 62135-1: 2015, MOD)

(报批稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 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
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 环境条件	3
5 试验	4
5.1 试验条件	4
5.2 测量仪器	4
5.3 型式检验	4
5.4 例行检验	4
6 防触电保护	5
6.1 通则	5
6.2 绝缘	5
6.3 正常使用时的防触电保护(直接接触)	10
6.4 故障状态时的防触电保护(间接接触)	13
6.5 附加的用户要求	25
6.6 输入电压	25
6.7 焊接回路导体	25
7 热性能要求	25
7.1 发热试验	25
7.2 温度测量方法	27
7.3 温升限值	28
7.4 正常使用时的热危害防护(直接接触)	30
8 非常规运行	31
8.1 通用要求	31
8.2 风扇堵转	31
8.3 冷却系统故障	31
8.4 过载试验	31
9 机械危险防护	32
9.1 通则	32
9.2 风险分析	32
9.3 措施	32
9.4 组件的符合性	33
9.5 手动操作设备的启动	33
10 使用说明书和标识	34
10.1 使用说明书	34

10.2	标识	34
10.3	接线端的标识	34
11	阻焊设备的安全使用要求	35
11.1	通则	35
11.2	数智化安全管理	35
附录 A (资料性)	供电网络的标称电压	36
附录 B (规范性)	输入回路接线端的结构	38
B.1	接线端的尺寸	38
B.2	输入回路接线端之间的间距	38
B.3	接线端的连接	39
B.4	接线端的结构	39
B.5	接线端的固定	39
附录 C (规范性)	故障状态下的接触电流测量	40
附录 D (资料性)	关机时刻温度的推算	45
附录 E (资料性)	风险分析和安全级别要求示例	46
E.1	通则	46
E.2	需要监控的危险	46
E.3	一般措施	46
E.4	不同类型设备的典型危险	46
附录 F (资料性)	阻焊设备的间接接触防护	50
F.1	通过自动断电对间接接触的防护	50
F.2	单相交流设备自动断电	52
F.3	中频直流电设备 (逆变设备) 供电的自动断电	52
	参考文献	56

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。

本文件代替 GB 15578-2008《电阻焊机的安全要求》，与GB 15578-2008相比，除结构性调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了供电电源的相关要求（见 2008 版的 4.2）；
- b) 增加了热性能试验的推荐性条件（见 5.1）；
- c) 更改了焊接电源测量仪表的精度要求（见 5.2）；
- d) 增加了型式检验的顺序要求（见 5.3）；
- e) 更改了例行检验的部分项目和顺序（见 5.4, 2008 年版的 5.4）；
- f) 更改了“表 2 最小爬电距离”（见 6.2.3）；
- g) 更改了“表 3 绝缘电阻”（见 6.2.4）；
- h) 更改了“表 4 介电强度试验电压”（见 6.2.5）；
- i) 增加了回路接触电流的相关要求（见 6.2.6）；
- j) 增加了液体冷却的相关要求（见 6.2.7）；
- k) 增加了输出端的额定空载电压、外壳或遮栏防护、正常工作时保护性导体的电流、正常状态下的接触电流等相关要求（见 6.3）；
- l) 增加了故障状态时的防触电保护(间接接触)的相关要求（见 6.4）；
- m) 增加了附加的用户要求（见 6.5）；
- n) 增加了输入电压的相关要求（见 6.6）；
- o) 增加了焊接回路导体的相关要求（见 6.7）；
- p) 更改了温升试验的试验条件（见 7.1.1）；
- q) 增加了电阻法的记录要求（见 7.2.3）；
- r) 更改了“表 7 绕组的温升限值”（见 7.3.1）；
- s) 增加了外表面的相关要求（见 7.3.2）；
- t) 增加了在正常使用中防止热危害（直接接触）的相关要求（见 7.4）；
- u) 增加了非常规运行的相关要求（见第 8 章）；
- v) 增加了机械危险性的防护要求（见第 9 章）；
- w) 更改了使用说明书和标识的部分要求（见第 10 章）；
- x) 增加了阻焊设备的安全使用要求（见第 11 章）。

本文件修改采用 IEC 62135-1: 2015《阻焊设备 第1部分：设计、制造和安装的安全要求》。

本文件与 IEC 62135-1: 2015 相比，存在技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线（|）进行了标示。这些技术差异及其原因如下：

——增加了阻焊设备的安全使用要求（见第11章）。为落实人员密集场所使用的阻焊设备的安全使用要求。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本文件1995年首次发布为GB 15578-1995，2008年第1次修订为GB 15578-2008，本次为第2次修订。

电阻焊机的安全要求

1 范围

本文件规定了阻焊设备在设计、制造和安装方面的安全要求。但不包括所有非电气安全要求（例如噪音，振动）。

本文件适用于阻焊和类似工艺所用设备，包括由手动或自动加载和（或）启动的单个及多个焊接工作站。

本文件覆盖了固定式和移动式设备。

本文件不包括阻焊设备的电磁兼容性要求，该要求见GB/T 31251.2。

为保证设备符合本文件，应对阻焊设备在加载、给进、操作和卸载方面的所有风险（适用时）进行评估，并且符合相关标准要求。

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 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件（IEC 60204-1:2016，IDT）

GB/T 5465.2-2023 电气设备用图形符号 第2部分：图形符号（IEC 60417 Database:2023-03，IDT）

GB 9448-2025 焊接与切割安全

GB/T 16935.1-2023 低压供电系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验（IEC 60664-1:2020，IDT）

GB/T 16895.21-2020 低压电气装置 第4-41部分：安全防护 电击防护（IEC 60364-4-41:2017，IDT）

GB/T 40248-2021 人员密集场所消防安全管理

IEC 60364-6 低压电气装置 第6部分：检验（ Low-voltage electrical installations-Part 6: Verification ）

注：GB/T 16895.23-2020 低压电气装置 第6部分：检验（IEC 60364-6:2016，IDT）

IEC 60445 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（Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification-Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors）

注：GB/T 4026-2025 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（IEC 60445: 2021，IDT）

IEC 60529 外壳防护等级（IP代码）[Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)]

注：GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）（IEC 60529:2013，IDT）

IEC 60664-3 低压系统内设备的绝缘配合 第3部分：利用涂层、罐封和模压进行防污保护

（Insulation coordination for equipment within low-voltage systems-Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution）

注：GB/T 16935.3-2016 低压系统内设备的绝缘配合 第3部分：利用涂层、罐封和模压进行防污保护（IEC 60664-3:2016，IDT）

IEC 61140 电击防护 装置和设备的通用部分 (Protection against electric shock-Common aspects for installation and equipment)

注: GB/T 17045-2020 电击防护 装置和设备的通用部分 (IEC 61140:2016, IDT)

ISO 669 电阻焊 电阻焊设备 机械和电气要求 (Resistance welding-Resistance welding equipment-Mechanical and electrical requirements)

注: GB/T 8366-2021 电阻焊 电阻焊设备 机械和电气要求 (ISO 669:2016, IDT)

ISO 13849-1 机械安全 安全控制系统 第1部分: 设计通则 (Safety of machinery -Safety related parts of control systems-Part 1: General principles for design)

注: GB/T 16855.1-2025 机械安全 安全控制系统 第1部分: 设计通则 (ISO 13849-1:2023, IDT)

3 术语和定义

ISO 669、IEC 60664-1和IEC 60204-1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 阻焊和类似工艺设备 equipment for resistance welding and allied processes

实现阻焊加工或使用类似加工工艺的关联设备, 例如: 电源, 电极, 工装和相关控制设备。

注1: 它可能是一个独立的单元, 也可能是复杂机器的一部分。

注2: 在下文中使用“阻焊设备”一词。

3.2 类似阻焊工艺 processes allied to resistance welding

在类似阻焊设备的机器上进行的类似于阻焊的工艺, 例如电阻硬钎焊、电阻软钎焊或电阻加热等。

3.3 型式检验 type test

对按照某种设计方案制造的一台或多台产品所进行的试验, 以检验其是否符合有关标准的要求。

[来源: IEC 60050-851: 2008, 851-12-05]

3.4 例行检验 routine test

在生产过程中或产品制成后, 对每台产品所进行的试验, 以检验其是否符合有关标准或规程要求。

[来源: IEC 60050-851: 2008, 851-12-06]

3.5 焊接回路 welding circuit

焊接电流所要流过的导电回路。

3.6 控制回路 control circuit

用于焊接设备的操作控制和/或用于对电源电路进行保护的电路。

3.7 约定值 conventional value

测定参数时, 用作比较、校准和试验的标准值。

注: 在实际焊接过程中, 不一定符合约定值。

3.8 额定值 rated value

制造商为了明确部件、装置或设备的运行条件而规定的值。

3.9 定额 rating

一组额定值和工作条件。

3.10 手持式设备 hand-held equipment

使用过程中手持的内置或外置变压器的阻焊设备,包括悬挂式或非悬挂式。

3.11 移动式设备 portable equipment

使用插头连接到电源上的阻焊设备。

3.12 固定式设备 stationary equipment

永久性地连接到电源上的阻焊设备。

3.13 材料组别 material group

按其相比漏电起痕指数值(CTI)将材料分为4个组别。

注1: 材料组别如下:

—— I 类材料: $600 \leq \text{CTI}$ 。

—— II 类材料: $400 \leq \text{CTI} < 600$ 。

—— IIIa 类材料: $175 \leq \text{CTI} < 400$ 。

—— IIIb 类材料: $100 \leq \text{CTI} < 175$ 。

上述CTI值参照IEC 60112。

注2: 对于不产生漏电起痕的无机绝缘材料,例如玻璃或陶瓷等,为了达到等同绝缘,其爬电距离不需要大于相应的电气间隙。

3.14 热平衡 thermal equilibrium

测得的阻焊设备任何部分的温度上升速率不超过2K/h时的状态。

3.15 热保护 thermal protection

用以保证焊接设备的所有或部分部件避免因某些热过载而造成温度过高的系统。

注: 当温度降到复位值时,能手动或自动复位。

3.16 输入回路 supply circuit/input circuit

焊接电源中输入电流所流经的导电回路。

3.17 一般目视检查 general visual inspection

用肉眼观察来证实产品是否存在与有关标准明显不符合的缺陷。

3.18 工作电压 working voltage

在设备输入额定电压时,任何特定绝缘上存在的交流或直流电压的最高有效值。

注1: 瞬时值忽略不计。

注2: 考虑开路和正常工作时的条件。

4 环境条件

用于室内并符合本文件要求的阻焊设备应能在下述环境条件下安全运行。

- a) 环境空气温度范围：
在焊接期间：5℃～40℃；
- b) 空气相对湿度：
40℃时，不超过 50%；
20℃时，不超过 90%。
- c) 环境空气中的灰尘、酸、腐蚀性气体或物质等不超过正常含量，由于焊接过程而产生的这些物质除外。
- d) 海拔高度不超过 1000m。
- e) 冷却介质的温度不超过：
 - 1) 液体冷却：进口处 30℃；
 - 2) 空气冷却：40℃。

注：制造商和用户之间能商定不同的环境条件，商定后的阻焊设备要进行标注。这些条件如：户外使用、不同的海拔高度、不同的冷却介质温度、高湿度、异常的腐蚀性烟雾、蒸汽、过多的油蒸汽、异常振动或冲击、过多的灰尘、特殊的沿海或船上条件。

5 试验

5.1 试验条件

应在10℃～40℃的环境温度下，对新的、干燥的、组装完整的阻焊设备进行试验。热性能试验推荐在40℃的条件下进行。采用液体冷却的阻焊设备，应在制造商规定的液体冷却条件下进行试验。

5.2 测量仪器

测量仪器的准确度应为：

- a) 电气测量仪表：1级(满量程的±1%)，绝缘电阻和介电强度测量时例外，对于测量绝缘电阻和节电强度的仪器的精度没有规定，应将其对测量结果的影响予以考虑；
- b) 焊接电流的测量仪表：5级；
- c) 温度计：±2K。

5.3 型式检验

除非另有规定，本文件中要求的检验均为型式检验。

阻焊设备应同与其配套的、可能影响试验结果的辅助设备一起进行试验。

所有型式检验都应在同一台阻焊设备上进行，除非规定了某项检验可在另外一台阻焊设备上进行。

应按下列顺序进行型式检验：

- a) 一般目视检验，见 3.17；
- b) 绝缘电阻(初步检验)，见 6.2.4；
- c) 外壳防护，见 6.3.3；
- d) 绝缘电阻，见 6.2.4；
- e) 介电强度，见 6.2.5；
- f) 一般目视检验，见 3.17。

本文件中上述未提及的其他检验项目能按任何方便的顺序进行。

5.4 例行检验

每台阻焊设备都应依次通过下列检验：

- a) 一般目视检验，见3.17；
- b) 保护性线路的连通性，见6.4.7；
- c) 介电强度，见6.2.5；
- d) 空载电压，见6.3.2；
- e) 测量确定额定最小和最大输出值符合GB/T 8366的要求；
- f) 一般目视检验，见3.17。

6 防触电保护

6.1 通则

不应触及到带电危险性部件，并且易接近的导体不应有带电危险。

——在正常状态下（正常使用运行，无故障）；或

——在单一故障状态下；

正常状态保护的规定要求见6.3条；

故障状态保护的规定要求见6.4条。

6.2 绝缘

6.2.1 通则

按照IEC 60664-1的规定，大多数阻焊设备属于III类过电压设备。所有阻焊设备至少应按用于3级污染的环境设计。

液冷式设备的设计应考虑可能由不同工作条件出现的冷凝现象。

如果组件或部件按IEC 60664-3的要求予以全部涂层、罐封或模压处理，则可采用2级污染环境的电气间隙和爬电距离。

根据线对中性点的电压值进行绝缘设计的设备应带有警示：此类设备只能用于中性点接地的三相四线制，或中性点接地的单相三线制供电系统。

6.2.2 电气间隙

按IEC 60664-1规定，采用基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘的III类过电压设备的最小电气间隙见表1。

表1 III类过电压设备的最小电气间隙

电压 ^a $V_{r.m.s.}$	基本绝缘或附加绝缘					加强绝缘				
	额定脉冲试验电压峰值 V	交流试验电压 $V_{r.m.s.}$	污染等级			额定脉冲试验电压峰值 V	交流试验电压 $V_{r.m.s.}$	污染等级		
			2	3	4			2	3	4
			电气间隙 mm					电气间隙 mm		
50	800	566	0.2	0.8	1.6	1500	1061	0.5	0.8	1.6

100	1500	1061	0.5			2500	1768	1.5	
150	2500	1768	1.5			4000	2828	3	
300	4000	2828	3			6000	4243	5.5	
600	6000	4243	5.5			8000	5657	8	
1000	8000	5657	8			12000	8485	14	
注1: 本表数值取自GB/T 16935.1-2023中的表F.1和表F.2。									
注2: 对于其它污染等级和过电压类别可参见IEC 60664-1。									
a 见附录A的电压值。									

在测定易接近的非导电表面的电气间隙时,用IEC 60529规定的试指不论触及这些表面的哪个部位,均应将这此表面视作包覆了一层金属箔。

电气间隙不应使用插值法。

输入接线端要求见附录B。

用过电压限制装置(如金属氧化物压敏电阻)保护的阻焊设备部件(如电子线路或元件)之间的电气间隙能按I类过电压确定(见IEC 60664-1)。

表1的数值也适用于与输入回路隔离(如通过变压器)的控制回路。

如果控制回路直接与输入回路相连接,则应采用输入电压值。

按GB/T 16935.1-2023中6.8条要求测量电气间隙检查其合格与否。在无法测量的情况下,可以用表1中给定的电压对该阻焊设备进行冲击电压试验。

做脉冲试验时,用表1规定电压值,每一极性至少施加三个脉冲,每两个脉冲之间的时间间隔至少为1s,所用冲击电压发生器应具有脉宽为 $1.2/50\mu\text{s}$ 的输出波形,且输出阻抗低于 500Ω 。

也能用表1给定的交流测试电压进行试验,试验持续时间为3个周波;也能用一数值等于脉冲电压值的无纹波直流电压进行试验,每一极性试验三次,每次持续10ms。

设备应能承受试验电压而无闪络或击穿现象。

6.2.3 爬电距离

按IEC60664-1规定,基本绝缘和附加绝缘的最小爬电距离见表2。

加强或双重绝缘的爬电距离应是基本绝缘规定值的2倍。

在测定易接近的绝缘材料表面的爬电距离时,只要IEC 60529规定的试指易接近这些表面,这些表面应视作包覆了一层金属箔。

表2各行列出了最高额定电压下的爬电距离。对于较低额定电压,允许使用插入法。

输入接线端要求见附录B。

表2中的数值也适用于与输入回路隔离(如通过变压器)的控制回路。

爬电距离不能低于相应的电气间隙,因此,最小爬电距离应等于其所要求的电气间隙。

如果控制回路与输入回路直接相连接,则应采用输入电压值。

用长度测量仪按GB/T 16935.1-2023中6.8条规定,检查其合格与否。

表2 最小爬电距离

工作电压 V r. m. s	爬电距离（单位为毫米）								
	基本或附加绝缘								
	印刷线路材料		污染等级						
	污染等级		1	2			3		
	1	2	1	材料组别			材料组别		
a	b	a	I	II	III	I	II	III	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
10	0.025	0.04	0.08	0.4	0.4	0.4	1	1	1
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	0.42	0.42	1.0	1.05	1.05
16	0.025	0.04	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2
25	0.025	0.04	0.12	0.5	0.5	0.5	1.2	1.25	1.25
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8
50	0.025	0.04	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9
63	0.04	0.063	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2
80	0.063	0.1	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.1	0.16	0.25	0.71	1	1.4	1.8	2	2.2
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4
160	0.25	0.4	0.32	0.8	1.1	1.6	2	2.2	2.5
200	0.4	0.63	0.42	1	1.4	2	2.5	2.8	3.2
250	0.56	1	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5
400	1	2	1	2	2.8	4	5	5.6	6.3
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8	9	10
800	2.4	4	2.4	4	5.6	8	10	11	12.5
1000	3.2	5	3.2	5	7.1	10	12.5	14	16
1250			4.2	6.3	9	12.5	16	18	20
1600			5.6	8	11	16	20	22	25
2000			7.5	10	14	20	25	28	32
2500			10	12.5	18	25	32	36	40
3200			12.5	16	22	32	40	45	50
4000			16	20	28	40	50	56	63
5000			20	25	36	50	63	71	80
6300			25	32	45	63	80	90	100
8000			32	40	56	80	100	110	125
10000			40	50	71	100	125	140	160

