

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3251. 1—2010

轨道交通 绝缘配合 第 1 部分:基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离

**Railway applications-Insulation coordination-
Part 1: Basic requirements-Clearances and creepage
distances for all electrical and electronic equipment**

(IEC 62497 - 1:2010, MOD)

2011-01-12 发布

2011-07-01 实施

中华人民共和国铁道部 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	2
3.1 电气间隙	2
3.2 爬电距离	2
3.3 部分	2
3.4 电压	2
3.5 过电压	3
3.6 绝缘	4
4 绝缘配合的基础	4
4.1 基本原理	4
4.2 电压及其额定值	5
4.3 承受电压应力的时间	6
4.4 污染	6
4.5 绝缘材料	7
5 电气间隙的要求和尺寸确定规则	7
5.1 概述	7
5.2 最小电气间隙	7
5.3 意外情况	8
6 爬电距离的尺寸确定规则	8
6.1 概述	8
6.2 最小爬电距离	8
7 试验和测量	8
7.1 概述	8
7.2 爬电距离和电气间隙的测量	9
7.3 通过冲击电压试验验证电气间隙	9
7.4 通过工频电压试验验证电气间隙	9
7.5 通过直流电压试验验证电气间隙	9
8 轨道交通中的特殊要求	10
8.1 概述	10
8.2 信号设备的特殊要求	10
8.3 机车车辆的特殊要求	11
8.4 地面装置的特殊要求	11
附录 A(规范性附录) 表	13
附录 B(规范性附录) 设备的型式及例行介电试验条款	19

附录 C(规范性附录)	电气间隙与爬电距离的测量方法	21
附录 D(规范性附录)	标称电压 U_n 与额定绝缘电压 U_{Ni} 之间的相互关系	25
附录 E(资料性附录)	宏观环境条件	26
附录 F(资料性附录)	应用指南	27
参考文献		33

前 言

TB/T 3251—2010《轨道交通 绝缘配合》由以下两部分组成:

——第1部分:基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离;

——第2部分:过电压及相关防护。

本部分是 TB/T 3251—2010 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 62497-1:2010《轨道交通 绝缘配合 第1部分:基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离》(英文版)。

本部分与 IEC 62497-1:2010 存在技术性差异,这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(1)进行了标识,其差异如下:

——将本标准的应用范围进行了修改,适用于海拔 1 400 m 及以下(标称电压交流 1 000 V、直流 1 500 V 以上的高压电工电子设备)或海拔 2 000 m 及以下(低压电工电子设备)的信号设备、机车车辆设备和地面装置;

——附录 B.2.3 增加了“注 2”以说明 1 min 工频耐压试验参见 GB/T 21413.1—2008。

与本部分中规范性引用文件有一致性对应关系的我国文件如下:

——GB/T 4207—2003 固体绝缘材料相比漏电起痕指数和耐漏电起痕指数的确定方法(IEC 60112:1979,IDT);

——GB/T 4585—2004 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验(IEC 60507:1991,IDT);

——GB/T 6553—2003 用于严酷环境条件下的电气绝缘材料—耐起痕和耐蚀损的试验方法(IEC 60587:1984,IDT);

——GB/T 16927.1—1999 高压试验技术 第1部分:一般定义和试验要求(idt IEC 60060-1:1989);

——GB/T 22707—2008 直流系统用高压绝缘子的人工污秽试验(IEC/TR 61245:1993,MOD);

——GB/T 24338.1—2009 轨道交通 电磁兼容 第1部分:总则(IEC 62236-1:2003,IDT);

——GB/T 24338.3—2009 轨道交通 电磁兼容 第3-1部分:机车车辆 列车和整车(IEC 62236-3-1:2003,IDT);

——GB/T 24338.4—2009 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分:机车车辆 设备(IEC 62236-3-2:2003,MOD);

——GB/T 24338.5—2009 轨道交通 电磁兼容 第4部分:信号和通信设备的发射与抗扰度(IEC 62236-4:2003,IDT);

——GB/T 24338.6—2009 轨道交通 电磁兼容 第5部分:地面供电装置和设备的发射与抗扰度(IEC 62236-5:2003,IDT)。

本部分由南车株洲电力机车研究所有限公司提出并归口。

本部分负责起草单位:株洲南车时代电气股份有限公司。

本部分参加起草单位:南车四方机车车辆股份有限公司、永济新时速电机电器有限责任公司、中国北车集团大连机车车辆有限公司。

本部分主要起草人:胡家喜、严云升、王肃清、邓学寿、马文俊、罗君、郝凤荣。

引 言

考虑到轨道交通的特定条件,而且轨道交通电气设备包含在 IEC 60071(由 IEC/TC 28 起草)及 IEC 60664-1(由 IEC/TC 109 起草)的适用范围之内,所以从这些文件及 IEC 60077-1(由 IEC/TC 9 起草)中抽取相关内容,形成单独的参考文件,作为整个轨道交通领域绝缘配合的基础标准。

轨道交通 绝缘配合 第1部分:基本要求

电工电子设备的电气间隙和爬电距离

1 范 围

本部分规定了轨道交通应用中的绝缘配合,适用于海拔1 400 m及以下(标称电压交流1 000 V、直流1 500 V以上的高压电工电子设备)或海拔2 000 m及以下(低压电工电子设备)的信号设备、机车车辆设备和地面装置。

绝缘配合是设备之间及设备内部各部件之间绝缘的选择、尺寸确定和相互关系,在确定绝缘尺寸时应考虑电气应力和环境条件,当电气应力和环境条件相同时,所确定的绝缘尺寸也相同。

绝缘配合的目的是避免不必要的过大的绝缘尺寸。

本部分规定了:

- 设备的电气间隙和爬电距离要求;
- 绝缘配合试验的一般要求。

上述术语“设备”指3.3所定义的“部分”,它可适用于系统、子系统、设备、设备的一部分,或者是等电位线的一种物理实现。

本部分不涉及:

- 通过固体或液体的绝缘距离;
- 通过除空气之外的其他气体的绝缘距离;
- 通过非大气压下的空气的绝缘距离;
- 在极端条件下使用的设备。

产品标准应符合本通用标准。

然而,由于安全性和可靠性原因,如信号设备;或由于产品本身特殊的操作环境,如架空线应符合已有的标准或规定(如EN 50119),产品标准需作调整以满足不同的要求。

本部分规定了设备的介电试验(型式试验或例行试验),见附录B。

注:对于安全要求严格的系统,需作特殊要求,这些要求在产品特定的信号标准IEC 62425里有规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

IEC 60060-1 高压试验技术 第1部分:一般定义和试验要求(High-voltage test techniques-Part 1:General definitions and test requirements)

IEC 60071-1 绝缘配合 第1部分:定义、原理和规则(Insulation co-ordination-Part 1:Definitions, principles and rules)

IEC 60112 固体绝缘材料相比电痕化指数和耐电痕化指数的确定方法(Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials)

IEC 60507 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验(Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a. c. systems)

IEC 60587 用于严酷环境条件下的电气绝缘材料—耐起痕和耐蚀损的试验方法(Electrical insulating materials used under severe ambient conditions-Test methods for evaluating resistance to tracking and ero-

sion)

IEC 60850:2007 轨道交通 牵引供电系统电压(Railway applications-Supply voltages of traction systems)

IEC 61245 直流系统用高压绝缘子的人工污秽试验(Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on d. c. systems)

IEC 61992-1:2006 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第1部分:总则(Railway applications-Fixed installations-DC switchgear-Part 1:General)

IEC 62236(所有部分) 轨道交通 电磁兼容(Railway applications-Electromagnetic compatibility)

IEC 50119 轨道交通 地面装置 电力牵引架空接触网(Railway applications-Fixed installations-Electric traction overhead contact lines)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注:本部分术语的应用按如下优先顺序定义:

——以下给出的定义;

——IEC 60664-1 给出的定义;

——除 IEC 60664-1 外在第2章中其他引用文件给出的定义。

3.1

电气间隙 clearance

两导电部分之间在空气中的最短距离。

3.2

爬电距离 creepage distance

两导电部分之间沿绝缘材料表面的最短距离。

3.3 部 分

3.3.1

部分 section

具有绝缘配合所需的自身电压定额的电路系统的一部分。

部分分为两种类型:接地部分和悬浮部分。

3.3.2

接地部分 earthed section

与大地相连或通过不会中断的电路与车体相连的部分。

3.3.3

悬浮部分 floating section

与大地或车体隔离的部分。

注1:一个部分可能受其邻近部分的电气影响。

注2:电路的某个特定点可看作一个部分。

3.4 电 压

3.4.1

标称电压 nominal voltage(U_n)

