

中华人民共和国国家标准

GB 12476.6—2010/IEC 61241-18:2004

可燃性粉尘环境用电气设备 第6部分：浇封保护型“mD”

Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust—
Part 6: Protection by encapsulation “mD”

(IEC 61241-18:2004, IDT)

2010-08-09 发布

2011-08-01 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	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	3
5 对复合物的要求	3
6 温度	4
7 结构要求	4
8 型式试验	12
9 例行检查和试验	15
10 标志	15
附录 A (资料性附录) “mD”型设备用复合物的基本要求	16
附录 B (规范性附录) 试样分配	17
附录 C (规范性附录) 热循环试验期间的试验程序	18
图 1 复合物自由表面与部件或导体之间的距离	7
图 2 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的距离	7
图 3 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的距离	8
图 4 多层印制电路板的最小距离	9
图 A.1 “mD”型设备用复合物的基本要求	16
图 C.1 热循环试验期间的试验程序	18
表 1 通过复合物的间距	6
表 2 复合物的自由表面与部件或导体之间的复合物厚度	6
表 3 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的复合物的厚度	7
表 4 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的复合物的厚度	8
表 5 多层印制电路板的最小距离	9
表 6 允许的原电池	10
表 7 允许的蓄电池	10
表 8 试验压力	14
表 B.1 试样分配	17

前 言

本部分的全部技术内容为强制性。

GB 12476《可燃性粉尘环境用电气设备》分为若干部分：

- 第1部分：通用要求
- 第2部分：选型和安装
- 第3部分：可燃性粉尘存在或可能存在的危险场所分类
- 第4部分：本质安全型“iD”
- 第5部分：外壳保护型“tD”
- 第6部分：浇封保护型“mD”
- 第7部分：正压保护型“pD”
- 第8部分：试验方法 确定粉尘最低点燃温度的方法
- 第9部分：试验方法 粉尘层电阻率的测定方法
- 第10部分：试验方法 粉尘与空气混合物最小点燃能量的测定方法
-

本部分是GB 12476的第6部分，等同采用IEC 61241-18:2004《可燃性粉尘环境用电气设备 第18部分：浇封保护型“mD”》(英文版)。

本部分对IEC 61241-18:2004进行了下列编辑性修改：

- 删除了IEC 61241-18:2004的前言；
- 增加了国家标准的前言。

本部分的附录A是资料性附录；附录B、附录C是规范性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本部分主要起草单位：南阳防爆电气研究所。

本部分主要参加单位：国家防爆电气产品质量监督检验中心、华荣集团有限公司、常州裕华电子设备有限公司、创正防爆电器有限公司。

本部分主要起草人：李书朝、李江、张海鸥、周金良、刘绮映。

引 言

在生产、加工、运输和存贮中产生的许多粉尘是可燃性的。如果粉尘与空气混合成适当比例,当点燃时粉尘能够迅速地燃烧产生巨大的爆炸压力。在可能出现这类可燃性物料的场所中,通常需要使用防爆电气设备,因此必须采取适当的预防措施,以确保所有这类电气设备得到足够的保护,以减少点燃外部爆炸性环境的可能性。在电气设备中,潜在点燃源包括电弧和火花、热表面和摩擦火花。

在空气中出现危险数量的粉尘、纤维和飞絮的场所被划分为危险场所,并且按照危险等级被分成3个危险区域。

一般情况下,用下列两种方法之一来确保电气设备的电气安全:一种方法(只要切实可行)应将电气设备安装在危险场所外,另一种方法按照电气设备使用场所推荐的方法进行设计、安装和维护。

电气设备可能会通过下列几种主要途径点燃可燃性粉尘:

- 电气设备表面温度高于有关粉尘的最低点燃温度。粉尘点燃的温度与粉尘特性、粉尘存在状态、粉尘层的厚度和热源的几何形状有关;
- 电气部件(如开关、触头、整流器、电刷及类似部件)的电弧或火花;
- 聚积的静电荷放电;
- 辐射能量(如电磁辐射);
- 与电气设备有关的机械火花、摩擦火花或摩擦发热。

为了避免点燃危险应做到以下几点:

- 可能堆积粉尘或可能与粉尘云接触的电气设备表面的温度须保持在本部分所规定的温度极限以下;
- 任何产生电火花的部件或温度高于 GB 12476.2 规定的温度极限的部件应:
 - 安放在一个能足以防止粉尘进入的外壳内,或
 - 限制电路的能量以避免产生能够点燃可燃性粉尘的电弧、火花或温度;
- 避免任何其他点燃源。

如果电气设备在其额定条件下进行操作,并且按照相应的实施规程或要求安装和维护,能防止过电流和内部短路故障及其他电气故障,那么本部分规定的保护方法就能达到要求的安全水平。尤其重要的是将内部或外部故障的严重程度和持续时间限制在能够维持电气设备不损坏的数值。

危险场所中的电气设备使用几种防爆技术。本部分描述了浇封保护型的安全技术特点,规定了采取的要求。为确保电气设备在危险场所的使用安全,遵守符合标准的选型和安装程序最为重要。

可燃性粉尘环境用电气设备

第6部分:浇封保护型“mD”

1 范围

本部分应与 GB 12476 的通用要求一起使用,这些要求适用于浇封保护和限制表面温度的电气设备,另有规定时除外。

本部分适用于在可燃性粉尘环境中用浇封型“mD”和限制表面温度保护的电气设备。在该环境中,可燃性粉尘存在的数量能够导致火灾或爆炸危险。本部分规定了额定电压不超过 10 kV 的电气设备、电气设备部件及 Ex 元件的设计、结构和试验要求。

注 1: 实际工作电压最高可超过上述规定值的 10%。

注 2: GB 12476.2《可燃性粉尘环境用电气设备 第2部分:选型和安装》给出了电气设备的选型和安装指南。本部分范围内规定的电气设备也可遵守其他标准,如 GB 3836.1《爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求》的补充要求。

在可能同时出现或分别出现可燃性气体和可燃性粉尘的环境中的电气设备,要求增加一些附加保护措施。

本部分不适用于那些不需要大气中的氧即可燃烧的火炸药粉尘或自燃物质。

本部分不适用于瓦斯和/或可燃性煤尘引起危险的煤矿井下以及煤矿地面装置用电气设备。

本部分未考虑由粉尘散发出来的可燃性或毒性气体引起的危险。

本部分不包括其他防爆型式,仅适用于浇封型。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB 12476 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 1034—2008 塑料 吸水性的测定(ISO 62:2008, IDT)

GB/T 1408.1—2006 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验(IEC 60243-1:1998, IDT)

GB 3836.3—2010 爆炸性环境 第3部分:由增安型“e”保护的的设备(IEC 60079-7:2006, IDT)

GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的的设备(IEC 60079-11:2006, IDT)

GB/T 8897.1—2003 原电池 第1部分:总则(IEC 60086-1:2000, IDT)

GB 9364(所有部分) 小型熔断器(IEC 60127 系列, IDT)

GB 9816—2008 热熔断体的要求和应用导则(IEC 60691:2002+A1:2006, IDT)