注：根据IEC 60664-1，如果存在永久性传导性污染（污染等级4），则不能规定爬电距离的大小。

^a 材料组 I, II, IIIa和IIIb。

^b 材料组 I, II和IIIa。

6.2.4 绝缘电阻

绝缘电阻不应低于表3给出的数值。

表 3 绝缘电阻

测量 ^a	电阻
有6.4.2.2条保护措施 <input type="checkbox"/> 的输入回路(包括与之相连的控制回路)对焊接回路(包括与之相连的控制回路)	5.0 MΩ
保护措施不同于6.4.2.2条的 <input type="checkbox"/> 输入回路(包括与之相连的控制回路)对焊接回路(包括与之相连的控制回路)	2.5 MΩ
控制回路和外露导电部件对所有回路	2.5 MΩ
II类设备的 <input type="checkbox"/> 输入回路对易接近表面 ^b	5.0 MΩ
注：由于电阻焊设备的设计，焊接回路对保护电路的电阻不需要测量。	
^a 控制回路和与其电连接的回路一起进行试验。	
^b 测量易接近绝缘表面时，将这些表面视为被金属箔覆盖。	

与保护性导体接线端相连的所有控制回路或辅助回路在本试验中应视为外露导电部件。

在室温下，施加500V的直流电压，在无干扰抑制或保护电容器(见6.4.2.2条)的情况下，通过测量稳定的绝缘电阻值来检查其合格与否。

测试时，对于可能受损且不属于待测试绝缘部分的电气元件，可以将其断开或短路。测试报告应包含这些元件的清单，并说明其未纳入测试的理由。

在没有冷却液的情况下进行测试。

6.2.5 介电强度

绝缘应能承受以下试验电压而无闪络或击穿。

- 阻焊设备首次试验，用表4所列试验电压。
- 同一台阻焊设备的重复试验，用表4所列试验电压的80%。

表 4 介电强度试验电压

最大额定电压 $V_{r.m.s.}$	交流介电强度试验电压 $V_{r.m.s.}$				
	所有回路对外露导电部件,输入回路对除焊接回路以外的所有回路		除输入回路以外的所有回路对焊接回路	输入回路对焊接回路,采用基本绝缘	输入回路对焊接回路,采用双重绝缘或加强绝缘
	I类保护	II类保护			
≤50	250	500	500	—	—
200	1100	2200	1100	1100	2200
450	1875	3750	1875	1875	3750
700	2500	5000	2500	2500	5000
1000	2750	5500	—	2750	5500

注1：最大额定电压对接地和未接地的系统都有效。

注2：在本文件中控制回路的介电强度试验是指对除输入回路和焊接回路以外的进出机壳的任何回路。

^a 对于中间值，可在所有工作于 200V~450V 之外的供电电源（输入回路）和所有三相三线接地系统（见附录 A）上使用插值法。

^b 对于中间值，可在焊接回路和控制回路上使用插值法。

试验用的交流电压频率50Hz或60Hz，波形为近似正弦波，峰值不超过有效值的1.45倍。

高压变压器跳闸前应能提供规定的电压，跳闸应视为闪络或击穿。跳闸电流设置可根据变压器电容性分散电流来选择。允许的最大跳闸电流应是100mA。

为了操作者的安全，推荐设置最低档的跳闸电流（小于或等于10mA）。

代替试验：也可以用数值为交流电压有效值1.4倍的直流电压进行试验。

组件或部件不应被断开或短路，除非符合以下a)、b)或c)的条件。

- a) 按相关标准进行设计和检验的组件或部件，其电压低于本文件的试验电压。这些组件或部件不是连接在输入回路和焊接回路之间，并且它们的断开或短路不影响回路的试验。例如：风扇电机和泵电机。
- b) 组件或部件完全集成在输入回路或焊接回路中，它们的断开或短路不影响回路的试验。例如：电子电路。
- c) 连接在输入回路或焊接回路与外露导电部件之间的、符合有关标准的干扰抑制网络或保护性电容器。

与保护性导体接线端相连的控制回路在试验过程中不应断开，应按外露导电部件进行试验。

试验电压可按制造商要求缓慢上升至最大值。

带整流器的阻焊设备应在阻焊设备整机装配完成之后进行试验，并且整流器与变压器的输出回路保持正常的连接。试验时，整流器及其保护装置和其它固态电子组件或电容器可以短路。

液体冷却的设备应在加注冷却液体前进行试验。

应施加试验电压检验其合格与否，试验电压的持续时间为：

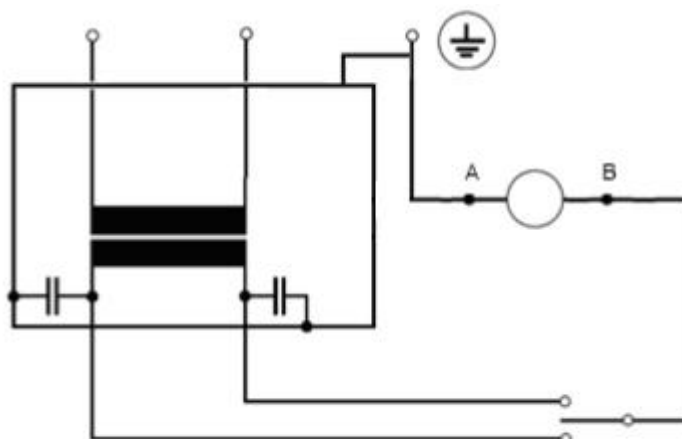
- a) 60s(型式检验)；
- b) 5s(例行检验)；或
- c) 1s(例行检验，试验电压提高20%)。

6.2.6 焊接回路接触电流

焊接回路和保护性导体绝缘的阻焊设备，焊接输出端与保护性导体接线端之间的接触电流峰值不应超过14.1mA。

在额定输入电压和空载条件下，用图1所示线路测量接触电流和目视检查其合格与否。

图C.1规定的测量网络应按照图1所示连接。



标引符号说明:

A, B——测量网络连接

注: II类设备使用接地供电网络PE端子。

图1 焊接回路接触电流的测量

6.2.7 液体冷却

输入回路不同极性部件之间的冷却软管长度至少为 0.5m, 电阻至少 $1\text{M}\Omega/\text{m}$; 冷却液的电阻率至少为 $20\Omega\cdot\text{m}$ 。

与输入回路接触的冷却系统的易接近连接应通过金属部件与保护性导体连接。

通过目视检查和测量检验合格与否。

6.3 正常使用时的防触电保护(直接接触)

6.3.1 通则

正常使用时的防触电保护应包括一项或多项在正常情况下防止与危险带电部件接触的规定, 规定如下:

- 基本绝缘;
- 遮栏或外壳;
- 电压限制;
- 稳态接触电流和电荷限制。

更多详情见 IEC 61140。

6.3.2 输出端的额定空载电压

6.3.2.1 通则

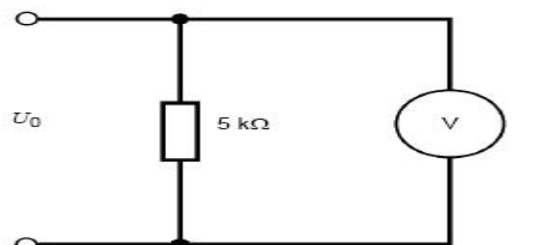
如焊接过程中, 焊接回路易接近, 且阻焊设备未安装满足 6.3.2.3 条要求的防触电装置, 则在任何情况下, 输出端的额定空载电压都不能超过交流有效值 25V 或无纹波直流峰值 60V。

如焊接过程中, 焊接回路易接近, 且阻焊设备安装满足 6.3.2.3 条要求的防触电装置, 则在任何情况下, 输出端的额定空载电压都不能超过交流 68V 峰值或有效值 48V。

通过测量和电路分析和/或故障分析来检查其合格与否。

6.3.2.2 测量电路

测量有效值时，用一个真有效值表并联一个 $5\text{k}\Omega \pm 5\%$ 电阻，按照图 2 连接到焊接回路端子进行测量。



标引符号说明：

U_0 ——空载电压；

V——真有效电压表。

图 2 有效值测量

6.3.2.3 防触电装置

6.3.2.3.1 一般要求

防触电装置应能减小由于空载电压超过交流 25V 而可能引起的触电危险。

6.3.2.3.2 电压降低装置

电压降低装置应在 0.1s 动作时间内自动将额定空载电压降至不超过交流 25 V 的值。通过测量电压和动作时间来检查是否符合要求。

6.3.2.3.3 正常工作指示

应提供一可靠的装置（如：信号灯）指示防触电装置正常工作。如果使用信号灯，电压降低时信号灯应发光。

通过目视检查，检查其合格与否。

6.3.2.3.4 安全状态失效

如果防触电装置不能按 6.3.2.3.1 要求动作，则输出端的电压应降低到不超过交流 25V，并且不能自动复位。

通过模拟的方式让防触电装置失效，测量装置失效后达到安全状态所需时间，检查其合格与否。

6.3.3 外壳或遮栏防护

外壳或遮栏应具有足够的防触电保护，防止触及危险带电部件。同时，要考虑来自环境和外壳内部所有相关的影响，外壳或遮栏应具备足够的机械强度，稳定性和耐久性，以保持规定的防护等级。

专门为用户内使用设计的阻焊设备，应使用 IEC 60529 的试验程序和条件，最低防护等级应为 IP20（外部焊接电路除外，例如：电极）。

专门为户外使用设计的阻焊设备，应使用 IEC 60529 的试验程序和条件，最低防护等级应为 IP23（外部焊接电路除外，例如：电极）。

按照下列方法检验是否合格。

在不通电的情况下，对焊接设备进行适当的防水试验。防水试验结束后，立即将该设备移动到安全

的地方进行绝缘电阻和介电强度试验。

设计或安装若允许移除遮栏、打开外壳或移除部分外壳时,应只能通过以下方法接触危险带电部件:

——使用钥匙或工具;

——外壳不再提供保护时,将危险带电部件与的供电回路隔离后,应更换遮栏或外壳部件或关闭门才能重新通电;

——如果中间遮栏仍然保持所要求的防护程度,只能通过使用钥匙或工具才能移除该遮栏。

通过目视检查,检查是否合格。

6.3.4 电容器

电容器作为阻焊设备的一个部件,如跨接在输入电路,应符合下列要求:

a) 易燃液体量不超过 1 升;

b) 在正常使用条件下,不出现液体泄漏现象;

c) 电容器应放置在阻焊设备的壳体内或其它符合本文件相关要求的壳体内。

通过目视检查,检查是否合格。

发生故障时,电容器不应导致电阻焊接设备出现危险的电气击穿或引发着火风险。

通过下述试验检查其合格与否。

在阻焊设备开启前,先将电容器短路,然后以额定输入电压空载运行电阻焊设备。输入电源熔断器或断路器的值为说明书中给定值的 120%和 200%之间。将所有或任一电容器短路,直至:

a) 阻焊设备内任一熔断器或过流装置动作;或

b) 供电回路熔断器或断路器断开;或

c) 阻焊设备的输入回路组件达到稳定温度(不高于 7.3 条的允许温度)。电气组件(如初级整流器)出现任何故障,也不视为试验不通过。

若出现任何明显过热和熔化,阻焊设备应符合 8.1 中的 b)和 c)的要求。

在本文件要求的任何型式检验期间,都不应有液体泄漏。

对于干扰抑制电容器或有内置熔断器或断路器的电容器,无需进行此项试验。

6.3.5 输入电容器的自动放电

每个电容器均应设置自动放电装置,以保证在接近与电容器相连的带电部件所需的时间内,电容器的端电压降至 60V 或更低,或者使用一个适当的警示符号。对因电容器而带电的插头而言,该接近时间定为 1s。

额定容量不超过 0.1 μ F 的电容器,视为不会引起触电危险。

通过目视检查和下列试验检查其合格与否:

阻焊设备应在最高额定输入电压下进行测试,然后切断阻焊设备的输入电源,使用对测量值没有显著影响的仪表测量电压。

6.3.6 正常工作时保护性导体的电流

外部保护性导体的泄漏电流不应超过:

a) 用插头式连接的设备,插头的额定容量不超过 32A(包括 32A)时,5mA;

b) 用插头式连接的设备,插头的额定容量超过 32A 时,10mA;

c) 对于无特殊保护性导体的、永久性连接的设备,10mA;

d) 具有加强保护性导体的、永久性连接的设备,泄漏电流不超过每相额定输入电流的 5%。

对于具有加强保护性导体的设备,应提供:

a) 一个用于连接保护性导体的接线端,保护性导体至少为:铜 10mm² 或铝 16mm²;或

- b) 另一个用于连接保护性导体的接线端，该保护性导体的截面积与通常使用的保护性导体的截面积相同。

通过下列试验检查其合格与否：

用一个阻抗可忽略不计（例如 $0.5\ \Omega$ ）的电流表与保护性导体串联来测量外部保护性导体的电流。在设备和配电系统所有正常运行模式下进行测量。

6.3.7 正常状态下的接触电流

正常状态下，不与保护电路相连的易接近导体表面的接触电流峰值不应超过 0.7mA 。

在下列条件和不模拟任何故障的情况下，按照附录C所示的设置，检查其合格与否：

- a) 阻焊设备：
——与地平面隔离；
——最高额定电源输入电压；
b) 焊接回路处于空载状态；
c) 干扰抑制电容未断开。

6.4 故障状态时的防触电保护(间接接触)

6.4.1 通则

6.4.1.1 一般安全措施

间接接触的防触电保护是用于防止由于带电部件和外露导电部件间绝缘故障引起的危险情况。

电气设备的每个回路或部件应至少采取一项措施。6.4.2.2是适用于焊接回路的措施，

6.4.2.2-6.4.2.4是适用于不同类型设备的措施。

与焊接回路不同的电气设备的每个回路或部件，应至少采取一项符合6.4.1.1-6.4.1.2的措施：

- a) 防止接触电压产生的措施（见6.4.1.2）；或
b) 在接触电压产生危险之前自动停止供电（6.4.1.3）。

由于物理或操作条件等原因导致所推荐的措施不适用时，可采用IEC 60364-4-41规定的其他措施。

如果所选择的措施要求必须和供电类型和接地系统相协调，制造商能要求用户提供供电接地系统的信息，并依据此信息设计设备，如：使用GB/T 5226.1-2019附录B中规定的查询表。

制造商应在说明书中列出所适用的供电接地系统（如TN/TT/IT系统）和所要求的有关输入元件特性（如熔断器、断路器和/或剩余电流保护装置定额）。

注1：接触电压对人体产生的危险程度取决于接触电压的电压值和触电时间的长短。

注2：设备和防护措施的分类见IEC 61140。

6.4.1.2 防止接触电压的发生

防止接触电压的发生包括以下措施：

- a) II类设备或采取等效的绝缘措施；
b) 电气隔离。

II类设备或采取等效绝缘措施是在基础绝缘失败的情况下防止在易接近部件上产生接触电压。由下列一项或多项来进行保护：

- a) II类电气设备或装置（按照标准IEC 61140中的双重绝缘、加强绝缘或等效绝缘）；
b) 具有完全绝缘的开关装置和控制装置；
c) 附加绝缘或双重绝缘（按照标准GB/T 16895.21-2020的413.2条）。

电气隔离是为了防止接触外露导电部件的触电，外露导电部件会因为回路的带电部件基本绝缘失败

而导电。这类保护见标准 GB/T 16895.21-2020 的 413.5 条款的要求。

6.4.1.3 自动断电保护

保护是指在故障情况下，通过保护装置的自动运行来断开一个或多个线路导体。断开操作应在足够短的时间内完成，将接触电压的持续时间限制在不会造成危险的范围内。断开时间见标准 IEC 60364-4-41。

本措施需要以下因素相互协调：

- 供电类型和接地系统类型；
- 保护性连接系统的不同元件的阻抗值；
- 检测绝缘故障的保护性装置的特性；
- 故障电流特性，如波形和频率成分。

在绝缘故障时回路自动断电是为了防止由接触电压引起的危险。

保护性措施包括：

- 外露导电部件的保护性连接；

和：

- a) 检测到 TN 系统绝缘故障时，采用过电流保护装置自动断电；或
- b) 检测到 TT 系统内带电部件与外露导电部件或接地端之间绝缘故障时，采用剩余电流保护装置自动断电，或
- c) 用绝缘监测或剩余电流保护装置使 IT 系统的自动断电。除非有保护装置在首次接地失败时断电，必须使用绝缘监测装置来预测在带电部件与导电部件或接地端之间的首次故障。绝缘监测装置可以在故障期间持续发出听得见和/或看得见的信号。

注：在大型机器中，配备接地故障定位系统有助于维护工作。

在 IEC60364-4-41 所规定的时间内，不能确保措施 a) 自动断电时，应有附加连接措施，以防止同时可触及的导电部件之间的预期接触电压超过 50V 交流电或 120V 无纹波直流电。