用于标示或识别一个给定供电系统合适的近似电压值。

3.4.2

工作电压 working voltage

在最高持续电压作用下,任一跨过绝缘的两点间出现的最大方均根交流电压值或最大直流电

压值。

注：“持续”表示电压的持续时间超过 5 min，如 IEC 60850 中对 $U_{\max}$ 的定义。

3.4.3

额定电压 rated voltage

器材、装置或设备在规定的操作和性能特性下的电压值，由制造商给出。

注：设备可有一个以上的额定电压或一个额定电压范围。

3.4.4

额定绝缘电压 rated insulation voltage (U_{Nm})

设备或其某个部件耐受电压的方均根值，以表征其绝缘规定的持续（超过 5 min）电压耐受能力，由制造商给出。

注 1： U_{Nm} 指设备某一带电部件对地或对另一带电部件之间的电压，对于机车车辆，地指车体。

注 2：对于应用于轨道交通的电路、系统和子系统，额定绝缘电压指“设备最高电压”。

注 3： U_{Nm} 大于或等于工作电压，所以对于直接与接触网相连的电路， U_{Nm} 大于或等于 IEC 60850 定义的 $U_{\max}$ 。

注 4： U_{Nm} 不一定与额定电压相等，额定电压主要与工作性能有关。

3.4.5

工作峰值电压 working peak voltage

设备中任何特定绝缘之间的最高电压值。

3.4.6

再现峰值电压 recurring peak voltage

由于交流电压畸变或直流电压叠加交流分量导致电压波形出现周期性偏移的最高峰值电压。

注：随机的过电压（如由于偶尔操作产生的过电压）不认为是再现峰值电压。

3.4.7

额定冲击电压 rated impulse voltage (U_{Ni})

制造商对设备或其某个部件规定的冲击耐受电压值，以表征其绝缘规定的瞬时过电压耐受能力。

注： U_{Ni} 大于或等于工作峰值电压。

3.5

过电压 overvoltage

峰值大于正常工作条件下最高稳态电压峰值的任何电压。

3.5.1

暂时过电压 temporary overvoltage

由于电压变化导致的持续时间相对较长的过电压。

注：暂时过电压与负载网络无关，其特性用电压/时间曲线来描述。

3.5.2

瞬时过电压 transient overvoltage

由于电流传递导致的持续时间只有几毫秒或更短的短时过电压。

注：瞬时过电压由负载网络决定，不能用电压/时间曲线来描述其特性，瞬时过电压主要是电流从电源传递至负载（网络）的结果。

两种特殊的瞬时过电压定义如下：

3.5.3

操作过电压 switching overvoltage

由于特定通断操作或故障通断，在系统任何位置出现的瞬时过电压。

3.5.4

雷电过电压 lightning overvoltage

由于特定的雷电放电，在系统任何位置出现的瞬时过电压。

注:3.5 的定义与 IEC 60664 - 1 和 IEC 60850 的定义一致。

此处根据电压变化或电流传递与时间的关系对瞬时过电压和暂时过电压进行了明确区分,而 IEC 60664 - 1 对此并未加以考虑。

IEC 60850 定义的适用于接触网的长时限(通常为 20 ms 到 1 s)过电压等同于此处的暂时过电压。

3.6 绝 缘

3.6.1

功能绝缘 functional insulation

导电部分之间仅适用于设备特定功能所需要的绝缘。

3.6.2

基本绝缘 basic insulation

带电部分上用于防电击基本保护的绝缘。

3.6.3

附加绝缘 supplementary insulation

基本绝缘之外独立设置的绝缘,用于基本绝缘失效时提供防电击保护。

3.6.4

双重绝缘 double insulation

由基本绝缘和附加绝缘组成的绝缘。

3.6.5

加强绝缘 reinforced insulation

带电部分设置的一种单独的绝缘系统,用于提供与双重绝缘等效的防电击保护。

注:“单绝缘系统”并非指该绝缘系统由单一物质组成,它可包括几层绝缘,但各层不能像基本绝缘和附加绝缘那样单独进行试验。

4 绝缘配合的基础

4.1 基本原理

4.1.1 概 述

绝缘配合意指根据设备的使用及其与周围环境的关系来选择设备的电气绝缘特性。

只有当设备的设计基于预期寿命内所承受的电压应力时,才能实现绝缘配合。

4.1.2 关于电压的绝缘配合

4.1.2.1 概 述

应考虑以下内容:

- 系统中可能出现的电压;
- 设备产生的电压(该电压可能反过来影响系统中其他设备);
- 设备预期的可用性等级;
- 人身和财产安全,使由于电压应力而出现非预期事故的可能性不会导致无法接受的危害风险;
- 控制和保护系统功能的安全;
- 在轨旁电缆中产生的感应电压;
- 绝缘表面的形状;
- 爬电距离的朝向和位置;
- 必要时考虑海拔。

4.1.2.2 关于持续交流或直流电压的绝缘配合

持续电压的绝缘配合主要基于:

- 额定电压；
- 额定绝缘电压；
- 工作电压。

除非产品标准另有规定,持续电压的持续时间应超过 5 min。

4.1.2.3 关于瞬时过电压的绝缘配合

瞬时过电压的绝缘配合主要依据两种控制类型的受控过电压的条件:

- 内在控制:要求电气系统的特性能将预期瞬时过电压限制在规定水平的条件;
- 保护控制:要求电气系统通过特定的过电压抑制措施能将预期瞬时过电压限制在规定水平的条件。

注1:大型和复杂系统(如架空线)中的过电压由于受多种因素和多变因素的影响,只能通过统计方法来评定,尤其对于大气过电压更是如此,这种方法适用于不管是通过内在控制或保护控制获得的受控条件。

注2:建议采用概率分析法来评定是否存在内在控制或是否需要保护控制。

注3:特定的过电压抑制措施可以是具有储能或耗能效果的器件,在规定的条件下能够无害的消耗掉预期位置上的过电压能量。

内在控制示例:通过沿绝缘体表面的闪络或架空线的火花放电间隙所实现的控制。

保护控制示例:在没有操作过电压源干扰机车电路的情况下,利用该电路末端滤波器所实现的控制。

表 A.3 第一列所示为绝缘配合采用的额定冲击电压优选值。

4.1.2.4 关于再现峰值电压的绝缘配合

应考虑固体绝缘内部或沿绝缘表面可能发生的局部放电的程度。

4.1.3 关于环境条件的绝缘配合

在污染等级分类中应考虑绝缘的微观环境条件。

微观环境条件主要取决于设备所处的宏观环境条件,在许多情况下微观环境和宏观环境是相同的,但微观环境可能比宏观环境好或差,如外壳、加热、通风或灰尘会影响微观环境。

注:就污染而言,符合 GB 4208 规定等级的外壳已提供防护,不再需要改善微观环境。

4.2 电压及其额定值

4.2.1 概 述

确认电位悬浮部分的工作电压时,需考虑最恶劣的情况,通常认为其接地或与其他部分相连。

建议高压系统中避免出现电位悬浮部分。

第 4.2 条中的电压指特定应用时规定的需求电压,与制造商对产品规定的额定电压不同。

电路中的每个部分都定义了额定电压。

4.2.2 额定绝缘电压

一个部分的额定绝缘电压不应低于该部分的最高工作电压或其邻近部分产生的最高工作电压。

对作用时间小于 5 min 的电压应力(如 IEC 60850 对 U_{max2} 的定义)应逐个加以考虑,尤其应注意电压应力作用的时间间隔。

4.2.3 额定冲击电压

4.2.3.1 概 述

一个部分的额定冲击电压最小值由方法 1 或方法 2 确定。

在内在控制中宜采用方法 1。

在保护控制中可采用方法 1 或方法 2。

4.2.3.2 方 法 1

方法 1 基于额定绝缘电压和过电压类别。

轨道交通应用中额定绝缘电压与标称电压通常的关系见规范性附录 D 的表 D.1。

方法 1 使用四种过电压类别来表征设备的过电压。

——OV1: 电路中具有内部和外部过电压保护, 由于以下原因只能出现非常低的过电压:

- 不直接与接触网相连;
- 在户内运行;
- 位于一个设备或装置的内部。

——OV2: 线路条件与 OV1 相同, 但过电压条件更恶劣, 且(或)对安全性、可靠性要求更高。

——OV3: 线路条件与 OV4 相同, 但是过电压条件没那么恶劣, 且(或)对安全性、可靠性要求较低。

——OV4: 电路没有外部或内部过电压保护(如直接与接触网或户外线相连), 可能承受雷电过电压或操作过电压。

更详细的应用说明见第 8 章。

方法 1 中部分的额定冲击电压最小值按以下方法确定:

——对于非接触网直接供电的低压电路, 其额定冲击电压见表 A.1;

——对于接触网直接供电的电路和热力电传动机车车辆的牵引主电路, 其额定冲击电压见表 A.2。

当电路具有特定的过电压保护时, 过电压类别的选择与保持装置有关。

4.2.3.3 方法 2

方法 2 中一个部分的额定冲击电压不应低于该部分的工作峰值电压或其邻近部分产生的工作峰值电压。

4.2.3.4 意外情况

无论采用哪种方法确定额定冲击电压时, 都没有考虑意外情况。

4.3 承受电压应力的时间

就爬电距离而言, 电压应力作用的时间会影响干燥时发生表面闪络的数目, 干燥时发生表面闪络事故会引起表面放电, 其能量足以引起电痕化, 这类事故足够多时会在以下条件下产生电痕化:

- 预期持续使用且内部产生的热量不足以使其绝缘表面干燥的设备内;
- 直接由低压电网供电的开关输入侧的设备内及该开关的进线端和负载端(输入和输出)之间;
- 长期承受凝露和频繁通断操作的设备内。

对长时间承受持续电压应力的绝缘, 按表 A.5、表 A.6、表 A.7 确定其爬电距离。

4.4 污 染

微观环境决定了污染对绝缘的影响, 然而在考虑微观环境时也必须注意宏观环境。

通过有效使用外壳、封装或密封的方式可减小对绝缘的污染, 但当设备遭受凝露或正常运行时自身产生污染, 则这些减小污染的措施可能无效。

固体颗粒、尘埃和水能将小的电气间隙完全桥接, 因此当微观环境存在污染时应规定最小电气间隙。

注 1: 在潮湿情况下污染会具有导电性, 由污水、煤灰、金属尘埃或碳尘埃产生的污染本身就具有导电性。

注 2: 由电离气体和金属性沉积物产生的导电性污染只在特定情况下发生, 如开关设备或控制设备的灭弧室内, 这种情况不包含在本部分范围内。

为了确定爬电距离和电气间隙, 把污染分为 PD1、PD2、…、PD4B 等 7 个等级, 见表 A.4。

注 3: 7 个污染等级来源于 IEC 60664-1、IEC 60815 和 IEC 60077-1, 但部分定义不完全相同, 主要原因在于为了适应轨道交通应用, 需将 IEC 60664-1 和 IEC 60077-1 的 PD4 拆分为本部分的 PD3A、PD4、PD4A 和 PD4B, 而当污染等级完全相同时, 本部分的定义与 IEC 60077-1 的一致。

这种分类只考虑了微观环境条件, 然而不能忽略宏观环境条件, 附录 E 给出了在实际应用中如何确定相应 PD 等级的指南。

4.5 绝缘材料

4.5.1 概 述

外部的高压绝缘子应满足其相应的产品标准,无需符合本部分。

4.5.2 相比电痕化指数(CTI)

4.5.2.1 由于污染后的表面干燥使表面泄漏电流中断而产生闪络时,在闪络过程中集中释放的能量使绝缘材料受到损伤,绝缘材料的特性可根据损伤程度大致显现出来。绝缘材料在闪络时会出现以下变化:

- 绝缘材料分解;
- 由于放电作用导致的绝缘材料损蚀(电腐蚀);
- 固体绝缘材料表面由于电气应力和表面电解质污染的综合作用,而逐渐形成导电通道(电痕化)。

注1:以下情况会出现电痕化或腐蚀:

- 承载表面泄漏电流的液膜破裂时;
- 施加的电压足以击穿液膜破裂时形成的微小间隙;
- 表面泄漏电流超过了极限值,提供了足够的能量,在热作用下将液膜附近的绝缘材料局部分解。

注2:绝缘的恶化随着流过电流的时间增大而加剧。

4.5.2.2 根据4.5.2.1无法对绝缘材料进行分类,绝缘材料在各种污染和电压条件下的性能非常复杂,在这些条件下许多绝缘材料可能呈现两种甚至三种上述特征。绝缘材料与4.5.2.3的绝缘材料组别并无直接关系,然而经验和试验表明,具有相对较高性能的绝缘材料的排列也与相比电痕化指数(CTI)相应等级的排列大致相同,所以本部分使用CTI值对绝缘材料进行分类。

4.5.2.3 根据IEC 60112定义的CTI值或IEC 60587试验确定的级别,绝缘材料分为四组:

材料组别 I	$600 \leq \text{CTI}$ ……………或 1A4.5 级
材料组别 II	$400 \leq \text{CTI} < 600$ ……………或 1A3.5 级
材料组别 III a	$175 \leq \text{CTI} < 400$ ……………或 1A2.5 级
材料组别 III b	$100 \leq \text{CTI} < 175$ ……………或 1A0 级

以上CTI值是按IEC 60112采用方法A在规定样品上通过试验获得的数值。

注1:也可采用耐电痕化指数(PTI)来确定材料的电痕化特性,该材料可属于上述四组材料的某一组,前提是按IEC 60112采用方法A得到的PTI值应大于或等于规定材料组的下限值。

注2:CTI值和级别之间的等效性还没有得到验证。

5 电气间隙的要求和尺寸确定规则

5.1 概 述

考虑在设备全寿命周期内所有影响绝缘破坏的因素,电气间隙的尺寸应以能承受5.2提到的电压来确定。

电气间隙的正确测量方法见第7章要求。

5.2 最小电气间隙

5.2.1 功能绝缘

功能绝缘的最小电气间隙基于额定冲击电压,其值见表A.3。

可采用更小的值,尤其是在均匀电场下,但减小后的电气间隙应能承受规定的额定冲击电压 U_{Ni} 。应通过试验来验证电气间隙是否符合要求,试验电压等于表A.8中的 U_i 或 U_{ac} 或 U_{dc} ,隔离距离为表A.3规定的最小电气间隙。

5.2.2 基本绝缘和附加绝缘

基本绝缘和附加绝缘的最小电气间隙基于额定冲击电压,其值见表A.3。

不允许采用更小的值。

5.2.3 加强绝缘

确定加强绝缘的尺寸时,可采用 5.2.2 并作以下修改:其额定冲击电压为基本绝缘额定冲击电压的 160%。

不允许采用更小的值。

5.3 意外情况

根据 IEC 62236 要求进行的 EMC 试验所确定的 U_{Ni} 值可能更高。

此外,考虑以下情况时可能需要更大的电气间隙:

- 大气条件、特殊的污染风险、高湿度;
- 电离环境;
- 安装条件;
- 连接;
- 人身安全;
- 生产或维修中的变更;
- 使用过程中的老化;
- 失效情况或其他意外情况;
- 运动条件、机电应力;
- 如果必要,应考虑海拔;
- 细菌、生物和化学物质;
- 毛刺(金属表面冒出的发状金属物体);
- 其他。

6 爬电距离的尺寸确定规则

6.1 概 述

考虑在设备全寿命周期内所有影响长期绝缘的因素,爬电距离应以能承受 6.2 提到的电压来确定,可能影响绝缘的因素见第 4 章。

机车车辆电流在轨旁电缆中产生的感应电压也属于影响因素。

爬电距离的正确测量方法见第 7 章要求。

最小爬电距离不应小于表 A.3 给出的最小电气间隙。

表 A.5 和表 A.6 的值不适用于在绝缘距离内多种绝缘材料的组合使用,当出现串联的电气间隙和爬电距离组合不够时,应增大其中一项的值以满足 5.2 或 6.2 的要求。

可通过在绝缘材料表面增加筋或槽来阻断导电通道,表面的筋、槽、裙边或防护罩可保护绝缘免受污染和堆积。应避免在导体(如电极)的垂直方向设置接缝、槽或刻痕,因为这样会积聚污物或由于毛细作用而积水。

注:对于在潮湿环境下承受电压峰值的距离不超过 2 mm 时,参见 IEC 60664-5。

6.2 最小爬电距离

6.2.1 功能绝缘、基本绝缘和附加绝缘

最小爬电距离基于额定绝缘电压(U_{Nm}),见表 A.5、表 A.6 和表 A.7。

6.2.2 加强绝缘

确定加强绝缘的最小爬电距离时,取基本绝缘最小爬电距离的 2 倍。

7 试验和测量

7.1 概 述

本章是对第 5 章、第 6 章要求的验证。

设备的型式试验和例行试验见附录 B。

如有要求,应根据 7.2 在有代表性的部位测量电气间隙和爬电距离。

如果功能绝缘实际的电气间隙小于第 5 章规定的值,或无法测量,应在相关电气部件干净的有代表性的部位上进行介电试验,介电试验按 7.3、7.4 或 7.5 进行。

介电试验应按表 A.8 中的值进行,该电压值基于表 A.3 要求的距离。

首选的介电试验为 7.3 所述的冲击电压试验。

电气间隙也可通过 7.4 所述的工频电压试验或 7.5 所述的直流电压试验来验证。

当电气间隙之间跨接有电容时应优选直流电压试验。

注 1:由于施加的交流或直流电压持续时间远远超过冲击电压持续的时间,固体绝缘承受了更高的电压应力,因此绝缘可能受到试验的破坏,当产品标准需要高的交流或直流电压试验时应考虑这点。