GB 12476.4—2010 可燃性粉尘环境用电气设备 第4部分:本质安全型“iD”(IEC 61241-11:2005, 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)

- 1) 即将转化为国家标准:GB 12476.1《可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分:通用要求》(IEC 61241-0:2004, MOD)。

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007,IDT)

GB 19212.7—2006 电力变压器、电源装置和类似产品的安全 第7部分:一般用途安全隔离变压器的特殊要求(IEC 61558-2-6:1997,MOD)

IEC 60285 碱性蓄电池:密封式圆柱形可充电镍-镉单体电池

IEC 60622 碱性或非酸性电解质蓄电池:密封式棱形的可充电镍-镉单体电池

IEC 60664-1:1992 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原则、要求和试验

1号修改单(2000)

2号修改单(2002)

IEC 61150 碱性蓄电池:密封式可再充电镉-镍单元电池组扣式电池设计

IEC 61241-0:2004 可燃性粉尘环境用电气设备 第0部分:通用要求

IEC 61241-1:2004 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分:外壳保护型“tD”

IEC 61436 碱性或非酸性电解质蓄电池:密封式可充电镍-氢化金属单个单体电池

IEC 61960-1 便携式锂蓄电池 第1部分:锂蓄电池

IEC 62326-4-1 印制电路板 第4部分:层间连接的刚性多层电路板 分规范 第1章:性能详细规范性能水平 A、B 和 C

ANSI/UL 248-1 低压熔断器标准 第1部分:通用要求

ANSI/UL 746B 聚合材料:持久性能评定

3 术语和定义

本部分使用下列浇封保护型“mD”的专用术语和定义,它们是对通用要求给出定义的补充。

3.1

浇封保护型 “mD” encapsulation “mD”

电气设备的一种防爆型式。这种型式是将可能产生点燃爆炸性环境的火花或发热部件封入复合物中,使它们在运行或安装条件下避免点燃粉尘层或粉尘云。

3.2

复合物 compounds

热固性的、热塑性的环氧树脂或有、无填充剂和/或添加剂的弹性物质的固化状态。

3.3

复合物的温度范围 temperature range of the compound

无论运行或是贮存,复合物的性能都能符合本部分要求的温度范围。

3.4

复合物的连续运行温度(COT) continuous operating temperature (COT) of the compound

根据复合物制造商的资料,在设备预计寿命周期内运行时,复合物能满足本部分要求的温度范围。

3.5

浇封 encapsulation

采用适合的方法将电气装置用复合物封闭起来的工艺过程。

3.6

自由表面 free surface

暴露于爆炸性环境的复合物表面。

3.7

正常运行 normal operation

设备在电气和机械方面的运行符合其设计规范,并且在制造商规定的限制范围内使用。

注1:制造商规定的限制可以包括持续的运行条件,如工作制周期运行的电机。

注2:在规定限制范围内,电源的变化及其他一些操作容差都属于正常运行。

3.8

孔隙 void

浇封过程中无意产生的空间。

3.9

净空间 free space

有意设计的元件周围的空间或元件内部的空间。

3.10

开关触点 switching contact

用来接通和断开电路的机械触点。

4 总则

4.1 设备分类及温度组别

“mD”型设备应按照 IEC 61241-0:2004 的第 5 章的要求进行分组。

4.2 保护等级

粉尘浇封型“mD”电气设备应分为“maD”保护等级或“mbD”保护等级。

除非另有说明,本部分的要求适用于这两种保护等级。

如果使用符合 GB 9364 或 GB 9816—2008 的非自动复位保护装置进行保护,则对于这两种保护等级,仅需一只保护装置即可。

4.3 “maD”保护等级

在下列每一种条件下,“maD”保护等级的设备应不能引起点燃:

- a) 正常操作和安装;
- b) 任何规定的异常条件;
- c) 规定的故障条件。

对于“maD”保护等级,浇封电路中任意一点的工作电压不应超过 1 kV。

对于“maD”保护等级,仅当元件在故障条件会对设备产生机械的或热的破坏时,才应对它们采取附加的保护。

或者,当内部元件的故障导致的温度升高可能使浇封系统失效时,应符合 6.2 的要求。

注:按照本部分“mbD”保护等级的要求允许使用的某些元件,由于内部作用的结果产生机械的或热的损坏能使保护措施“浇封”失效。对于“maD”保护等级的设备,这种危险宜被排除。

4.4 “mbD”保护等级

在下列每一种条件下,“mbD”保护等级的设备应不能引起点燃:

- a) 正常运行和安装;
- b) 规定的故障条件。

4.5 电源要求

应规定电源限值(额定电压和预期的短路电流)以确保在相关的“maD”或“mbD”保护等级下不超过限制的温度。所使用的保护装置应符合 7.7 的要求。

5 对复合物的要求

5.1 总则

符合 IEC 61241-0:2004 中 23.2 要求的文件应规定所使用的复合物和浇封的工艺方法。

至少应提供用于浇封型“mD”的复合物的特性。

选择浇封材料应作出适宜的考虑,以允许在正常操作和出现允许的故障时复合物的变形。

5.2 技术说明

制造商应对保证材料符合复合物的技术说明承担责任。

技术说明应包括:

- a) 复合物制造商的名称和地址;
- b) 材料的资料应准确完整,如果包括填充剂和其他添加剂,则应标明其百分比、混合物比例及牌号;
- c) 如果适用,复合物表面的任何处理方法,如涂漆;
- d) 如果适用,为使复合物与元件正确粘接,对元件进行预处理的要求,如清洁、酸洗;
- e) 如果适用,按照 8.1 要求进行的吸水性试验的试验结果。如没有进行吸水性试验,设备上应根据 IEC 61241-0:2004 的 29.2 项 i) 标记符号“X”,指明特殊使用条件;
- f) 在设备根据 8.2.2 测定的最高温度下,GB/T 1408.1—2006 所规定的绝缘介电强度;
- g) 复合物的温度范围(连续运行的上限和下限温度);
- h) 对于“mD”型设备,在复合物是外壳的一部分的情况下,IEC 61241-0:2004 中 6.1.2 项 d) 所定义的温度指数 TI。作为 TI 的另外一种选择,也可根据 ANSI/UL 746B《聚合材料:长期性能评价》确定相对热指数(RTI-机械冲击);
- i) 当颜色的变化将影响复合物性能时,用作试验样品的复合物的颜色。

6 温度

6.1 总则

在正常运行期间,温度不应超过允许的最高表面温度和复合物连续运行温度的最大值。“mD”型设备应采取保护措施,使在规定的故障条件下,“mD”型设备的浇封不受影响。

6.2 温度极限

基于安全考虑要求采用保护装置限定温度时,保护装置应是一种内部的或外部的、电的或热的非自动复位装置。“mbD”保护等级要求一个保护装置,“maD”保护等级要求两个保护装置。保护装置与被监控部件之间应充分热耦合。出于功能的原因,“mD”型设备也可以安装一个附加的自动复位保护装置。

