



中华人民共和国国家标准

GB/T 21711.201—2024/IEC 61810-2-1:2017

基础机电继电器 第 2-1 部分:可靠性 B_{10} 值验证程序

Electromechanical elementary relays—Part 2-1: Reliability—
Procedure for the verification of B_{10} values

(IEC 61810-2-1:2017, IDT)

2024-03-15 发布

2024-07-01 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 B₁₀ 的验证 2

 4.1 通则 2

 4.2 要求 2

 4.3 试验的执行 3

5 B_{10D} 的估计和验证 4

 5.1 通则 4

 5.2 要求 5

 5.3 试验的执行 6

附录 A (资料性) B_{10D} 估计中说明故障评定的示例 8

参考文献 9

图 1 流程框图 2

图 2 评定继电器危险失效的流程框图 5

表 A.1 记录故障发生时的循环次数的示例 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。

本文件是 GB/T 21711《基础机电继电器》的第 2-1 部分。GB/T 21711 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分 :总则与安全要求；
- 第 2 部分 :可靠性；
- 第 2-1 部分 :可靠性 B_{10} 值验证程序；
- 第 7 部分 :试验与测量程序。

本文件等同采用 IEC 61810-2-1:2017《基础机电继电器 第 2-1 部分 :可靠性 B_{10} 值验证程序》。

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。

本文件由全国有或无电气继电器标准化技术委员会(SAC/TC217)归口。

本文件起草单位 :厦门宏发电声股份有限公司、哈尔滨工业大学、中国电子技术标准化研究院。

本文件主要起草人 :林伟霖、由佳欣、陆宁懿、周艳梅、徐乐、翟国富、王珏。

引 言

制定 GB/T 21711《基础机电继电器》标准,是为规范我国继电器产品开发、检测试验、质量评定及使用,促进继电器产业稳步、协调发展。GB/T 21711《基础机电继电器》是各类基础机电继电器的产品基础规范,拟由 7 个部分组成:

- 第 1 部分:总则与安全要求。目的在于确定电气或电子工程各领域用基础机电继电器的基本功能和安全要求及安全的相关特性。
- 第 2 部分:可靠性。目的在于规范对基础机电继电器进行可靠性考核的要求。
- 第 2-1 部分:可靠性 B_{10} 值验证程序。目的在于规范对基础机电继电器进行可靠性指标考核和可靠性增长要求考核的要求。
- 第 3 部分:强制定位(机械联锁)触点继电器。目的在于在第 1 部分通用要求基础上,增加适用于强制定位(机械联锁)触点继电器的特殊要求。
- 第 4 部分:舌簧继电器 总则与安全要求。目的在于为适用于通用控制电路中的舌簧继电器制定基本功能和安全要求。
- 第 7 部分:试验和测量程序。目的在于规范适用于基础机电继电器的试验和测量程序。
- 第 10 部分:大容量继电器附加功能特性和安全要求。目的在于在第 1 部分通用要求基础上,增加适用于大容量继电器附加功能特性和安全要求。

基础机电继电器

第 2-1 部分:可靠性 B_{10} 值验证程序

1 范围

本文件确立了对基础机电继电器有增加的可靠性验证要求时使用的可靠性试验程序。

本文件对组装在符合规定的安全相关的机械控制系统中的继电器按 IEC 62061 和 GB/T 16855.1—2018 给出了详细规定。对于这种继电器,按本文件规定的试验能得出危险失效的 B_{10} 值(B_{10D} 值)。

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 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第 1 部分:设计通则(ISO 13849-1:2015,IDT)

GB/T 21711.1—2023 基础机电继电器 第 1 部分:总则与安全要求(IEC 61810-1:2015,IDT)

GB/T 21711.2—2024 基础机电继电器 第 2 部分:可靠性(IEC 61810-2:2017,IDT)

IEC 61810-3 基础机电继电器 第 3 部分:强制定位(机械联锁)触点继电器(Electromechanical elementary relays—Part3:Relays with forcibly guided (mechanically linked) contacts)