发生故障时，保护装置应在 IEC60364-4-41 所规定的时间内将设备与电源隔离。根据不同的选择，制造商可以将断电装置内置于设备中或在安装时提供。断电装置型号和特性的选择取决于设备参数（故障电流特性和设备附加故障回路阻抗）和安装参数（如接地系统型号、故障回路阻抗，接地电阻等）。如果断电装置未内置于设备中，而是在安装时提供，制造商应提供适当的信息，供用户正确选择（如所需的剩余电流保护开关类型、最大接地电阻、设备附加故障回路阻抗的信息等）。

6.4.2 焊接回路的保护

6.4.2.1 通则

为在输入电路与输出电路之间发生故障时提供保护，应采用 6.4.2.2 至 6.4.2.11 中所述的其中一项措施，该措施需与工件接触。当操作者可以触及铁芯或机架时，要求保护性导体与变压器铁芯或机架相连。

6.4.2.4-6.4.2.10 条款基于自动断电保护（见 6.4.1.3）。

如果焊接回路直接接地（采用 6.4.2.4），在未绝缘的工件上进行焊接加工，会在保护导体中产生循环电流。电流的波幅取决于很多因素，如焊接电流的类型（直流或者交流）、次级电压值、保护导体中电流循环路径的阻抗和电阻。杂散电流能危及保护性导体的完整性，制造商应告之用户，在哪些条件下，该设备适合焊接未绝缘的工件而不会遭受这种危险（例如，安装和验证要求）。

对根据 6.4.2.3 至 6.4.2.9 采取保护措施的间接多点焊接，如果无法避免可能危及防护导体完整性的过大接地电流，则工件和背衬电极应与保护导体绝缘。

6.4.2.2 焊接回路的双重或加强绝缘

焊接回路在电气上应与输入电路隔离,并与电压值高于6.3.2允许的空载电压值的其他所有回路(例如:辅助电源回路)隔离,隔离方式可以采用6.3条的双重或加强绝缘。

焊接回路与输入回路(包括变压器绕组)之间应使用符合表5规定的绝缘材料。

表5 绝缘穿通的最小距离

额定输入电压 $V_{r.m.s.}$	绝缘穿通的最小距离 mm	
	单层	3个或3个以上的单独层之和
≤ 440	1.3	0.35
441~690	1.5	0.4
691~1000	2.0	0.5

注:表5规定的要求不适用于次级与保护性导体相连的设备或采取了6.4.2.3-6.4.2.9条保护措施的设备。

如果变压器的金属部件与保护性接地绝缘,则:

——依据输入回路的工作电压,按6.3条焊接回路应采用双重绝缘或加强绝缘与变压器的金属部件电气隔离;或

——按6.3条输入回路应采用双重绝缘或加强绝缘与变压器的金属部件电气隔离。

如果焊接回路与另外的回路连接,应采用安全隔离变压器或其它等效方式为另外的回路供电。

如果焊接回路未与保护性导体连接,焊接输出端和保护性导体接线端之间的接触电流不应超过交流峰值14.1mA。

应通过6.2.6测量检查其合格与否。

6.4.2.3 输入回路绕组与焊接回路绕组之间金属隔离层

输入回路绕组与焊接回路绕组之间的金属隔离层应采用基本绝缘,该隔离层与外部保护性导体相连接。结构如图3所示。

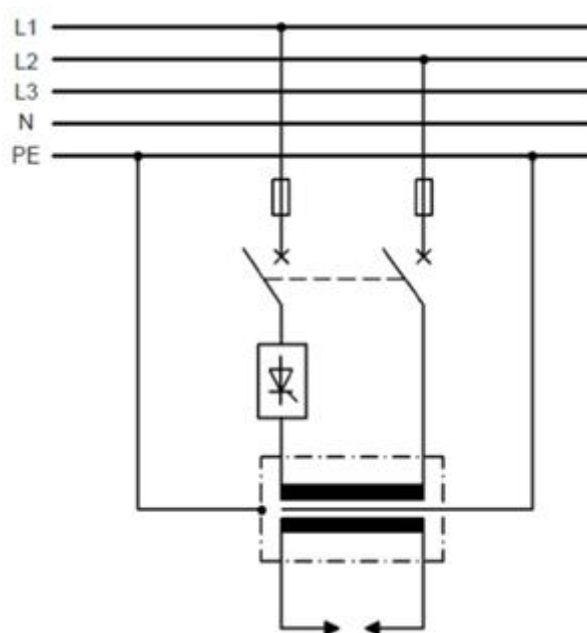


图3 输入回路绕组与焊接回路绕组之间金属隔离层举例

每一个线圈与隔离层之间的绝缘层厚度至少应为表5规定值的一半。

如果变压器的金属部件与保护性接地绝缘，则：

——依据输入回路的工作电压，按6.3焊接回路应采用双重绝缘或加强绝缘与变压器的金属部件电气隔离；或

——按6.3输入回路应采用双重绝缘或加强绝缘与变压器的金属部件电气隔离。

如果焊接回路与另外的回路连接，应采用安全隔离变压器或其它等效方式为另外的回路供电。

如果焊接回路未与保护性导体连接，焊接输出端和保护性导体的接线端之间的接触电流不应超过交流峰值14.1mA。

应通过目视检查和6.4.2.2测量检查其合格与否。

6.4.2.4 保护性导体与焊接回路直接相连

如果工件未与保护性导体绝缘，宜遵循供电系统保护性导体的完整性。

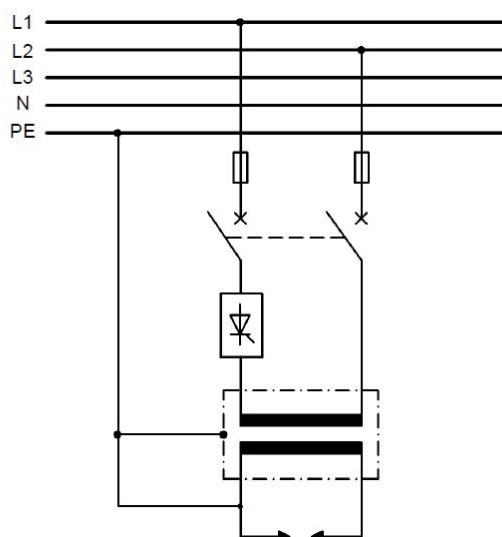


图4 保护性导体与焊接回路（单点交流设备）直接相连举例

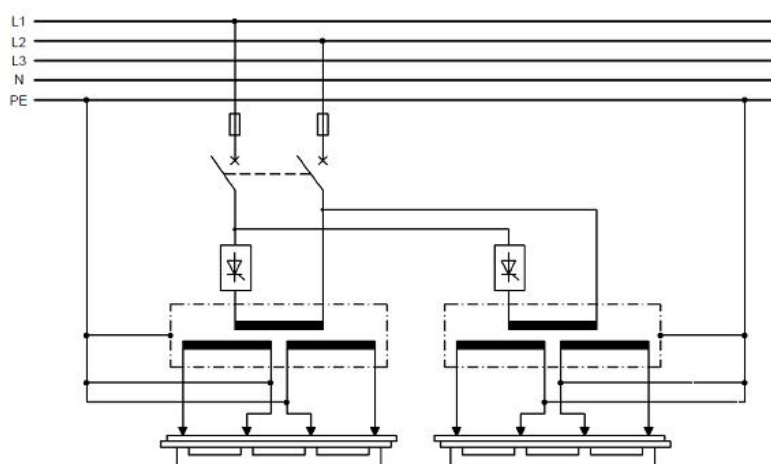
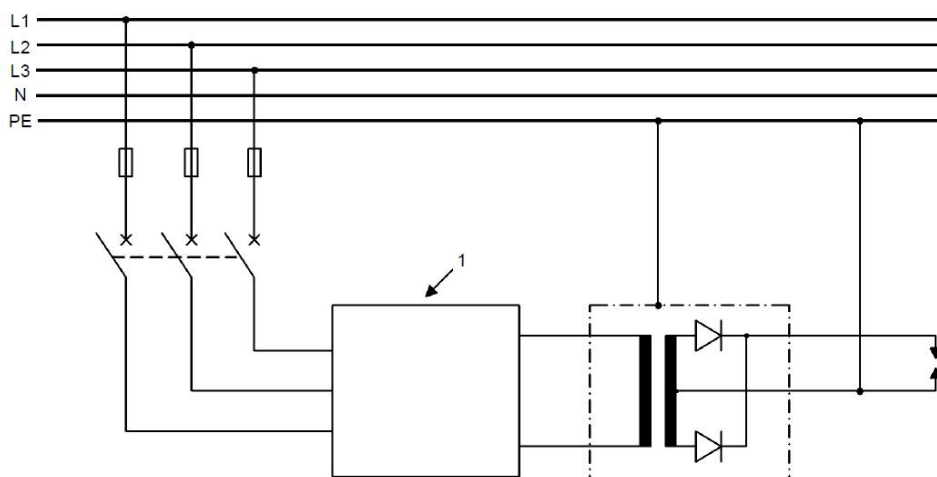


图5 保护性导体与焊接回路（多点交流设备）直接相连举例



标引符号说明：

1——逆变器

图6 保护性导体与焊接回路（中频设备）直接相连示例

每个输出回路（包括绕组）都应按图4、图5和图6直接与保护性导体连接，除非该输出回路会引起保护性导体存在过大的循环电流。

若出现过大的循环电流，能采用6.4.2.5-6.4.2.8中的任一措施。

通过目视检查和操作检查是否合格。

6.4.2.5 通过阻抗连接的保护性导体

如图7所示，每个输出回路（包括绕组）都应通过一个阻抗与保护性导体永久性相连，以限制循环电流。

阻抗的设计应确保在发生故障时，安装的输入回路保护装置在IEC 60364-4-41规定的时间内动作。

注：正常情况下，降低保护导体上循环的焊接电流的同时，也会降低故障电流。虽然TT接地系统中的这种阻抗可以忽略不计，但在TN接地系统中，额外的阻抗可能会影响过电流断开装置的正常工作（即可能无法满足IEC 60364-4-41中规定的时间要求）。

保护装置启动前，保护性阻抗装置应承受故障期间产生的热应力和电应力。

应通过目视检查和IEC 60364-6检查其合格与否。

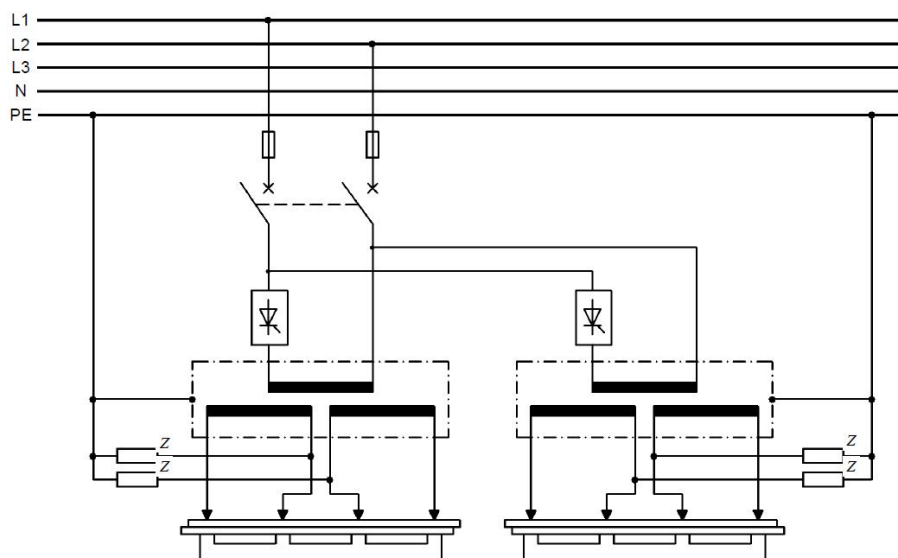


图7 保护性导体通过阻抗与焊接回路相连举例

6.4.2.6 保护性导体通过自感连接

每个输出回路（包括绕组）应通过可饱和自感（见图8）或自感电感（见图9）与保护性导体永久性相连，以限制循环电流。

阻抗的设计应确保在发生故障时，安装的输入回路保护装置在IEC 60364-4-41规定的时间内动作。

注：正常情况下，降低保护导体上循环的焊接电流的同时，也会降低故障电流。虽然TT接地系统中的这种阻抗可以忽略不计，但在TN接地系统中，额外的阻抗可能会影响过电流断开装置的正常工作（即可能无法满足IEC 60364-4-41中规定的时间要求）。

保护装置启动前，保护性阻抗装置应承受故障期间产生的热应力和电应力。

应通过目视检查和IEC 60364-6检查其合格与否。

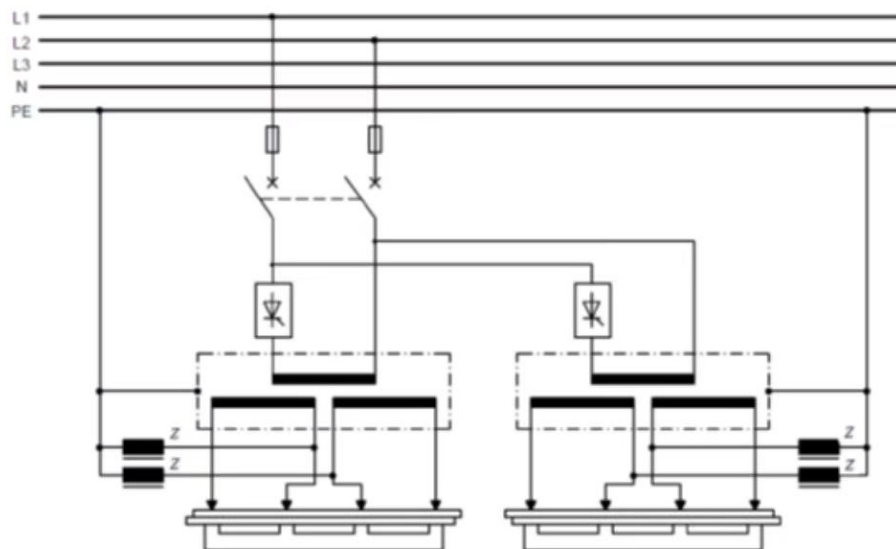


图8 保护性导体与焊接回路通过可饱和自感相连举例

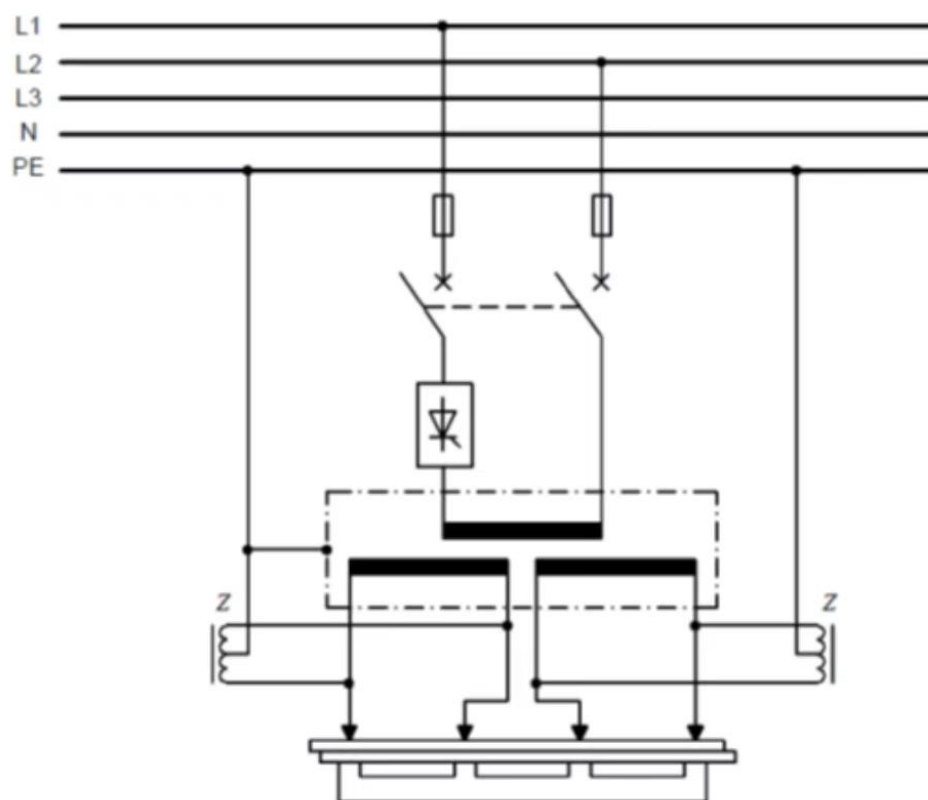


图9 保护性导体与焊接回路通过自感电感相连举例

6.4.2.7 剩余电流保护开关

每个输出绕组都应直接或通过适当的电阻与保护性导体永久性连接（见图10或图11）。所安装的剩余电流保护开关属于设备不可分割的一部分，安装于设备的供电线上。

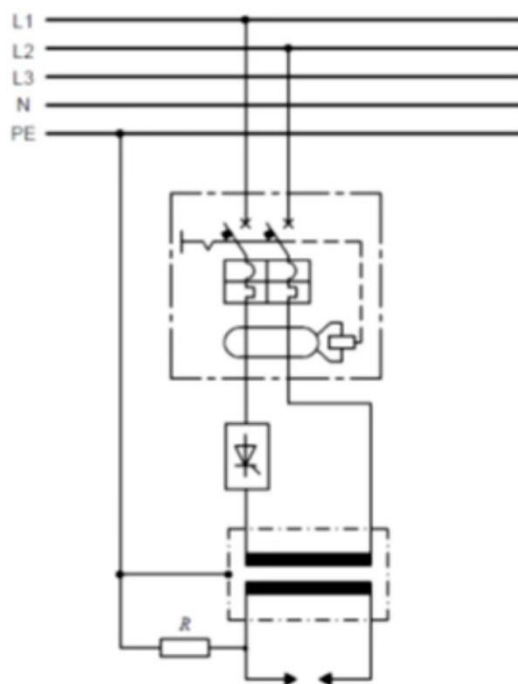
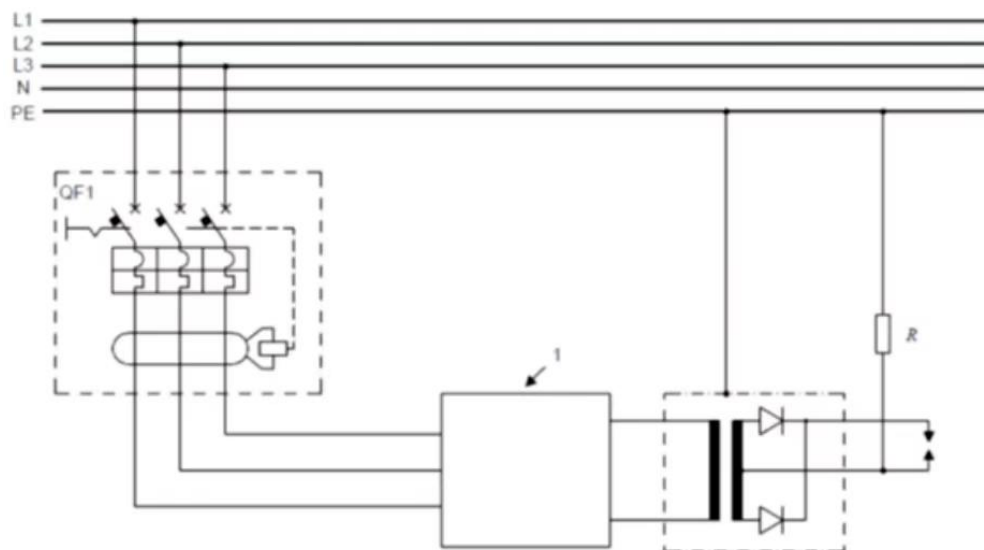


