



中华人民共和国国家标准

GB/T 16855.2—2007/ISO 13849-2:2003

机械安全 控制系统有关安全部件 第2部分：确认

Safety of machinery—Safety-related parts of control systems—
Part 2: Validation

(ISO 13849-2:2003, IDT)

2007-03-02 发布

2007-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国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 确认程序	1
4 分析确认	4
5 试验确认	5
6 安全功能的确认	6
7 类别的确认	6
8 环境要求的确认	8
9 维护要求的确认	8
附录 A (资料性附录) 机械系统的确认方法	9
附录 B (资料性附录) 气动系统的确认方法	12
附录 C (资料性附录) 液压系统的确认方法	20
附录 D (资料性附录) 电气系统的确认方法	27
参考文献	36

前 言

GB/T 16855《机械安全 控制系统有关安全部件》分为 3 个部分：

- 第 1 部分：设计通则；
- 第 2 部分：确认；
- 第 100 部分：GB/T 16855.1 的应用指南。

本部分为 GB/T 16855 的第 2 部分。

GB/T 16855 的本部分是等同采用国际标准 ISO 13849-2:2003《机械安全 控制系统有关安全部件 第 2 部分：确认》(英文版)制定的。

本部分等同翻译 ISO 13849-2:2003,其结构和内容与 ISO 13849-2:2003 一致,但按照我国标准的编写规则对国际标准做了编辑性修改,本部分与 ISO 13849-2:2003 主要有以下几点不同：

- 取消了国际标准的前言；
- 取消了附录 A～附录 D 中的目录；
- 对国际标准的引言进行了部分修改；
- 本部分引用的相关国际标准,已转化成我国国家标准的均直接引用相应的国家标准。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 为资料性附录,结构如下表所示：

表 1 附录 A～附录 D 的结构

附录	技术	基本安全 原则清单	经验证的安全 原则清单	经验证的 元件清单	故障清单和 故障排除
		章节			
A	机械	A. 2	A. 3	A. 4	A. 5
B	气动	B. 2	B. 3	B. 4	B. 5
C	液压	C. 2	C. 3	C. 4	C. 5
D	电气	D. 2	D. 3	D. 4	D. 5

本部分由全国机械安全标准化技术委员会(SAC/TC 208)提出并归口。

本部分负责起草单位：机械科学研究总院中机生产力促进中心。

本部分参加起草单位：德国皮尔磁有限公司、国家机床质量监督检验中心、南京食品包装机械研究所、中联认证中心。

本部分主要起草人：聂北刚、宁燕、杨岭、李勤、赵钦志、居荣华、汪希伟、张维、隰永才、张晓飞、富锐、程红兵、黄祖广。

引 言

GB/T 16855 本部分属于安全通用标准(B1类)。

本部分规定了控制系统有关安全部件的安全功能和类别的确认方法,包括分析和试验。GB/T 16855.1中对安全功能以及类别划分的要求进行了表述。GB/T 16855.1中给出了有关安全功能的描述和分类要求的设计通则。有些确认要求是一般性的,有些则是专门针对所采用的技术。GB/T 16855.2还规定了控制系统有关安全部件的确认试验实施条件。

GB/T 16855.1规定了控制系统有关安全部件的安全要求,并给出了其设计通则(见GB/T 15706.1—2007)的指南。无论其采用何种能源类型,该部分都规定了这些部件的类别并描述了其安全功能的特征。GB/T 16855.100则给出了对GB/T 16855.1的补充建议。

可以通过分析(见第4章)和试验(见第5章)的任意方式组合来确认是否达到要求。在设计过程中,应尽早进行分析。

机械安全 控制系统有关安全部件

第2部分：确认

1 范围

本部分规定了确认要遵循的程序和条件。确认是利用设计者提供的设计原理,对符合GB/T 16855.1的控制系统有关安全部件所提供的安全功能和所达到的类别进行分析和试验。

本部分没有对可编程电子系统提供完整的确认要求,因此还需要使用其他标准。

注:有关可编程电子系统确认的更详细规定见 IEC 62061。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款,通过GB/T 16855的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 15706.1—2007 机械安全 基本概念与设计通则 第1部分:基本术语和方法 (ISO 12100-1:2003, IDT)

GB/T 16855.1—2005 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分:设计通则(ISO 13849-1:1999, MOD)

3 确认程序

3.1 确认原则

确认程序的目的是为了确认控制系统有关安全部件的设计和技术规范是否符合机械安全的相关要求。

确认应能够证明各有关安全部件符合GB/T 16855.1的要求,特别是:

——设计原理提出的,由该部件提供的安全功能所规定的安全特性;

——所规定类别的要求(见GB/T 16855.1—2005第6章)。

确认工作应由独立于有关安全部件设计工作的人员来完成。

注:所谓独立的人员并不意味着一定要求第三方试验。

独立程度应与有关安全部件的安全性能相关。

确认包括应用分析(见第4章),以及必要时按确认计划进行的试验(见第5章)。图1为确认程序图。分析和(或)试验之间的平衡取决于使用的技术。

分析工作应尽可能与设计过程同时进行,以便尽早解决相对容易解决的问题,即在GB/T 16855.1—2005中4.3的步骤3和步骤4之间。部分分析工作必需推迟到设计完成后进行。

对于大型系统,由于其控制系统的规模、复杂性或采用与机器集成一体的控制系统形式,可按以下方式确认:

——在集成前单独对控制系统有关安全部件进行确认,包括模拟相应的输入和输出信号;

——在机器使用情况下,确认有关安全部件与控制系统内其余部分的集成效果。

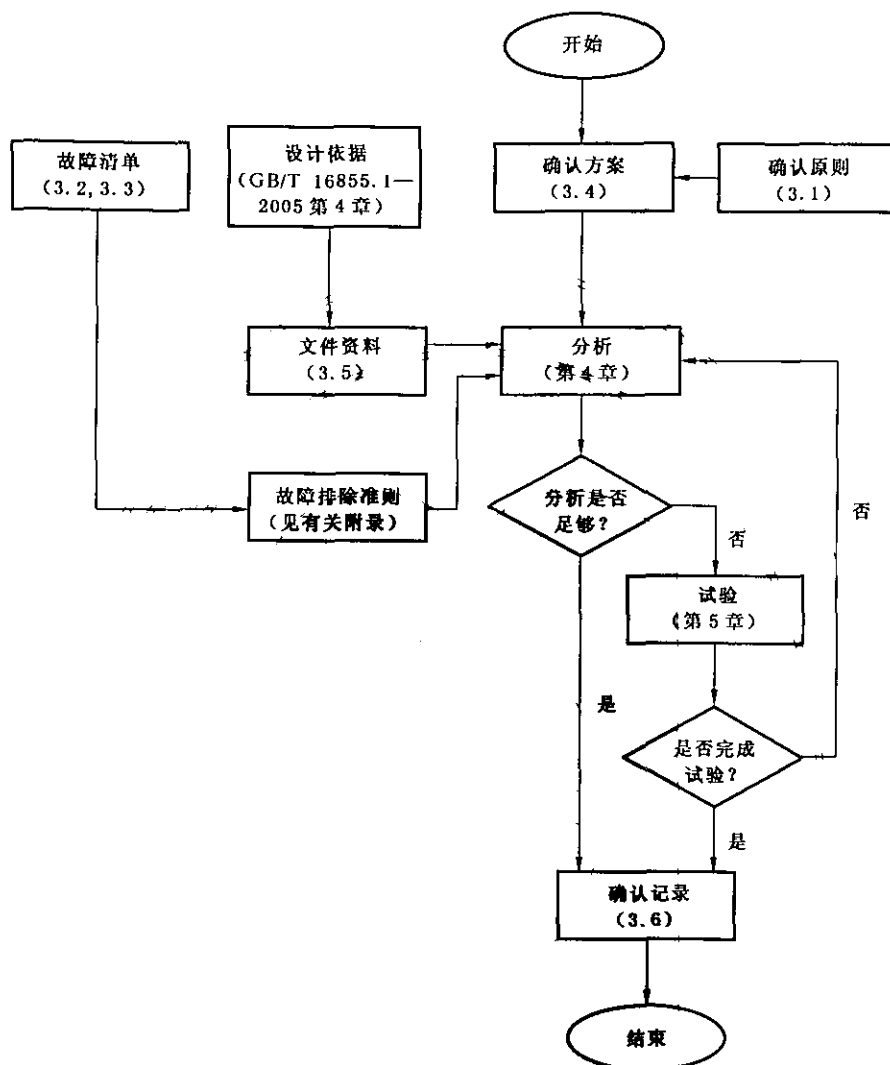


图1 确认程序图

3.2 一般故障清单

确认程序包括考虑控制系统有关安全部件性能的各种故障因素。根据经验,在资料性附录(A.5, B.5, C.5 和 D.5)中给出了故障清单。一般故障清单有如下内容:

- 包括部件/元件,如导线/电缆(见 D.5.2);
- 考虑了诸如导体间短路等故障;
- 允许排除的故障;
- 备注栏给出了故障排除理由。

仅考虑常发故障。

3.3 特殊故障清单

特殊产品的相关故障清单应作为有关安全部件确认过程产生的参考文件。此清单基于附录中相应的一般故障清单而构成。

基于一般故障清单的特殊相关产品的故障清单应规定以下内容:

- 包括一般故障清单中列出的故障;
- 包括一般故障清单中尚未列出的其他相关故障(例如:共模故障);
- 一般故障清单中列出的可以排除的故障,至少满足一般故障清单中规定的要求(见

GB/T 16855.1—2005 的 7.2 条);
——一般故障清单列出的,根据故障排除的理由和原理,不能排除的其他相关故障(见 GB/T 16855.1—2005 的 7.2 条)。
对于一般故障清单中未列出的那些故障,设计者应在本清单中给出故障排除的原理。

3.4 确认方案

确认方案应确定和描述进行指定安全功能及其类别的确认过程的要求。
确认方案也应确定用于确认指定安全功能和类别的方法。应在适当的地方给出以下内容:

- a) 选定的规范文件;
- b) 操作和环境条件;
- c) 基本安全原则(见 A.2,B.2,C.2 和 D.2);
- d) 经验证的安全原则(见 A.3,B.3,C.3 和 D.3);
- e) 经验证的部件(见 A.4 和 D.4);
- f) 需要考虑的假定故障和故障排除方法,例如资料性附录中 A.5,B.5,C.5 和 D.5 所列出的故障清单;
- g) 待进行的分析和试验。