如果非自动复位保护装置符合 GB 9364 或 GB 9816—2008,则对于“maD”和“mbD”两种保护等级仅需一个保护装置。

当设备可能出现故障(见 7.2.1),或存在温度上升的可能性时,例如,根据 7.2.1 输入的不利电压或不适合的负载时,应考虑确定极限温度。

6.3 极限温度的测定

6.3.1 最高表面温度

最高表面温度应根据 4.5 规定的电源条件,采用 8.2.2 规定的试验方法测定。

6.3.2 复合物中部件的温度

应测定最热的部件。靠近最热部件的复合物中的最高温度应使用 8.2.2 规定的对于正常运行的试验方法测定。

注:可以通过计算或参考制造商技术说明或浇封部件之前的实际测试确定最热的部件。

7 结构要求

7.1 总则

当浇封是外部壳体的一部分时,应符合对非金属外壳和外壳的非金属部件的要求。

如果用户为满足本部分要求需要辅助保护措施,如辅助机械保护,应根据 IEC 61241-0:2004 的 29.2 项 i) 对该设备加“X”符号,并且提供必要的说明。

应采取适当的措施,调节部件在正常运行和出现 7.2 所述的故障时产生膨胀现象。

在 7.2~7.7 中,对复合物是否粘附在外壳上有不同要求。进行粘接的目的是阻止可燃性粉尘和潮气进入界面(如:外壳与复合物的界面,复合物与未完全埋入复合物的部件,例如印制电路板和接线端子等的界面)。如果要求对界面进行附加处理以确保粘接,则应将该要求写在制造商的文件中。

如果粘接要求保持防爆型式,则在完成所有规定试验之后粘接应保持防爆型式完好。

注:具体应用的复合物的选择与每种复合物所起的作用有关。通常,对复合物进行一次试验不能满足浇封“mD”的全面应用。

7.2 可能故障的确定

7.2.1 故障检查

即使在不利的输入条件(但是在额定参数的 90%和 110%之间)和不利的输出负载及任何内部电气故障(对于“maD”保护等级为两个故障,对于“mbD”保护等级为一个故障)情况下,应保证浇封的防爆性能,例如在发生了下述情况时:

- 部件短路;
- 部件出故障;
- 印制电路出故障。

可靠部件和可靠隔离的距离应视为不会发生故障。

如果一个故障导致一个或多个后续故障的发生,例如,由于部件过载,则初始故障和后续故障应认为是一个故障。

7.2.2 可靠部件

下列部件按本部分要求浇封,当其运行在规定的温度范围内,并且不超过制造商对每个部件规定的额定电压、额定电流和额定功率的 2/3 时,应视为是可靠的:

- 电阻器,如果它们符合 GB 3836.4—2010 的相关规定;
- 螺旋形单层线圈绕组;
- 塑料金属箔电容器;
- 纸质电容器;
- 陶瓷电容器;
- 半导体,如果按 GB 3836.4—2010 的相关要求使用。

当用半导体装置限制电流时,单个装置适用于“mbD”保护等级,两个装置适用于“maD”保护等级。

注:与 GB 12476.4 中规定的带“iaD”保护等级的本质安全型设备要求相反,没有必要禁止使用有源的半导体调节电路,因为短期暂态波动对浇封设备的影响可忽略不计。

下列隔离不同回路的部件应认为是可靠的:

- a) 光耦合器和继电器,如果额定绝缘耐压强度符合 $(2U+1\ 000\ \text{V})$ 或 $1\ 500\ \text{V(a.c.)}$,取两者之间较大值, $(U$ 为两回路额定均方根电压之和);
- b) 符合 GB 19212.7—2006 或 GB 12476.4—2010 要求的变压器;
- c) 符合 GB 3836.3—2010 要求的线圈、变压器和电动机绕组,包括具有直径小于 0.25 mm 的导线,如果能防止产生不允许的内部温度,被视为是可靠的。

7.2.3 可靠隔离距离

如果出现下列情况之一的裸露带电部件之间的距离符合 7.2.3.1 的要求,则没有必要考虑发生 7.2.1 所述的电压击穿故障的可能性,并且也适用于符合 7.2.3.2 的情况:

- 同一回路;或
- 回路和接地的金属零件;或
- 两个独立回路(电压之和作为表 1 的电压;如一个电压小于另一个电压的 20%,则此电压

可忽略)。

7.2.3.1 通过复合物的间距

如果在浇封之前机械安装的间距符合表 1 数值,则应认为通过复合物的间隔距离是可靠的。

表 1 通过复合物的间距

电压 U (r. m. s 或 d. c.)(见注) V	最小间距 mm
≤ 63	0.5
≤ 400	1
≤ 500	1.5
≤ 630	2
$\leq 1\ 000$	2.5
$\leq 1\ 600$	4
$\leq 3\ 200$	12
$\leq 6\ 300$	20
$\leq 10\ 000$	

注：所示电压来自 GB/T 16935.1—2008。对于所有电压,实际工作电压可以大于表中规定值的 10%,这是根据 GB/T 16935.1—2008表 3b 规定的电源电压的合理处理。

7.2.3.2 通过固体绝缘的间距

如果固体绝缘的最小厚度为 0.1 mm,并且满足 8.2.4 的绝缘介电强度试验,则通过固体绝缘的间距应认为不出故障。

7.2.4 复合物的层厚

如果复合物的表面全部或部分被外壳包围,并且外壳是保护措施的一部分,则外壳或外壳部件应符合 IEC 61241-1:2004 的要求。

如果适用,带或不带包围外壳的复合物的最小厚度应符合 7.2.5~7.2.7 的要求。

在任何情况下,浇封材料还需另外承受 8.2.4 的介电强度试验。

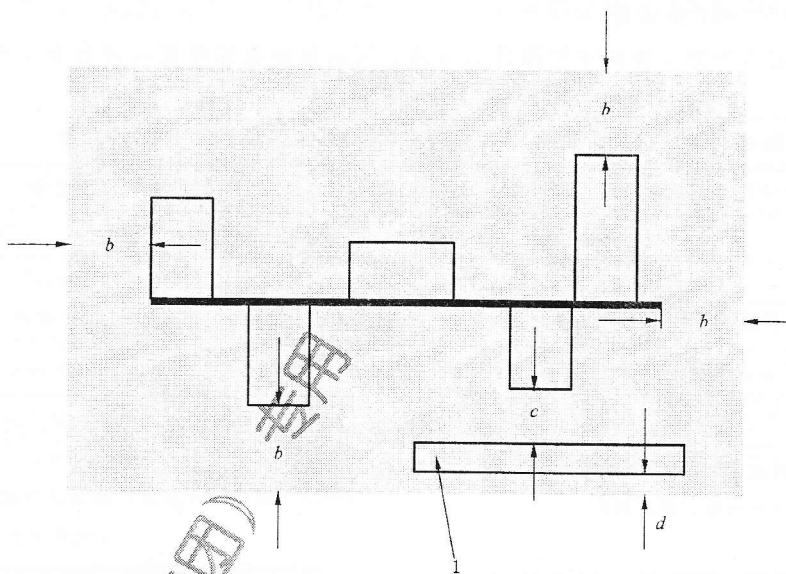
7.2.5 有自由表面的“mD”型设备

复合物的自由表面和浇封中部件或导线之间的复合物的厚度应符合表 2 规定,如图 1 所示。

表 2 复合物的自由表面与部件或导体之间的复合物厚度

“maD”保护等级	“mbD”保护等级
$b \geq 3\text{ mm}$	自由表面 $< 2\text{ cm}^2$ $b \geq$ 表 1 间距,但不小于 1 mm
	自由表面 $> 2\text{ cm}^2$ $b \geq$ 表 1 间距,但不小于 3 mm
$c \geq$ 表 1 间距	$c \geq$ 表 1 间距
$d \geq 3\text{ mm}$	$d \geq 1\text{ mm}$