图 10 剩余电流保护开关（交流设备）



标引符号说明：

1——逆变器

图 11 剩余电流保护开关（中频设备）

选择剩余电流保护开关时应考虑可能的故障电流波形。

剩余电流保护开关灵敏度需要与安装连接的保护接地相协调，可通过以下方式实现：

- 在安装位置先测量；或
- 在说明书中给出接地电阻的最大允许值；或
- 采用 $I_{\Delta n}$ 最大值为 30mA 的高灵敏度剩余电流保护开关。

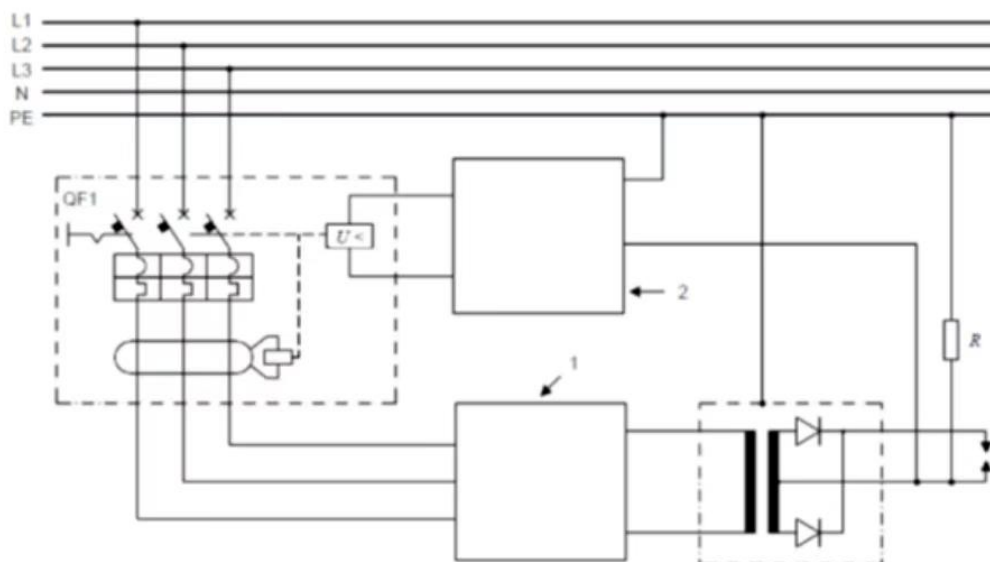
电阻的规格应确保在 IEC 60364-4-41 规定的时间内，设备的每种设置都能使剩余电流保护开关正常工作。在剩余电流保护开关动作之前，电阻应能承受故障期间产生的热应力和电应力。

应通过目视检查和测量检查是否合格。

6.4.2.8 剩余电流保护开关和电压继电器

由剩余电流保护开关和电压继电器共同提供安全保护（见图12）。该系统适用于次级整流系统。安装的剩余电流保护开关和电压继电器应作为设备的组成部分。

注：在选择剩余电流保护开关时，要考虑如果在输入电路中使用整流器，在发生故障时能产生直流电流分量。应通过目视检查和操作以检查是否合格。



标引符号说明：

- 1——逆变器
- 2——电压继电器

图 12 剩余电流保护开关和电压继电器

选择剩余电流保护开关时应考虑可能的故障电流波形。

剩余电流保护开关灵敏度需要与安装连接的保护接地相协调，可通过以下方式实现：

- 预先在安装位置处测量；或
- 在说明书中给出接地电阻的最大允许值；或
- 采用 $I_{\Delta n}$ 最大值为 30mA 的高灵敏度剩余电流保护开关。

电阻的规格应确保在 IEC 60364-4-41 规定的时间内，设备的每种设置都能使剩余电流保护开关正常工作。在剩余电流保护开关动作之前，电阻应能承受故障期间产生的热应力和电应力。

6.4.2.9 剩余电流保护开关和安全电压继电器

由剩余电流保护开关和安全电压继电器共同安全提供保护（见图13）。

如图13所示，每个输出绕组都应与安全电压继电器永久性相连。应使用正极控制的断路器。

为了使电压安全继电器保证安全，电压安全继电器应配备控制电路，用于确保与次级输出导体稳定连接，并保证传感器线圈检测到可能出现的保护接地故障。

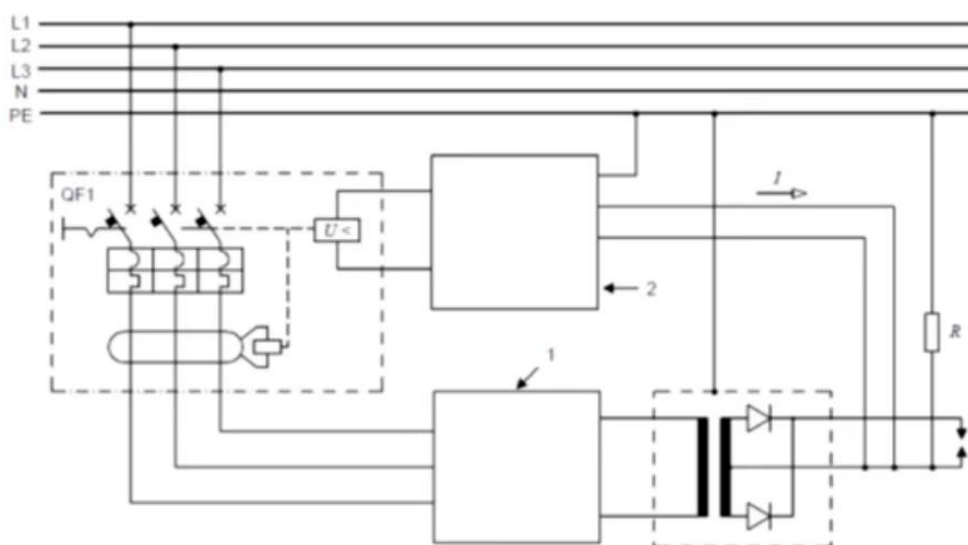
注1：这种控制电路的例子是一个将电流输入由两条独立的传感线组成的传感电路装置，检查传感电路的稳定性。

为确保操作正确，两条传感线必须连接到变压器的同一输出端。

不允许跨接到整流输出端，因为变压器的绝缘故障能损坏整流器并导致其无法正常运行。安装的剩余电流保护开关和安全电压继电器应作为设备的组成部分。

应通过目视检查和检测检查合格与否。

注2：在选择剩余电流保护开关时，要考虑如果在输入电路中使用整流器，在发生故障时能产生直流电流分量。



标引符号说明：

1——逆变器

2——安全电压继电器

图 13 剩余电流保护开关和安全电压继电器

选择剩余电流保护开关时应考虑可能的故障电流波形。

剩余电流保护开关灵敏度需要与安装连接的保护接地相协调，可通过以下方式实现：

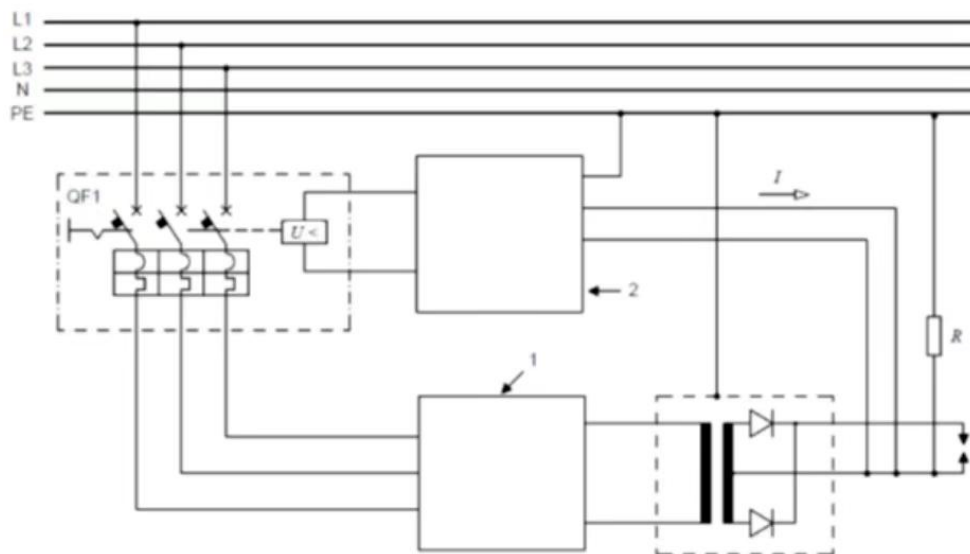
- 预先在安装位置处测量，或
- 在说明书中给出接地电阻的最大允许值，或
- 采用 $I_{\Delta n}$ 最大值为 30mA 的高灵敏度剩余电流保护开关。

电阻的规格应确保在 IEC 60364-4-41 规定的时间内，设备的每种设置都能使剩余电流保护开关正常工作。在剩余电流保护开关动作之前，电阻应能承受故障期间产生的热应力和电应力。

6.4.2.10 安全电压继电器

由安全电压继电器提供安全保护（见图14）。

如图14所示，每个输出绕组应与安全电压继电器永久性相连。同时应使用正极控制的断路器。



标引符号说明:

1——逆变器

2——安全电压继电器

图 14 安全电压继电器举例

为了使电压安全继电器保证安全，电压安全继电器应配备控制电路，用于确保与次级输出导体稳定连接，并保证传感器线圈检测到可能出现的保护接地故障。

注：这种控制电路的例子是一个将电流输入由两根独立的传感线组成的传感电路装置，检查传感电路的稳定性。为确保操作正确，两根传感线必须连接到变压器的同一输出端。

不允许跨接到整流输出端，因为变压器的绝缘故障能损坏整流器并导致无法正常运行。

应通过目视检查和检测检查合格与否。

6.4.2.11 限制接触焊接回路的保护措施

使用保护装置来避免接触焊接回路以及可能会与焊接回路接触的其他导体：

- 当焊接变压器故障可能产生危险时（例如：与输入不绝缘），防止接触焊接回路；和
- 当防护措施生效后，才允许为焊接变压器供电。

应通过监控接触器或同等安全等级的装置对焊接变压器的供电回路的每一相进行绝缘监控。

控制电路应具备故障安全功能，使变压器断电并防止其重新合闸。

注1：保护装置有：固定护罩、连锁可移动护罩、光电装置等。

注2：此保护措施常适用于大型设备，如机器人装备。

在设计时，应避免通过焊接件或设备部件与焊接回路接触的情况，因为这些部件可能无法为焊接电路提供充分的绝缘，例如，可通过为这些部件提供等电位连接。

应通过目视检查和检测检查是否合格。

6.4.3 内部导体及其连接

内部导体及其接线应固定牢固，以免因意外松脱而导致：

- 输入回路或任何其它回路和焊接回路之间发生电气连接，使输出电压高于允许的空载电压；

- b) 焊接回路和保护性导体、外壳、机架或铁芯之间发生电气连接（仅适用于 6.4.2.2 和 6.4.2.3 条）。

在绝缘导线穿过金属部件的地方应配备绝缘衬套或留有倒角半径不小于 1.5mm 的光滑孔。

裸导体应固定并确保其相互间以及与导电部件之间的电气间隙与爬电距离符合要求（见 6.2.2 和 6.2.3）。

不同回路的导体可并排铺设，可放置在同一管道（如导管、电缆桥架系统）或置于同一多芯电缆中，只要放置方式不影响各回路的正常功能。如果这些电路的工作电压不同，则应使用合适的方式将导体隔离或按同一管道内任何导体能承受的最高电压进行绝缘处理。

通过目视检查和检测检查是否合格。

6.4.4 故障状态下的接触电流

I 类设备在外部保护性导体失效或断开时，除非设备与符合 IEC 61140 的加强保护性导体永久连接，否则其加权接触电流不应超过：

- 易接近导体表面的接触电流：峰值为 7mA，
- 不易接近导体表面的接触电流：峰值为 14.1mA，

在下列条件下，应使用附录 C 所示的测量网络测量其合格与否：

1) 阻焊设备：

- 与地面绝缘；
- 由最高额定输入电压供电；
- 除非通过测量的组件，否则不能与保护性接地相连；

2) 焊接回路处于空载状态；

3) 不应拆除干扰抑制电容器。

6.4.5 工频直流电阻焊设备

对于工作频率为 50 Hz 或 60 Hz 的中间抽头和双星整流器或桥式整流器连接设备，6.4.2.2 至 6.4.2.11 条的规定均适用。

如果适用 6.4.2.4 条至 6.4.2.6 条，输出端的接地线应与变压器次级相连。

如果适用 6.4.2.7 条至 6.4.2.9 条，输出端处的电阻连接装置应与变压器次级相连。

如果适用 6.4.2.8 条至 6.4.2.10 条，接在输出端的电压继电器应直接与变压器次级相连。

变压器绝缘故障能导致整流二极管失效，因此不允许跨接到整流二极管的输出端。

6.4.6 中频直流电阻焊设备

适用 6.4.2.2 和 6.4.2.3 规定，无其它要求。

如果适用 6.4.2.4—6.4.2.6 条，输出端的保护性接地线应与变压器次级相连。此外，设计时应考虑 6.4.2.1 和附录 F 中的特殊情况。

如果适用 6.4.2.7—6.4.2.9 条，输出端处的阻抗连接应与变压器次级回路相连。此外，设计时应考虑附录 F 和 6.4.2.1 描述的特殊情况。

如果适用 6.4.2.8—6.4.2.10 条，输出端的电压继电器应直接与变压器次级相连。此外，继电器应适用于逆变器的输出波形。

注：变压器绝缘故障能导致整流二极管失效，因此不允许跨接到整流二极管的输出端。

6.4.7 保护接地电路的连续性

保护接地电路的连续性应采用保护特低电压（PELV）电源、频率为 50 Hz 或 60 Hz 且电流值不小于 10A 的电流进行验证。试验应在 PE 端子和保护接地电路部件的有关点间进行，测试时间是 1 秒，PE 端子和各测试点间的实测电压不应超过表 6 所规定的值。

表 6 保护接地电路连续性的试验

被测保护导线支路最小有效截面积 mm ²	最大的实测电压降(对应测试电流为 10A 的值) V
1.0	3.3
1.5	2.6
2.5	1.9
4.0	1.4
>6.0	1.0

6.5 附加的用户要求

特殊情况下可提供输入回路开关装置的故障保护。这种情况下，由制造商与用户协商签订特定协议。

6.6 输入电压

额定最大输入电压应不超过：

- a) 内置变压器的移动手持式电阻焊设备，相对中性点之间电压有效值 300V；
- b) 其它电阻焊设备，相与相之间电压有效值 1000V。

除非设备采用了附加的安全措施以保证达到本文件规定的相同的保护等级，例如剩余电流保护装置的适当反应时间和灵敏度。

通过目视检查，检查其合格与否。

6.7 焊接回路导体

焊接回路导体可以是：

- a) 硬的，通常为裸导体，通过适当的柔性导体（编织导体、层压导体）连接到运动部件上（电极、台板）；或
- b) 专门设计的柔性导体，可通过冷却液体进行冷却（例如：符合 ISO 5828；ISO 8205-1；ISO 8205-2 标准）。

7 热性能要求

7.1 发热试验

7.1.1 试验条件

测量设备应通过带有盖板的开口、检查口或制造商提供的易于拆卸的面板进行放置。试验区域和所用测量设备的通风不应干扰阻焊设备的正常通风，或引起阻焊设备散热异常。

阻焊设备应按 ISO 669 的规定进行短路。

阻焊设备在以下任一工作条件下，以连续输出电流 I_{2p} 运行：

- a) 在脉冲输出电流的情况下，使用与最大短路电流（ I_{2cc} ）相对应的脉冲电流，其负载持续率 X 根据连续输出电流（ I_{2p} ）计算由以下公式得出：