按相同技术规范已确认的有关安全部件,只需要参考以前的确认结果。

3.5 确认信息

随着所使用的技术、类别、系统设计原理以及控制系统有关安全部件对风险减小作用的发展,确认需要的信息将随之变化。在证实有关安全部件的类别和已达到的安全功能的确认程序中,应包括具有下列有足够信息的文件:

- a) 安全功能、预期性能与类别的说明;
- b) 图纸和技术文件,如:对机械、液压和气动部件,印刷线路板,组合板,内部接线,外壳,材料,安装等的描述;
- c) 描述装置功能的框图;
- d) 包括接口/连接的线路图;
- e) 线路图的功能描述;
- f) 与安全有关的信号、开关部件的时序图;
- g) 已确认的部件有关的特性描述;
- h) 对于其他有关安全部件[g)项所列的除外],元件清单需包括:元件名称、额定值、公差、相应的工作压力、型号规格、失效率数据、元件制造者以及其他与安全有关的数据;
- i) 列出的所有相应故障(如 A.5,B.5,C.5 和 D.5)的分析(也可见 3.2),包括所有故障排除的理由;
- j) 加工材料影响的分析。

表 2 给出了类别的详细信息。对于安全功能有关的软件,其文件应包括:

- a) 清楚、明确的技术说明,且规定软件需要达到的安全性能;
- b) 软件的设计达到所要求的安全性能的依据;
- c) 表明安全性能已达到要求所进行试验的细节(特殊试验报告中)。

表 2 各类别所需的文件

所需文件	类 别				
	B	1	2	3	4
基本安全原则	×	×	×	×	×
预期操作应力	×	×	×	×	×

表 2(续)

所需文件	类 别				
	B	1	2	3	4
加工材料的影响	×	×	×	×	×
受其他相关外部影响时的性能	×	×	×	×	×
经验证的部件	—	×	—	—	—
经验证的安全原则	—	×	×	×	×
安全功能检验程序	—	—	×	—	—
有规定时,检验的时间间隔	—	—	×	—	—
设计中考虑的、可预见的单一故障和采用的检查方法	—	—	×	×	×
已识别的共模失效及防止方法	—	—	—	×	×
可预见的单一故障的排除	—	—	—	×	×
待检查的故障	—	—	×	×	×
设计中考虑的各种故障累积的变化	—	—	—	—	×
非关联故障情况下如何保持安全功能	—	—	—	×	×
故障并发时如何保持每种安全功能	—	—	—	—	×
注: ×表示需要;—表示不需要。					

注:表 2 中所涉及的类别即为 GB/T 16855.1 中给出的类别。

3.6 确认记录

通过分析和试验进行的确认都应形成记录。记录应反映各项安全要求的确认过程。如果以前的确认记录有效,也可以引用。

确认过程中部分未通过确认的有关安全部件,确认记录中应对未能通过的这部分确认试验和(或)分析作出描述。

4 分析确认

4.1 概述

应通过分析对控制系统有关安全部件进行确认。分析包括:

- 机器分析过程识别出的危险(见 GB/T 16855.1—2005 中图 1);
- 可靠性(见 GB/T 16855.1—2005 的 4.2 条);
- 系统结构(见 GB/T 16855.1—2005 的 4.2 条);
- 影响系统性能的不可量化的、定性的因素(见 GB/T 16855.1—2005 的 4.2 条);
- 确定的结论。

通过分析而不是试验来确认安全功能时,需要给出简洁明确的确认结论。确认结论不同于其他的证明,因为它表明了所要求的系统特性从逻辑上是根据系统的型式得出的。确认结论可以用简单易懂的概念进行解释,如机械连锁的正确性。

注:确认结论是依据定性的因素(如制造质量、失效率、使用经验)得出的。这一方法取决于具体应用。这和其他因素都会对确认结论产生影响。

4.2 分析方法

分析方法的选择取决于需要实现的目标。分析方法分为两种基本类型:

- a) 自上而下(演绎)方法适合于确定可导致顶事件的起始事件,并通过起始事件的概率计算顶事

件的概率。该方法也可用来研究已知多重故障的因果关系。自上而下方法的范例有：故障树分析(FTA——见 IEC 61025)和事件树分析(ETA)；

- b) 自下而上(归纳)方法适合于研究已知单一故障的因果关系。自下而上方法的范例有：故障模式影响分析(FMEA——见 IEC 60812)和故障模式影响与危害性分析(FMECA)。

有关分析方法的更多信息见 GB/T 16855.1—2005 中附录 B。

5 试验确认

5.1 概述

在分析确认不足以证明已实现规定安全功能的情况下，应通过类别试验来完成确认过程。试验往往是分析的补充，通常情况下也是必要的。

确认试验的规划和实施应遵循逻辑方法。尤其是：

- a) 在开始试验之前，应制定试验方案。试验方案应包括：

- 试验技术说明；
- 预期试验结果；
- 试验的时间顺序安排。

- b) 应形成试验记录。试验记录应包括以下内容：

- 试验人员姓名；
- 环境条件(见第 8 章)；
- 试验程序和所使用设备；
- 试验结果。

- c) 应将试验记录和试验方案进行对比，以确保达到规定的功能和性能目标。

试验样品应尽可能在与最终工作配置相似的条件下运行，如：连接上所有的外围装置和外罩。

试验可由人工进行，也可自动进行(如通过计算机)。

试验时，应向控制系统有关安全部件施加各种组合的输入项对安全功能进行确认，并将相应的输出结果与规定的输出结果进行比较。

建议向控制系统和机器系统地施加各种组合输入项，例如：电源接通、启动、操作、换向、重新启动。对于需要输入数据的扩展范围的地方，所造成的反常或不正常的情况应引起重视，并观察控制系统有关安全部件的响应。此类输入数据的组合应考虑可预见的误操作。

试验结果取决于试验进行的环境条件，试验进行的条件可能是：

- a) 预定使用环境条件；
- b) 某一特定条件；
- c) 给定的范围(如果存在漂移)。

注：在给定范围内进行的试验可认为是在稳定条件下进行的试验。在给定范围之外进行的试验，其有效性的确定应经设计者同试验负责人共同协商同意，并应作记录。

5.2 测量的不确定性

确认试验过程中发生的测量的不确定性应在所实施试验允许的范围内。一般情况下的测量不确定性，对于温度测量应在 5 K 以内，以下测量则应在 5% 以内：

- 时间测量；
- 压力测量；
- 力的测量；
- 电气测量；
- 相对湿度测量；
- 线性测量。

如果超出上述测量的不确定性,应说明正当理由。

5.3 更高要求

依照随附的文件中的信息,如果控制系统满足的要求高于本标准,那么应该采用更高的要求。

注:当控制系统必须经受特别恶劣的工作条件时,可能会用到此类更高要求,如:野蛮操作、湿度影响、水解、环境温度变化、化学物质影响、腐蚀、因靠近发射装置造成的高强度电磁场等。

5.4 试验样品数量

除非另有规定,否则有关安全部件的试验应采用单一产品样品进行,且该产品样品应能经受所有相关试验。

试验过程中,不得对进行试验的有关安全部件作任何改动。

有些试验可能会使某些零部件的性能发生永久的改变。如果因零部件永久性改变使得有关安全部件不再符合其设计技术规范,应采用一个新的样品进行后续试验。

如果某一特定试验为破坏性试验,且通过对部分独立提供安全功能的控制系统有关安全部件进行试验可以获得相同的结果,则可以采用该部分的一个样品代替全部有关安全部件进行试验获得试验结果。该方法仅适用于通过分析确认部分有关安全部件的试验能够充分表明提供安全功能的全部有关安全部件的安全性能。

6 安全功能的确认

其中一个重要步骤就是确认控制系统有关安全部件提供的安全功能完全符合其规定特性。确认过程中,重要的是按照设计基本原理检查所编制的规范有无错误和疏漏。

对安全功能进行确认的目的是:根据技术规范要求,确认与安全相关的输出信号的正确性,以及与输入信号的逻辑相关性。此确认应涵盖在动态和静态模拟下所有正常和可预见的非正常分条件。

应在机器所有工作方式下对规定的安全功能(按照 GB/T 16855.1—2005 第 5 章)进行确认。这意味着确认的实施应能证明其正确的功能性:

——在不同的配置下,足以保证在整个规定范围内实现所有有关安全输出信号。有必要通过试验(如:过载试验)来确认规定的安全功能。

——对任何输入源可预见的非正常信号的响应,包括动力中断和恢复。

注:根据具体情况考虑不同配置的组合。

7 类别的确认

7.1 类别的分析和试验

类别的确认应证明其满足规定的要求。主要有以下几种确认方法:

——从电路图进行分析(见第 4 章);

——在实际电路上进行试验和对实际元件进行故障模拟试验,尤其是针对在分析过程中已经确认的性能存在疑点的地方(见第 5 章);

——模拟控制系统的性能,如采用硬件和(或)软件模型。

在一些应用中,可能有必要把连接起来的有关安全部件分为几个功能组,并对这些功能组及其接口进行故障模拟试验。

通过试验方式进行确认时,根据实际情况,试验可能包括以下内容:

——对产品样品进行故障引入试验;

——对硬件模型进行故障引入试验;

——故障的软件模拟;

——子系统故障,如:动力源。

故障引入系统的准确瞬间非常关键。应通过分析确定所引入故障的最坏影响,并根据此分析,在适

当的关键时间将故障引入。

7.2 类别规范的确认

7.2.1 B类

B类控制系统有关安全部件的确认应遵循基本安全原则(见 A.2, B.2, C.2 和 D.2), 并证明元器件的规格、设计、构造和选型符合 GB/T 16855.1—2005 的 6.2.1 条的规定。这一确认可以通过检查该控制系统有关安全部件是否与确认文件(见 3.5)中所规定的一致来完成。环境条件的确认见 5.1。

7.2.2 1类

1类控制系统有关安全部件的确认应证明:

- a) 它们符合 B 类的要求。
- b) 如果元件至少满足下列条件之一则说明元件是经验证的(见 A.4 和 D.4):
 - 在类似使用条件下已广泛成功的应用;
 - 制造时所采用的原则证明其用于有关安全用途的适用性和可靠性。
- c) 已经正确实施经验证的安全原则(根据具体情况, 见 A.3, B.3, C.3 和 D.3)。如果采用了新近发展的原则, 则应对以下内容进行确认:
 - 预期失效模式是如何避免的;
 - 故障是如何避免的, 或如何降低其发生概率的。

可以利用相关元器件的标准来证明与此条款的一致性(见 A.4 和 D.4)。

7.2.3 2类

2类控制系统有关安全部件的确认应证明:

- a) 它们符合 B 类的要求。
- b) 所使用的经验证的安全原则(如果适用)满足 7.2.2 中 c) 的要求。
- c) 在检查过程中, 检查设备逐一探测所有相关故障并产生适当的控制动作, 这些控制动作包括:
 - 启动安全状态;
 - 或者无法启动安全状态时, 提供危险警告。
- d) 设备检查本身不会造成不安全状态。
- e) 开始进行检查是在:
 - 机器启动时或出现危险情况之前;
 - 如果根据风险评价和运行的类型表明有必要的话, 在运行期间定期进行检查。

7.2.4 3类

3类控制系统有关安全部件的确认应证明:

- a) 它们符合 B 类的要求;
- b) 所使用经验证的安全原则(如果适用)满足 7.2.2 中 c) 的要求;
- c) 单一故障不会导致安全功能丧失;
- d) 单一故障(包括共模故障)按照设计原理进行检查。

7.2.5 4类

4类控制系统有关安全部件的确认应证明:

- a) 它们符合 B 类的要求;
- b) 所使用的经验证的安全原则(如果适用)满足 7.2.2 中 c) 的要求;
- c) 单一故障(包括共模故障)不会导致安全功能的丧失;
- d) 单一故障在下一个安全功能命令发出时或之前被检查到;
- e) 如果 d) 无法实现, 那么故障的累积不应导致安全功能的丧失, 所允许的故障累积程度应依照设计基本原理。

7.3 有关安全部件组合的确认

如果安全功能由两个或两个以上有关安全部件实现,应对该组合进行确认(通过分析和必要的试验),确保该组合满足设计规定的性能。可以考虑采用已有的有关安全部件的确认记录结果。

8 环境要求的确认

设计规定的控制系统有关安全部件性能确认,应在控制系统规定的使用环境条件下进行。

确认应通过分析和必要的试验来完成。分析和试验的范围取决于有关安全部件,其安装所在的系统,所采用的技术,以及确认的环境条件。采用系统或其元件的工作可靠性数据或采用确认的相关环境试验标准(如:防水、防振),会有助于确认过程。

适用确认的地方应注明:

- 因冲击、振动、污染物进入产生的预期机械应力;
- 机械耐久性;
- 电气等级以及动力源;
- 气候条件(温度和湿度);
- 电磁兼容性(抗扰度)。

如果有必要通过试验来确定是否符合环境要求时,那么应根据具体应用的要求按相关标准中规定的程序进行。

通过试验完成确认之后,安全功能仍应符合安全要求的技术规范,或者控制系统有关安全部件应能提供安全状态的输出信号。

9 维护要求的确认

确认过程应能证明维护要求已按 GB/T 16855.1—2005 第 9 章的第 2 段的规定实施。

附 录 A
(资料性附录)
机械系统的确认方法

A.1 概述

当机械系统与其他技术结合使用时,应考虑基本的和经验证的安全原则的相关表格。更多故障排除见 3.3。

A.2 基本安全原则清单(见表 A.1)**表 A.1 基本安全原则**

基本安全原则	备 注
使用合适的材料以及适当的加工方法	材料、加工方法和处理方式的选择与应力、耐久性、弹性、摩擦力、磨损、腐蚀、温度等有关
正确的尺寸和外形	考虑压力、张力、疲劳、表面粗糙度、公差、黏性、生产制造等因素
元件/系统正确的选择、组合、排列、装配和安装	使用制造商的使用说明,如目录表、安装说明、技术规范和在类似元件/系统的成功应用的实例等
释放原则的使用	通过能量释放得到安全状态。有关停止的主要操作见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.3 条。提供的能量用于启动机械装置的运动。有关启动的主要操作,见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.3 条。 考虑不同的模式,如:操作模式、维修模式。 这个原则在特殊的应用中不适用,例如夹持设备需要保持的能量
正确的紧固	为了使螺钉锁紧,可以考虑制造商的使用说明。 使用适当的扭矩加载技术可以避免过载
力的产生和(或)传输以及类似参数的限制	例如安全销、安全片、扭矩限制器
环境参数范围的限制	例如安装位置处的温度、湿度、污染等参数。见第 8 章并考虑厂商的使用说明
速度及类似参数的限制	考虑使用中需要的速度、加速、减速等
固有反应时间	考虑弹簧疲劳度、摩擦、润滑、温度、加速和减速过程中的惯性、公差配合等
防止意外启动	考虑操作、维护等不同模式下,恢复能量“供应”后以及储能所引起的意外启动。 有必要用特殊装置来释放储能。 对于特殊的应用,例如:夹持装置或保证一定位置要保持在的能量,需要单独考虑
简化	减少在有关安全系统中的元件数量
分离	有关安全的功能与其他功能分离开
适当润滑	—
流体和灰尘进入的正确防护	考虑 IP 等级[GB 4208]

A.3 经验证的安全原则清单(见表 A.2)

表 A.2 经验证的安全原则

经验证的安全原则	备 注
谨慎选用材料和加工	选择合适的材料,适当的加工方法和与应用有关的处理方法
具有定向失效模式元件的使用	一个元件的主要故障模式是预先知道的并且通常是相同的,见 GB/T 15706.2—2007 的 4.12.2 条
裕量/安全系数	安全系数是由标准或在有关安全的应用中取得的成功经验给出的
安全位置	元件的可移动部分通过机械方法(仅有摩擦是不够的)来保持在一个可能的位置。必须要有力才能改变其位置
增加闭合力	通过增加与开启力有关的闭合力来得到安全的位置/状态
谨慎选择、组合、排列、装配以及与应用有关的元件/系统的安装	—
谨慎选择与应用有关的紧固件	避免仅依靠摩擦力
强制机械动作	部件间的从属操作(例如并行操作)是通过强制机械连接获得的。弹簧及“易变形”的元件不应用作连接部分(见 GB/T 15706.2—2007 的 4.5 条)
多重部件	减小由多重部件引起的故障影响,例如一个弹簧(多个弹簧)的故障不会导致危险的状态
使用经验证的弹簧 (见表 A.3)	<p>经验证的弹簧要求:</p> <ul style="list-style-type: none"> ——使用经仔细谨慎选择的材料、制造方法(例如使用前的预调整和循环)和 处理方法(例如轧制和喷丸硬化); ——弹簧有足够的导向力; ——对于疲劳应力有足够的安全系数(也就是不会发生大概率的断裂)。 <p>经验证的压簧也按以下要求来设计:</p> <ul style="list-style-type: none"> ——使用经谨慎选择的材料、制造方法(例如使用前的预调整和循环)和处 理方法(例如碾压和喷丸硬化); ——弹簧有足够的引导力; ——空载时,线匝间的空隙要小于导线直径; ——断裂后还保留足够的作用力(也就是断裂不会导致危险状态)
力和类似参数的限制范围	所采取的必要限制与经验和应用有关。例如:采用安全销、安全片、扭矩限制器进行限制
速度和近似参数的限制范围	所采取的必要限制与经验和应用有关。例如:采用有离心调速器、速度或受限位移的安全监测进行限制
环境参数的限制范围	采取必要的限制。例如:安装位置处的温度、湿度、污染等。见第 8 章以及考虑制造商的使用说明
反应时间的限制范围,限制滞后	<p>采取必要的限制。</p> <p>考虑弹簧疲劳、摩擦、润滑、温度、在加速和减速过程中的惯性、公差配合等</p>

A.4 经验证的元件清单(见表 A.3)

表 A.3 所列清单列出了有关安全应用中的经验证的元件是基于采用经验证的安全原则和(或)为其特殊应用所定的标准。

对于某些应用中的经验证的元件可能不适于其他应用。

表 A. 3 经验证的元件

经验证的元件	经验证的条件	标准或规定
螺钉	考虑所有影响螺钉联接和应用的因素,见表 A. 2“经验证的安全原则”	机械连接所用的螺钉、螺母、垫圈、铆钉、销、螺栓等都是经过标准化的
弹簧	见表 A. 2“使用经验证的弹簧”	ISO 4960 中给出了弹簧钢和其他特殊应用的技术规范
凸轮	考虑所有影响凸轮排列的因素(例如联锁装置部分),见表 A. 2“经验证的安全原则”	见 GB/T 18831(联锁装置)
安全销	考虑所有影响应用的因素,见表 A. 2“经验证的安全原则”	—

A. 5 故障清单和故障排除

A. 5. 1 概述

本清单表述了一些故障排除的方法和原理。更多的故障排除见 3. 3。

故障发生的精确时间很关键(见 7. 1)。

A. 5. 2 各种机械装置、元件及单元(见表 A. 4)

表 A. 4 机械装置、元件及单元
(例如凸轮、从动件、链条、离合器、刹车、轴、螺钉、销、导向装置、轴承)

故障确认	故障排除	备 注
磨损/腐蚀	根据规定的使用寿命,在仔细选择材料、(配合)尺寸、制造过程、处理方法和合理的润滑的情况下,故障可排除(见表 A. 2)	见 GB/T 16855. 1—2005 的 7. 2 条
泄漏/松动	根据规定的使用寿命,在仔细选择材料、生产过程、锁紧方法和处理方法的情况下,故障可排除(见表 A. 2)	
断裂	根据规定的使用寿命,在仔细选择材料、(配合)尺寸、制造过程、处理方法和合理的润滑的情况下,故障可排除(见表 A. 2)	
由超负载引起的变形	根据规定的使用寿命,在仔细选择材料、(配合)尺寸、制造和处理过程的情况下,故障可排除(见表 A. 2)	
硬度/黏性	根据规定的使用寿命,在仔细选择材料、(配合)尺寸、制造过程、处理方法和合理的润滑情况下,故障可排除(见表 A. 2)	

A. 5. 3 压簧(见表 A. 5)

表 A. 5 压簧

故障确认	故障排除	备 注
磨损/腐蚀	使用经验证的弹簧和仔细选择紧固件的情况下,故障可排除(见表 A. 2)	GB/T 16855. 1—2005 的 7. 2 条
安装和断裂引起的压力减少		
断裂		
硬度/黏性		
松动		
超负载引起的变形		