注：
 b 是部件和自由表面之间的间距；
 c 是部件与浇封内部非载流部件之间的间距；
 d 是非载流部件和自由表面之间的间距。



1——非载流部件。

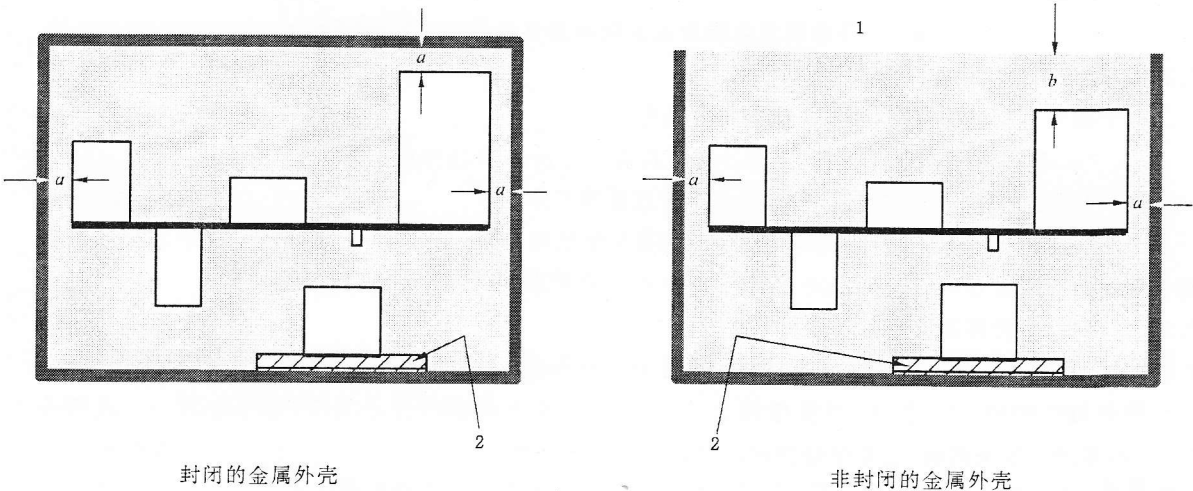
图 1 复合物自由表面与部件或导体之间的距离

7.2.6 带金属外壳的“mD”型设备

壳壁或复合物自由表面与浇封中的部件或导体之间的复合物的厚度应符合表 3 的规定,如图 2 所示。

表 3 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的复合物的厚度

“maD”保护等级	“mbD”保护等级
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq \text{表 1 间距, 但不小于 } 3 \text{ mm}$
注: a 是部件和外壳之间的间距; b 是部件和自由表面之间的间距。	



1——自由表面;
2——固体绝缘材料(见 7.2.3.2)。

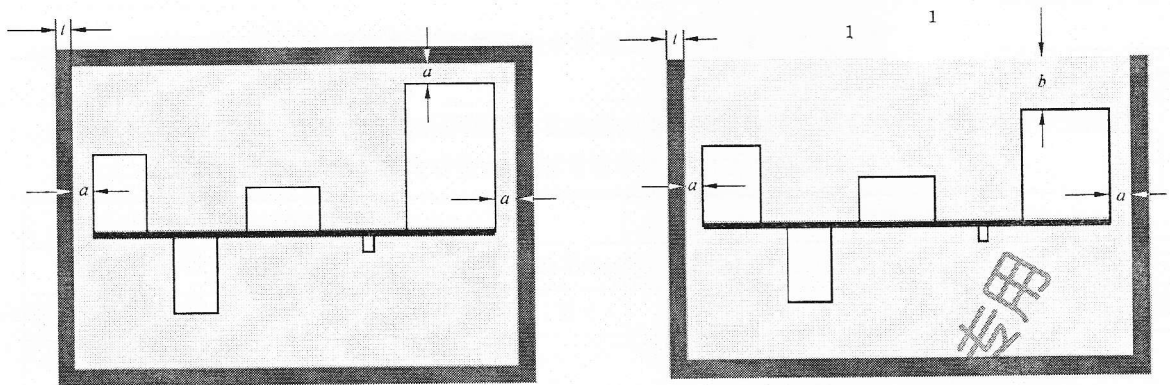
图 2 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的距离

7.2.7 带塑料外壳的“mD”型设备

壳壁或复合物自由表面与浇封中的部件或导体之间的复合物的厚度应符合表 4 的规定,如图 3 所示。

表 4 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的复合物的厚度

粘接外壳至复合物				未粘接外壳至复合物			
$t < 1\text{ mm}$		$t \geq 1\text{ mm}$		$t < 1\text{ mm}$		$t \geq 1\text{ mm}$	
“maD” 保护等级	“mbD” 保护等级	“maD” 保护等级	“mbD” 保护等级	“maD” 保护等级	“mbD” 保护等级	“maD” 保护等级	“mbD” 保护等级
$a \geq 3\text{ mm}$	$a \geq 1\text{ mm}$	$a + t \geq 3\text{ mm}$	$a + t \geq 1\text{ mm}$	$a \geq 3\text{ mm}$	$a \geq 3\text{ mm}$	$a \geq 3\text{ mm}$	$a \geq 1\text{ mm}$
$b \geq$ 表 1 间距,但不小于 3 mm							
注: a 是部件和外壳之间的间距; b 是部件和自由表面之间的间距; t 是壁厚。							



封闭塑料外壳

非封闭塑料外壳

1——自由表面。

图 3 壳壁或复合物自由表面与部件或导体之间的距离

7.2.8 旋转电机用绕组

对于槽中有绕组的电机,其固体槽绝缘应具有:

- a) “maD”保护等级的槽绝缘,其最小厚度应有 0.1 mm,并且伸出槽外至少 5 mm。
- b) “mbD”保护等级的槽绝缘,对最小厚度或延伸不作要求。

对于“maD”与“mbD”两种保护等级,槽的端部和绕组端部应用符合 7.2.4 要求的最小厚度的复合物进行保护并通过 $U = (2U + 1\,000\text{ V})$ 至少 1 500 V 的交流电压进行介电强度试验。

7.2.9 刚性的、贯穿连接的多层印制电路板

7.2.9.1 总则

符合 IEC 62326-4-1 要求,性能指标为 C,具有 7.2.9.2 规定的最小间距,工作电压小于或等于 500 V 的多层印制电路板,应考虑被浇封以符合 7.2.9.2 的要求。

7.2.9.2 最小间距

敷铜板(芯)和覆膜的绝缘应符合 7.2.3.2 的要求。

印刷电路导体和多层印制电路板边缘或其中任何孔之间的最小间距应至少为 3 mm。如果边缘/孔利用从边沿/孔沿板表面延伸至少 1 mm 的金属或绝缘材料保护,则印刷电路导体的间距可以缩短到