IEC 62061 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全(Safety of machinery—Functional safety of safety-related control systems)

注:GB 28526—2012 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全(IEC 62061:2005,IDT)

3 术语和定义

GB/T 21711.2—2024 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

危险失效 dangerous failure

有可能使控制系统的安全相关部件处于危险或功能丧失状态的失效。

[来源:GB/T 16855.1—2018,3.1.5,有修改]

3.2 试验相关的定义

3.2.1

定型试验 type test

对代表生产的样本进行的符合性试验,以获得基本性能数据或验证这些继电器是否符合了规定的要求。

[来源:GB/T 21711.2—2024,3.21.1]

3.2.2

周期试验 routinetest

在大批量生产期间或之后,对没有任何修改或规范变化的样本按规定重复进行的符合性试验。

注:周期试验的结果用来验证是否保持了技术性能水平。

[来源:GB/T 21711.2—2024,3.21.2,有修改]

4 B₁₀ 的验证

4.1 通则

本章确立了评定和验证继电器可靠性的程序。

本程序适用于以耗损机理为主的继电器。

注 1:对于以随机失效为主的继电器,其规定在考虑中。

注 2:对于预定使用在安全相关机械控制系统中的继电器,第 5 章的规定适用。

下列失效模式可能会发生:

- a) 继电器触点断开失效;
- b) 继电器触点闭合失效;
- c) 转换触点非预期的桥接;
- d) 继电器的绝缘失效。

从定型试验中得到的 B₁₀值表明了在该值下继电器发生失效的概率。B₁₀值以循环次数表示。

注 3:如果知道在某一特定应用中继电器的工作频率(循环速率),则可以将循环次数转换为相应的时间。

适用于批量生产继电器的 B₁₀值应在周期试验中进行验证。

此程序的流程在图 1 中给出。

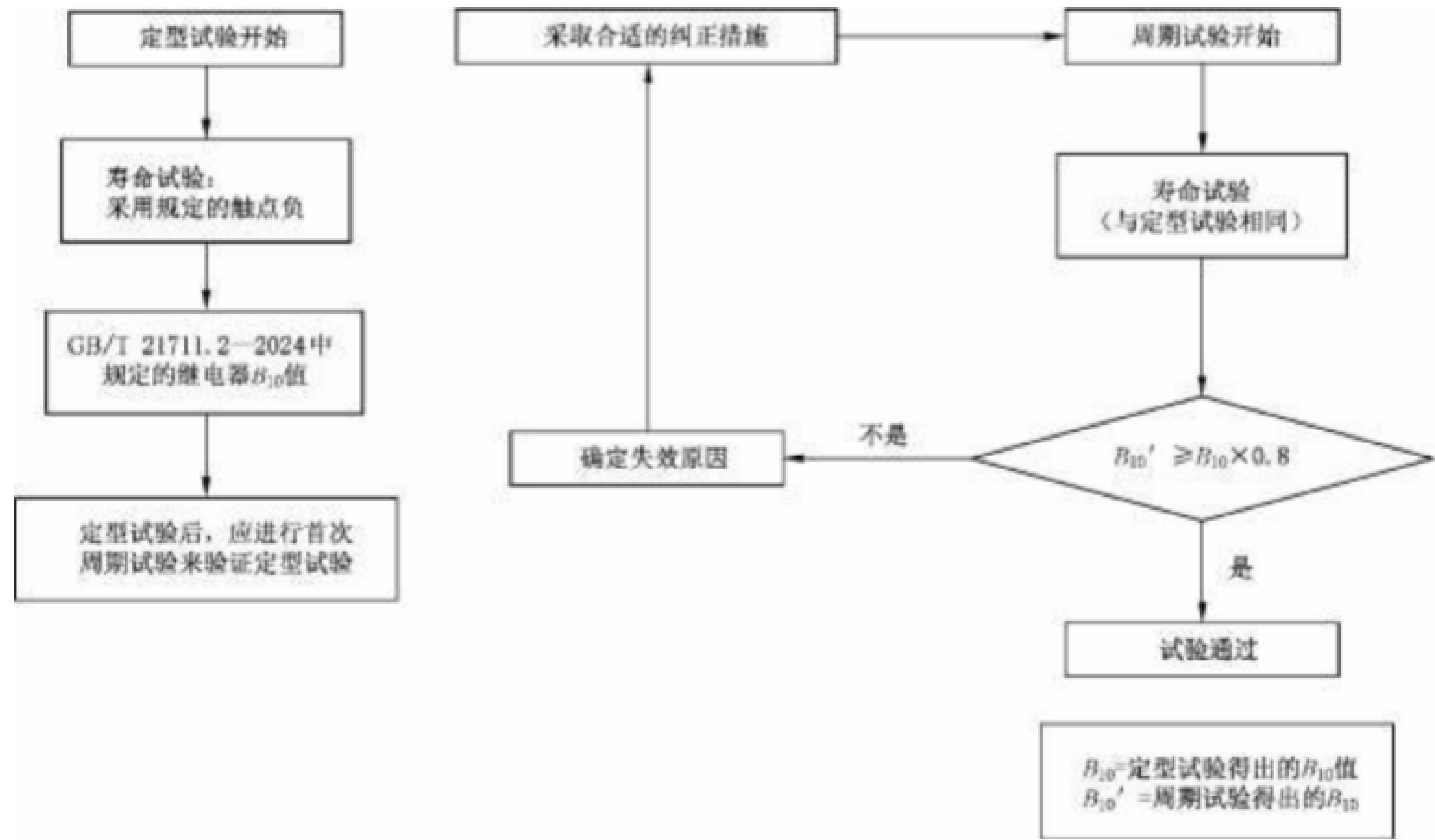