附 录 B
(资料性附录)
气动系统的确认方法

B.1 概述

当气动系统与其他技术结合使用时,应该考虑基本的和经试验的安全原则的相关表格。气动元件用来电气连接/控制的地方,应考虑附录 D 中适当的故障清单。

注:对于简单压力容器、压力装置等设备,可按适用的特殊指令的要求。

B.2 基本安全原则清单(见表 B.1)**表 B.1 基本安全原则**

基本安全原则	备 注
使用合适的材料以及适当的加工方法	所选材料、加工及处理方法,与应力、耐久性、弹性、摩擦力、磨损、腐蚀及温度等有关
正确的尺寸和外形	考虑诸如压力、张力、疲劳度、表面粗糙度、公差、黏性、加工性等
元件/系统的正确选择、组合、排列、装配及安装	使用制造商的使用说明,如目录表、安装说明、技术规范和在类似元件/系统中成功应用的工程实例等
释放原则的使用	通过能量释放得到安全状态。关于停止的主要操作见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.3 条。 能量用于启动机构装置的运动。关于启动的主要操作见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.3 条。 考虑不同的模式,如操作模式、维护模式等。 此原则在某些应用中不适用,例如气动装置压力损失的地方会增加额外的危险
正确的紧固	采用螺纹锁紧、配置、胶合、锁紧圈等进行紧固时,考虑制造商的使用说明。 使用适当的扭矩加载技术可以避免过载
压力限制	例如压力安全阀、减压阀/控制阀
速度限制/速度降低	例如通过流量阀和节流阀限制速度
充分避免流体污染	考虑流体中固体微粒与水的过滤和分离
适当的转换时间范围	考虑诸如管道长度、压力、排放量、力、弹簧疲劳度、摩擦、润滑、温度、加速和减速过程中的惯性以及公差的配合
耐环境条件	所设计的装置能够在预期的环境中工作,并能在任何可预见的不利的条件中工作,例如温度、湿度、振动、污染。见第 8 章以及考虑制造商的技术规范/使用注意
防止意外启动	考虑操作、维修等不同模式下,恢复能量供应后以及储能所引起的意外启动。 有必要用特殊装置来释放储能(见 GB/T 19670—2005 的 5.3.1.3 条)。 对于特殊的应用(例如夹持装置或保证一定位置需要保持的能量)需要单独考虑
简化	减少在有关安全系统中的元件数
合适的温度范围	应考虑整个系统
分离	有关安全的功能与其他功能分离开

B.3 经验证的安全原则清单(见表 B. 2)

表 B. 2 经验证的安全原则

经验证的安全原则	备 注
裕量/安全系数	安全系数是由标准或通过有关安全的应用取得的成功经验来给出
安全位置	系统中的运动部分通过机械方式保持在一个可能的位置(仅有摩擦是不够的)。需要外力来改变位置
增加关闭力	一种解决方法是移动阀槽到安全位置(关闭位置)的面积比明显大于移动阀槽到打开位置的面积比(安全系数)
通过载荷压力关闭阀门	通常是针对座阀,例如提升阀、球阀。 考虑即使在弹簧断裂等情况下,为了保持阀门关闭,如何施加载荷压力
强制机械动作	强制机械动作用于气动装置内部件的移动。见表 A. 2
多重部件	见表 A. 2
经验证的弹簧的使用	见表 A. 2
通过阻力限定流量来控制速度 限制/速度降低	例如固定的孔,固定的节流阀
力的限制/力的减小	可以通过一个经验证的减压阀来实现,例如合理选择安装一个适当尺寸并经验证的弹簧
工作条件的合理范围	限制工作条件,例如应考虑压力范围、流量比和温度范围
合理避免流体污染	考虑流体中的固体部分与水的充分过滤与分离
在滑阀中充分的正重叠	正重叠是确保停止功能和防止未允许的移动
滞后限制	例如增加摩擦会增加滞后,公差配合也会影响滞后

B.4 经验证的元件清单

目前还未给出经验证的元件清单。经验证的元件主要是为特殊用途。如果符合 GB/T 16855. 1—2005 的 6. 2. 2 条和 GB/T 7932—2003 第 5 章~第 7 章的规定,则可以认为元件是经验证的。

某些应用中的经验证的元件可能不适合其他的应用。

B.5 故障清单和故障排除

B.5.1 概述

本清单表述某些故障排除的方法和原理。更多的故障排除见 3. 3。

故障发生的精确时间很关键(见 7. 1)。

B.5.2 阀

几种阀的故障清单和故障排除见表 B. 3~表 B. 6。

表 B. 3 方向控制阀

故障判定	故障排除	备 注
转换时间改变	只要致动力足够大,在运动元件强制机械动作情况下,故障可排除(见表 A. 2)	—
无转换(保持在末端或零位置)或不完全转换(保持在任意中间位置)	只要致动力足够大,在运动元件强制机械动作情况下,故障可排除(见表 A. 2)	

表 B.3(续)

故障判定	故障排除	备 注
初始转换位置自发改变(没有输入信号)	只要自持力足够大,在运动元件强制机械动作情况下(见表 A.2),故障可排除; 如果使用了经验证的弹簧(见表 A.2)并在正常安装和工作条件下使用[见备注 1)],故障可排除; 阀槽具有带弹性密封的情况下,且在正常的安装和工作条件下使用[见备注 1)],故障可排除	1) 满足以下条件即为采用正常安装和工作条件: ——遵守了制造商规定的条件; ——运动元件的重量在安全方面不会有不利影响(例如水平安装); ——没有特别的惯性力影响运动元件(例如:运动方向要考虑运动机械部件的倾向性); ——没有极限振动和冲击应力产生
泄漏	只要表明带弹性密封的滑阀有充分的正重叠[见备注 2)],在正常的工作条件下,并且提供了足够的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除; 对于座阀,只要在正常工作条件下使用[见备注 3)],并且提供了恰当的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	2) 在使用带弹性密封的滑阀的情况下,由于泄露的影响通常能排除。然而,在长期使用后可能会发生少量的泄漏。 3) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常工作条件下使用
长期使用后,泄漏流量比改变	无	—
阀套破裂或运动元件的损坏,也包括支架或压紧螺钉引起的损坏/破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	
对于伺服系统和比例阀:气动故障引起的不可控行为	如果使用可评估的伺服系统和比例方向阀的情况下,根据技术安全,由于其设计和结构而使用常规的方向控制阀,故障可排除	—
注:如果控制功能时通过一些单个功能阀来实现,那么应对每个阀进行故障分析。主导阀也应执行相同的步骤。		

表 B.4 停止(关闭)阀-单向(止回)阀/速动通风阀/往复阀等

故障判定	故障排除	备 注
转换时间的改变	无	—
不可打开,不完全打开,不可关闭或不完全关闭(保持在末端或任意的中间位置)	运动元件的引导系统设计方式与不带阻尼装置的不可控球阀一致[见备注 1)],并且使用了经验证的弹簧(见表 A.2),故障可排除	1) 对于不带阻尼系统的不可控球阀,通常应将导向系统设计成其运动元件几乎没有任何的沾黏现象
初始转换位置自然改变(没有输入信号)	在正常的安装和工作条件下[见备注 2)],如果依据其压力和面积,提供足够的关闭力,故障可排除	2) 满足以下条件时为正常的安装和工作条件: ——遵循了制造商规定的条件; ——没有特殊的惯性力影响运动元件,例如:运动方向要考虑运动机械部件的倾向性; ——没有极限振动和冲击力产生

表 B.4(续)

故障判定	故障排除	备 注
对于往复阀:同时关闭两侧的输入连接	如果运动元件的结构和设计使得阀门不太可能同时关闭,故障可排除	—
泄漏	如果在正常工作条件下使用[见备注 3)],有恰当的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	3) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常的工作条件下使用
长期使用后,泄漏流量比改变	无	—
阀套破裂或运动元件的损坏,也包括支架或压紧螺钉引起的损坏/破裂	如果结构、尺寸和安装与好的工程实践一致,故障可排除	

表 B.5 流量阀

故障判定	故障排除	备 注
不改变设定装置的情况下流量比改变	不带运动部件的流量控制阀[见备注 1)],例如节流阀,在正常工作条件下使用[见备注 2)],有恰当的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	1) 设定装置并不是运动部件。因为压力不同而引起的流量比的改变,在这类阀门中受到物理上的限制,且这类改变不包含在此类假定故障中。
使用不可调节的、循环的孔和喷嘴的情况下,流量比改变	如果直径 ≥ 0.8 mm,并且在正常工作条件下使用[见备注 2)],有恰当的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	2) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常工作条件下使用
对于比例流量阀:由于无意识的改变了设定值而引起流量比改变	无	—
设定装置的自发改变	依据安全技术规范,适合特殊场合的设定装置有有效保护时,故障可排除	
设定装置的操作元件无意识的松开(旋松)	如果采用防止松开(旋松)的强制锁紧装置,故障可排除	
阀套破裂或运动元件的损坏,也包括支架或压紧螺钉引起的损坏/破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	

表 B.6 压力阀

故障判定	故障排除	备 注
当超过设定压力时,由于运动元件的卡住或迟滞运动造成的暂时的空间上打不开或打开不足[见备注 1)]	如果: ——运动元件引导系统的设计与不可控球阀或隔膜阀的情形类似[见备注 2)],例如对于减压阀,需要二级卸压; ——安装的弹簧是经验证的弹簧(见表 A.2)。 故障可排除	1) 此故障只适用压力阀用于强制动作,如:夹紧。 此故障不适用于在气动系统中压力阀的正常功能,如:压力限制、压力减小。
压力降低至低于设定值时,由于运动元件的卡住或迟滞运动造成的暂时的空间上打不开或打开不足[见备注 1)]		2) 对于不可控球阀或隔膜阀,引导系统通常的设计风格是运动元件几乎没有任何的沾黏现象

表 B.6(续)

故障判定	故障排除	备 注
不改变设定装置时,压力调节性能改变	对于直接压力限制控制阀和压力转换阀,如果安装的是经验证的弹簧(见表 A.2),故障可排除	
对于比例压力阀:因为设定值无意识的改变而引起的压力调节性能改变[见备注 1)]	无	见备注 1)和备注 2)
设定装置的自发改变	在应用需求内,设定装置有有效的保护时,故障可排除。例如,铅封	
设定装置的操作元件无意识的旋松	如果提供了有效的防旋松的强制锁紧装置,故障可排除	
泄漏	在正常工作条件下使用[见备注 3)],对于带有弹性密封的座阀、隔膜阀和伺服阀,如果提供了恰当的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	3) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常工作条件下使用
长期使用引起的泄漏流量比的改变	无	
阀套破裂或运动元件的损坏,也包括支架或压紧螺钉引起的损坏/破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	