1 mm。绝缘材料应符合 GB 12476.4—2010 保护涂层要求。金属镀层最小厚度应为 35 μm,见图 4 和表 5。

表 5 多层印制电路板的最小距离

距 离	“maD”保护等级	“mbD”保护等级
<i>a</i>	3 mm	0.5 mm
<i>b</i>	3 mm	3 mm
<i>c</i>	3 mm	1 mm
<i>d</i>	0.1 mm(见 7.2.3.2)	0.1 mm(见 7.2.3.2)
<i>e</i>	符合表 1 的距离	符合表 1 的距离

注：*a* 是载流部件与外表面之间通过覆盖层的距离；
b 是载流部件与外表面之间沿着覆盖层的距离；
c 是从边缘或孔沿板的表面延伸的金属或绝缘的长度；
d 是覆膜或芯的厚度；
e 是多层(印制电路板)内侧两电路间的距离。

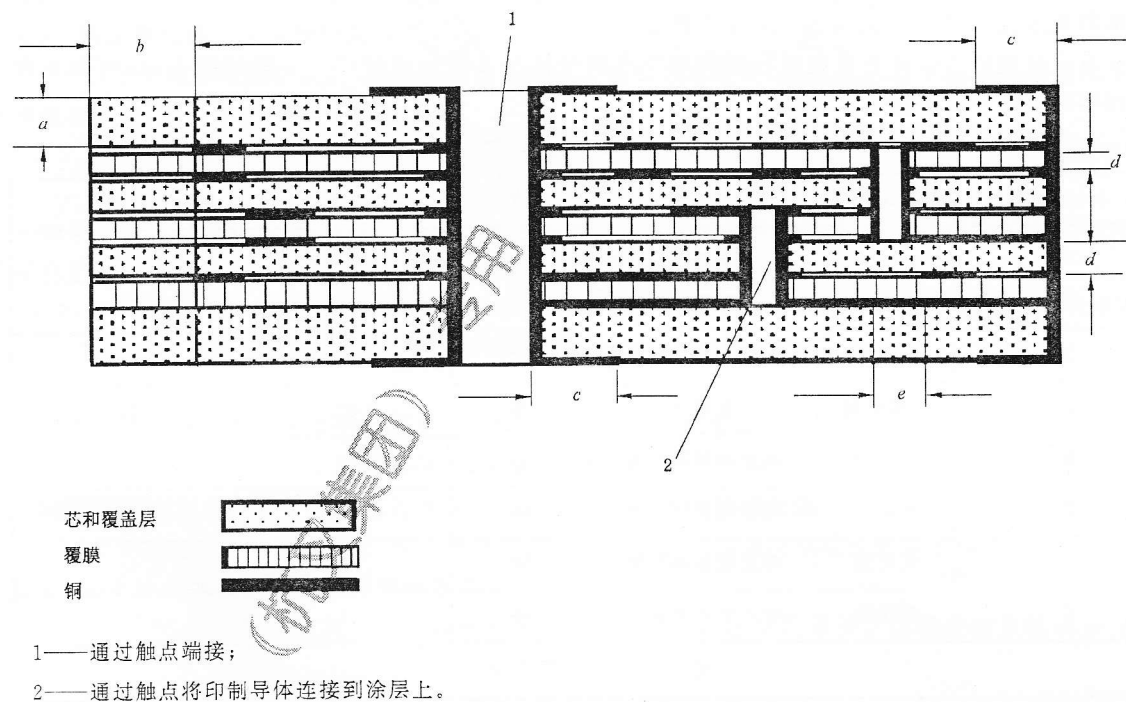


图 4 多层印制电路板的最小距离

7.3 开关触点

浇封之前,开关触点应配置一附加外壳。如果开关电流大于元件制造商声明的额定电流的 2/3,或电流超过 6 A,附加外壳应用无机材料制成。

7.4 外部连接

如果复合物坚硬,应采用适当的方式对连接电缆的护套进行保护,防止受到损害。如果引入装置为电缆形式与“mD”型设备永久性连接,则应按照 8.2.5 的要求进行拔脱试验。

7.5 对裸露带电部件的保护

穿过复合物表面的裸露带电部件应采用 IEC 61241-0:2004 所列出的其他防爆型式进行保护。

7.6 电池

7.6.1 总则

根据可能产生的气体评定电池控制方案时,应考虑全部运行温度范围、内部电阻和电压。应假定电池能够变得不平衡,对电阻和电压可忽略不计的单体电池可不予考虑。

对于“maD”保护等级,只允许使用符合 GB 12476.4—2010 的电池。

7.6.2 防止气体外逸

在正常运行过程中会释放气体的电化学系统不允许使用。如果不能排除在故障状态下出现气体,应采用符合 7.6.9 要求的安全装置减少气体外溢。用蓄电池时,采用的安全装置不仅在充电时起作用,在放电时也应起作用,这也适用于在危险场所之外的充电。

特别注意:

- a) 不应使用排气式电池;
- b) 不应使用阀控式密封电池;
- c) 在电气设备的环境温度范围内,正常运行条件下或故障条件下不泄漏气体的气密式电池,可不采用符合 7.6.9 要求的安全装置;
- d) 不满足 7.6.2 项 c)要求的气密式电池应有符合 7.6.9 的安全装置。

7.6.3 允许的电化学系统

本款要求应代替 IEC 61241-0:2004 中的 22.3。

只有经过充分的试验表明在运行过程中不泄漏气体的系统才可使用。一般情况下,只有表 6 和表 7 列举的电池才满足这些要求。

表 6 允许的原电池

IEC 60086-1 类型	正电极	电解液	负电极	额定电压/V	最高开路电压/V
—	二氧化锰	氯化铵	锌	1.50	1.73
A	氧	氯化铵	锌	1.40	1.55
B	氟化碳	有机物	锂	3.00	3.70
C	二氧化锰	有机物	锂	3.00	3.70
L	二氧化锰	碱金属氢氧化物	锌	1.50	1.65
P	氧	碱金属氢氧化物	锌	1.40	1.68
S	氧化银	碱金属氢氧化物	锌	1.55	1.63
T	氧化银	碱金属氢氧化物	锌	1.55	1.87

表 7 允许的蓄电池

IEC 类型	类型	电解液	额定电压/V	最高开路电压/V
K 型 IEC 60285 IEC60622 IEC 61150	镍-镉	钾/钠溶液	1.20	1.55
IEC 61436	镍-金属-氢化物	钾溶液	1.20	1.50
IEC 61960-1	锂	有机盐	3.60	a

注: a 数据在准备中。

7.6.4 防止出现不允许的温度和对单体电池造成损害

在最不利负载下的电池组应符合项 a) 或 b) 的要求。

- a) 在正常使用条件下, 单体电池的表面温度不应超过电池制造商规定的温度, 或在设备最高环境温度时, 不超过 80 °C, 最大充电和放电电流不应超过制造商规定的安全值; 或
- b) 为了防止浇封内部出现不允许的过热或气体外逸, 电池应配置 7.6.5~7.6.9 规定的一个或多个安全装置。