图 1 流程框图

4.2 要求

4.2.1 试验样品

应按 GB/T 21711.2—2024规定进行试验。

4.2.2 试验电路

除制造厂另有规定外,应采用 GB/T 21711.1—2023附录 C 中规定的试验电路,并应在试验报告中清楚地标明。如可行,使用 GB/T 21711.1—2023附录 D 中规定的试验电路之一。

4.2.3 触点负载

触点负载应由制造厂规定,且在试验报告中标明。推荐选择 GB/T 21711.1—2023的 5.8 中规定的适用阻性负载或 GB/T 21711.1—2023附录 B 中规定的感性负载。

4.2.4 环境条件

GB/T 21711.1—2023表 1 中的条件适用。但允许环境温度范围扩展为 $18\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.2.5 工作条件

GB/T 21711.2—2024中 5.3 的规定适用。

除制造厂另有规定外,线圈激励的每一次循环应为 1 s接通和 9 s断开。

除有明确规定外,在无线圈抑制的情况下进行试验。

4.2.6 失效判据

通常,试验应连续进行到所有样品均已失效为止。当试验在一个规定的次数结尾时,所有还未失效的继电器均应认为在该次循环失效(最差状况假设)。但至少要有 2/3的被试继电器应已失效,或每一只试验样品应达到 1 000万(1×10^7)次循环的寿命。

采用 GB/T 21711.2—2024第 6章中规定的故障严酷等级 B对记录的故障进行评定,在下列各部分间进行介质耐电压试验:

- a) 线圈与触点间;
- b) 相邻的触点组间;
- c) 断开的触点间。

断开失效的触点不能按照断开触点的要求进行试验。

绝缘要求应按 GB/T 21711.1—2023的 11.4进行验证。可采用下列任一个方法进行。

- a) 试验过程中,在规定的循环次数下周期性地定期进行介质耐电压试验。当继电器未通过介质耐电压试验时,则认为前一次通过介质耐电压试验的循环次数是此只继电器的失效次数。
- b) 在未进行 a)项规定的周期性监测的情况下,应在被测继电器出现触点功能性失效(见 4.1)时进行介质耐电压试验。如果继电器不符合介质耐电压试验要求,则整个试验不合格。同样此方法也适用于试验在某一特定的循环次数结尾的情况。