注 2:对于设置有浪涌抑制器的设备,对有浪涌抑制器电路进行耐受电压试验时,必要时宜将浪涌抑制器与电路分开,如果不能分开,应由供应方和采购方商定试验方法。

试验电压应仅被施加在需要验证电气间隙的那部分上。

只有那些具有相同电压和污染要求的部分才可与试验电压源相连。

爬电距离只能通过测量来验证。

7.2 爬电距离和电气间隙的测量

7.2.1 方法和数值

第 5 章、第 6 章分别定义了电气间隙和爬电距离。

爬电距离和电气间隙的测量方法见附录 C。

7.2.2 验收准则

不应比第 5 章、第 6 章规定的值小。

7.3 通过冲击电压试验验证电气间隙

7.3.1 方法和数值

在每个极性上施加 $1.2/50 \mu\text{s}$ 冲击试验电压 3 次,最小间隙时间为 1 s。

试验电压等于表 A.8 中的 U_i ,按第 5 章确定的电气间隙来选择。

注:本部分没有考虑自愈式绝缘和非自愈式绝缘的区别,它们之间的区别在产品(绝缘子等)标准中另有说明。

7.3.2 试验验收准则

如果试验电压没有突降,则试验通过。

7.4 通过工频电压试验验证电气间隙

7.4.1 方法和数值

按 IEC 60060—1 进行该项试验。

试验电压等于表 A.8 中的 U_w ,按第 5 章确定的电气间隙来选择。

试验电压的频率为 $(50 \pm 5) \text{ Hz}$ 或 $(60 \pm 6) \text{ Hz}$ 。

试验电压值应在 5 s 内达到,并保持 5 s。

7.4.2 试验验收准则

如果试验电压没有突降,则试验通过。

7.5 通过直流电压试验验证电气间隙

7.5.1 方法和数值

试验电压等于表 A.8 中的 U_{dc} ,按第 5 章确定的电气间隙来选择。

试验电压值应在 5 s 内达到,并保持 5 s。

纹波因数应不超过三相桥的规定值(4.2%)。

7.5.2 试验验收准则

如果试验电压没有突降,则试验通过。

8 轨道交通中的特殊要求

8.1 概 述

众所周知,如果设备应用于受限制的领域,由于技术或经济原因,要求可能会更加特殊,有些甚至超出第4~7章规定的通用要求。

8.2 信号设备的特殊要求

8.2.1 过电压类别

除了4.2.3.2提到的过电压规定方法外,以下内容也可作为定义信号设备过电压类别的导则:

——OV1:

举例:

- 数据线;
- 不与配电系统相连的电路;
- 带屏蔽的电路;
- 户内运行的电路。

——OV2:

具有正常瞬时过电压的电路或具有一般可用性要求的电路。

举例:

- 设备的交流230 V原边电路;
- 室内供电电路。

——OV3:

具有较高可用性要求的电路。

举例:

- 地面配电系统;
- 具有额外保护的户外线路。

——OV4:

举例:仅具有内在保护的户外线路。

8.2.2 额定冲击电压

8.2.2.1 概 述

当没有规定额定冲击电压时,应根据8.2.2.2和8.2.2.3来确定电气间隙。

注:由于失效的远程设备更难以被发现,考虑可靠性原因,8.2.2.2的值要大于8.2.2.3的值。

8.2.2.2 户外设备

安装在轨旁地下或近地处没有额外过电压保护的设备,按 $U_{Ni}=3\ 100\text{ V}$ 确定电路基本绝缘的电气间隙。

8.2.2.3 户内设备

与户外电路没有电气隔离且不带额外过电压保护的设备,按 $U_{Ni}=2\ 200\text{ V}$ 确定电路基本绝缘的电气间隙。

8.2.3 感应电压

牵引电流或接触网短路会在轨旁电缆中产生影响绝缘的感应电压,因此在确定电气间隙和爬电距离时应考虑这些因素,铁路运营商或电网运营商应规定系统预计出现的最高电压、频率、持续时间和电压波形。

对于与户外电路有电气隔离的电路,以及安装在电气化轨道旁由交流系统供电的电路,在确定绝缘尺寸时,除非另有规定,应考虑带电部分与地之间存在250 V的持续电压,此感应电压的频率与交流供电系统相同。

8.2.4 安装指南

在安装手册中,生产商应说明设备接口的以下运行条件:

- 额定电压或额定电压范围;
- 额定冲击电压或过电压类别;
- 承受因牵引电流产生的感应电压的能力。

8.2.5 污染等级

户内设备的绝缘尺寸按 PD1 确定,户外设备的绝缘尺寸按 PD3 确定。

8.3 机车车辆的特殊要求

8.3.1 按方法 1 确定 U_{Ni}

在 4.2.3.2 给出的过电压规定方法的基础之上,以下内容可作为确定机车车辆过电压类别的导则:

- OV2:不直接与接触网相连的电路,及有过电压保护的电路;
- OV3:直接与接触网相连的电路,但有过电压保护,且不受大气过电压的影响;
- 只有限制过电压的保护器件,没有进一步保护装置的牵引主电路属于 OV3;
- 除非非常清楚浪涌电压的等级,有额外的滤波器保护或有内在保护(如半导体器件)的牵引主电路都属于 OV2;
- OV1 适用于通过电气隔离、几个连续的滤波器或类似部件与高压电路隔离的低压电路。

注:机车车辆通常装有浪涌保护器件,以达到一定的保护等级,该保护等级的数值 U_{Ni} 由其特性确定。

8.3.2 爬电距离

机车车辆设备只考虑 PD1 ~ PD4。

U_{Nm} 大于 1 000 V 时,如果采用润滑或清洁绝缘表面的减污措施,最小爬电距离可限定为 20 mm/kV。

8.3.3 车顶设备

除非在相应的产品标准中另有规定,应符合本部分的要求。

考虑到大面积导电的水平面会产生污染堆积的特殊情况,可增加爬电距离。

8.4 地面装置的特殊要求

8.4.1 按方法 1 确定额定冲击电压 U_{Ni}

8.4.1.1 概述

在 4.2.3.2 给出的过电压规定方法基础之上,以下内容可作为确定地面装置过电压类别的导则:

8.4.1.2 OV2、OV3 定义和 PD 选择

OV2 和 OV3 指下列情况:直接与接触网相连的设备,具有中等程度的雷电风险或具有一定的保护(内在的或没有),如线路断路器和隔离开关。

敞开条件下,变电站的户外或户内器件可按 PD4 或由产品标准规定。

为安全起见,开关电器在其断开触头间打算提供隔离断口(IEC 61992-1:2006 中 3.1.5)时,其额定冲击电压应增加 10% ~ 25%。断开触头间的最小电气间隙应相应增加。

8.4.1.3 架空线

架空线可看做内在控制的一种情况,额定绝缘等级根据统计和风险确定。

因此,额定冲击电压应在表 A.2 中给出的优选值中选取,而不管与该表中给出的绝缘电压和过电压等级是否一致。

表 A.3 基于电极最恶劣的介电条件,由于架空线具有不同的使用条件,其结果是根据额定冲击电压 U_{Ni} 大于 95 kV,现有标准或规定(如 EN 50119)给出的不同电气间隙都是允许的。

8.4.2 户外绝缘子的爬电距离

对于地面装置中的户外绝缘子,其绝缘性能受周围大气条件的影响,应作为特例考虑,其爬电距离

与额定绝缘电压的关系如下所示:

- 正常使用条件:24 mm/kV ~ 33 mm/kV;
- 不利的使用条件:36 mm/kV ~ 40 mm/kV;
- 极端不利的使用条件: >48 mm/kV。

注1:正常使用条件指具有低工业污染、低人口密度、没有热力发动机的环境。

注2:不利的使用条件指具有高工业污染和工业废气、高人口密度、混合的铁路运行、公路交通和多雾的环境。

注3:极端不利使用条件指具有大型电厂、化工厂、冶炼厂和沿海多雾的环境。

注4:在供应方与采购方达成协议或产品标准有规定的情况下,可适当减小电气间隙和爬电距离。

附录 A
(规范性附录)
表

表 A.1 非接触网直接供电的低压电路的额定冲击电压 U_{Ni} (不适用于方法 2)

供电系统的标称电压 U_n V		交、直流额定 绝缘电压 U_{Nm} V	额定冲击电压 U_{Ni} kV			
三相	单相		OV1	OV2	OV3	OV4
		≤50	0.33	0.5	0.8	1.5
		≤100	0.5	0.8	1.5	2.5
	100 100-200 120-240	≤150	0.8	1.5	2.5	4.0
200 200/380 230/400 254/440 277/480	220	≤300	1.5	2.5	4.0	6.0
400/690		≤600	2.5	4.0	6.0	8.0
1 000		≤1 000	4.0	6.0	8.0	12.0
注 1:第 1 列标记“/”表示三相四线制配电系统,较低值为相电压,较高值为线电压。如果只有一个值则表示三相线电压或单相电压。 注 2:第 2 列标记“-”表示单相三线配电系统,较低值为相电压,较高值为线电压,如果只有一个值则表示为单相两线配电系统的线电压。 注 3:三相设备的额定绝缘电压指相电压。 注 4:国家标准可规定 U_{Ni} 的最小值。 注 5:4.2.3.2 引用了本表。						