7.6.5 反向电流

如果在同一个外壳内有另一个电压源, 应对浇封电池及其相关电路进行保护, 防止电压源被设计规定的电路以外的电路反向充电。例如, 对于能够造成反向电流的最高电压, 采用表 1 规定的间隔距离, 把电池及其关联电路与所有其他电压源隔离开。

7.6.6 电流限值

应使用设备制造商规定的最大负载下所允许的最大放电电流, 或由保护装置规定的最大放电电流, 来确定最高表面温度, 见 7.7, 例如用 1.7 倍熔断器的额定值来确定。如果没有规定的负载或保护装置时, 最高表面温度应采用在短路状态下的最大放电电流来确定。

对于电池制造商规定的安全电流, 可用符合 GB 9364 或等效标准的电阻、限流装置或熔断器限制, 如果用可更换的熔断器, 应标志出额定值和功能。

7.6.7 防止电池极性转换和过度放电

3 个以上的单体电池串联时, 需要监控电池电压。在放电过程中, 如果电压低于电池制造商规定的电池电压限值, 安全装置应断开电池。

注 1: 如果几个单体电池串联连接, 由于电池中每一单体电池的容量各不相同, 在放电过程中单体电池会改变极性。这些“转换了”极性的单体电池会产生不允许的气体外溢。

如果安装有过度放电保护电路, 防止在放电过程中单体电池反极性充电, 最小断开电压应为电池制造商规定的值。负载断开后, 电流应不大于 1 000 h 额定放电容量。

注 2: 如果太多电池串联连接, 由于单个电池电压和过放电保护电路的差别, 可能是无安全保护。通常串联单体电池不超过 6 个, 并且宜用一个过放电保护电路加以保护。

7.6.8 电池充电

充电电路应完全视为设备的一部分。充电系统应满足下列要求:

- a) 在充电系统出现一个故障条件下, 充电器的电压和电流不应超过制造商规定的限值; 或
- b) 如果在充电过程中可能超过电池制造商规定的电池电压或放电电流的限值, 则应提供一符合 7.7 规定的单独安全装置, 防止气体泄露和超过制造商规定的电池最高额定温度。

7.6.9 对单体电池和电池安全装置的要求

如果有要求, 安全装置应成为控制系统的安全关联部件。制造商负责提供保持控制系统的安全整体性所必要的信息。

注: 满足 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》第 3 类要求的安全关联部件满足上述规定。

7.7 保护装置

7.7.1 总则

如果“mD”设备不能承受“mbD”保护等级的一个故障或“maD”保护等级的二个故障, 但没有超过浇封剂的连续运行温度(COT)或设备的温度组别, 那么在设备外部应有一个保护装置, 或者保护装置直接安装在设备内部。

保护装置提供安全技术, 限制“mD”型设备中不允许的发热。保护装置应能断开其安装电路的最大故障电流。保护装置的额定电压应至少相当于工作电压。

对电池及安全装置进行浇封以防止过热(见 7.6.6), 也可将安全装置作为保护装置, 防止相同浇封

内部的所有其他元件温度超过浇封剂连续运行温度(COT)或设备的温度组别。

7.7.2 电气保护装置

7.7.2.1 总则

熔断器的额定电压应不小于电源电路的额定电压,并且分断电流应不小于电路的短路电流。

除非另有规定,应假定熔断器能够承受连续通过 1.7 倍的标称电流,熔断器的电流—时间特性曲线应保证不能超过浇封剂的连续运行温度(COT)或设备的最高表面温度。按照 GB 9364 或 ANSI/UL248-1 的规定,熔断器的电流—时间特性值应由熔断器制造商规定。

注:对于 U_n 不超过 250 V 的电源网络,预期的短路电流通常是 1 500 A。

7.7.2.2 与“mD”型设备连接的保护装置

如果浇封不能承受 1 个故障,则“mD”型设备可以连接到单独的保护装置上。在这种情况下设备应按照 IEC 61241-0:2004 的 29.2 项 i) 标志符号“X”。

如果使用外部保护装置或保护电路控制,把电压、电流和电源正确施加到“maD”等级设备上,外部保护装置或保护电路的性能应等效于符合 GB 12476.4—2010 的“ibD”的限制装置或电路的性能。允许的电源、电流和电源由浇封设备的热特性确定,而不是由本质安全的要求确定。

7.7.3 热保护装置

6.2 的要求适用于热保护装置。应用热保护装置保护浇封剂不受局部加热,如由故障部件和/或由超过最高表面温度(温度组别)造成的损坏。

只能使用非自动复位的热保护装置。这种保护装置不能自动复位,并且在暴露于高于给定的额定值后能永久地断开电路。被监控的部件和热保护装置之间应用充分的热导连接。应规定保护装置的断开能力,并且不能小于电路最大可能的负载。

注:由于功能方面的原因,可使用自动复位装置。如果使用这样的装置,它宜在低于热保护装置运行温度下动作。

7.7.4 内置保护装置

与“mD”型设备制成一体的保护装置,其封闭式应做到浇封过程中复合物不能进入。

预定目的保护装置的适用性由下列条件确定:

- a) 制造商声明;或
- b) 样品的试验。

注:用玻璃、塑料、陶瓷或其他方式密封的装置被视为封闭式。

8 型式试验

8.1 复合物吸水性试验

只有在潮湿环境运行的浇封型电气设备才应在复合物的样品上进行该试验。

应在 3 个干燥的复合物样品上进行该试验,见 GB/T 1034—2008。样品应为直径为 $50\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 、厚度为 $3\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ 的圆形。样品在称重后浸入温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 的水中 24 h,然后从水中取出擦干,再称其重量,增加的重量不应超过 1%。

8.2 对设备的试验

8.2.1 试验顺序

试验顺序和样品数量见附录 B。

8.2.2 最高温度

“mD”型电气设备样品应承受型式试验以保证:

- 在正常运行时的温度不超过 6.1 规定的极限温度;
- 在 7.2.1 规定的故障条件下不超过最高表面温度。

对于无外部负载的“mD”型电气设备,则按 IEC 61241-0:2004 中 23.4.4.1 的规定进行试验,但应考虑 4.5 给出的供电规定。对于有外部负载的“mD”型电气设备,应把电流调整到不会引起保护装置动

作的最大值进行试验。

当温升速率不超过 2 K/h 时,认为达到了最终温度。

8.2.3 热稳定试验

8.2.3.1 耐热试验

该试验应按 IEC 61241-0:2004 中 23.4.6.3 的要求进行。

用于试验的温度应为:

- a) 试验样品的最高表面温度加至少 20 K,见 8.2.2;或
- b) 复合物中元件表面的最高温度加至少 20 K,见 6.3.2。

如果使用项 a) 的温度,试验样品经受耐热试验和热循环试验,见 8.2.3.3;对项 b),没有热循环试验要求。

8.2.3.2 耐寒试验

应按 IEC 61241-0:2004 的 23.4.6.4 进行。

8.2.3.3 热循环试验

样品应配置一个或多个温度传感器,传感器放置在复合物中最热点上。如果样品有线圈,温度可根据这些线圈的电阻变化测定。

注:下列试验程序在附录 C 中用图解表示。

试验应在样品断电状态下开始。该样品应处于温度 $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 的环境中。