B.5.3 管道工程管,软管装配与连接

管道、软管组件和连接器件的故障清单和故障排除见表 B.7~表 B.9。

表 B.7 管道

故障判定	故障排除	备 注
破裂和泄漏	如果尺寸、材料的选择和修理与好的工程实践一致,故障可排除[见备注 1)]	1) 使用塑料管时,有必要考虑制造商的数据,尤其是工作环境的影响,例如:热影响、化学影响、辐射影响。使用没有经过抗腐蚀处理的钢管时,提供足够干燥的压缩空气尤其重要
接头失效(如:开裂、泄漏)	如果使用卡式装置或者螺纹管(如钢制接头、钢管),并且尺寸、材料的选择、加工、结构和修理与成功的工程实践一致,故障可排除	
堵塞(阻塞)	对于电源电路中的管道,故障可排除。 对用于控制和测量的管道,如果其公称直径 $\geq 2\text{mm}$,故障可排除	
小公称直径塑料管的弯结	如果采用合理的保护和安装并考虑了制造商相关的数据,例如最小弯曲半径,故障可排除	

表 B.8 软管组件

故障判定	故障排除	备 注
泄漏和附属装置的破裂、开裂	如果软管组件中的软管是按照 GB/T 15329.1 制造的,或者与相应的软管装置类似的软管,故障可排除[见备注 1)]	1) 以下情形故障排除不予考虑: ——预定使用寿命到期; ——可以加强疲劳特性; ——外部损伤不可避免
堵塞(阻塞)	对于电源电路中的软管组件,故障可排除。 对于用于控制和测量的软管组件,如果其公称直径 ≥ 2 mm,故障可排除	—

表 B.9 连接器件

故障判定	故障排除	备 注
螺钉破裂、断裂或者螺纹脱落	如果管道系统和(或)采用射流技术的元件的尺寸、材料的选择、加工、结构和连接与成功的工程实践一致,故障可排除	—
泄露(气密损失)	无[见备注 1)]	1) 由于磨损,老化,弹性退化等原因造成的。长期使用后故障不可能排除。假定气密的主要故障不会意外发生
堵塞(阻塞)	对于在电源电路中使用的连接器件,故障可排除。 对于用于控制和测量的连接器件,如果其公称直径 ≥ 2 mm,故障可排除	—

B.5.4 压力传送器和液压变换器

压力传送器和液压变换器的故障清单和故障排除见表 B.10。

表 B.10 压力传送器和液压变换器

故障判定	故障排除	备 注
压力舱气密性/油密性的损失或改变	无	—
压力舱的破裂,以及附件和盖用螺钉的破裂	如果尺寸、材料的选择、结构和附件与成功的工程实践一致,故障可排除	

B.5.5 压缩空气处理

过滤器、注油器和消音器的故障清单和故障排除见表 B.11~表 B.13。

表 B.11 过滤器

故障判定	故障排除	备 注
过滤器元件的堵塞	无	—
过滤器元件的破裂或部分破裂	如果过滤器元件足以耐压,故障可排除	
粉尘指示器或粉尘监控器失效	无	
过滤器壳体、罩或连接元件破裂	如果尺寸、材料的选择、结构和附件与成功的工程实践一致,故障可排除	

表 B.12 注油器

故障判定	故障排除	备 注
在不改变设定装置的情况下,设定值(单位时间的油量)改变	无	—
设定装置的自发改变	如果适用于特殊情况的设定装置有有效保护,故障可排除	
设定装置的操作元件无意识的旋松	如果有防止旋松的强制锁紧装置,故障可排除	
过滤器壳体、罩或连接元件破裂	如果尺寸、材料的选择、结构和附件与成功的工程实践一致,故障可排除	

表 B.13 消音器

故障判定	故障排除	备 注
消音器堵塞(堵住)	如果消音器元件的设计与结构满足备注1),故障可排除	1) 如果消音器的直径适当大,并且其设计满足了工作条件,那么消音器元件的堵塞和(或)排气回压的增加超过了临界值是不太可能发生的

B.5.6 储压器和压力容器

储压器和压力容器的故障清单和故障排除见表 B.14。

表 B.14 储压器和压力容器

故障判定	故障排除	备 注
储压器/压力容器或连接器的破裂/爆裂,或者固定用螺钉的螺纹脱落	如果结构、设备的选择,材料的选择和排列与成功的工程实践一致,故障可排除	—

B.5.7 传感器

传感器的故障清单和故障排除见表 B.15。

表 B.15 传感器

故障判定	故障排除	备 注
有故障的传感器[见备注1)]	无	1) 此表中的传感器包括信号接收,特别对压力、流量比、温度等进行处理和输出
检测或输出特性改变	无	—

B.5.8 信息处理

逻辑单元、延时装置和转换器的故障清单和故障排除见表 B.16~表 B.18。

表 B.16 逻辑单元

故障判定	故障排除	备 注
由于转换时间改变,未能转换,不完全转换等引起的逻辑单元(如“与”门、“或”门、逻辑存储单元)的故障	相应的故障假设和故障排除见表 B.3~表 B.5	—

表 B.17 延时装置

故障判定	故障排除	备 注
有故障的延时装置,例如: 气动、气动/机械计时器以及计数单元	对于不带运动元件的延时装置,例如:固定的阻力,在正常工作条件下使用[见备注1)],如果提供了恰当的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	1) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常工作条件下使用
检测或输出特性的改变		
壳体破裂,或者罩或固定元件破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	—

表 B.18 转换器

故障判定	故障排除	备 注
有故障的转换器[见备注1)]	对于没有运动元件的转换器,例如:反射喷嘴,在正常工作条件下使用[见备注2)],如果提供了恰当的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	1) 这包括气动信号转换为电信号,位置检测(气缸开关、反射喷嘴),气动信号的放大等。 2) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常工作条件下使用
检测或输出特性改变		
壳体破裂,或者罩或固定元件破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	—

附录 C
(资料性附录)
液压系统的确认方法

C.1 概述

当液压系统与其他技术结合使用时,应该考虑基本的和经验证的安全原则的相关表格。与电气连接/由电气控制的液压元件,应参考附录 D 故障清单中适应的故障。

注:如压力设备可能还要满足特殊指令的要求。

C.2 基本安全原则清单(见表 C.1)

注:应避免液压流动中的气泡和气穴现象,因为它们会造成附加危险,如:无意识的运动。

表 C.1 基本安全原则

基本安全原则	备 注
使用合适的材料和适当的加工方法	材料、加工方法和处理方法等的选择与压力、耐久力、弹力、摩擦、磨损、腐蚀、温度、液压流动性等因素有关
正确的尺寸和外形	考虑压力、张力、疲劳、表面粗糙度、公差、加工等因素
元件/系统的正确的选择、组合、排列、装配和安装	使用制造商的使用说明,如:目录表、安装说明、技术规范,以及在类似元件/系统成功的工程应用等
释放原则的使用	通过释放所有相关装置的能量得到安全状态。见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.3 条中有关停止的主要操作。 提供能量用于启动机械装置的运动。见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.3 条中有关启动的主要操作。 考虑不同的操作模式,如:运行模式、维护模式。 有些应用中不允许使用此原则,如:压力泄漏将会产生附加危险
正确的紧固	对于螺钉锁紧、配件、胶合、锁紧圈等的应用,应考虑制造商的使用注意。 使用适当的扭矩负载技术可避免过载
压力限制	如:减压阀、压力调节/控制阀
速度限制/速度降低	如:通过流量阀或节流阀来控制活塞速度
充分避免流体污染	考虑流体中固体颗粒/水的过滤/分离。 还需考虑过滤需求的显示
合适的转换时间范围	考虑如:管道长度、压力、排气减压能力、弹簧疲劳、摩擦、润滑、温度/黏性、加速和减速过程中的惯性、公差的配合
耐环境条件	所设计的装置能够在预期的环境中工作,并能在任何可预见的不利环境中工作,例如:温度、湿度、振动、污染。见第 8 章以及制造商的技术要求和使用注意
防止意外启动	考虑操作、维修等不同模式下,恢复能量供应以及储能所引起的意外启动。 可能需要释放储能的特殊设备。 特殊的应用(如:保持紧固装置的能量或者保证位置)需要分开考虑
简化	减少有关安全系统的元件数量
合理的温度范围	从整个系统来考虑
分离	有关安全功能和其他功能分离开

C.3 经验证的安全原则清单(见表 C.2)

表 C.2 经验证的安全原则

经验证的安全原则	备 注
裕量/安全系数	安全系数是由标准或通过有关安全的应用取得的成功经验来给出
安全位置	系统中的运动部分通过机械方式保持在一个可能的位置(仅有摩擦力是不够的)。需要外力来改变位置
增加关闭力	一种解决方法是移动阀槽到安全位置(关闭位置)的面积比明显大于移动阀槽到打开位置的面积比(安全系数)
通过载荷压力关闭阀门	例如插装阀和座阀。 考虑即使在弹簧断裂等情形时,为了保持阀门关闭,如何施加载荷
强制的机械作用	强制的机械作用用于液压元件中的运动部分,见表 A.2
多重部件	见表 A.2
经验证的弹簧的使用	见表 A.2
通过阻力限定流量来达到速度限制/速度降低	例如固定的孔、固定的节流阀
外力限制/外力减小	使用经验证的减压阀可得到,例如配备了经验证的弹簧、恰当的尺寸和选择
工作条件的合理范围	工作条件的限制,例如应考虑压力范围、流量比和温度范围
监测流体的状态	考虑流体中固体颗粒/水的高水平过滤/分离,还须考虑流体的化学/物理状态,在有必要的过滤器上使用指示装置
在滑阀中充分的正重叠	正向重叠确保停止功能和阻止未允许的移动
滞后限制	例如增加摩擦会增加滞后,公差配合也会影响滞后

C.4 经验证的元件清单

目前尚未给出经验证的元件清单。经验证的元件主要用于特殊用途。如果与 GB/T 16855.1—2005 的 6.2.2 条和 GB/T 7932—2003 第 5 章~第 7 章中的描述一致,元件可以认为是经验证的。某些应用中的经验证的元件不适合其他的应用。