表 A.2 接触网直接供电的电路或热力电传动车辆的牵引电路的额定冲击电压 U_{Ni} (不适用于方法 2)

单位为千伏

交、直流额定绝缘电压 U_{Nm}	额定冲击电压 U_{Ni}			
≤	OV1	OV2	OV3	OV4
0.9	4	5	6	8
1.2	5	6	8	12
1.8	6	8	10	15
2.3	8	10	12	18
3	10	12	15	20
3.7 ^a /3.6 ^b	12	15	20 ^a /25 ^b	30
4.8	15	18	25 ^a /30 ^b	40
6.5	20	25	30 ^a /40 ^b	50
8.3	25	30	35 ^a /45 ^b	60 ^a

表 A. 2(续)

交、直流额定绝缘电压 U_{Nm}	额定冲击电压 U_{Ni}			
10	30	35		
17.25 ^a			75	95
17.25 ^{a,c}			95	125
17.25 ^b			95	125
17.25 ^{b,c}			145	170
24			125	145
27.5 ^a			125	170
27.5 ^b			170	200
27.5 ^{b,c} (36/52)			200/250	250/325
30 ^d			170	200
注1:如果设备应用于符合 IEC 60071—1 的标准三相交流系统(24/36/52 kV),器件选型应满足 U_{Ni} 和 U_a 要求,其中 U_a 只与地面装置有关(见表 B.1)。 注2:4.2.3.2 和 8.4.1 引用了本表。 注3:U_a and U_{Nm} 的关系见附录 D。				
^a只适用于机车车辆。 ^b只适用于地面装置。 ^c对于开关设备等特殊应用(见 F.2.9)或采购商在合同前已有规定,应采用更高的值。 ^d见 IEC 60850:2007 中表 1 关于标称电压 25 kV 的脚注 i。				

表 A. 3 基于额定冲击电压的空气中最小电气间隙

单位为毫米

U_{Ni} kV	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
0.33	0.01	0.20	0.80	1.60	5.50		
0.5	0.04	0.20	0.80	1.60	5.50		
0.8	0.10	0.20	0.80	1.60	5.50		
1.5	0.50	0.50	0.80	1.60	5.50		
2.5	1.50	1.50	1.50	1.60	5.50		
3	2				5.5		
3.5	2.5				6.2		
4	3				7.0		
4.5	3.5				8.0		
5	4				8.5		
6	5.5				10	18	20
8	8				14	21	23
10	11				18	23	26
12	14				22	27	30
15	18				27	33	37
18	22				32	39	43

表 A.3(续)

U_{Ni} kV	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
20	25				36	43	48
25	33				45	53	58
30	40				54	63	68
40	60				72	82	87
50	75				91	101	106
60	90				110	120	125
75	120				135	145	150
95	160				175	180	185
125	210				230	235	235
145	260				265	270	270
170	310				310	310	310
200	370				370	370	370
250	480				480	480	480
325	600				600	600	600

注 1:对于接触网,见 8.4.1.3。

注 2: U_{Ni} 定义见 3.4.7;PD1……PD4B 定义见 4.4、表 A.4 和附录 E。

注 3:如果本表应用于机车车辆的车顶设备,见 8.3.3。

注 4:本表相邻数值之间允许线性插值,但第 1 列的数值为优选值(见 4.1.2.3)。

注 5:4.1.2.3、5.2.1、5.2.2、6.1、7.1、8.4.1.3、表 A.7 和 B.2.1 引用了本表。

表 A.4 污染等级的定义

	积 尘	湿 度
PD1	—无污染 —不导电 —防护良好	—干燥 —无凝露
PD2	—不导电 —有防护 —由凝露产生的短时导电性	—偶然、短时凝露
PD3	—由凝露产生的低导电性	—频繁凝露
PD3A	—低导电性	—潮湿 —长时凝露
PD4	—有定期清洁的偶发性导电	—雨、雪、冰、雾
PD4A ^a	—严重污染导致的偶发性导电	—雨、雪、冰、雾
PD4B ^b	—极严重污染导致的偶发性污染导电	—雨、雪、冰、雾
4.4和表A.3引用了本表。		
^a 适用于地面装置和轨旁设备,如信号设备。 ^b 只适用于对地面装置。		

表 A.5 印制电路材料及相关部件基于额定绝缘电压 U_{Nm} (不超过 1 000 V) 的最小爬电距离

单位为毫米

U_{Nm} V	PD1	PD2
	材料组别 I - II - III a - III b	材料组别 I - II - III a
≤50	0.025	0.040
63	0.040	0.063
80	0.063	0.100
100	0.10	0.16
125	0.16	0.25
160	0.25	0.40
200	0.40	0.63
250	0.56	1.00
320	0.75	1.60
400	1.00	2.00
500	1.30	2.50
630	1.80	3.20
800	2.40	4.00
1 000	3.20	5.00

注 1: U_{Nm} 的定义见 3.4.4。
注 2: 允许在本表的相邻数值间线性插值。
注 3: 4.3.6.1 和 6.2.1 引用了本表。

表 A.6 除印制电路材料以外的其他材料基于额定绝缘电压 U_{Nm} 的最小爬电距离

单位为毫米

U_{Nm} V	PD1	PD2			PD3			PD3A 和 PD4		
	材料组别	材料组别			材料组别			材料组别		
	I - II - III a - III b	I	II	III	I	II	III	I	II	III
10	0.080	0.40			1.0			1.6		
12.5	0.090	0.42			1.05			1.6		
16	0.100	0.45			1.1			1.6		
20	0.110	0.48			1.2			1.6		
25	0.125	0.50			1.25			1.7		
32	0.140	0.53			1.3			1.8		
40	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	2.4	3.0
50	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0	2.5	3.2
63	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2.0	2.1	2.6	3.4
80	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1	2.2	2.8	3.6
100	0.25	0.71	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2	2.4	3.0	3.8
125	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4	2.5	3.2	4.0

表 A. 6(续)

U_{Nm} V	PD1	PD2			PD3			PD3A 和 PD4		
	材料组别	材料组别			材料组别			材料组别		
	I - II - III a - III b	I	II	III	I	II	III	I	II	III
160	0.32	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5	3.2	4.0	5.0
200	0.42	1.0	1.4	2.0	2.5	2.8	3.2	4.0	5.0	6.3
250	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0	5.0	6.3	8.0
320	0.75	1.6	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0	6.3	8.0	10
400	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3	8.0	10	12.5
500	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0	10	12.5	16
630	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10	12.5	16	20
800	2.4	4.0	5.6	8.0	10	11	12.5	16	20	25
1 000	3.2	5.0	7.1	10	12.5	14	16	20	25	32

注 1:允许在本表的相邻数值间线性插值。
注 2:4.3、6.1 和 6.2.1 引用了本表。

表 A. 7 额定绝缘电压 U_{Nm} 较高时的最小爬电距离

单位为毫米每千伏

材料组别	> 1 000 V					> 500 V	
	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
I	3.2	5	12.5	20	25	30	40
II	4	7.1	14	25	30	40	50
III A	6	10	16	32	不推荐		
III B	不推荐						

注 1:对于机车车辆,见 8.3.2 和 8.3.3。

注 2:最小爬电距离应不小于表 A.3 中规定的最小电气间隙。

注 3:4.3 和 6.2.1 引用了本表。

表 A. 8 海拔为 2 000 m 时用于验证空气中电气间隙的试验电压

(不适用于例行介电试验)

单位为千伏

距离 mm	U_i	U_{ac}	U_{dc}
0.01	0.33	0.23	0.33
0.04	0.52	0.37	0.52
0.1	0.81	0.5	0.7
0.5	1.55	0.84	1.19
1.5	2.56	1.39	1.97
2	3.1	1.69	2.39
2.5	3.6	1.96	2.77
3	4.06	2.21	3.13

表 A. 8(续)

距离 mm	U_i	U_{ac}	U_{dc}
3.5	4.51	2.45	3.47
4.5	5.33	2.9	4.1
5.5	6.09	3.32	4.69
8	7.82	4.26	6.02
11	9.95	5.4	7.63
14	12.2	6.61	9.35
18	15.1	8.17	11.6
22	17.8	9.68	13.7
25	19.9	10.8	15.3
32	24.5	13.3	18.8
40	29.5	16	22.7
60	41.6	22.6	31.9
90	58.5	31.7	44.9
120	74.6	40.5	57.2
160	95	51.5	72.9
260	143	77.6	110
310	166	90	127
370	193	104	148
480	240	130	184
600	289	157	222

注 1: U_i 为 1.2/50 冲击试验电压的峰值;

U_{ac} 为工频试验电压的有效值;

U_{dc} 为直流试验电压值。

注 2: 允许在本表的相邻数值间线性插值(试验电压对数值作为电气间隙对数值的函数线性插值)。

注 3: 5.2.1、7.1、7.3.1、7.4.1、7.5.1 引用了本表。

附录 B

(规范性附录)