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_{2cc})^2}$$

或

b) 100%负载持续率所对应的连续输出电流 (I_{2p})。

注1: 典型的阻焊设备工作于低负载持续率、高输出电流工况。某些阻焊设备(如缝焊机)设计在连续输出电流下工作,因此在这种情况下进行试验。

对于液体冷却的阻焊设备,其液体流量应根据铭牌的说明进行设置。

对于在中频下运行的直流阻焊设备(逆变器),试验应在以下操作条件下进行:

- 1) 应在电极之间安装阻值为 $100\mu\Omega$ 的负载电阻。负载电阻的尺寸和施加的力应符合 ISO 669 的规定值;
- 2) 阻焊设备的焊接电流应调整到最大值;
- 3) 根据实际工作条件确定焊接时间;
- 4) 负载持续率 (X) 根据连续输出电流 (I_{2p}) 和试验期间设备的输出电流 (I_2) 计算, I_2 的测量积分时间等于脉冲持续时间,公式如下:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

注2: 对于某些类型的阻焊设备(如缝焊机),得出的负载持续率也可以是100%。

注3: 由于脉冲持续时间的设定不影响测试结果,可自由选择以匹配设备和试验仪器的要求。

建议采用能代表设备典型工作条件的脉冲持续时间。

对于工频(50/60 Hz)三相直流阻焊设备,应在以下工作条件下进行试验:

- 将输出电流设置为最小可调值,以获得变压器和整流器最大发热条件;如果得到的输出电流 I_2 低于连续输出电流 I_{2p} ,增加电流设置以达到连续输出电流 I_{2p} ;
- 负载持续率 (X) 根据连续输出电流 (I_{2p}) 和试验期间设备的输出电流 (I_2) 计算, I_2 的测量积分时间等于脉冲持续时间,公式如下:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

注4: 对于某些类型的阻焊设备(如缝焊机),得出的负载持续率也可以是100%。

注5: 由于脉冲持续时间的设定不影响测试结果,可自由选择以匹配设备和试验仪器的要求。

建议采用能代表设备典型工作条件的脉冲持续时间。

注6: 该试验布置适用于变压器一次绕组为三角形连接和星形连接的设备。

如果变压器已经按照 ISO 5826进行了测试,并且阻焊设备热额定值(阻焊设备的连续输出电流 I_{2p}) 低于或等于变压器热额定值,阻焊设备的发热试验无需测量变压器的温升。

7.1.2 试验参数的允差

根据 7.1.3,在温升试验的最后 60min 内,试验参数的允差应满足:

- a) 输出电流: 相应输出电流的 $\pm 2\%$;
- b) 冷却液体流量(如有的话): 额定流量的 $\pm 5\%$;
- c) 输入电压: 相应额定输入电压的 $\pm 5\%$ 。

7.1.3 发热试验的开始

采用埋入式温度传感器法或表面温度传感器法测量时,试验可在阻焊设备未与周围环境温度或冷却液体温度平衡时开始。

采用电阻法测量时,试验应在冷却液体进口处和出口处的温差在 1K 以内时才能开始(液体冷却的阻焊设备)。

冷却液体的温度 t_1 作为线圈的初始温度,并测量此时的线圈电阻值。

7.1.4 试验持续时间

发热试验应进行到阻焊设备的任何部件温度上升速率不超过 2K/h, 试验时间不少于 60min。

7.2 温度测量方法

7.2.1 测量条件

温度应在最后一个周期负载时间结束时按以下方法测定:

- 对于绕组,用表面温度传感器法或埋入式温度传感器法或电阻法测量(仅适用于输入绕组);
- 对于其它部件,用表面温度传感器法。

7.2.2 表面温度传感器法

按照下述规定条件,将温度传感器放在易接近的绕组或其它部件表面来测定温度。

注1:典型的温度传感器有热电偶、电阻温度计等。

不应用玻璃温度计来测定绕组和表面的温度。

温度传感器应放置在易接近的可能出现最高温度的点上。建议进行初步检查以预先确定发热点的位置。

注2:绕组上发热点的尺寸和分布取决于阻焊设备的设计。

应保证测量点与温度传感器之间的有效热传导,并提供防护使温度传感器不受气流和辐射的影响。

7.2.3 电阻法

本方法仅适用于输入绕组。绕组的温升通过电阻的增大来测定,铜绕组的温升按下述公式求得:

$$t_2 - t_a = \frac{(235 + t_1)(R_2 - R_1)}{R_1} + (t_1 - t_a)$$

式中:

t_1 —— 测量 R_1 时的绕组温度, °C;

t_2 —— 试验结束时的绕组温度计算值, °C;

t_a —— 试验结束时的环境温度(或冷却液体的温度), °C;

R_1 —— 绕组初始电阻, Ω ;

R_2 —— 试验结束时的绕组电阻, Ω 。

对于铝绕组,应用 225 代替上述公式中的常数 235。

t_1 应在环境温度 $\pm 3K$ 范围内。

应按下列步骤记录测量的结果,步骤之间不要延迟:

- 停止冷却液体(如适用);
- 切断电流;
- 记录电阻 R_2 。

7.2.4 埋入式温度传感器法

这种方法是将热电偶或大小相近的其它测温器件埋入最热部分来测量温度的。

测量绕组和线圈温度时，热电偶应直接放置在导体上，通过导体本身的整体绝缘与金属电路隔离。把热电偶放置在单层绕组的最热点上也视为埋入法。

7.2.5 环境温度的测定 (t_a)

测环境温度时，至少用三只测温装置均匀分布在阻焊设备的周围。测温装置大致安放在阻焊设备的一半高度，与其表面相距1~2m 的地方，并使其免受气流和异常加热的影响。应取温度读数的平均值作为环境温度。

对于风冷式阻焊设备，测温装置应放置在冷却系统的进风口。温升试验结束前的15min内，按同样时间间隔测得的温度的平均值作为环境温度。

7.2.6 冷却液体的温度测定 (t_a)

温度计应放置在阻焊设备的冷却液体的进口处。

温升试验的最后60min内测得的平均温度作为冷却液体的温度。

7.2.7 温度的记录

尽可能在设备运行期间和停机后记录温度。对于无法在设备运行期间记录温度的部件，按以下方式在停机后测量温度。

在停机瞬间到最终的温度测定会经过一段时间，导致温度下降，可作适当校正，以获得尽可能接近停机瞬间的实际温度。可按附录D要求绘制曲线得出停机瞬间的温度。在停机后的5min内至少要读取4点温度。如果停机后连续测得的温度呈上升趋势，应取其最高值作为停机瞬间的温度。

7.3 温升限值

7.3.1 绕组

不管采用哪种方法测量温升，绕组的温升不应超过表7规定的限值，测量线圈和绕组温升限值时应尽量采用电阻法或埋入式温度传感器法。

表7 绕组的温升限值

绝缘等级 ℃	最大温度 ℃	空气冷却式绕组的温升限值 K		
		绕 组		
		表面温度传感器法	电阻法	埋入式温度传感器法
105 (A)	150	55	60	65
120 (E)	165	70	75	80
130 (B)	175	75	80	90
155 (F)	190	95	105	115
180 (H)	210	115	125	140
200 (N)	230	130	145	160
220 (R)	250	150	160	180

- 注1：表面温度传感器法是指用非埋入式传感器在绕组外表面可触及的最热点测量温度。
- 注2：一般来说，表面温度是最低的，用电阻法测得的温度是绕组内各处温度的平均值，用埋入式热电偶可以测出绕组内的最高温度(热点)。
- 注3：可选用温度限值高于本表的绝缘等级的材料（见IEC 60085）。
- 注4：对于液冷式绕组，温升限值增加10K。

任何部件都不应达到损坏其他部件的温度，即使该部件符合表7要求。

另外，对于非负载持续率为100%进行的试验，任何完整周期内都不应超过表7中给出的最高温度值。按7.2测量，以检查是否合格。

7.3.2 外表面

对外表面温升进行限制，是为了避免裸露皮肤接触热表面而产生灼伤风险。由于不同类型设备（或设备部件）的皮肤接触条件不同，针对不同类型设备规定了不同的限值。

注1：手持式设备设计为在操作过程中由人手持（即移动式焊机），手导式设备设计为由操作员手动移动，但由适当的系统支撑（即悬挂式焊枪），固定式设备在操作过程中不由操作员手持（即标准固定式设备）。

阻焊设备运行期间易触及的外表面，温升不得超过表8、表9和10规定的值。

注2：自动设备（如机器人设备）的表面在运行期间可能无法触及，但在维护期间可触及。这种情况下，通常需要进行额外的风险评估。

表 8 手持式阻焊设备外表面温升限值

外表面	温升限值 K	接触期间的燃烧阈值 ^a s
裸金属外壳	18	1
喷漆金属外壳	22	1
塑料外壳	36	1
裸金属按钮	20	4
喷漆金属按钮	24	4
塑料按钮	40	4
金属手柄	11	60
塑料手柄	20	60

^a 符合ISO13732-1的参考值。

表 9 手导式阻焊设备外表面温升限值

外表面	温升限值 K	接触期间的燃烧阈值 ^a s
裸金属外壳	29	1
喷漆金属外壳	39	1
塑料外壳	53	1
裸金属按钮	20	4
喷漆金属按钮	24	4
塑料按钮	40	4
金属手柄	11	60

塑料手柄	20	60
^a 符合ISO13732-1的参考值。		

表 10 固定式阻焊设备外表面温升限值

外 表 面	温升限值 K	接触期间的燃烧阈值 ^a s
裸金属外壳	33	0.5
喷漆金属外壳	45	0.5
塑料外壳	39	0.5
裸层金属按钮	20	4
喷漆金属按钮	24	4
塑料按钮	40	4
^a 符合ISO13732-1的参考值		

某些类型的阻焊设备由固定部分（如电源）和手持或手动导向部分（如焊枪）组成，每个部分应按相关表格要求进行测试。

上述温升限值是基于一章给出的环境条件，如果制造商和买方商定了不同的环境条件，必须重新考虑这些限值。

注3：最大温升是针对最高环境温度为40° C的情况来定义的。例如，对于设计用于在最高45° C环境下运行的设备，其温升值会降低5K。

对于作为产品功能组成部分而有意加热的电极，可超过表 8、表 9 和表 10 的限值。

对于非手柄或按钮的表面，若标有 7.4.2 规定的符号，可超过表 8、表 9 和表 10 的限值。

按照 7.4.3 的规定，在正常运行过程中位于特定位置或设有防护措施以防止意外接触的表面，可超过表 8、表 9 和表 10 的限值。

应按照7.2的规定通过测量和目视检查来验证是否符合要求。

7.3.3 其它部件

其他部件的最高温度应不超过其相关标准规定的额定最高温度。应考虑部件的冷却介质温度与其额定最大值之间的差值。

输入回路或输出回路可能使用整流装置。在发热试验的过程中，整流器件的温度不应超过该器件制造商规定的限值。

注：注意整流元件的断续工作特性。

发热试验的过程中，测量温度以检查是否合格。

7.4 正常使用时的热危害防护（直接接触）

7.4.1 通则

在正常使用时的热危害防护应包括以下一项或多项措施：

- 热表面的标识；
- 隔热；
- 遮栏；
- 辅助冷却。

7.4.2 热表面的标识

如果表面的温度超过表8、表9和表10中给出的温升限值，但不超过15 K，则该表面应使用IEC 60417中5041符号进行明显标记和标注，表明其为热表面：



如果在阻焊设备上使用上述符号，制造商应在产品文档中注明有关所需个人热防护装置的信息。

7.4.3 隔离或遮栏防护

在设有遮栏以防止接触热表面的地方，遮栏应具有足够的机械强度、稳定性和耐久性，以维持规定的防护效果，并考虑来自环境的所有相关影响。

7.4.4 辅助冷却防护

如果提供辅助冷却以限制表面温度，则应配备在冷却系统故障时移除热源并防止设备运行的装置。

8 非常规运行

8.1 通用要求

在8.2~8.4条的运行条件下，阻焊设备不应发生电气击穿或着火的风险。做这些试验时不考虑任何部分所达到的温度，以及阻焊设备是否能连续正常地工作。唯一的要求是不出现危险因素。

对于带有保护装置(如断路器和热保护装置)的阻焊设备，如果其保护装置在阻焊设备出现危险因素之前动作，应看作是达到此项要求。

通过下列试验检查其合格与否：

- a) 阻焊设备从冷态启动，按8.2~8.4条要求运行。
- b) 试验过程中阻焊设备不能出现火苗、金属或其它材料熔化的现象。
- c) 试验后，阻焊设备在5min内应能承受6.2.5b)中的介电强度试验。

8.2 风扇堵转

通过风扇冷却来达到第7章要求的风冷式阻焊设备，在7.1试验条件下将风扇堵转或禁用，使阻焊设备在额定输入电压下运行4h。

注：本试验的目的是使阻焊设备在风扇静止的情况下运行。风扇可以被机械地堵转或拆除。

8.3 冷却系统故障

通过液体冷却来达到第7章要求的液体冷却式阻焊设备，在7.1试验条件下让冷却系统失效，使阻焊设备在额定输入电压下运行30min。

8.4 过载试验

阻焊设备按7.1.1要求以1.2倍的热态电流运行。

试验按以下要求进行：

- a) 对于有热保护的设备，试验至设备的热保护动作，或最长试验4小时；或
- b) 对于无热保护的设备试验最长4小时。

9 机械危险防护

9.1 通则

由于焊接工艺的特性，与工件接触的电阻焊接电极的形状和尺寸，以及电极压力、趋近速度和位移，因应用场景不同而差异很大。电极支撑系统和相关工装也是如此。

本文件不能给出详尽的防护措施，但应表明所有机械危险均已得到处理。为符合本文件，设备应符合本文件规定的风险分析和最低要求。

电极运动为手动操作的设备无需进行风险分析，此类设备如下：

- 手动操作对焊机；
- 机械操作摇臂焊机；
- 手动操作焊枪。

9.2 风险分析

9.2.1 通则

在阻焊设备生命周期的相关阶段，用ISO 12100中规定的程序来识别危害、评估风险，并消除危害或充分降低风险。

某些设备在交付状态下即可使用，而其他设备需要用户或最终使用者根据具体工艺进行适配，不同情况下的风险分析要求有所不同。

9.2.2 交付状态下可直接使用的设备

当阻焊设备因可更换工具而具备多种用途，且制造商随设备一同提供了这些工具时，该设备应被视为可直接使用的设备。

制造商应进行危险性分析，说明书应包含安全使用方法。

用户应按制造商提供的说明操作设备。

9.2.3 交付状态下不可直接使用的设备

对于通过更换非设备制造商提供的工具而实现多种用途的阻焊设备（如凸焊设备），制造商应对使用设备上安装的工具以及制造商所采取的措施（如双手安全装置、光栅连接端口）所可能产生的合理预期条件，进行风险分析，并且

- 说明可安装于设备上的工具的基本特性（例如，最大质量或尺寸要求）；
- 在说明书中附上安全使用方法；
- 在说明书中要求对安装了可更换工具的设备进行额外的风险分析。

用户设计工具带来的风险，应由用户通过风险分析和相关措施解决。

9.2.4 设计用于更复杂集成设备的不可直接使用设备

对于设计用于更复杂集成设备的不可直接使用设备，制造商应进行有限的风险分析，并向集成商（即集成该部件的设备制造商）提供已识别的风险及相应应对措施的信息（如相关控制电路的类别、已消除的可能危险清单）。

危险性分析应由集成商完成。

注：此类设备的示例包括机器人焊枪、带或不带控制电路的焊接组件、类似完整设备但无循环启动装置的设备。

9.3 措施

9.3.1 最低措施

所有设备至少要配备以下装置：

- a) 紧急停止装置
以下设备除外：
——紧急停止装置不能降低风险的机器，因为它不能缩短停止时间或不能采取应对风险所需的特殊措施；
——手持移动式机器和手导式机器；
——配备了连接端口或提供了实现此功能的信息，用于更复杂集成设备的设备。
- b) 在电源故障和紧急停止操作的情况下，配备重启防止装置。重启防止装置不适用于拟集成到更复杂设备中的设备；
- c) 气动/液压供应系统故障可能产生机械危险时的防护措施。

9.3.2 附加措施

制造商或用户应根据供货规格和预期用途（适用时），采取以下措施：

- 释放被困部件或人员的装置；
- 仅针对凸焊设备，为质量超过5kg的可移动电极系统或其他具有相同安全等级的系统配备机械制动装置（用于安全维护或更换工具）；
- 分别隔离所有能源供应（如电力、气动、液压）的装置；应解决与这些装置操作相关的风险（如储能的影响）；
- 根据风险分析结果设计的控制系统类别；
- 任何其它必要且适当的保护措施（见附录E）。

实施责任见9.2。

9.4 组件的符合性

因故障而可能增加危险风险的组件，应符合本文件的要求或相关IEC/ISO标准的要求。

应根据ISO 13849-1选择与危险等级相适应的性能等级。

注1：仅当部件属于IEC部件标准的适用范围时，该IEC部件标准才被视为相关标准。

应按下列方法进行组件的评估和试验：

- a) 应检查经认可的检测机构检验符合与相关 IEC 元件标准相协调的标准要求的部件是否正确应用，并按照其额定值使用。部件作为设备的一部分，应按本文件进行适用性测试，但属于相关 IEC 组件标准范围的测试除外。
- b) 对于未通过上述相关标准检验的组件，应检查其是否正确应用，并按照其规定的额定值使用。部件作为设备的一部分，应进行本文件所要求的测试，并在设备运行条件下，进行部件标准所要求的适用性测试。