C.5 故障清单和故障排除

C.5.1 引言

本清单表达某些故障排除的方法和原理。更多的故障排除见 3.3。
故障发生的精确时间很关键(见 7.1)。

C.5.2 阀门

几种阀的故障清单和故障排除见表 C.3~表 C.6。

表 C.3 方向控制阀

故障判定	故障排除	备 注
转换时间的改变	只要致动力足够大,在运动元件强制机械动作情况下(见表 A. 2),故障可排除; 对于插装座阀的特殊类型——非开口型,当其至少与一个其他阀门使用,用来控制流体的主流量时,故障可排除[见备注 1)]	1) 特殊类型的插装座阀需满足以下条件: ——启动有关安全部件转换运动的有效面积至少是运动元件(提升阀)整个面积的 90%; ——有效面积上的有效控制压力能增加到与被怀疑的座阀性能相符的最大的工作压力(与 GB/T 3766—2001 的 3.5 条一致); ——与最大工作压力相比,运动部件与其法向相反的有效面积上的有效控制压力,降低至很低的值,如:回压时使用泄压阀或者供压时使用吸入/填充阀; ——运动部件(提升阀)带有外围平衡槽; ——在集合管区域,这种座阀与其控制阀设计在一起(例如:这些阀门的连接处不带软管组件和导管)
不可切换(保持在末端或零位置)或不完全切换(保持在任意中间位置)	只要致动力足够大,在运动元件强制机械动作情况下(见表 A. 2),故障可排除; 对于插装座阀的特殊类型——非开口型,当其至少与一个其他阀门使用来控制流体的主流量时,故障可排除[见备注 1)]	
初始切换位置的自发改变(没有输入信号)	在运动元件强制机械动作(见表 A. 2)下,只要保持力足够大,故障可排除; 如果使用经验证的弹簧(见表 A. 2),且在正常的安装和工作条件下使用[见备注 2)],故障可排除; 对于插装座阀的特殊类型——不可打开式,当其至少与其他一个阀门使用来控制流体的主流量时,且在正常的安装和工作条件下使用[见备注 2)],故障可排除	2) 满足以下条件时为正常安装和工作条件: ——遵守了制造商规定的条件; ——运动元件的重量在安全方面不会有不利的作用,例如:水平安装; ——没有特别的惯性力影响运动元件,例如:运动方向要考虑运动机械部件的倾向; ——没有极限振动和冲击应力产生
泄漏	对于座阀,如果在正常的安装和工作条件下使用[见备注 3)],并且提供了合适的过滤系统,故障可排除	3) 遵守了制造商规定的条件即为在正常的安装和工作条件下使用
长期使用后,泄漏流量比的改变	无	—
阀套破裂或运动元件损坏。例如:支架或压紧螺钉损坏/破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	
对于伺服和比例阀:压力故障导致的不可控行为	对于在安全方面可评价的伺服和比例方向阀,由于它们的设计和结构被用作常规的方向控制阀,故障可排除	
注:如果控制功能是通过许多单一功能的阀来实现的,那么应该对每个阀进行故障分析。先导控制阀也应进行相同的步骤。		

表 C.4 停止(关闭)阀门-止回(单向)阀/往复阀等

故障判定	故障排除	备 注
转换时间的改变	无	—
不可打开,不完全打开,不可关闭或不完全关闭(保持在末端或任意的中间位置)	如果运动元件引导系统的设计方式与不带阻尼装置的不可控球阀一致[见备注 1)],并且使用了经验证的弹簧(见表 A.2),故障可排除	1) 对于不带阻尼系统的不可控球阀,通常应将导向系统设计成其运动元件几乎没有任何卡住的现象
初始转换位置的自发改变(没有输入信号)	对于正常的安装和工作条件[见备注 2)],如果依据其压力和面积,提供足够的关闭力,故障可排除	2) 满足以下条件时为正常安装和工作条件: ——遵循了制造商规定的条件; ——没有特殊的惯性力影响运动元件,例如:运动方向要考虑运动机械部件的倾向性; ——没有极限振动和冲击力产生
对于往复阀:两侧的输入接口同时关闭	如果运动元件的结构和设计使得阀门不太可能同时关闭,故障可排除	—
泄漏	如果在正常工作条件下使用[见备注 3)],有足够的压缩空气处理和过滤方法,故障可排除	3) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常工作条件下使用
长期使用后,泄漏流量比的改变	无	—
阀套破裂或运动元件损坏,例如:支架或压紧螺钉损坏/破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	

表 C.5 流量阀

故障判定	故障排除	备 注
不改变设定装置的情况下,流量比改变	不带运动部件的流量控制阀[见备注 1)],例如节流阀,并且在正常工作条件下使用[见备注 2)],有足够的压缩空气的处理和过滤方法,故障可排除[见备注 3)]	1) 设定装置并不是运动部件。因为压力不同而引起的流量比的改变在这类阀门中受到物理上的限制,且这类改变不包含在此类假定故障中。 2) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常工作条件下使用。 3) 止回阀与流量阀结合的地方,还需对止回阀的假定故障进行检查
使用非调节、循环孔和喷嘴的情况下,流量比改变	如果直径 $\geq 0.8\text{ mm}$,并且在正常工作条件下使用[见备注 2)],有足够的压缩空气的处理和过滤方法,故障可排除	—
对于比例流量阀:因为无意识的改变了设定值而引起流量比改变	无	
设定装置自发改变	依据安全技术规范,适合特殊场合的设定装置有有效保护时,故障可排除	
设定装置的操作元件无意识的松开(旋松)	如果有防止松开(旋松)的强制锁紧装置,故障可排除	
阀套破裂或运动元件的损坏,也包括支架或压紧螺钉引起的损坏/破裂	如果结构、尺寸和配置与成功的工程实践一致,故障可排除	

表 C.6 压力阀

故障判定	故障排除	备 注
当超过设定压力时,由于运动元件的卡住或迟滞运动,造成空间上和暂时的打不开或打开不足[见备注 1)]	对于筒式座阀的特殊类型——不可打开式,当其至少与其他一个阀门使用来控制液体的主流量[见表 C.3 的备注 1)]时,故障可排除;	1) 此故障只适用压力阀用于强制动作和控制危险运动,如:夹紧、暂停加载。此故障不适用于在液压系统压力阀的正常功能,如:压力限制、压力减小。 2) 对于不带阻尼装置的不可控球座阀,引导系统通常的设计方式是使运动元件几乎没有任何的沾黏现象
压力降低至低于设定值时,由于运动元件的卡住或迟滞运动,造成空间上和暂时的打不开或打开不足[见备注 1)]	如果运动元件的引导系统与不带减振装置的不可控球座阀类似[见备注 2)],并且已安装的弹簧是经验证的弹簧(见表 A.2),故障可排除	
不改变设定装置时压力控制性能改变	对于直接驱动的泄压阀,如果安装的弹簧是经验证的弹簧(见表 A.2),故障可排除	
对于比例压力阀:因为设定值无意识的改变而引起的压力控制性能改变	无	
设定装置的自发改变	依据安全技术规范中相应的特例,对设定装置有有效保护时(例如:铅封),故障可排除	—
设定装置的工作单元无意识的旋松	如果提供了防止旋松的有效锁紧装置,故障可排除	
泄漏	对于座阀,如果在正常的工作条件下使用[见备注 3)]并且提供了合适的过滤系统,故障可排除	3) 当遵守了制造商规定的条件时即为在正常的工作条件下使用
长期使用引起的泄漏流量比改变	无	—
阀套破裂或运动元件的损坏,也包括支架或压紧螺钉引起的损坏/破裂	如果结构、尺寸和安装与成功的工程实践一致,故障可排除	—

C.5.3 金属管道、软管组件和连接器件

金属管道、软管组件和连接器件的故障清单和故障排除见表 C.7~表 C.9。

表 C.7 金属管道

故障判定	故障排除	备 注
破裂和泄漏	如果尺寸、材料的选择、加工、结构和修理与成功的工程实践一致,故障可排除	—
接头失效(如:开裂、泄漏)	如果使用了焊接式接头、焊接法兰或者扩口式管接头,并且尺寸、材料的选择、加工、结构和修理与成功的工程实践一致,故障可排除	
堵塞(阻塞)	对于电源电路中的管道,故障可排除。 对用于控制和测量的管道,如果公称直径 $\geq 3\text{mm}$,故障可排除	

表 C.8 软管组件

故障判定	故障排除	备 注
泄漏和附属装置的破裂、开裂	无	—
堵塞(阻塞)	对于电源电路中的软管组件,故障可排除。 对于用于控制和测量的软管组件,如果公称直径 $\geq 3\text{mm}$,故障可排除	—

表 C.9 连接器件

故障判定	故障排除	备 注
螺钉的破裂、断裂或者螺纹脱落	如果管道系统和(或)采用射流技术的元件,其尺寸、材料的选择、加工、结构和连接与成功的工程实践一致,故障可排除	—
泄露(气密损失)	无[见备注 1)]	1) 由于磨损、老化、弹性退化等原因造成的,长期使用后故障不可能排除。假定气密的主要故障不会意外发生
堵塞(阻塞)	对于电源电路中使用的连接器件,故障可排除。 对于用于控制和测量的连接器件,如果其公称直径 $\geq 3\text{mm}$,故障可排除	—

C.5.4 过滤器

过滤器的故障清单和故障排除见表 C.10。

表 C.10 过滤器

故障判定	故障排除	备 注
过滤器元件的堵塞	无	—
过滤器元件的破裂	如果过滤器元件足以耐压,并且提供有效的分流阀,或提供有效的污物监测,故障可排除	
分流阀失效	如果引导系统的分流阀的设计方式与不带阻尼装置(见表 C.4)的不可控的球座阀类似,并且使用了经验证的弹簧(见表 A.2),故障可排除	
污物指示器或污物监控器失效	无	
过滤器软管的爆裂、罩或连接元件破裂	如果尺寸、材料的选择,系统中的布置和维修与成功的工程实践一致,故障可排除	

C.5.5 储能器

储能器的故障清单和故障排除见表 C.11。

表 C.11 储能器

故障判定	故障排除	备 注
储能容器、连接器或盖板螺栓(如:螺纹脱落)的破裂/爆裂	如果结构、设备的选择,材料的选择和系统中的布置与成功的工程实践一致,故障可排除	—
气体和工作液体之间隔离元件的泄漏	无	
在气体和工作液体之间的隔离元件的故障/损坏	在气罐/汽缸存储的条件下[见备注 1)],故障可排除	1) 不考虑严重的突发泄漏
注入阀的排气端失效	如果注入阀的安装与成功的工程实践一致,并且提供足够的防止外部影响的保护,故障可排除	—

C.5.6 传感器

传感器的故障清单和故障排除见表 C.12。

表 C.12 传感器

故障判定	故障排除	备 注
传感器故障[见备注 1)]	无	1) 此表中的传感器包括信号接收、处理和输出,尤其是对于压力、流量比、温度等
探测或输出特性改变	无	—