将样品置于 $(T_{a\text{ max}} + 10)^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 的条件下最短持续时间为 1 h,其中 $T_{a\text{ max}}$ 是规定的样品运行中的最高环境温度,直至样品内外部之间温差小于 2 K。然后样品按照 4.5 的规定供电,电压为给出的最不利条件,除非样品内有一个或多个内部热保护装置。在这种情况下,给样品通电以在非自动复位的热保护装置上产生一个不高于最高跳闸温度 2 K 的温度。试验时,内部热保护装置可以跨接。

观察内部温度变化,直到达到稳定的温度分布为止,此时样品内部温度变化率小于 2 K/h。

内部温度应不超过复合物的连续工作温度。

样品断电,从 $(T_{a\text{ max}} + 10)^{\circ}\text{C}$ 的环境移出,并冷却到 $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 。然后样品置于 $(T_{a\text{ min}} - 5)^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 的条件下,其中 $T_{a\text{ min}}$ 是规定的最低环境温度。直到样品内外部之间的温差小于 2 K 为止。

然后样品按照 4.5 的规定供电,电压为电气设备最不利条件下给出的电压。

观察内部温度变化,直至达到稳定的温度分布为止,此时内部温度变化率小于 2 K/h。

然后样品断电,冷却到 $(T_{a\text{ min}} - 5)^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 。冷却的最短持续时间为 30 min,除非 2 K 温度差要求较长的时间。

重复进行通电和断电循环。进行三个完整周期试验后,将样品从 $(T_{a\text{ min}} - 5)^{\circ}\text{C}$ 环境中取出,并使其温度达到室温。

8.2.3.4 合格判据

完成试验之后,应对每个试验样品进行目测,肉眼观察样品复合物不得有明显影响防爆性能的损坏,例如:复合物的裂缝、浇封件的暴露、粘着性损坏、不允许的收缩、变色、膨胀、分解或软化。复合物的表面变色是允许的(例如:环氧树脂氧化)。

此外,涉及安全的电气保护装置,其功能验证应在运行到规定的参数范围内时进行。

8.2.4 绝缘介电强度试验

8.2.4.1 试验程序

试验应在下列电路间进行:

- a) 与设备外部有连接的独立电路之间;
- b) 与设备外部有连接的每一电路和所有对地部件之间;
- c) 与设备外部有连接的每一电路和复合物表面或塑料外壳之间,必要时可用导电金属箔覆盖浇封表面。

对于项 a),所采用的电压 U 应是两个被试电路额定电压的总和,对于项 b)和项 c)应为被试验电路的额定电压。

对于电源电压总和不超过 90 V 峰值的设备,试验电压为 500 V(r. m. s);如果电源电压超过 90 V 峰值,试验电压为 $2U+1\,000$ V,但最低为 1 500 V、48 Hz~62 Hz 交流电压;如果交流试验电压将会损坏浇封中的电子元件,则试验电压应为 $2U+1\,400$ V d. c,但最低为 2 100 V d. c。

试验电压应在不小于 10 s 时间内稳定升高直至达到规定值,然后维持至少 60 s。

注:如果电气设备由于电磁兼容原因含有连接到外壳的元件以抑制干扰脉冲,并且在试验时可能损坏,则可考虑进行局部放电试验。

8.2.4.2 合格判据

如果在试验时没有出现闪络或击穿,则认为试验合格。

8.2.5 电缆拔脱试验

8.2.5.1 总则

该试验不在“Ex”元件上进行。

8.2.5.2 试验程序

试验应在一个没有预应力的样品上且温度在 $21\,^{\circ}\text{C}\pm 2\,\text{K}$ 时进行。

另一个试验样品应在按照 8.2.3.1 试验测得的引入电缆的最高温度下进行电缆拔脱试验。

施加电缆直径(mm)的 20 倍或“mD”型电气设备重量 5 倍的拉力(牛顿),两者取较小值。在永久安装的情况下,该值可降低到要求值的 25%。应在电缆引入复合物的轴向施加拉力,最小拉力 1 N,持续时间最短应为 1 h。应在最合适方向施加拉力。

8.2.5.3 合格判据

在进行拔脱试验时,目视观察不能有影响防爆性能的位移。试验后,样品应进行目视检查并且观察复合物或电缆不得有削弱防爆性能的损坏,例如复合物裂缝、浇封元件的暴露、粘着性损坏。

8.2.6 压力试验

8.2.6.1 试验程序

对于具有任何单独净空间在 $1\,\text{cm}^3$ 和 $10\,\text{cm}^3$ 之间的“maD”保护等级的电气设备和具有任何单独净空间在 $10\,\text{cm}^3$ 和 $100\,\text{cm}^3$ 之间的“mbD”保护等级的电气设备,应准备带有压力连接的试验样品。如果要求试验的净空间多于 1 个,则所有的净空间应同时加压。

压力试验应在已经经受耐热试验的样品上进行。

应用表 8 压力进行至少 10 s 的试验。

表 8 试验压力

最低环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	试验压力/kPa
≥ -20 (见注)	1 000
≥ -30	1 370
≥ -40	1 450
≥ -50	1 530
≥ -60	1 620

注:包括 IEC 61241-0:2004 规定的标准环境温度范围用设备。

8.2.6.2 合格判据

试验之后应目视检查样品,目视检查复合物不得有明显削弱防爆性能的损坏,例如:复合物裂缝、浇封元件的暴露、粘着性损坏。

9 例行检查和试验

9.1 目检

“mD”型设备的每一个部件应目视检查。样品没有明显损坏,例如:复合物裂缝、浇封部件暴露、剥落、不允许的收缩、膨胀、分解、粘着性受损或软化。

9.2 绝缘介电强度试验

用介电强度试验来测定独立电路之间、独立电路和外表面或外壳之间的介电性能。该试验应采用 8.2.4 规定的电压等级进行。

施加试验电压的时间应至少为 1 s。

作为替代,可以施加 1.2 倍的试验电压,并且保持至少 100 ms。

注:在某些情况下,当具有大的分布电容的样品可能需要一些补充时间来达到实际的试验电压时,实际试验时间可能明显地比 100 ms 时间长。

如果试验时未出现击穿或闪络,则认为试验合格。

与上述相反,电池的介电强度试验应按 GB 3836.3—2010 的相关要求进行。

10 标志

除应符合 IEC 61241-0:2004 要求外,标志还应包括:

- 额定电压;
- 额定电流或额定功率(功率因数不同的设备,二者都应标出);
- 外部电源的预期短路电流(如果电流不是 1 500 A);
- 特殊设备安全运行所需的其他必要信息。

附录 A
(资料性附录)