注2：相关标准的适用性测试通常单独进行。试验样品的数量与器件标准要求相同。

- c) 若没有相关的器件标准，或用在回路中的器件没有按其规定的额定值使用时，器件应在设备的安装条件下进行试验。试验样品的数量通常与等效标准要求的数量相同。

9.5 手动操作设备的启动

电阻焊接设备应只能通过专门设置的装置的主动启动来启动。当工件过大，操作员的手无法触及电极工作区域，或者工件需双手持握，或者操作员需双手持握或操作设备时，可通过以下方式启动循环：

- 脚踏板；

——单手按钮或类似装置。

如果不能无风险地夹持或装载工件，则需要根据具体工作提供适当的防护措施。防护措施示例包括：

- 将电极之间的距离调整至最小（5mm 至 10mm）；
- 可移动或不可移动的安全防护装置，如格栅或遮栏；
- 非接触式安全装置，如光电装置，该装置也可用于启动循环；
- 接触式存在检测器；

如果不能使用任何保护措施，则必须通过联动按钮启动循环。

如果设备有多个启动控制装置，可能导致操作人员之间相互造成危险，应安装附加装置（例如，使能装置或选择器，以在任何时候仅允许启动机制的一个部分启动）以消除此类风险。

10 使用说明书和标识

10.1 使用说明书

每台阻焊设备交货时应附有包括下列内容（适用时）的使用说明书：

- a) 概述；
- b) 提升和储存说明，如用升降叉车或起重机；
- c) 正确的处理方法及应采取的预防措施；
- d) 对所有指示、标记和图形符号的说明；
- e) 供电网络选择和连接信息（如适用的接地系统 TT/TN/IT、熔断器、断路器和 / 或剩余电流保护装置的额定值）；
- f) 阻焊设备的正确操作使用方法（例如冷却要求、安装位置、装置、指示器等）；
- g) 焊接能力、机械特性、负载持续率限制和相关的热保护说明；
- h) 使用限制说明（如环境条件）；
- i) 对操作者和工作区域的人员人身防护的基本指南（如：焊接烟尘、噪声、高温金属和火花、电磁场）；
- j) 维护（预防性和日常维护说明）；
- k) 完整的电路气原理图和主要部件清单；
- l) 辅助电源的信息（如照明灯或电动工具的插头）；
- m) 安装和调试；
- n) 说明制造商的说明书适用于交付状态下的设备，以及如果用户未遵守制造商的说明书，应自行负责进行风险分析。

也可提供其它有用的信息，如：绝缘等级、污染等级、效率、外壳防护等级等。

通过阅读使用说明书，检查其合格与否。

10.2 标识

每台阻焊设备都应具有符合ISO 669要求，清晰且不易擦掉的铭牌。

10.3 接线端的标识

外部保护导体的接线端应标有符号 “”（IEC 60417中5019号符号）。

可附加选择以下内容：

- a) 字母：PE ；

或

b) 双色：绿色和黄色。

另外，三相设备接线端应按IEC 60445或其他相关标准做出清晰的标记。标记符号应置于对应的接线端上或靠近接线端的位置。

通过目视检查，检查其合格与否。

11 阻焊设备的安全使用要求

11.1 通则

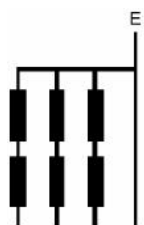
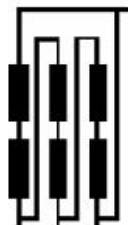


阻焊设备使用时应符合GB 9448-2025《焊接与切割安全》的规定。

11.2 数智化安全管理

在人员密集场所（见GB/T 40248-2021的3.3）使用的阻焊设备应配备具有作业人员资质核验、实时作业定位等功能的模块。

通信数据的采集和安全性应符合国家的相关要求。

附 录 A
(资料性)
供电网络的标称电压

从交流或直流 标称电压导出 线对中性点电 压 (小于或等 于)	世界上目前使用的标称电压			
	三相四线制 (中性点接地)  V	三相三线制 (接地或不接地) (E)  V	单相双线制 (交流或直流)  V	单相三线制 (交流或直流) (E)  V
V	—	—	12.5, 24, 25, 30, 42, 48	30~60
50	—	—	12.5, 24, 25, 30, 42, 48	30~60
100	66/115	66	60	—
150	120/208 ^a , 127/220	115, 120, 127	100 ^b , 110, 120	100~200 ^b 110~220 120~240
300	220/380, 230/400, 240/415, 260/440, 277/480	200 ^b , 220, 230, 240, 260, 277	220	220~440
600	347/600, 380/660, 400/690, 417/720, 480/830	347, 380, 400, 415, 440, 480, 500, 577, 600	480	480~960

1000	—	660, 690, 720, 830, 1000	1000	—
<p>注1：本表数据取自GB/T 16935.1；</p> <p>注2：“E”指接地；</p>				
<p>^a 美国和加拿大的通行做法。</p> <p>^b 日本的通行做法。</p>				

附 录 B
(规范性)
输入回路接线端的结构

B.1 接线端的尺寸

接线端的尺寸应根据最大连续输入电流 I_{lp} 而定,并且可以连接横截面积为表B.1中所列的柔性导线,这些数值是根据60℃的导体温度而定。

表 B.1 适用于输入回路接线端的导线尺寸范围

连续输入电流 A	导体横截面积范围 mm ²
10	1.5~2.5
16	1.5~4
25	2.5~6
35	4~10
50	6~16
63	10~25
80	16~35
100	25~50
125	35~70
160	50~95
200	70~120
250	95~150
315	120~240
400	150~300

允许用制造商在使用说明书中指定型号及尺寸的导线替代。

通过计算及测量检查其合格与否。

B.2 输入回路接线端之间的间距

接线端的设计应满足:

电源端子之间的间距不得小于表B.2规定的数值。固定所有导体绞线的遮栏或装置(例如,压力型连接器)应防止导体绞线或接线片与相邻端子连接的导体绞线或接线片接触,并应保持规定的间距。

表 B.2 输入回路接线端之间的间距

电压范围 $V_{r.m.s.}$	带电部件间的最小间距 mm	
	带遮栏	不带遮栏
≤ 150	6.3	12.5
151~300		
301~600	9.5	25

601~1000		
----------	--	--

当遮栏包裹供电电路导体的绝缘层并防止导体绞线电气间隙减小时,可使用表1中的电气间隙值。应按标准IEC 60664-1测定间距来检查其合格与否。

B.3 接线端的连接

接线端应通过螺丝、螺帽或其它等效的方式来连接。接线端的螺丝和螺帽不能用于紧固其它零件或连接其它导线。

通过目视检查,检查其合格与否。

B.4 接线端的结构

导线或其接线片应夹在金属件之间,当夹件拧紧后不能松脱。

因转动而可能使间距减少的带电零件不应靠其配合面之间的摩擦来紧固。可采用适当的锁紧垫圈。用其它方式紧固的导线或母线不需要用锁紧垫圈。

普通的或电镀的铁或钢均不能用作载流零件。

通过目视检查以及用规定的截面积最大和最小导线的临时连接来检查其合格与否。

B.5 接线端的固定

接线端应可靠地固定,当夹紧装置拧紧或松开时,接线端不会随之松动。如果单靠摩擦力来阻止接线端在支撑面上转动和移动,则因此而引起的接线端之间的间距不会低于表B.2规定的值。当接线端相向或朝极性相反的未绝缘零件或朝接地的金属件旋转 30° 时,若其间的间距不会小于规定值,则接线端不需阻止其转动。

通过目视检查以及用夹紧装置反复10次拧紧并松开规定的最大截面的导线来检查其合格与否。

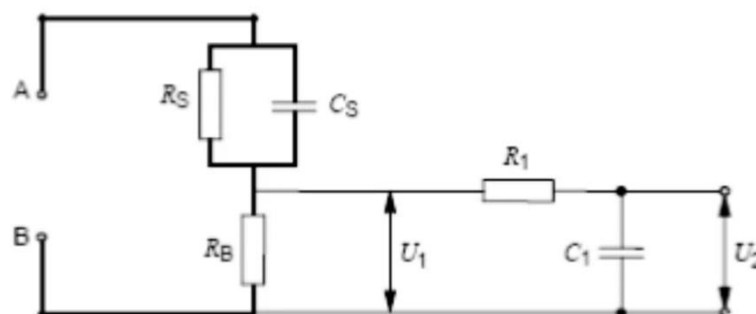
再用规定的最小截面的导线重复试验。

附录 C
(规范性)

故障状态下的接触电流测量

测量故障状态下的接触电流时，应采用符合图 C.1 的测量网络和图 C.2~C.3 所示布置，并用合适的测量设备进行测量。

警告！应由专业人士操作本试验。在本试验过程中，禁用保护性导体。



标引符号说明：

A, B——试验端子

R_S ——1500 Ω

R_B ——500 Ω

U_1 ——电压有效值

加权接触电流（百分比） $= \frac{U_2}{500}$ （峰值）

C_S ——0.22 μF

R_1 ——10000 Ω

C_1 ——0.022 μF

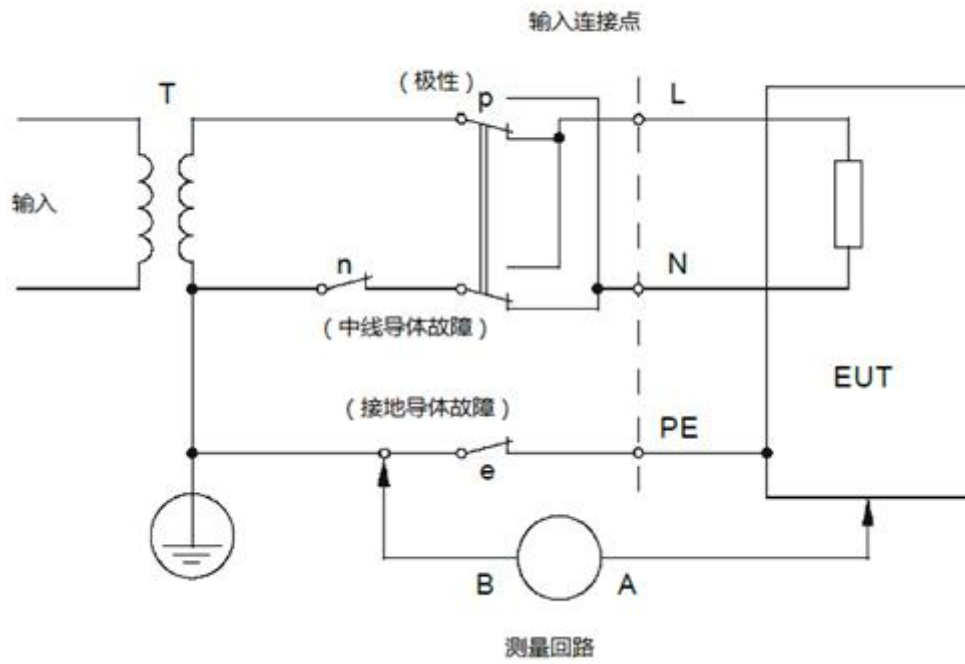
U_2 ——峰值电压

图 C.1 加权接触电流的测量网络

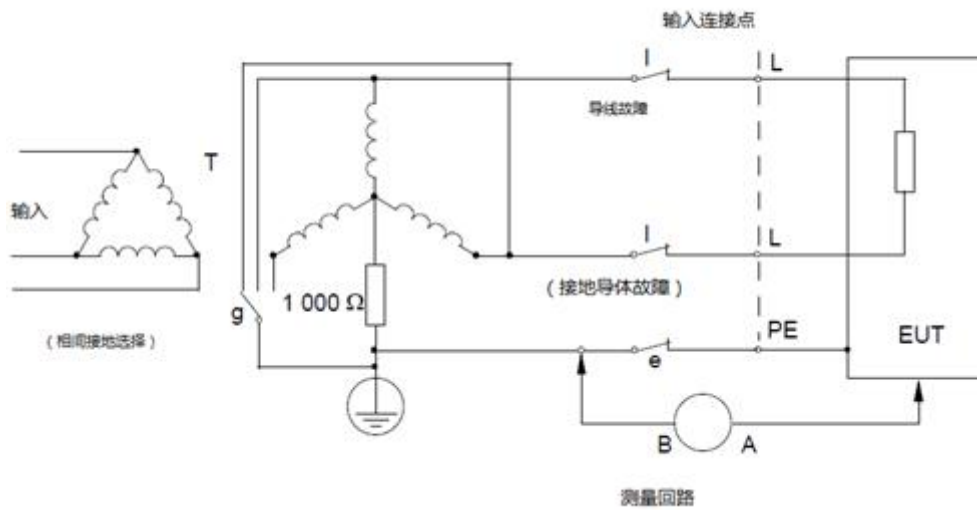
对于三相设备，测量故障条件下的接触电流时，应将开关（I）和（n）置于闭合位置，开关（e）置于断开位置。然后，依次断开每个开关（I）和（n），其他开关保持闭合（开关（e）除外），重复测量。单相设备的测量类似，但应针对极性开关（p）的每个位置重复测量。带开关的接触电流测量示意图见图 C.2 和图 C.3。

制造商应明确其设备在最终应用中拟连接的配置（TN、TT、星形 IT 等）。被试设备应按照已确定的配置或最坏情况的配置进行测试。

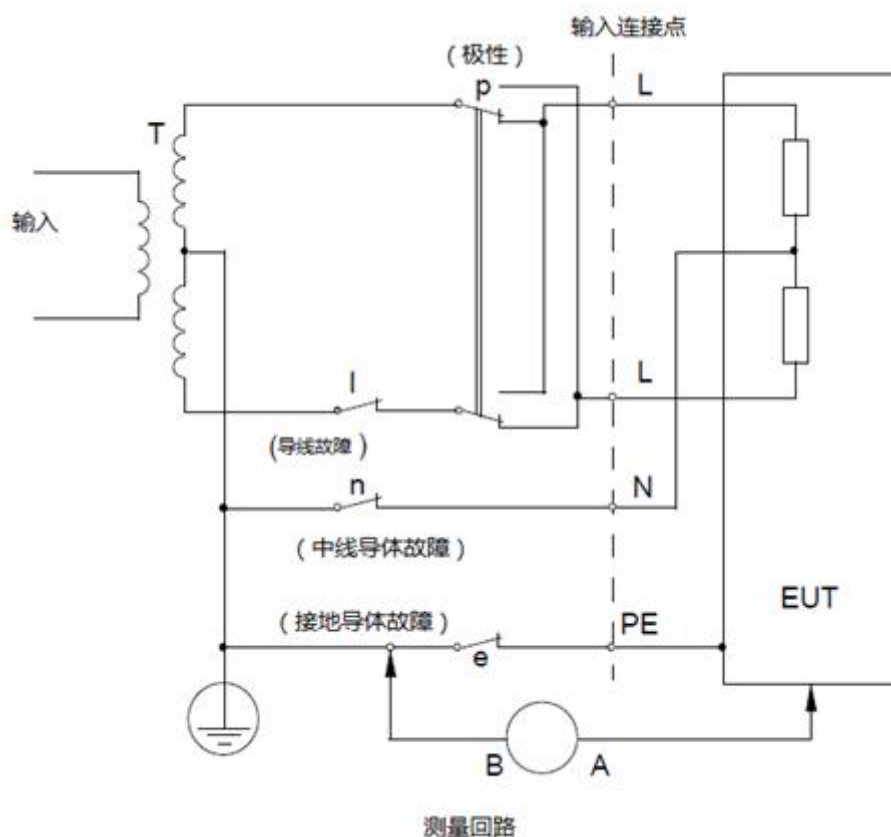
隔离变压器（T）的使用是可选的。如果不使用，应采取安全预防措施，保护试验操作人员免受设备外壳和其他可触及导电部件上的任何危险电压的伤害。