设备的型式及例行介电试验条款

注:第1章及第7章引用了本附录。

B.1 总 则

除非在其他应用产品标准中另有规定,应按以下方法进行试验。

产品标准所要求的介电试验可与本部分第7章的要求不同,且不能替代。产品标准应考虑污染条件,否则交流电压试验和直流电压试验应分别参考 IEC 60507 和 IEC 61245 进行。

B.2 试 验

B.2.1 概 述

除非另有说明或双方达成一致,此处所规定的试验应在处于干净条件下的新设备上进行。

产品标准可能比本部分规定的试验要求更加特殊,尤其是可规定在污染环境下进行试验。

B.2.3 和 B.2.4 所规定的试验可任选其一。

进行介电试验时,将要求的试验电压加在电路(或带电部分)与其他电路、大地、不带电的金属、金属制品之间,为了便于进行试验,可将其他电路、大地、不带电的金属、金属制品全部短接。

在设备的外部端子处进行介电试验时,试验电压为从外部电源看过去的设备总绝缘的试验值。

介电试验应根据 IEC 60060-1 及相关产品文件执行。

试验过程中,不允许有闪络、内部(穿孔)或外部(爬电)绝缘击穿或任何其他破坏性的放电现象,辉光放电可忽略不计。

B.2.2 冲击电压试验

冲击电压试验通常为型式试验。

试验电压应等于第4章规定的额定冲击电压 U_{Ni} ,且应是表 A.3 第1列的某个优选值。

B.2.3 短时工频电压试验

短时工频电压试验通常为例行试验。

试验电压 U_a 应根据表 B.1 中 U_{Ni} 选取。

注1:事实表明,在大多数过电压很高的轨道交通应用中,介电试验电压与 U_{Nm} 无关,所以 U_a 应从 U_{Ni} 而不是 U_{Nm} 导出。

除非产品标准另有规定,试验电压应在 5 s 内达到规定值,并且至少保持 10 s。

注2:有关 1 min 工频耐压试验参见 GB/T 21413.1—2008。

B.2.4 直流电压试验

直流电压试验是相对工频试验而言,试验电压的峰值(考虑纹波)应等于相应交流电压的峰值。

表 B.1 设备的介电试验—基于额定冲击电压 U_{Ni} (kV) 的短时工频(交流)试验电压(kVrms)

单位为千伏

额定冲击电压 U_{Ni}	试验电压 U_a	额定冲击电压 U_{Ni}	试验电压 U_a
0.33	0.2	0.8	0.42
0.5	0.3	1.5	0.7

表 B.1(续)

额定冲击电压 U_{Ni}	试验电压 U_s	额定冲击电压 U_{Ni}	试验电压 U_s
2.5	1.2	30	14
3	1.4	35	17
3.5	1.6	40	18.5
4	1.9	50	23
4.5	2	60	27.5
5	2.3	75	34.5
6	2.8	95	44
8	3.6	125	50
10	4.6	145	70
12	5.5	170	80
15	6.9	200	95
18	8.3	250	95
20	9.2	325	140
25	11.5		

附 录 C
(规范性附录)

电气间隙与爬电距离的测量方法

注:7.2.1 引用了本附录。

示例 1 ~ 示例 11 说明了电气间隙与爬电距离的测量方法,这些示例对间隙与槽之间或各种绝缘类型之间不做区分。

上述示例中的槽宽 X 是污染等级的函数,见表 C.1。

表 C.1 槽的最小尺寸

单位为毫米

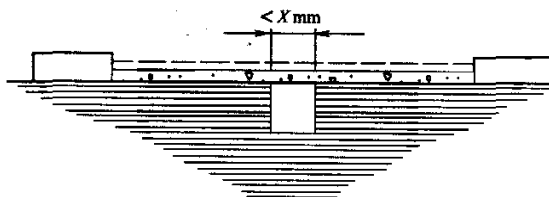
污染等级	槽宽 X 的最小值	污染等级	槽宽 X 的最小值
PD1	0.25	PD4	4
PD2	1.0	PD4A	7
PD3	1.5	PD4B	10
PD3A	2.5		

如果相关电气间隙小于 3 mm,最小槽宽可减小至电气间隙的 1/3。

作以下假设:

- 假定每个凹槽均被处于最不利位置且长度等于规定宽度 X 的绝缘链桥接(见示例 3);
- 跨过槽的距离等于或大于规定的宽度 X 时,爬电距离沿槽的轮廓线测量(见示例 2);
- 部件之间存在相对运动时,爬电距离和电气间隙在这些部件处于最不利的位置时进行测量。

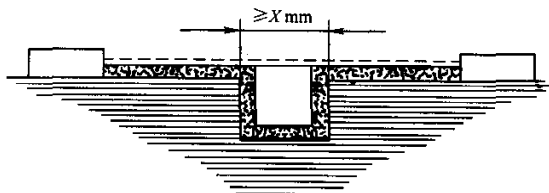
示例 1:



条件:爬电路径包括一个任意深度且宽度小于 X mm 的平行槽或收敛(V形)槽。

规则:如图所示,爬电距离与电气间隙直接跨过槽测量。

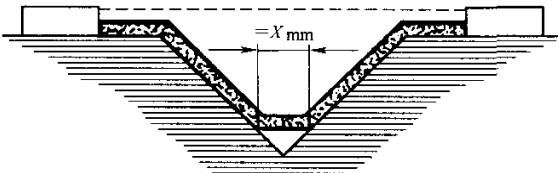
示例 2:



条件:路径包括一个任意深度且宽度等于或大于 X mm 的平行槽。

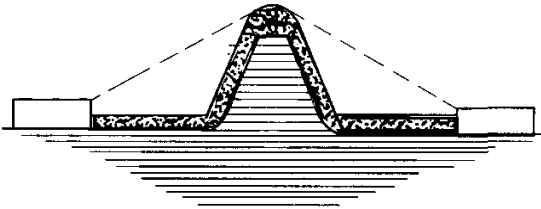
规则:电气间隙为直线距离,爬电距离为沿槽的轮廓线。

示例 3:



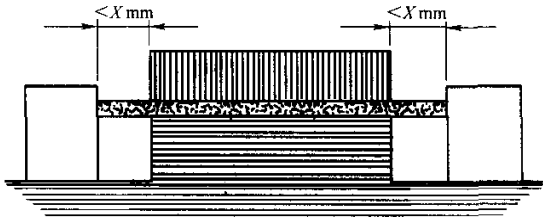
条件:路径包括一个 V 字形的槽,宽度大于 $X\text{ mm}$ 。
规则:电气间隙为直线距离,爬电距离为沿槽的轮廓线,但槽的底部被长 $X\text{ mm}$ 的链短接。

示例 4:



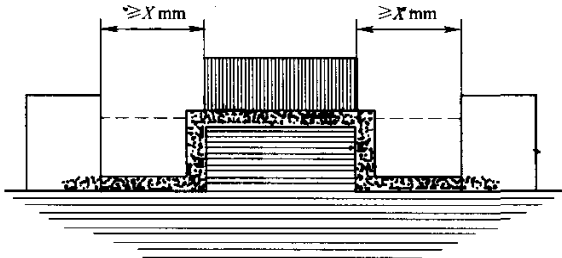
条件:路径包括一条筋。
规则:电气间隙为越过筋顶部的最短空气距离,爬电距离为沿筋的轮廓线。

示例 5:



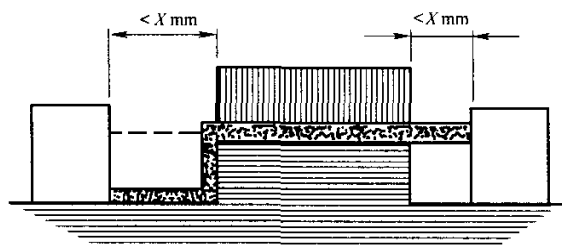
条件:路径包括一段未粘合的接缝,两端各有宽度不超过 $X\text{ mm}$ 的槽。
规则:爬电距离和电气间隙为图所示的直线距离。

示例 6:



条件:路径包括一端未粘合的接缝,两端各有宽度等于或大于 $X\text{ mm}$ 的槽。
规则:电气间隙为直线距离,爬电距离为沿槽的轮廓线。

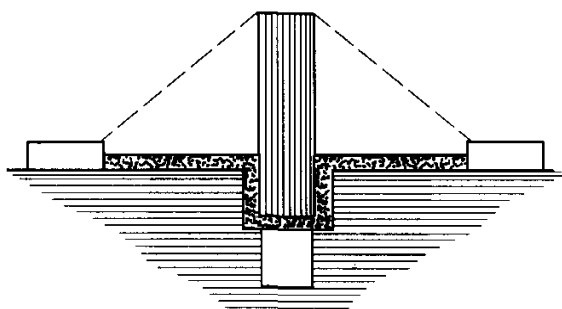
示例 7:



条件:路径包括一段未粘合的接缝,一边的槽宽小于 $X \text{ mm}$,另一边的槽宽等于或大于 $X \text{ mm}$ 。

规则:电气间隙和爬电距离如图所示。

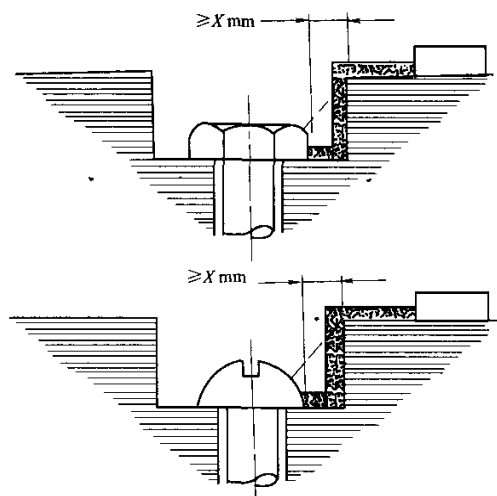
示例 8:



条件:通过一段未粘合的接缝的爬电距离小于翻越隔板的爬电距离。

规则:电气间隙为翻越隔板的最短空气距离。

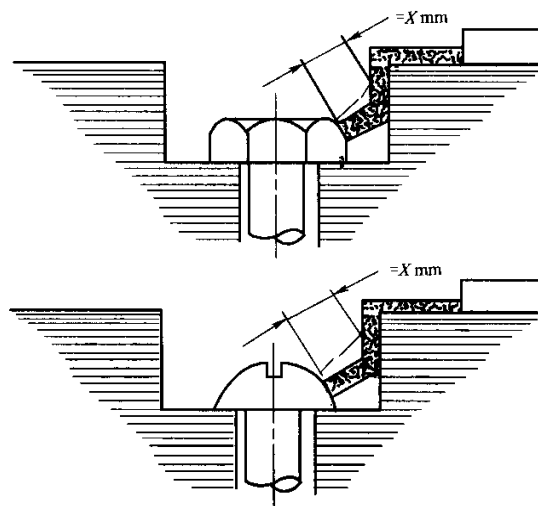
示例 9:



条件:考虑螺钉头与凹壁之间的空隙足够大。

规则:电气间隙和爬电距离如图所示。

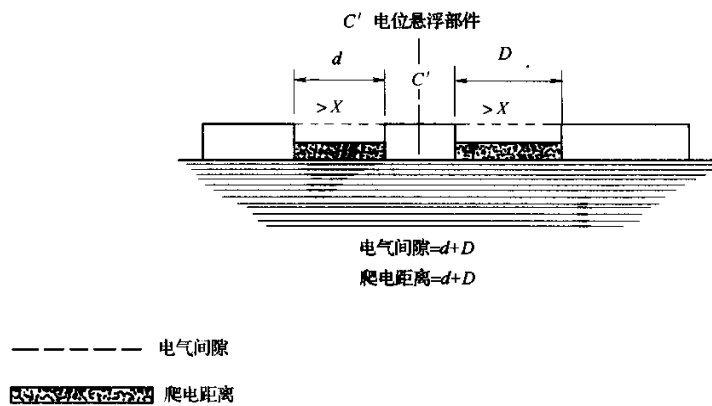
示例 10:



条件:考虑螺钉头与凹槽之间的空隙太窄。

规则:爬电距离从螺钉至与其距离等于 X mm 的内壁处测量。

示例 11:



附 录 D
(规范性附录)

标称电压 U_n 与额定绝缘电压 U_{Nm} 之间的相互关系

表 D.1 轨道交通配电系统标称电压与连接到该系统上设备的
电路要求的绝缘电压间的相互关系

标称电压 U_n			额定绝缘电压 U_{Nm} 的最小值 kV
满足 IEC 60850 的供电系统		蓄电池供电系统 V	
直 流 kV	交 流 kV		
		24/36	0.05
		48/72	0.1
		110/120	0.15
0.6			0.72
0.75			0.9
1.5			1.8
3.0			3.6
	15		17.25
	20		24
	25		27.5(36*/52*)
	25		30 ^b
注:4.2.3.2 引用了本表。			
*只适用于地面装置,对于 25 kV 交流供电系统,对于相同的 U_n, U_{Nm} 的值有不同选择(由采购方提出或由双方达成一致),取决于系统或特定电路上出现的最高非持续电压或瞬时电压。			
^b 见 IEC 60850:2007 中表 1 关于标称电压为 25 kV 的脚注 i。			

附 录 E
(资料性附录)
宏观环境条件

注:4.4 和表 A.3 引用了本附录。

表 E.1 宏观环境条件

	所处位置	通风情况	举 例
PD1	——完全密封 ——可移动设备内部 ——维护良好的户内场所 ——有空调的场所	——不通风 ——自然通风 ——户内强迫通风	——信号员的房间 ——起居室;办公室 ——信号所的计算机房
PD2	——户内场所 ——有限加热的场所 ——可移动设备内部	——自然通风 ——户内强迫通风	——司机室的控制柜和客室 ——库房、楼梯间
PD3	——户内场所 ——免受气候条件影响的户外场所	——自然通风 ——带有净化装置(过滤器)的户外强迫通风	——变电站 ——司机室 ——客室 ——机械室 ——候车大厅
PD3A	——户内场所 ——带遮蔽的户外场所,具有一定气候条件防护能力	——户外强迫通风 ——不带过滤器	——机械室 ——电缆管道 ——天线杆 ——变电站内 ——轻度污染区域的绝缘子*
PD4	——室外场所 ——车底 ——车顶		——受电弓、受电靴 ——有棚的站台 ——中度污染区域的绝缘子*
PD4A	——没有防护的户外场所		——严重污染区域的绝缘子*
PD4B	——没有防护的户外场所		——极严重污染区域的绝缘子*

*符合 IEC 60815 的规定。

附录 F

(资料性附录)

应用指南

F.1 概 述

术语“绝缘配合”说明了电气绝缘各要素(如固体/液体绝缘、电气间隙和爬电距离)之间的配合。

注:固体绝缘材料的绝缘厚度尺寸和液体绝缘材料的绝缘距离不在本部分范围内。

然而,在使用本部分确定电气间隙和爬电距离时,需作一些补充说明:附录 A 中表格的值基于 IEC 60664—1 和 IEC 60071—1,并考虑了轨道交通系统中绝缘的恶劣电气和机械条件,以及他们预期的可靠性和长寿命时间。比如电气间隙的值是根据非均一应用场合及典型的铁路污染部位,并保留了一定的安全裕量来选取,所以只要达到本标准所规定的电气间隙,没有必要进行高压试验。

当用于轨道交通的产品标准规定了试验电压和电气间隙时,建议使用产品标准中的值。根据第 1 章,可以假定产品标准中的绝缘值是从本部分导出的。

F.2 最小电气间隙和爬电距离的确定

F.2.1 部 分

实际应用确定绝缘值时,若绝缘分成几个部分,则需考虑以下因素:

- 电路中所考虑的部件是否处于相同的电气条件(工作电压、过电压类别);
- 电路中所考虑的部件是否处于相同判据的场所(污染等级、户内/户外);
- 考虑经济原因,可将绝缘再细分成几个部分(如较低电压应力区域采用较低的电压绝缘值);
- 考虑可靠性或安全性原因,可在危险区域增大绝缘值,如作为一独立的部分。

对于电位悬浮的部分,确定绝缘尺寸参数时需考虑电容效应,由于该部分与相邻部分之间存在实际或寄生的电容,导致爬电距离与电气间隙承受的持续电压超过电路标称电压,选择 U_{Nm} 和 U_{Ni} 时应考虑电容效应。

F.2.2 用方法 1 和方法 2 确定 U_{Ni}

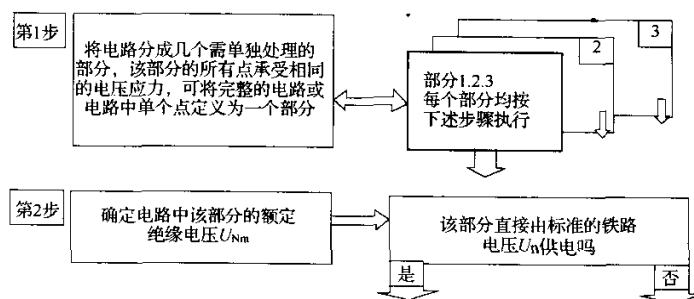
方法 1 和方法 2 用于确定电气间隙的尺寸时是等效的,因为两种方法都能得到可靠的距离。