4.3 试验的执行

4.3.1 定型试验

采用 10只继电器的样本进行定型试验,记录每一只失效品。

依据 GB/T 21711.2—2024 中给出的程序来估计 B_{10} 值。对于下列 4.3.2.3 规定的周期试验,应依据 GB/T 21711.2—2024估计形状参数 β 和特征寿命 η 。

定型试验完成后,应按 4.3.2规定的周期开始首次周期试验进行验证。

4.3.2 周期试验

4.3.2.1 通则

周期试验按制造厂规定的固定周期进行。

4.3.2.2 采用威布尔的周期试验

本试验应至少采用 5 只继电器进行试验,并且应按 GB/T 21711.2—2024 确定 B_{10} 值。

4.3.2.3 采用威布尔贝叶斯的周期试验

本试验应至少采用 5 只继电器进行试验,并且应按 GB/T 21711.2—2024 确定 B_{10} 值。如不符合 4.2.6 的规定,试验在未记录到失效品的情况下停止(无失效品的威布尔贝叶斯),则应达到 90% 的威布尔贝叶斯置信度。

4.3.2.4 周期试验的接收判据

对于每次周期试验,所估计的 B_{10} 值应至少为定型试验所得 B_{10} 值的 80%。对于采用威布尔贝叶斯的周期试验,所得 B_{10} 值应至少为定型试验所得 B_{10} 值的 90%。

注 1: 本要求的目的是考虑到周期试验时可能的变差。

注 2: 在 GB/T 21711.2—2024 中,威布尔贝叶斯的结果是采用首次威布尔试验中得出的特征寿命来确定的。因而,这时可以通过对比首次威布尔的特征寿命值和周期试验的威布尔贝叶斯的特征寿命值来评定周期试验是否接收。

假如不符合这些要求,则应采取合适的纠正措施以消除失效原因。应采用恰当改进后的样品重新进行周期试验。如果不改变结构不能得到正面肯定的周期试验结果,则应改变继电器的结构(如采用新的触点材料、改变触点的尺寸等),改动后的继电器应认为具有新的结构,应执行从定型试验开始的新的试验程序。

5 B_{10D} 的估计和验证

5.1 通则

本章规定了预定在符合 IEC 62061 和 GB/T 16855.1—2018 的机械设备的安​​全相关控制系统中使用的继电器的要求。基于此目的,第 4 章不适用。

本程序适用于以磨损机理为主的继电器。

注 1: 对于以随机失效为主的继电器,其规定在考虑中。

下列失效模式可能会发生:

- a) 继电器触点断开失效;
- b) 继电器触点闭合失效;
- c) 转换触点不期望的桥接;
- d) 继电器的绝缘失效。

注 2: 术语“转换触点不期望的桥接”等同于“一组转换触点的三个引出端同时短路”(在 ISO 13849-2:2012 的表 D.9 中使用)。

对于给定的应用,应评定上面列出的失效模式是否认为是危险失效。

如果采用强制定位(机械联锁)触点,则能有符合 GB/T 16855.1—2018 的 4.5.3 规定的高诊断覆盖率,就可以排除动合触点和动断触点同时闭合的状况,IEC 61810-3 中规定了强制定位(机械联锁)触点基础机电继电器。

注 3: 在典型应用中,动合触点断开失效和绝缘失效是危险失效模式(见 ISO 13849-2:2012 的 7.2.2 和表 D.1,其中汇编了基本安全原则,特别是具有常开(动合)触点的继电器在去激励时使用,以使系统达到安全状态)。