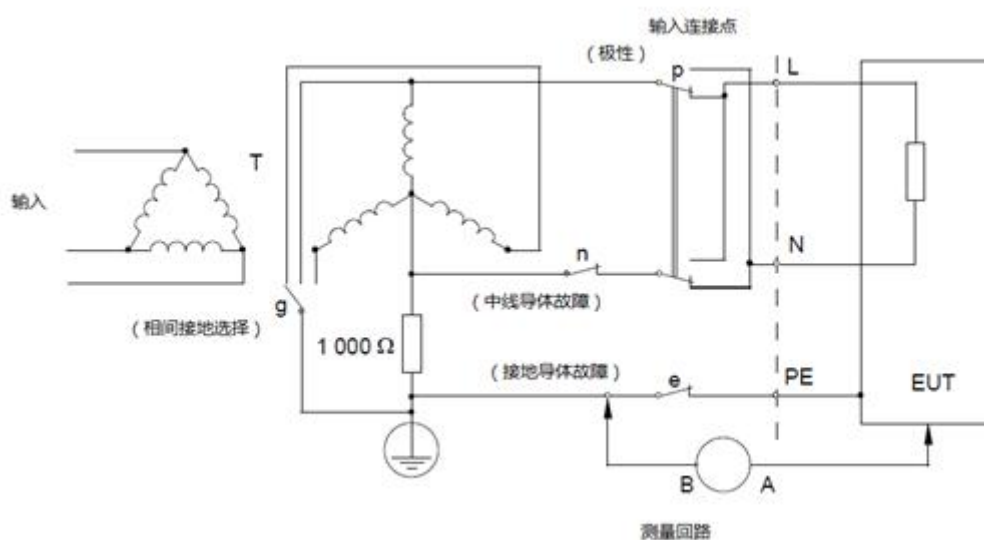
a) 星形TN或TT系统上的单相设备



b) 在星形 TN 或 TT 系统上线对线连接的单相设备

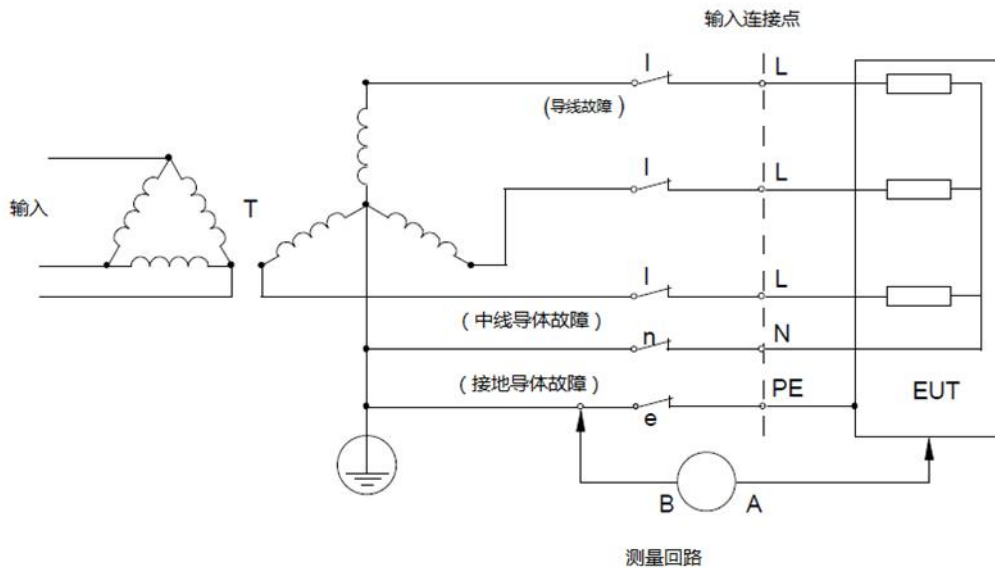


c) 中性点接地 TN 或 TT 系统上的单相设备

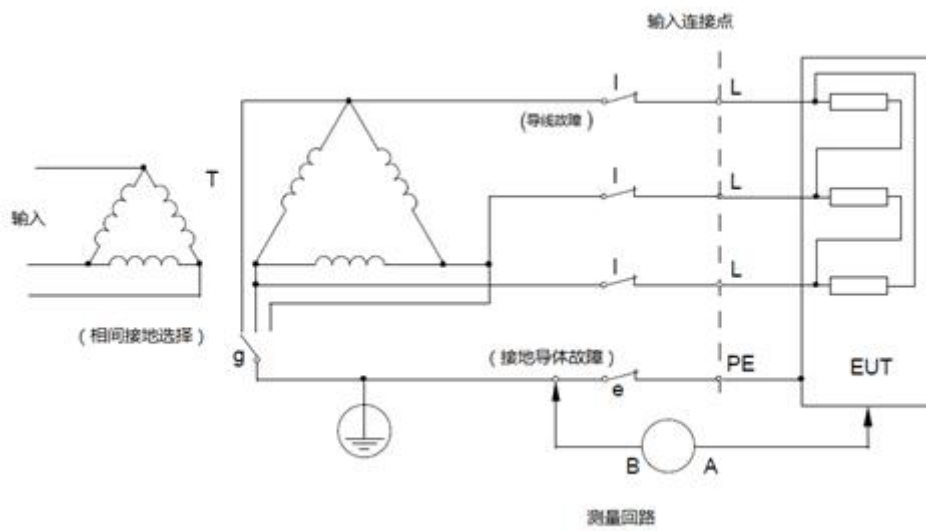


d) 星型 IT 系统上线对中性点连接的单相设备

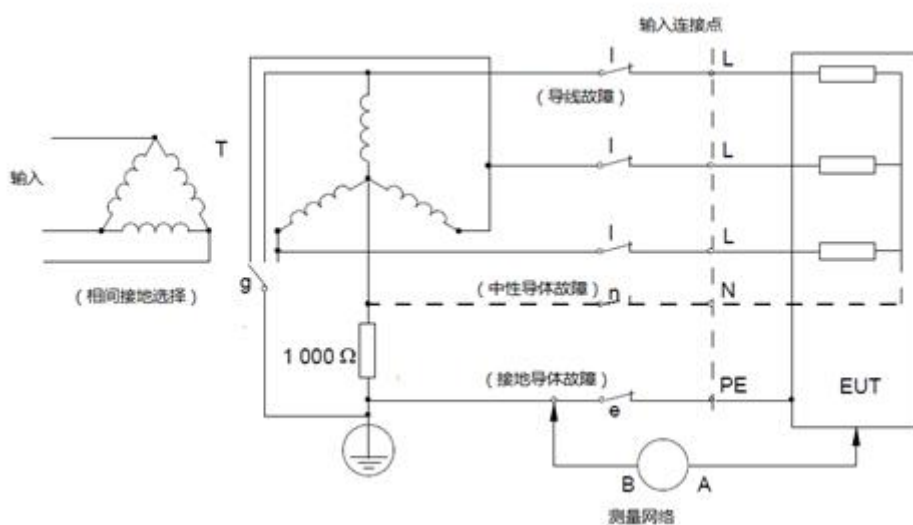
图 C. 2-单相连接的非 II 类设备在工作温度和故障状态下的接触电流测量示意图



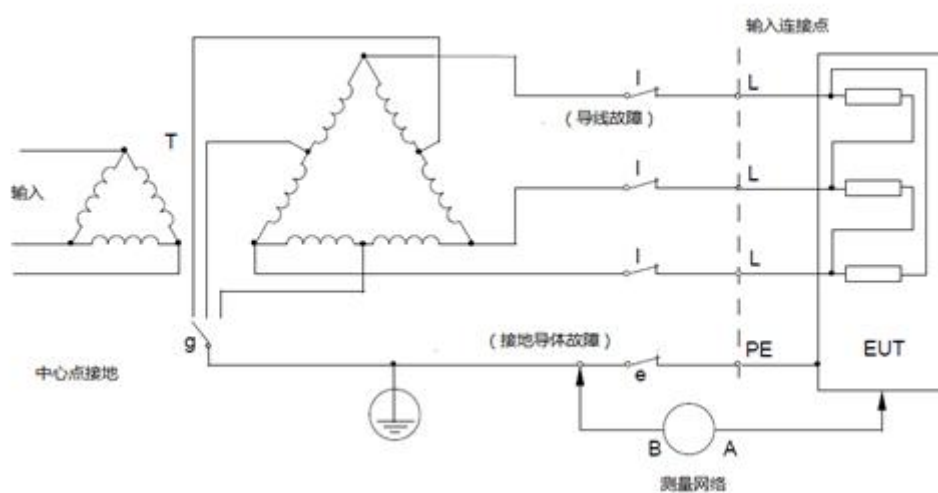
a) 星形 TN 或 TT 系统上的三相设备



b) 未接地的三相三线系统上的三相设备



c) 星形 IT 系统上的三相设备



d) 中性点接地的三相三线系统上的三相设备

图 C. 3-三相四线连接的非 II 类设备在故障状态下的接触电流测量图

附 录 D
(资料性)
关机时刻温度的推算

当关机时刻的温度无法记录时，就需要通过推算来获取此温度。具体方法如下：

- a) 记录关机瞬间的时间；
- b) 从关机时刻起，逐次记下关机后的每一时刻及对应的温度值；
- c) 对每一推算的温度值至少取 4 个读数；
- d) 用对数/线性坐标纸绘制图表。温度读数标在对数坐标上，关机后时间标在线性坐标上。将各点连线反方向延伸到 $t=0$ ，就可外推出关机时刻的温度值。

替代法：也能用数学回归分析代替图解法。若选定线性回归，则利用温度的对数值与关机后时间的线性读数值，用回归分析法推算到 $t=0$ ，取反对数求得 $t=0$ 时的实际温度。

附录 E

(资料性)

风险分析和安全级别要求示例

E.1 通则

本附录描述了阻焊设备可能存在的机械危险。设备的类型不同，危险也不同。依据 ISO 14121 和 ISO13849-1 进行危险性评价，并且给出了采取的措施的例子。这些措施被视为多种可能解决方案中的一种。

本附录不涉及由于火花和飞溅造成的危险。

E.2 需要监控的危险

阻焊设备上需要监控的危险如下：

- a) 身体部位被电极或电极轮挤压；
- b) 身体部位被上下压板挤压；
- c) 工具从上部台板或夹紧装置意外掉落造成挤压；
- d) 身体部位被工件和夹紧装置挤压；
- e) 电极轮回缩造成的挤压；

E.3 一般措施

采取以下一般措施：

- a) 降低关闭或夹紧速度（例如 10mm/s）；
- b) 减少工具、电极或夹紧装置之间的开口间距；
- c) 减小压力，直至间隙减小到身体任何部位无法进入的程度（如工件与夹紧装置之间为 6mm）；
- d) 用双手握持焊枪或工件。

E.4 不同类型设备的典型危险

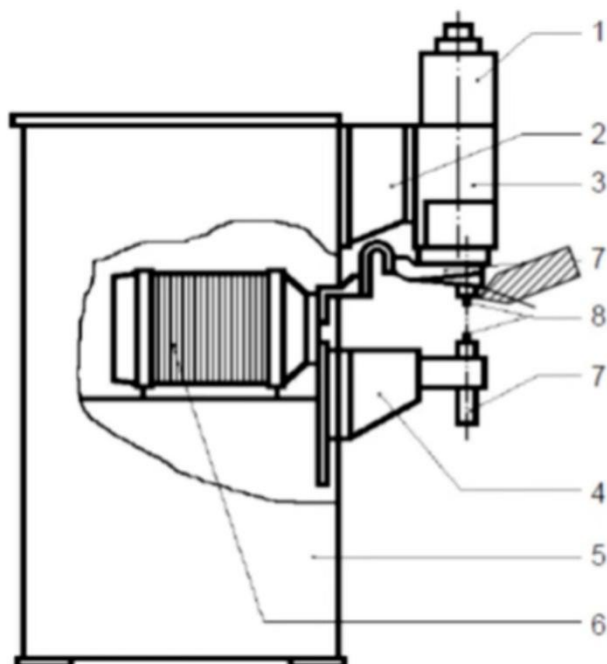
E.4.1 通则

危险区域用箭头指示（见图 E.1 至图 E.5）。机器部件按以下编号标识：

1 加压系统	6 变压器	11 电极轮
2 上电极臂	7 电极握杆	12 手柄
3 机头	8 电极	13 手指偏转器
4 下电极臂	9 电极台板	14 导向保护杆
5 机架	10 焊轮头	