附 录 D
(资料性附录)
电气系统的确认方法

D.1 概述

当电气系统与其他技术结合使用时,应当考虑基本的和经验证的安全原则的相关表格。

注 1:电子元件不能认为是经验证的元件。

注 2:如果规定其他环境条件,GB 5226.1 中规定的环境条件不适用于本确认过程。

D.2 基本安全原则清单(见表 D.1)**表 D.1 基本安全原则**

基本安全原则	备 注
使用合适的材料和适当的加工方法	材料、加工方法和处理手段等的选择等与压力、耐久力、弹力、摩擦、磨损、腐蚀、温度、传导率和绝缘体硬度等因素有关
正确的尺寸和外形	考虑诸如压力、张力、疲劳、表面粗糙度、误差、加工等因素
元件/系统的正确选择、组合、排列、装配和安装	应用厂商的使用说明,例如:目录表、安装说明书、技术规范、使用成功的工程实践
正确的保护连接	电磁操动设备控制电路一端,操动器工作线圈的一个端子或者是其他电器件的一个端子都应连接到保护连接电路(全文见 GB 5226.1—2002 的 9.1.4 条)
绝缘监测	应配备绝缘监控装置,当显示接地故障,或是接地故障出现后自动切断电路(见 GB 5226.1—2002 的 9.4.3.1 条)
释放原则的使用	安全状态是通过释放所有相关装置的能量来获得的,例如:使用常闭(NC)输入触点(按钮和位置开关)以及常开(NO)继电器触点(也可见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.3 条)。 某些应用中会有例外,例如:电力供应损耗产生的附加危险。有必要使用时间延迟功能来达到系统的安全状态(见 GB 5226.1—2002 的 9.2.2 条)
暂态抑制	使用抑制设备(RC、二极管、变阻器)与负载并联,但并不与接触器并联。 注:二极管会增加关闭时间。
响应时间的减少	开关元件激励加快使延迟时间减至最小
兼容性	元件与所用电压和电流兼容
耐环境条件	所设计的装置能够在预期的环境中工作,并能在任何可预见的不利环境中工作,例如:温度、湿度、振动和电磁干扰(EMI)(见第 8 章)
输入设备可靠的固定	可靠的输入设备,例如:联锁开关、位置开关、限位开关、接近开关,在预计的所有条件下能保持其位置、定位和开关容隙,例如:振动、正常磨损、异物进入、温度。 见 GB/T 18831—2002 第 5 章
防止意外启动	防止意外启动,例如:动力供应恢复后(见 GB/T 15706.2—2007 的 4.11.4 条, GB/T 19670, GB 5226.1—2002)
控制电路的保护	控制电路的保护应当符合 GB 5226.1—2002 的 7.2.4 条和 9.1.1 条
冗余信号的连续触点电路有序的切换	为了避免两个触点焊死而导致的共模失效,触点不能同时进行切断和闭合,以使得到一个触点总是在没有电流的情况下进行转换

D.3 经验证的安全原则清单(见表 D.2)

表 D.2 经验证的安全原则

经验证的安全原则	备 注
强制机械连接接触	使用强制机械连接接触,例如用于监测等功能(见 GB/T 15706.2—2007 的 4.5 条)
避免电缆中的故障	避免两个相邻导线之间的短路: ——用屏蔽电缆连接到每个独立导线上的保护连接电路; ——在扁平电缆中,在每一个信号导线之间使用一个接地导线
隔离间距	在端子之间、元件和导线之间留有足够的间距,以避免意外的连接
能量限制	用电容器提供有限的能量,例如:应用在定时器中
电气参数限制	限制电压、电流、功率或者频率,如使用扭矩限制、带位移/时间限制的止—动装置、减速,以避免导致不安全的状况
无模糊状态	避免控制系统中模糊状态。设计和构建的控制系统可在正常操作条件下和所有能预料的工作条件下预知其状态,例如:能够预知其输出
强制模式致动	通过刚体的形状(不是通过力)来传递直接的动作,例如:致动器和接触点之间的弹簧(见 GB/T 18831—2002 的 5.1 条)
失效模式定向	只要可能,装置/电路应未达到安全状态或条件
定向失效模式	具有定向失效模式的元件或系统应能在可用的任何地方使用(见 GB/T 15706.2—2007 的 4.12.2 条)
余量	在安全电路中使用,减小元件的额定值,例如通过: ——流过切换触点的电流应当小于其额定电流的一半; ——元件的切换频率应当小于其额定值的一半; ——元件预计的切换操作次数略少于该器件电气耐用度的 10 倍。 注:可依据设计基本原理来减小。
最小化故障发生的可能性	区分有关安全的功能与其他功能
平衡复杂/简单	需要平衡下面两者之间的关系: ——复杂,可得到更好的控制性; ——简单,可得到更好的可靠性

D.4 经验证的元件清单(见表 D.3)

如果表 D.3 中所列的元件与 GB/T 16855.1—2005 中 6.2.2 的描述一致,就可以认为这些元件是经过验证的。表中所列出的标准能够证明这些元件在特殊应用中的适用性和可靠性。

某些应用中的经验证的元件可能不适合其他应用。

表 D.3 经验证的元件

经验证的元件	“经验证的”附加条件	标准或规范
带强制模式致动的开关(可直接打开),如: ——按钮; ——位置开关; ——凸轮操作选择开关, 如:对于模式操作	—	GB 14048.5—2001 中附录 K

表 D.3(续)

经验证的元件	“经验证的”附加条件	标准或规范
急停装置	—	GB 16754
熔断器	—	GB 13539.1
断路器	—	GB 14048.2
差动电路断路器/RCD(剩余电流检测)	—	GB 14048.2—2001 中附录 B
主接触器	只有满足以下条件才是经验证的： a) 考虑了其他的影响，例如：振动； b) 通过合适的方法避免失效，例如：余量(见表 D.2)； c) 通过热保护装置限制负载的电流。 通过一个保护装置防止电路过载	GB 14048.4
控制和保护性开关装置(设备)(CPS)	—	GB 14048.9
辅助接触器(例如：接触器式继电器)	只有满足以下条件才是经验证的： a) 考虑了其他的影响，例如：振动； b) 强制给电作用； c) 用合适的方法避免失效，例如：余量(见表 D.2)； d) 用保险丝或断路器限制触点的电流，以避免触点焊死； e) 用于监测时，触点有强制机械引导	EN 50205 GB 5226.1—2002 中 5.3.2 和 9.3.3 GB 14048.5
变压器	—	IEC 60742:1983
电缆	应对电缆外壳进行保护，以防止机械损坏(包括例如：振动或弯曲)	GB 5226.1—2002 第 13 章
插头和插座	—	预定用途可依照相关的电气标准。 对于联锁，也可见 GB/T 18831
温度开关	—	电气方面见 GB 14048.5—2001 中附录 K
压力开关	—	电气方面见 GB 14048.5—2001 中附录 K 压力方面见附录 B 和附录 C
电磁阀	—	无相关标准

D.5 故障清单和故障排除

D.5.1 概述

本清单表示某些故障排除方法原理。更多的故障排除见 3.3。

确认时应注意常发故障和暂时干扰。

故障发生的精确时间很关键(见 7.1)。

D.5.2 导线和连接器

导线/电缆、印刷电路板/集成电路板、接线盒和多针连接器的故障清单和故障排除见表 D.4～表 D.7。

表 D.4 导线/电缆

故障判定	故障排除	备 注
任意两根导线之间短路	两根导线之间短路,可以: ——永久连接(固定)并防止外部损坏,例如:采用电缆管道、电缆外壳; ——单独的多芯电缆; ——在电气绝缘外壳的内部[见备注 1)]; ——个别带接地的屏蔽装置	1) 所提供的导线和外壳应符合正确的要求(见 GB 5226.1)
任何导线与一个裸露的导电部分,或与地,或与保护连接导线之间短路	在电气绝缘外壳内的导线和任何裸露的导电部分之间短路[见备注 1)]	
任何导线开路	无	—

表 D.5 印刷电路板/集成电路板

故障判定	故障排除	备 注
两个相邻导线/焊点之间短路	相邻导线之间短路依照备注 1)～备注 3)	1) 所使用的基本材料依照 IEC 60249-1,并至少要按照 GB/T 16935.1—1997 中污染等级 2/安装类别Ⅲ,来确定爬电距离和电器间隙的尺寸。 2) 集成电路板的印刷面涂有防老化清漆或者依照 GB/T 16935.1,将所有印刷线路覆盖上保护层。 3) 按照说明贴装时,控制系统有关安全部件的所有外壳,包括那些远程贴装的,应当提供至少达到 IP 54 的保护等级(GB 4208)
任何导线的开路	无	—

表 D.6 接线盒

故障判定	故障排除	备 注
相邻端子之间短路	相邻端子之间短路依照备注 1)或备注 2)	1) 依照相关标准使用端子,并且满足 GB 5226.1—2002 中 14.1.1。 2) 自身的设计确保避免短路发生,如:在连接点处按其形状热套塑料管
单端子开路	无	—

表 D.7 多针连接器

故障判定	故障排除	备 注
任何两个相邻针之间短路	相邻针之间短路依照备注 1)和备注 2)	1) 对于使用金属箍或其他类似多股胶合线,至少要按照 GB/T 16935.1—1997 中的安装类别 III 来确定爬电距离和电器间隙的尺寸。 2) 集成电路板应被安装在一个防护等级至少为 IP 54 的外壳之中(见 GB 4208),并且集成电路板的印刷面涂有防老化清漆或者依照 GB/T 16935.1,将所有印刷线路覆盖上保护层
无机械方式保护时,位置交替和不正确的插入连接器	无	—
任何接地的导线、导电部件或者保护性导体的短路[见备注 3)]	无	3) 电缆的芯线看作是多针连接器的一部分
独立连接器插脚开路	无	—

D.5.3 开关

机电式位置开关、手动操作开关,机电式设备,接近开关和电磁阀的故障清单和故障排除见表 D.8~表 D.11。

表 D.8 机电式位置开关、手动操作开关

(例如:按钮、复位致动器、DIP 开关、磁操作触点、簧片开关、压力开关、温度开关)

故障判定	故障排除	备 注
触点不闭合	无	—
触点不打开	依照 GB 14048.5—2001 中附录 K,触点可打开	—
相邻绝缘触点之间短路	依照 GB 14048.5,触点之间短路故障能够被排除[见备注 1)]	1) 松动的导电部分不应该在触点之间桥接绝缘
转换触点的三个端子之间同时短路	依照 GB 14048.5,开关同时短路的故障能够被排除[见备注 1)]	见备注 1)
注:机械部分的故障清单在附录 A 中列出。		

表 D.9 机电式设备

(例如:继电器、接触器式继电器)