“mD”型设备用复合物的基本要求

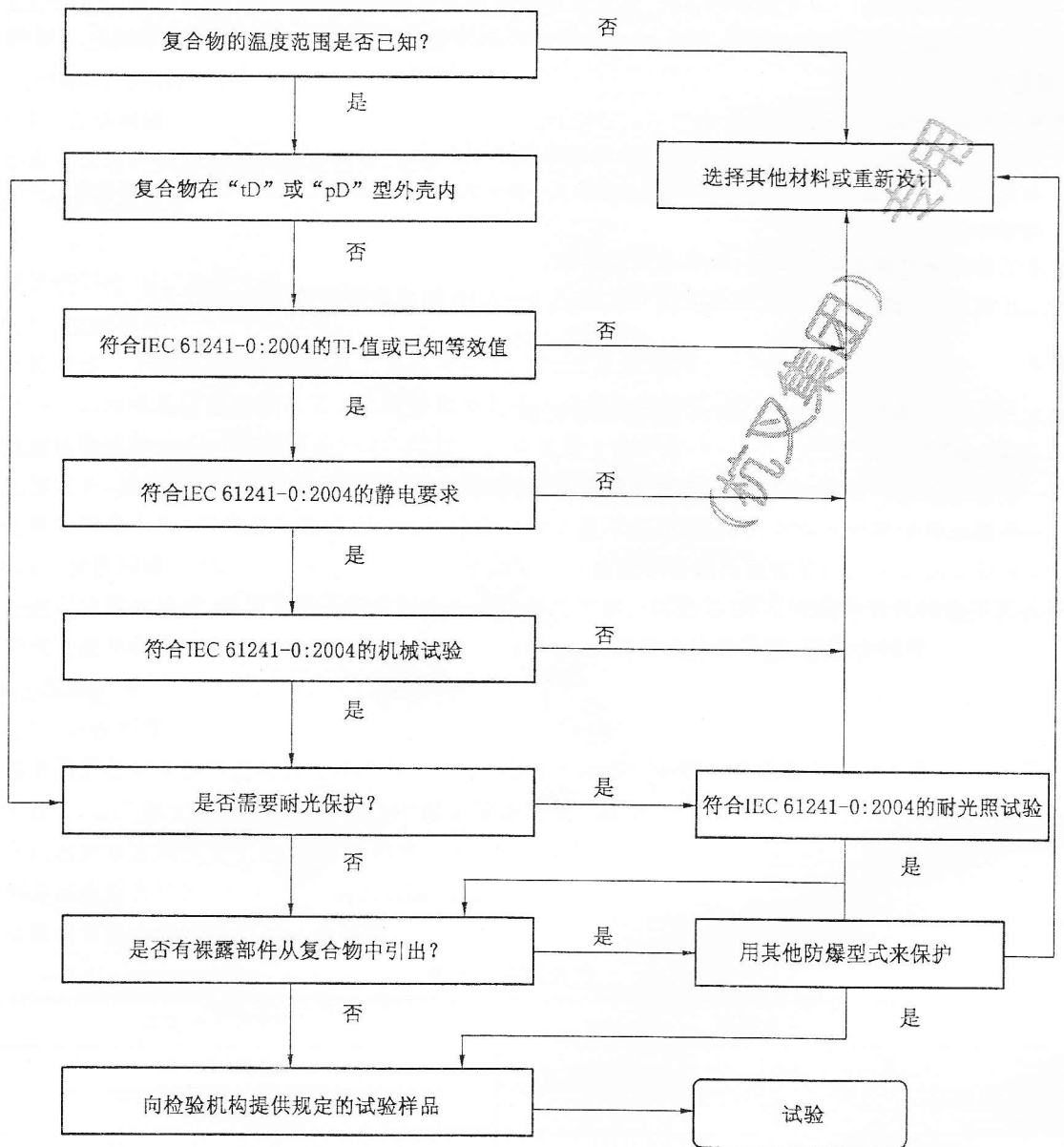


图 A.1 “mD”型设备用复合物的基本要求

附 录 B
(规范性附录)
试 样 分 配

表 B.1 试样分配

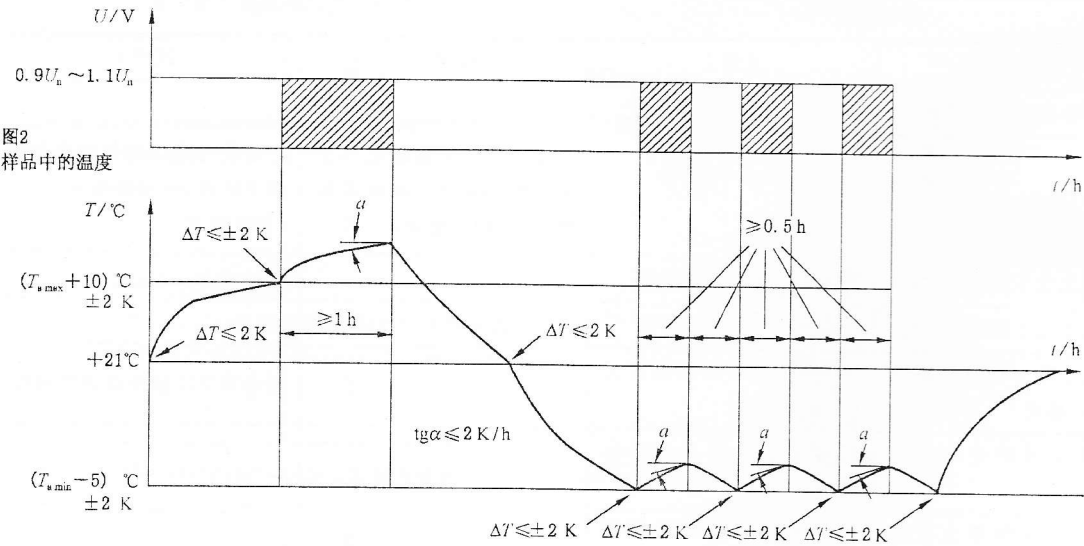
标准试验		补充试验	
试样 1	试样 2	试样 3	试样 4
确定符合 6.3 的温度限制			
		在室温条件下在新试样上进行符合 8.2.5 的电缆拔脱试验(如有要求)	在电缆进线口测量的最高温度下贮存,时间按照 8.2.3.3 (如有要求)
符合 8.2.3.1 的耐热试验	符合 8.2.3.1 的耐热性		
符合 8.2.3.2 的耐寒试验	符合 8.2.3.2 的耐寒性		
符合 8.2.3.3 的热循环试验(如有要求)	符合 8.2.3.3 的热循环试验(如有要求)		符合 8.2.5 的电缆拔脱试验
符合 8.2.4 的介电强度试验	符合 8.2.4 的介电强度试验		
符合 8.2.6 的压力试验(如有要求)	符合 8.2.6 的压力试验(如有要求)		
符合 IEC 61241-0:2004 的机械试验(如有要求)	符合 IEC 61241-0:2004 的机械试验(如有要求)		

注：各试样按表中所列顺序进行试验。

附录 C
(规范性附录)

热循环试验期间的试验程序

图1
样品上的电压



$T_{n,max}$ ——运行中规定的最高环境温度；
 $T_{n,min}$ ——运行中规定的最低环境温度；
 U_n ——额定电压；
 $\text{tg}\alpha$ ——温度梯度；
 ΔT ——样品内外之间的温度差。

图 C. 1 热循环试验期间的试验程序