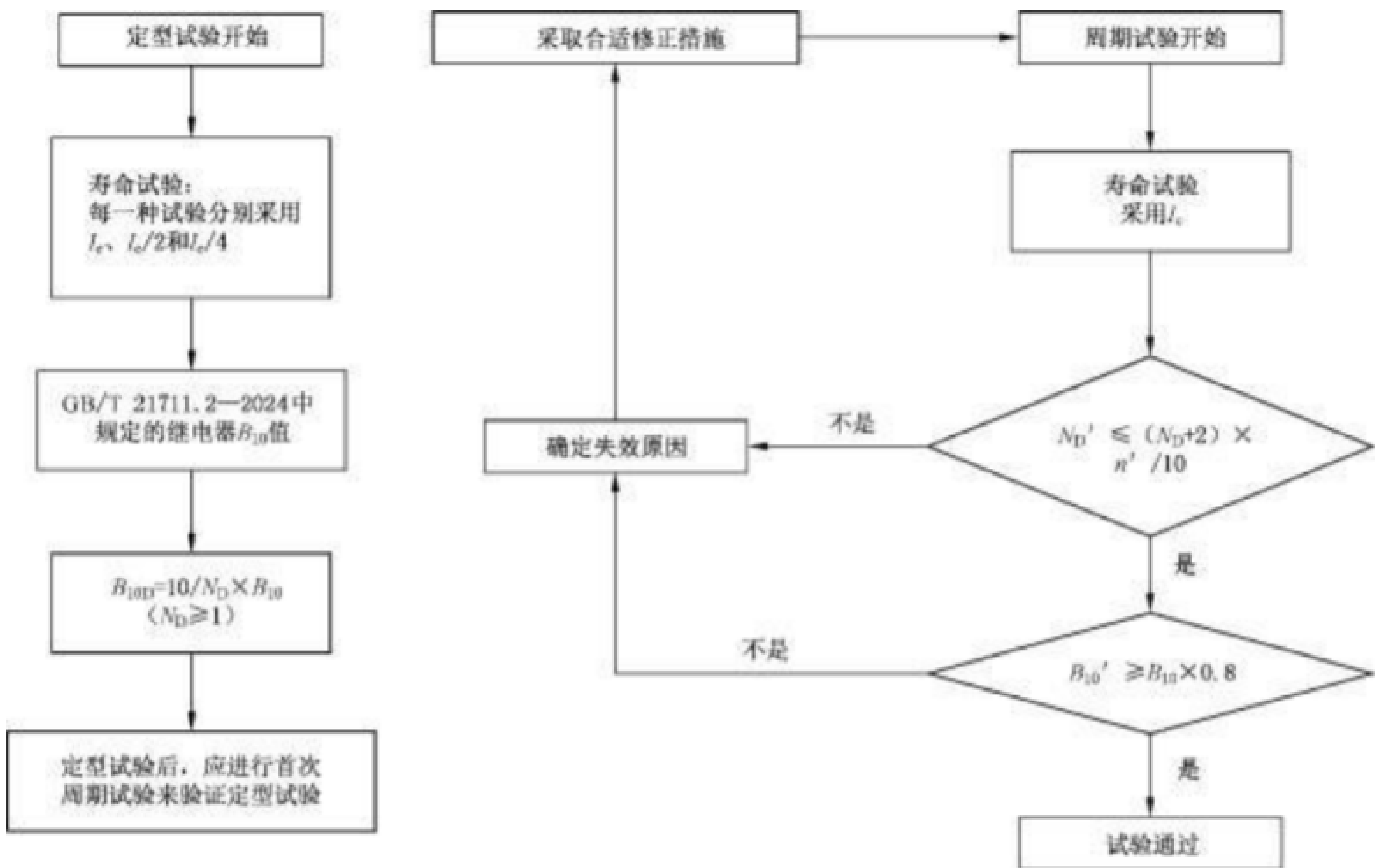
当不确定哪一种失效模式被认为是危险失效时,制造厂应记录试验过程中的任何故障(循环次数和故障类型)。允许制造厂在试验完成后对任何一种失效模式估计 B_{10} 值。