故障判定	故障排除	备 注
当线圈放电的时候,所有的触点保持在给电位置(例如:由于机械故障)	无	—
供电的时候,所有的触点保持在放电位置(例如:由于机械故障、线圈开路)	无	
触点不打开	无	
触点不闭合	无	

表 D.9(续)

故障判定	故障排除	备 注
转换触点的三个端子之间同时短路	如果满足备注 1) 和备注 2), 可以排除同时短路故障	1) 至少依照 GB/T 16935.1—1997, 污染等级 2/ 安装类别 III, 来确定爬电距离和电器间隙的尺寸。 2) 松动的导电部分不应在触点之间桥接绝缘
两对触点之间和(或)触点与线圈端子之间的短路	如果满足备注 1) 和备注 2), 可以排除短路故障	
常开和常闭触点同时闭合	如果满足备注 3), 可以排除同时闭合的故障	3) 使用强制致动(或机械连接)触点

表 D.10 接近开关

故障判定	故障排除	备 注
输出恒定低阻抗	无[见备注 1)]	1) 见 GB 14048.5
输出恒定高阻抗	无[见备注 2)]	2) 应该说明防止故障的措施
电源中断	无	—
由于机械失效, 开关无法操作	当满足备注 3) 时, 由于机械失效导致的无法操作可以排除	3) 开关的所有部分应该充分良好地固定。机械部分见附录 A
转换开关三个接线之间的短路	无	—

表 D.11 电磁阀

故障判定	故障排除	备 注
不得电	无	—
不失电	无	
注：气动和液压阀的机械部分的故障清单请见附录 B 和附录 C。		

D.5.4 独立的电气元件

变压器、电感器、电阻、电阻网络、电位计和电容器的故障清单和故障排除见表 D.12~表 D.17。

表 D.12 变压器

故障判定	故障排除	备 注
单个线圈开路	无	—
不同线圈之间短路	如果满足备注 1), 可以排除不同线圈之间的短路故障	1) 应符合 IEC 60742:1983 的要求。此外, 对于额定电压低于 500V 的变压器, 其绝缘应达到 2500V 交流测试电压的要求。采取适当的步骤, 以避免绕组和线圈发生短路, 例如: ——浸制线圈可以使单个线圈之间和线圈本体以及线圈铁芯的所有空隙都得以浸泡; ——使用良好绝缘的绕组导体和高温额定值。 2) 如果发生二次短路, 不应出现产生的热超过了规定的工作温度
一个线圈短路	如果满足备注 1), 可以排除一个线圈的短路故障	
有效匝数比的改变	如果满足备注 1), 可以排除有效匝数比改变的故障。也可以见备注 2) 的指南	

表 D.13 电感器

故障判定	故障排除	备 注
开路	无	—
短路	如果满足备注 1), 可以排除短路故障	1) 线圈为单层, 镀瓷或陶, 轴向连接和轴向安装
数值的随意改变 $0.5L_N < L < L_N + \text{公差}$ 此处 L_N 为感应系数的额定值[见备注 2)]	无	2) 根据结构的类别, 可以考虑其他范围

表 D.14 电阻

故障判定	故障排除	备 注
开路	无	—
短路	如果满足备注 1), 可以排除短路故障。 对采用外表封装工艺的电 阻无法排除	1) 带有防止破损时线开卷的模式或线绕式电阻, 并且轴向连接, 轴向安装、浸制过
数值的随意改变 $0.5R_N < R < 2R_N$ 此处 R_N 为额定阻抗值[见备注 2)]	无	2) 根据结构的类别, 可以考虑其他范围

表 D.15 电阻网络

故障判定	故障排除	备 注
开路	无	—
任意两个连接之间短路	无	
任意连接之间短路	无	
数值的随意改变 $0.5R_N < R < 2R_N$ 此 R_N 处为额定阻抗值[见备注 1)]	无	1) 根据结构的类别, 可以考虑其他范围

表 D.16 电位计

故障判定	故障排除	备 注
单个连接开路	无	—
所有连接之间短路	无	
任意两个连接之间短路	无	
数值的随意改变 $0.5R_P < R < 2R_P$ 此处 R_P 为额定阻抗值[见备注 1)]	无	1) 根据结构的类别, 可以考虑其他范围

表 D.17 电容器

故障判定	故障排除	备 注
开路	无	—
短路	无	
任意更改数值 $0.5C_N < C < 2C_N + \text{公差}$ 此处 C_N 为额定容抗值[见备注 1)]	无	1) 根据结构的类别,可以考虑其他范围
$\tan \delta$ 值改变	无	—

D.5.5 电子元件

独立的半导体、光耦合器、非可编程集成电路、可编程和(或)复杂集成电路的故障清单和故障排除见表 D.18~表 D.21。

表 D.18 独立的半导体

(例如:二极管、稳压二极管、晶体管、三端双向可控硅元件、稳压器、
水晶振子、光电晶体管、发光二极管[LEDs])

故障判定	故障排除	备 注
任意连接的开路	无	—
任意两个连接之间短路	无	
所有连接之间短路	无	
特性变化	无	

表 D.19 光耦合器

故障判定	故障排除	备 注
单个连接开路	无	—
任意两个输入连接之间短路	无	
任意两个输出连接之间短路	无	
任意两个输入和输出连接之间短路	如果满足备注 1),可以排除输入和输出之间的短路故障	1) 基础材料的使用应依照 IEC 60249-1,并且至少依照 GB/T 16935.1—1997 中污染等级 2/安装类别Ⅲ,来确定爬电距离和电器间隙的尺寸

表 D.20 非可编程集成电路

故障判定	故障排除	备 注
每一单个连接开路	无	—
任意两个连接之间短路	无	
固定型故障(也就是独立输入或者未连接输出的高电平信号“1”和低电平信号“0”的短路)。所有输入和输出单独或同时出现静态高电平信号“1”和低电平信号“0”	无	
输出寄生震荡	无	
值的改变(例如:模拟设备的输入/输出电压)	无	
注:在本部分中,少于 1000 门和(或)少于 24 针的 ICs(集成电路)、运算放大器、移位寄存器和混合微膜组件可以认为是非复杂元件。		

表 D.21 可编程和(或)复杂集成电路

故障判定	故障排除	备 注
全部或部分功能出现故障,包括软件故障	无	—
每个单独连接开路	无	
任意两个连接之间短路	无	
固定型故障(即独立输入或者未连接输出的高电平信号“1”和低电平信号“0”的短路)。所有输入和输出单独或同时出现静态高电平信号“1”和低电平信号“0”	无	—
输出寄生震荡	无	
值的改变,如:模拟设备的输入/输出电压	无	
由于集成电路的复杂性,硬件中被忽视的未识别的故障	无	
注:本部分中,如果一个 IC 由超过 1000 门和(或)超过 24 针组成就可以认为是复杂的。对识别出的附加故障进行分析,并应考虑这些故障是否会影响安全功能的工作。		

参 考 文 献

- [1] GB/T 15706.2—2007 机械安全 基本概念与设计通则 第2部分:技术原则(ISO 12100-1:2003,IDT)
- [2] GB 16754 机械安全 急停 设计原则[GB 16754—1997,eqv ISO/IEC 13850:1995(EN 418)]
- [3] GB/T 15329.1 橡胶软管和软管组合件 织物增强液压型 第1部分:油基流体用[GB/T 15329.1—2003,ISO 4079-1:2001(EN 854),MOD]
- [4] GB/T 16855.100—2005 机械安全 控制系统有关安全部件 第100部分:GB/T 16855.1—2005的应用指南[ISO/TR 13849-100:2000(CR 954-100),MOD]
- [5] GB/T 3766—2001 液压系统通用技术条件[eqv ISO 4413:1998(EN 982:1996)]
- [6] GB/T 7932—2003 气动系统通用技术条件[ISO 4414:1998(EN 983:1996),IDT]
- [7] GB/T 19670—2005 机械安全 防止意外启动[ISO 14118:2000(EN 1037:1995),MOD]
- [8] GB/T 16856—1997 机械安全 风险评价的原则[eqv prEN 1050:1994(EN 1050:1995,ISO 14121:1999)]
- [9] GB/T 18831—2002 机械安全 带防护装置的联锁装置 设计和选择原则[ISO 14119:1998(EN 1088:1995),MOD]
- [10] EN 50205:2002 带有强制引导触点的继电器
- [11] GB 5226.1—2002 机械安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2000,IDT)
- [12] GB 13539.1—2002 低压熔断器 第1部分:一般要求[IEC 60269-1:1998(EN 60269-1),IDT]
- [13] GB 4208—1993 外壳防护等级(IP代码)[eqv IEC 60529:1989(EN 60529)]
- [14] GB 14048.2—2001 低压开关设备和控制设备 低压断路器[idt IEC 60947-2:1995(EN 60947-2:1996)]
- [15] GB 14048.4—2003 低压开关设备和控制设备 机电式接触器和电动机起动器[IEC 60947-4-1:2000(EN 60947-4-1:2001),MOD]
- [16] GB 14048.5—2001 低压开关设备和控制设备 第5-1部分:控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器[eqv IEC 60947-5-1:1997(EN 60947-5-1:2001)]
- [17] GB/T 14048.13—2006 低压开关设备和控制设备 第5-3部分:控制电路电器和开关元件 在故障条件下具有确定功能的接近开关(PDF)的要求(IEC 60947-5-3:1999,IDT)
- [18] GB 14048.9 低压开关设备和控制设备 多功能电器(设备) 第2部分:控制与保护开关电器(设备)(GB 14048.9—1998,idt IEC 60947-6-2:1992)
- [19] ISO 4960 碳含量超过0.25%的冷轧碳钢片
- [20] IEC 60249 印刷线路的基本材料
- [21] GB/T 16935.1—1997 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验(idt IEC 60664-1:1992)
- [22] GB/T 16935.3—2005 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 60664-3:1992,IDT)
- [23] IEC 60812 系统可靠性的分析技巧 故障模式和效果分析的程序
- [24] IEC 61025 故障树分析(FTA)

- [25] IEC 61508 与安全相关的电气/电子/可编程电子系统的功能安全
 - [26] IEC 62061 机械安全 功能安全 电气、电子、可编程电子控制系统
 - [27] 指令 87/404/EEC 关于协调各成员国简单压力容器的法律,1987/6/25
 - [28] 指令 90/488/EEC 关于协调各成员国简单压力容器的法律,1990/9/17
 - [29] 指令 97/23/EC 压力设备指令,1997/5/29
 - [30] IEC 60742 隔离变压器和安全隔离变压器技术要求
-