E.4.2 点焊

E.4.2.1 固定式阻焊设备



注：编号定义见E.4.1。

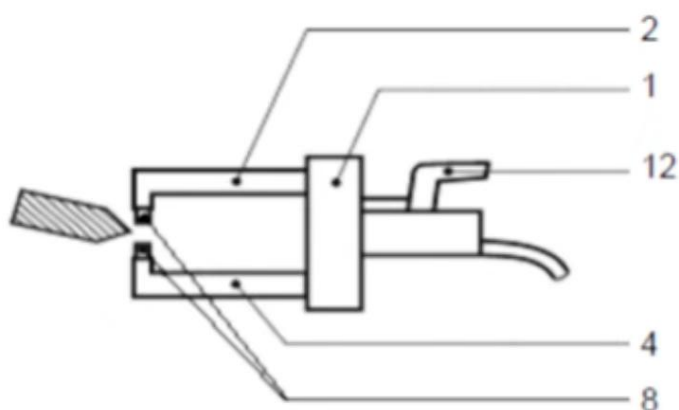
图 E.1 固定式阻焊设备的结构

危险：2a

风险评估结果：B类或1

附加措施(适用时)：单按钮或双按钮操作、光栅

E.4.2.2 手持式焊枪

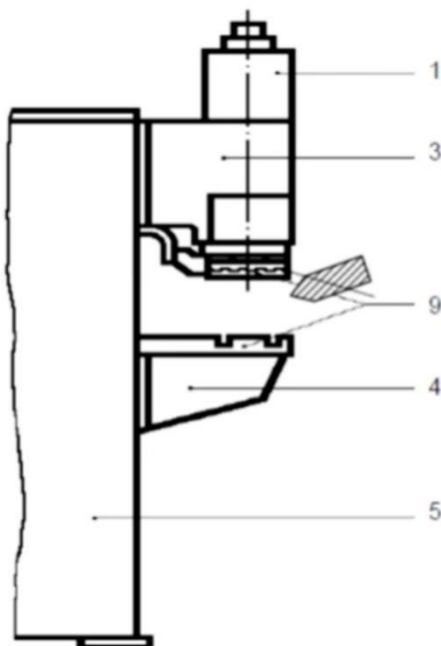


注：编号定义见E.4.1。

图 E.2 手持式焊枪的结构

危险：维护或更换电极时，2a
 风险评估结果：B类
 附加措施(适用时)：电极操作触发锁

E. 4.3 凸焊



注：编号定义见E. 4. 1。

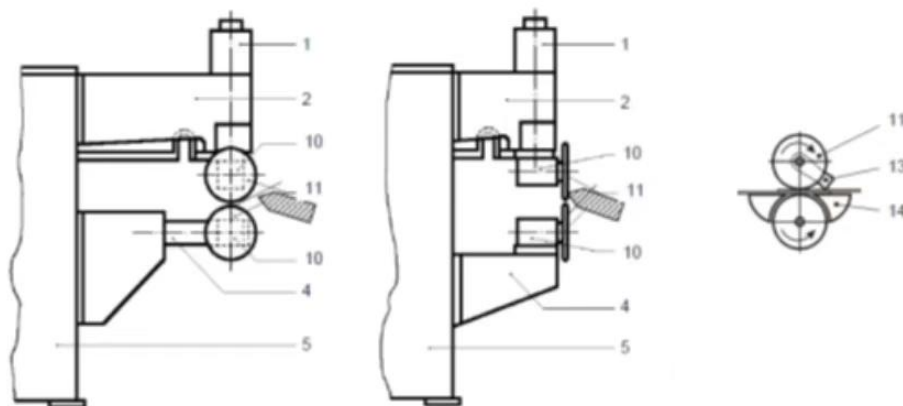
图 E. 3 凸焊设备的结构

危险：2a、2b、2c、2d

风险评估结果：在工具质量较轻和/或焊接力较低的情况下，可归为第3类或第2类（可能造成严重伤害）

附加措施：用两个按钮启动，自动检查，自动检查光栅，活动防护遮栏。
 此类设备，可能需要在设置模式下配备特殊的保护系统。

E. 4.4 缝焊



注：编号定义见E.4.1。

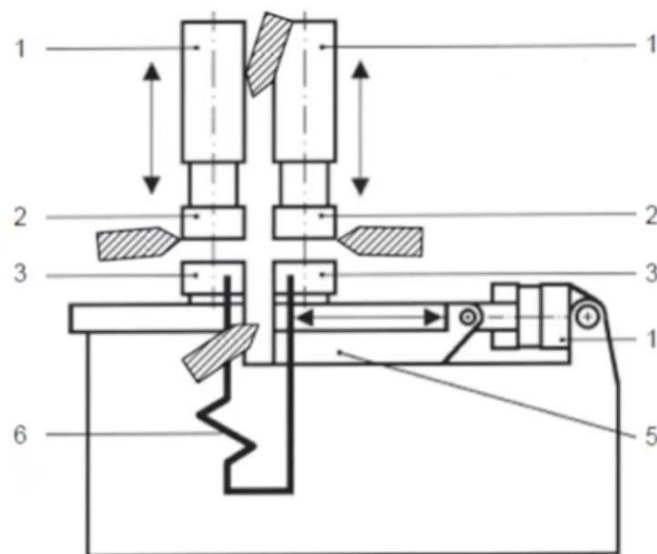
图 E.4 缝焊设备的结构

危险：2a, 2e

风险评估结果：2类或3类。

附加措施：在回缩侧安装可上下移动的手指偏转器（13）（通过自身重量保持位置）和导向保护杆（14）。

E.4.5 对焊



注：编号定义见E.4.1。

图 E.5 对焊设备的结构

危险：2c, 2d

风险评估结果：2类或3类。

附加措施：用双按钮启动，光栅，活动防护遮栏。

附 录 F
(资料性)
阻焊设备的间接接触防护

F.1 通过自动断电对间接接触的防护

F.1.1 概述

间接接触防护指在绝缘故障时防止人触及设备的金属部件（外露导电部件）。

图 F.1 至 F.3 说明了可能的主要防触电保护措施。

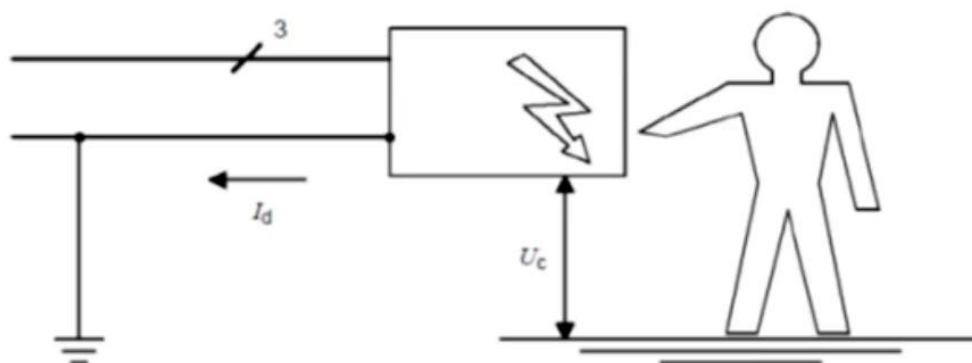


图 F.1 绝缘故障原理示意图

自动断电是最常见的间接接触防护法。在接触会产生危险的电压之前，将绝缘故障时产生的接触电压消除。

装置的最大切断时间见 IEC 60364-4-41。

切断装置的类型根据设备的接地系统类型选择。IEC 60364-4-41 给出了主要的接地系统及其保护规则。本附录只考虑 TN 系统和 TT 系统。

在 TN 和 TT 系统中，带电导体与设备外露可导电部分之间的绝缘故障会导致电流流向大地。在这两种情况下，接触电压通常超过最大允许值，因此需要自动断电。

该防护措施要求配备保护性接地电路，连接所有外露导电部件，以便检测故障。

F.1.2 TN系统

电源（电源变压器）中性点接地且与设备的保护性导体直接相连。

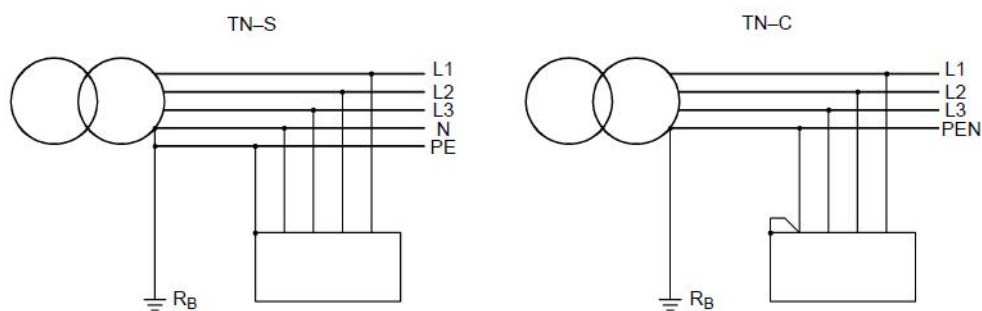


图 F.2 TN 系统示意图

TN 系统主要分为两类：

——TN-S，设备的外露导电部件通过 PE（保护导体）与接地中性点相连（保护导体和中性导体是分开的）；

——TN-C，设备的外露导电部件通过 PEN（保护导体与中性导体合一）连接到接地中性点。

在 TN 系统中，故障电流相当于短路电流。电流大小仅受故障回路阻抗限制，因此可通过过电流保护装置（断路器的热保护或磁保护、熔断器）切断电路。

对于为 I 类手持式设备或移动式设备供电的电路，最大切断时间为 0.4s（适用于对地额定电压为 220V 的电网上运行的设备）。

特殊情况下，固定式设备的切断时间可以延长到 5s。

过电流保护装置提供间接接触防护的能力，在安装设计阶段通过计算所有配电电路的故障电流，并验证切断装置在该电流下能在足够短的时间内动作来确认。

如果电缆过长或导体横截面过小，导致故障电流过低，无法使过电流保护装置正常动作，则需使用额外的剩余电流保护装置。

剩余电流保护装置可以是独立的，或与断路器结合使用。

本措施不适用于 TN-C 接地系统的安装，因为在此系统中，保护导体和中性导体是相同的。

F.1.3 TT 系统

电压源（供电变压器）的中性点通过一个与设备所用电极分开的电极接地。

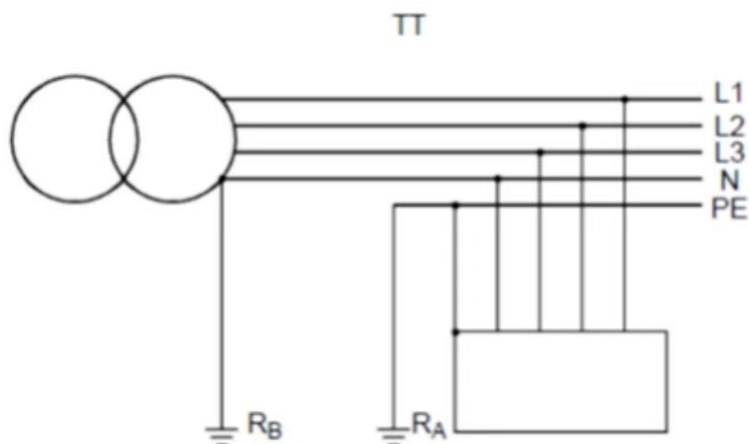


图 F.3 TT 系统示意图

在 TT 系统中，故障电流受接地电阻限制，数值较低，因此标准过电流保护装置无法检测和切断。因此，安装中应配备不同的切断装置，通常是剩余电流保护装置。

IEC 60364-4-41 规定，剩余电流保护装置提供间接接触防护的能力，通过选择剩余电流保护装置的灵敏度低于根据测量的安装接地连接电阻（ R_a ）推导的值来确保，公式如下：

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_a}$$

当故障电流产生 50V 接触电压时，此方法可以为运行中的装置提供足够的保护。低故障电流产生的接触电压将低于 50 伏，而高故障电流则会在更短的时间内被剩余电流保护装置检测到并进行隔离。

剩余电流保护装置的跳闸时间由 IEC 标准规定，与故障电流和灵敏度值的比值相关。

IEC 60364-4-41 规定剩余电流保护装置必须在 1s 内断电。

漏电保护器的跳闸时间通常低于大多数情况下所需的跳闸时间。

为了提高电力供应的可用性，使用多个剩余电流保护装置可确保在跳闸时进行时间和电流的区分。

F.2 单相交流设备自动断电

F.2.1 TN系统

如上所述，过电流保护装置通常用作间接接触防护的断电装置。

电阻焊设备的特征是瞬时电流远高于等效的连续电流。因此，需要设置较高的断路器跳闸电流或使用延时熔断器（aM 型），而安装用于短路保护的熔断器通常为 gG 型。

设备的设计应考虑提供足够低的故障回路阻抗，确保发生故障时断路器或熔断器能在规定的时间内动作。例如，使用截面足够的供电和 PE 电缆。

如果无法满足所需条件，则需使用额外的剩余电流保护装置（除安装 TN-C 接地系统外）。此时，以下关于在 TT 系统中使用剩余电流保护装置的注意事项适用。

F.2.2 TT系统

如上所述，剩余电流保护装置通常用作断开装置，以提供间接接触保护。

剩余电流保护装置的動作能力取决于故障电流波形。IEC 60755 根据故障电流的特性定义了三种类型的漏电保护器。

对于典型单相交流设备输入回路和焊接回路之间的故障，故障电流是正弦曲线；因此，类型 AC，A 和 B 的剩余电流保护装置是适合的。

其他回路故障可以产生不同的故障波形，所以要求选择不同的剩余电流保护装置。

只有制造商了解其设备可能出现的故障电流波形，并可将该装置集成在设备内，或规定哪种类型的剩余电流保护装置能够确保其正常动作。

F.3 中频直流电设备（逆变设备）供电的自动断电

F.3.1 TN系统

以上关于单相设备的所有注意事项也适用于中频工作下的直流设备；此外，还需考虑其他重要因素。

最常见的故障是逆变器输出接地，通常由焊接变压器绝缘故障引起。此类故障需要考虑以下附加因

素。

故障情况下的接触电压高于工频故障时的接触电压，因为逆变器频率（通常为 1kHz 至 20kHz）下保护导体的阻抗更高。

故障电流的持续时间可能受逆变器限制，仅在设备执行焊接过程时（即焊接变压器供电时）存在。

另外，还需考虑故障电流幅值可能受到以下因素限制：

- 逆变器提供的电流可通过电子方式限制在最大允许值（例如，通过焊接电流调节）；。
- 保护导体阻抗（由于故障电流的频率包含 1 kHz 至 20 kHz 的频率成分，其阻抗值高于 50 Hz 时的阻抗值）。

这些故障电流的时间和幅值限制可能导致故障情况下断路器或熔断器无法动作。

还应考虑到，故障电流时间和幅值的减小对应于接触电压的降低，从而降低风险。

逆变器可提供输出相间短路保护，切断向变压器的电流供应。在 TN 系统中，该装置无法在所有情况下保护人员免受间接接触的伤害。实际上，逆变器频率下的故障阻抗可能将电流限制在逆变器的保护阈值以下。

F.3.2 TT系统

F.3.2.1 通则

如上所述，剩余电流保护装置通常作为用于间接接触防护的断开装置。

在典型逆变器设备的输入电路和焊接电路之间发生故障时，故障电流为非正弦波，由逆变器开关频率和对地直流母线电压频率（通常为 1000Hz 和 150Hz）组成。

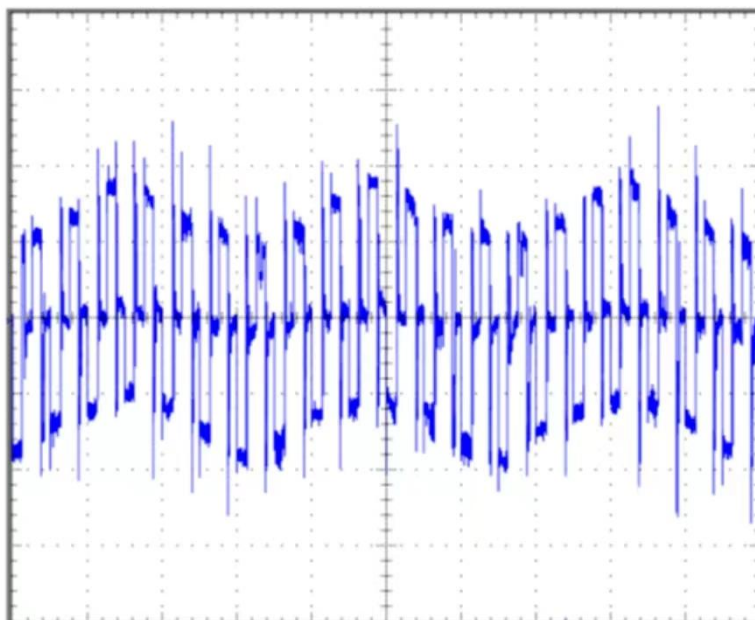


图 F.4 典型的故障电流

故障电流的频率取决于很多因素，包括逆变开关频率、逆变输入级的类型和设备焊接电流的调节。故障电流的复杂波形（见图 F.4）要求使用适用于故障电流频率成分的 A 型或 B 型剩余电流保护装置。

其他电路故障会产生不同的故障波形，可能需要选择不同类型的剩余电流保护装置；例如，直流母线对地故障产生的故障电流需要 B 型剩余电流保护装置。

只有制造商了解其设备可能的故障电流波形（即其频率成分），并可将该装置集成在设备内或明确规定哪种类型的剩余电流保护装置能确保正常动作。

逆变器可提供输出相间短路保护，切断向变压器的电流供应。在 TT 系统中，该装置无法保护人员免受间接接触的伤害，因为逆变器频率下的故障阻抗非常高，将电流限制在远低于逆变器保护阈值的水平（故障电流可能仅为几安培）。

F.3.2.2 剩余电流保护装置灵敏度、切断时间和工作频率

电流在体内流动所产生的病理生理效应取决于其大小和持续时间。剩余电流保护装置通常设计用于工频运行，其与电流相关的动作时间由 IEC 标准基于病理生理影响规定。

剩余电流保护装置灵敏度由额定剩余动作电流 $I_{\Delta n}$ 表示。IEC 规定了优选值，据此可将剩余电流保护装置根据其 $I_{\Delta n}$ 值分为三组：

- 高灵敏度（HS）：6mA、10mA、30mA；
- 中等灵敏度（MS）：0.1A、0.3A、0.5、1A；
- 低灵敏度（LS）：3A、10A、30A。

高灵敏度（HS）通常用于附加直接接触防护。其他灵敏度（MS 和 LS）通常用于防止间接接触的保护。剩余电流保护装置也用于消防和设备保护装置中。

当剩余电流保护装置用于间接接触防护时，其灵敏度与流过人体的电流无直接关系，而是根据安装的接地电阻来选择。

流经人体的电流取决于环境条件和接触电压。

人体阻抗与频率高度相关，因此频率也会影响流过人体的电流。

当使用剩余电流保护装置进行间接接触保护时，它必须在与预期接触电压相关的时间内断开电源。IEC 60364-4-41 所使用的参考曲线来源于 IEC 60479 系列，并附有要求的来源说明。

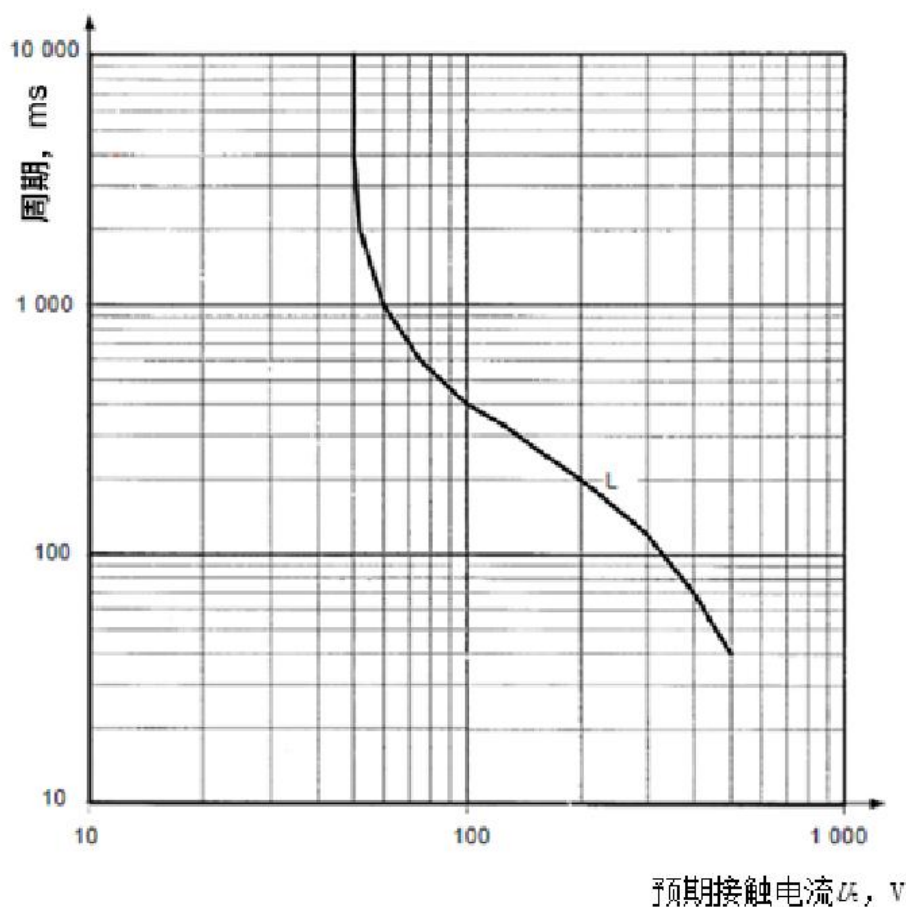


图 F.5 时间-电压参考曲线

IEC 60364-4-41 提供了基于选择剩余电流保护装置灵敏度的合规方法，该灵敏度对应于产生 50 V 接触电压的故障电流，并允许最大断开时间为 1 秒。这满足了任何接触电压和故障电流值的要求。时间-电压参考曲线如图 F.5 所示。

为了防止意外跳闸，剩余电流保护装置可通过低通滤波器来防止高频电流的影响；因此，对于逆变电阻焊设备上的故障电流，剩余电流保护装置可能表现出较低的灵敏度（或较长的断开时间）。因此，故障电流的频率成分是一个至关重要的因素。

标准规定，B 型剩余电流保护装置的工作频率应高达 1 千赫；因此，使用该装置即满足逆变电阻焊设备工作频率高达 1 千赫的要求。

考虑到不同类型的剩余电流保护装置具有不同的灵敏度和运行时间，应逐一检验其它类型剩余电流保护装置或以更高频率运行的设备的能力。

参 考 文 献

- [1] IEC 60050-851: 2008 International Electrotechnical Vocabulary (IEV) –Part 851: Electric welding
- [2] IEC 60085 Electrical insulation –Thermal evaluation and designation
- [3] IEC 60112 Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials
- [4] IEC 60364 (全文) Low-voltage electrical installations
- [5] IEC 60479 (全文) Effects of current on human beings and livestock
- [6] IEC 60755 General requirements for residual current operated protective devices
- [7] IEC 60990 Methods of measurement of touch current and protective conductor current
- [8] IEC/TR 61200-413 Electrical installation guide-Part 413: Protection against indirect contact –Automatic disconnection of supply²
- [9] IEC/TS 61201 Use of conventional touch voltage limits – Application guide
- [10] IEC 62135-2 Resistance welding equipment-Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements
- [11] ISO 5826 Resistance welding equipment-Transformers-General specifications applicable to all transformers
- [12] ISO 5828 Resistance welding equipment-Secondary connecting cables with terminals connected to water-cooled lugs- Dimensions and characteristics
- [13] ISO 8205-1 Resistance welding equipment - Secondary connecting cables with terminals connected to water-cooled lugs - Dimensions and characteristics
- [14] ISO 8205-1, Water-cooled secondary connection cables for resistance welding - Part 1: Dimensions and requirements for double-conductor connection cables
- [15] ISO 8205-2: Water-cooled secondary connection cables for resistance welding- Part 2: Dimensions and requirements for single-conductor connection cables
- [16] ISO 12100 Safety of machinery - General principles for design-Risk assessment and risk reduction
- [17] ISO 13732-1: Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces -Part 1: Hot surfaces
- [18] ISO 13732 (全文) , Ergonomics of the thermal environment- Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces
- [19] ISO 14121-1: Safety of machinery-Risk assessment-Part 1: Principles