从定型试验中得出的 B_{10D} 值表示发生危险失效的概率,该值以循环次数表示。

注 4: 如果知道在某一特定应用中继电器的工作频率(循环速率),则可以将循环次数转换为相应的时间。

适用于批量生产继电器的 B_{10D} 值应在周期试验中进行验证。

此程序的流程在图 2 中给出。



标引说明：

N_D — 定型试验中的危险失效品数；

N_D' — 周期试验中的危险失效品数；

B_{10} — 定型试验得出的 B_{10} 值；

B_{10}' — 周期试验得出的 B_{10} 值；

B_{10D} — 定型试验得出的 B_{10D} 值；

n' — 周期试验中试验的继电器数。

注：周期试验得出 3 个数值：

- a) I_e 的 B_{10D} ；
- b) $I_e/2$ 的 B_{10D} ；
- c) $I_e/4$ 的 B_{10D} 。

图 2 评定继电器危险失效的流程框图

5.2 要求

5.2.1 试验样品

应在 GB/T 21711.2—2024中规定的每一种触点负载额定值下进行此试验。在继电器有多组触点的情况下,应选择最可能出现绝缘失效的其中两组触点进行测试,可选用相同类型触点(如两组动合触点)。

注：通常,相邻触点是最易失效的触点。

5.2.2 试验电路

除制造厂另有规定外,应采用 GB/T 21711.1—2023附录 C 中规定的试验电路,并应在试验报告中

清楚地标明。如可行,使用 GB/T 21711.1—2023附录 D 中规定的试验电路之一。

5.2.3 触点负载

触点负载应由制造厂规定,并应在试验报告中标明。推荐选用 GB/T 21711.1—2023附录 B(电耐久性试验)中规定的负载类别。除另有规定外,定型试验应采用 230 V 的交流感性负载和 24 V 的直流感性负载,应采用下列负载电流:

- a) I_e ;
- b) $I_e/2$;
- c) $I_e/4$ 。

其中 I_e =额定工作电流。

$I_e/4$ 的试验可以省略。这种情况下,小于 $I_e/2$ 负载的 B_{10} 值应以在双对数图上在 I_e 和 $I_e/2$ 两种负载下得出的 B_{10} 值通过线性插值法得出。

注:通常,周期试验只采用 I_e 进行试验(见 5.3.2)。

5.2.4 环境条件

GB/T 21711.1—2023表 1 中的条件适用。但允许环境温度范围扩展为 18 °C ~40 °C。

5.2.5 工作条件

GB/T 21711.2—2024中 5.3 的规定适用。

除制造厂另有规定外,线圈激励的每一次循环应为 1 s接通和 9 s断开。

除有明确规定外,在无线圈抑制的情况下进行试验。

5.2.6 失效判据

试验应连续进行至所有样品均失效或均达到 1 000万(1×10^7)次循环的寿命为止。

按 GB/T 21711.2—2024中第 6章的规定,对记录的故障进行评定,下列细则适用:

- 与危险失效模式相关的故障:严酷等级 A;
- 其他故障:严酷等级 B。

当被试继电器由于触点功能失效(见 5.1)而试验失败时,应进行 GB/T 21711.1—2023 中规定的绝缘要求的验证(对于 GB/T 21711.1—2023中 10.2规定的介质耐电压试验采用 100%的初始电压值)。

应在下列各部分间进行介质耐电压试验:

- a) 线圈与触点间;
- b) 相邻的触点组间;
- c) 断开的触点间。

注:断开失效的触点不能按照断开触点的要求进行试验。

如果继电器不符合介质耐电压试验要求,则整个试验不合格。

5.3 试验的执行

5.3.1 定型试验

对每一种触点负载额定值,采用 10只继电器的样本进行定型试验。应记录每一只失效品。危险失效品应分开记录。

应计及到所有记录的失效品,按 GB/T 21711.2—2024 中给出的程序估计出 B_{10} 值(简要的示例也可见附录 A)。

B_{10D} 值按公式(1)计算：

$$B_{10D} = B_{10} \times 10/N_D \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

10 — 试验样品数量；

N_D — 记录的 危险失效品数。

当没有记录到任何危险失效品时，则假定 $N_D = 1$ 。

示例 从 个 10只继电器的寿命试验中获得的数据，得出 B_{10} 值为 $B_{10} = 6 \times 10^5$ 次循环。

试验过程中，3只继电器记录为危险失效品，则 $B_{10D} = B_{10} \times 10/3 = 6 \times 10^5 \times 10/3 = 2 \times 10^6$ 次循环。

对于每一种交流感性和直流感性负载，定型试验分别对 I_e 、 $I_e/2$ 和 $I_e/4$ 得出 3个不同的 B_{10D} 值。

定型试验完成后，应按 5.3.2规定的周期开始首次周期试验进行验证。

5.3.2 周期试验

按制造厂规定的固定周期，至少采用 5只继电器，且至少只采用额定工作电流 I_e 进行周期试验。

推荐对每一种负载每两年执行一次周期试验。这就使制造厂能每年一次交替进行交流和直流感性负载试验。

应以定型试验中记录的 N_D 值为基数来估计周期试验中危险失效品的总数。该总数应小于或等于 $(N_D + 2)n'/10$ ，其中 n' 是周期试验中被试继电器的数量。

对每一次的周期试验，所估计的 B_{10} 值应至少为定型试验所得 B_{10} 值的 80%。

注：本要求的目的是考虑到周期试验时可能的变差。

在不符合这些要求的情况下，应采取合适的纠正措施以消除失效原因。应采用恰当改进后的试验样品重新进行周期试验。如果不能得到正面肯定的周期试验结果，则应采取纠正措施(如对继电器结构的修改、新的触点材料、改变触点的尺寸等)，改动后的继电器应认为具有新的结构，应执行从定型试验开始的新的试验程序。

附录 A
(资料性)
B_{10D}估计中说明故障评定的示例

A.1 目的

本附录包含了一个简要的示例,用于说明如何利用第 5 章中的规定来得出估计 B_{10D} 的继电器失效数据。

注:给出的故障/失效前循环次数值只是用来描述此程序的任意数值,而不是从实际试验中得出的数值。

A.2 基本假设

此示例中,提供 10只继电器进行寿命试验。假设继电器触点断开失效是危险失效。闭合失效是非危险失效。此示例中不发生绝缘失效。

对于断开失效(危险失效模式)相关的故障,首次故障就致使继电器失效(严酷等级 A)。

对于闭合失效(非危险失效模式)相关的故障,连续两次或总共 6次故障就致使继电器失效(严酷等级 B)。

A.3 示例

表 A.1 中列出了 10只样品中 4 只发生故障时的循环次数。

表 A.1 记录故障发生时的循环次数的示例

样品	循环次数						情况
	故障序号						
	1	2	3	4	5	6	
1	73679↓						a
2	50 001	50 003	53505↓				b
3	74 902	75 047	77 834	77 835↓			c
...
10	44 967	45 024	45 239	45 343	45 402	45 478↓	d
用于计算 B ₁₀ 的数据	73 679		53 505	77 835		45 478	
注：加粗数字表示该故障导致了危险失效。							

情况 a:首次故障是断开失效,因此导致危险失效(严酷等级 A)。

情况 b:第三次故障是断开失效,因此导致危险失效(严酷等级 A)。之前的故障是闭合失效(非危险失效模式),不导致继电器失效。

情况 c:两次连续故障是闭合失效(非危险失效模式),导致继电器失效(严酷等级 B)。

情况 d:第六次观测到故障(所有故障都是闭合失效—非危险失效模式),导致继电器失效(严酷等级 B)。

得到的 4 只继电器样品失效时的循环次数都填写在表 A.1 中对应的位置。

A.4 评估

按 GB/T 21711.2—2024的程序,采用已失效继电器样品的循环次数得出 B₁₀值。

最后,使用上述 B₁₀值,按 5.3.1推导出 B_{10D}值。

参 考 文 献

- [1] ISO 13849-2:2012 Safety of machinery—Safety-related parts of control systems—Part 2: Validation
-