方法 2 是确定绝缘值的一种物理方法,考虑了相应绝缘所承受的电压应力,但只有当知道预期的过电压时,该方法才适用。

如果不知道过电压,应使用方法 1。

F.2.3 如何确定最小电气间隙和爬电距离

图 F.1 所示的流程图为考虑相应的电气、环境和操作条件时确定最小电气间隙和爬电距离的流程。



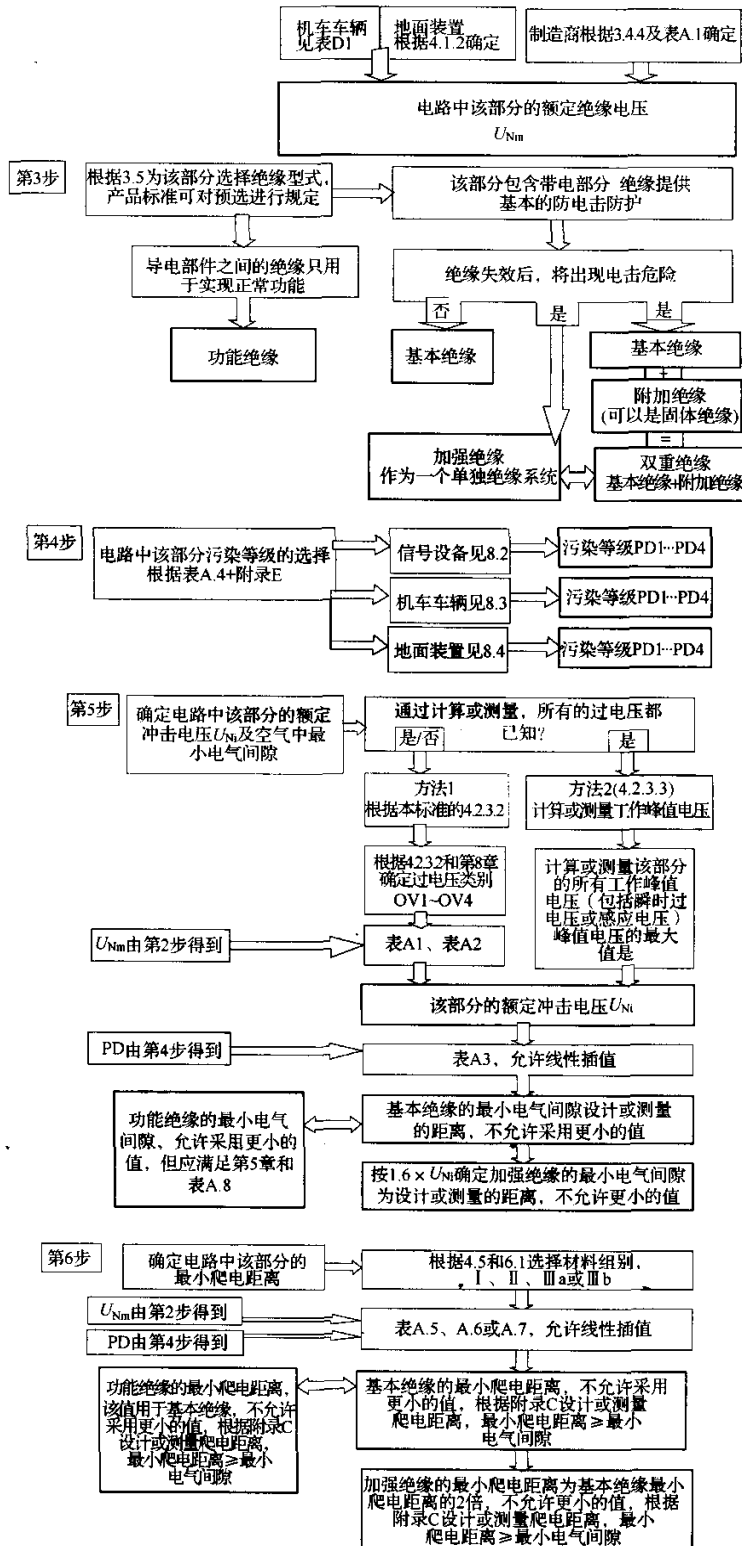


图 F.1 最小电气间隙和爬电距离的确定

F.2.4 污 染

表 A.4 和附录 E 可用于确定污染等级,用具体的数值来定义污染等级是不现实的。

GB 4208 给出的 IP 防护等级与预期的污染并无直接关系,IP 等级与防止固态物体(包括灰尘)和水(如滴水、溅水、喷水和浸水等)进入的能力有关,IP 等级规定的防护不能防止设备自己产生的污染。

污染等级 PD1 可用于温度和湿度完全可控场合下的地面装置和信号设备,机车车辆上通常没有这种条件。

表 A.3 所示在户内场所(PD1 到 PD3A),污染对大于 1.6 mm 的电气间隙没有额外的影响,相反,对于污染等级为 PD4 的机车车辆和户外设备及污染等级为 PD4A 和 PD4B 的地面装置,污染在整个电压范围内对电气间隙有显著影响,因此当根据固体颗粒的大小和污染堆积的情况来确定电气间隙时,有可能会使电气间隙减小。

特殊条件(PD4A 和 PD4B)适用于户外地面装置,因为任意特定区域总是存在污染,并且污染可能非常严重,机车车辆可能运行在污染等级不同的区域,此时应考虑平均污染等级和作用时间,地面装置可能不需要那么频繁清洁。

有关选用 PD4A 和 PD4B 的更多指南,应考虑以下基于 IEC 60815 的事项:

PD4A“严重污染条件”

- 具有高密度工业的区域和具有高密度供暖设备(这些设备会产生污染)的大城市郊区。
- 近海区域或面临强海风的区域。

PD4B“极严重污染条件”

- 经受导电灰尘和工业烟尘,形成特定厚度导电堆积物的区域(中等程度)。
- 非常靠近海岸,经受海水飞溅或非常强烈且具有污染性的海风的区域(中等程度)。
- 沙漠地方,其特点是很长时间无雨,经受携带沙子和盐分的强风,并且经常凝露。

F.2.5 爬电距离

考虑所有污染等级下的电压时,所要求的爬电距离将增加,表 A.5、表 A.6 和表 A.7 给出了基于额定绝缘电压 U_{Nm} 的值。

爬电距离不能通过电压试验来验证,原因之一是污染的影响无法模拟。产品标准可能会注明考虑污染后的试验,无论是对于功能绝缘还是基本绝缘,都不允许减小爬电距离。

F.2.6 绝 缘

F.2.6.1 绝缘类型

图 F.2 给出了绝缘类型的一个示例。

F.2.6.2 附加绝缘

附加绝缘(见 3.6.3 的定义)是一种独立的绝缘,用于在基本绝缘失效时保护使用者防止电击。附加绝缘在基本绝缘失效时承受的电压应力可与基本绝缘在正常运行条件下承受的电压应力不同。

注 1:附加绝缘可看做是一层固体绝缘。

注 2:在电气间隙不够而固体绝缘尺寸足够的组合中,可能产生局部放电。

有时仅仅是为了机械防护而非电击防护,在基本绝缘之外设置额外的绝缘,根据 3.6.3 的定义,这层额外的绝缘并非附加绝缘,如电缆的外护套。

附加绝缘用于增加绝缘的可靠性。

F.2.6.3 双重绝缘

在一个绝缘系统中,一层“基本绝缘”和一层“附加绝缘”的组合称为“双重绝缘”,但两个功能绝缘的组合不是双层绝缘。

注:制动电阻中,一个基本绝缘和一个功能绝缘的组合有时也称为“双重绝缘”,但不符合本部分定义的要求。

F.2.6.4 加强绝缘

当无法确定基本绝缘和附加绝缘的层数时,加强绝缘可等效为双重绝缘。

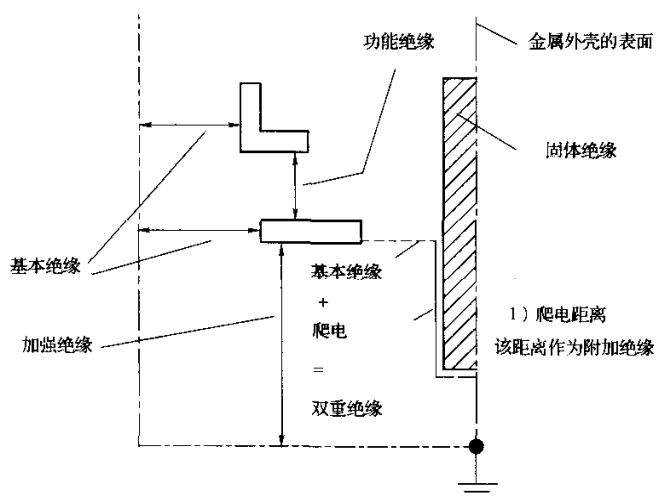


图 F.2 绝缘类型示例

注:使用加强绝缘的典型例子是与 IEC 61558 系列标准一致的安全变压器。

F.2.7 最小电气间隙和爬电距离的使用

经验表明,这些距离的值能够满足正常的轨道交通运行,保证设备具有高的可靠性。

根据本标准确定的所有电气间隙和爬电距离均为最小值,设备的设计人员可自行选用更大的距离。

注:为了提高可靠性,设计人员应根据特殊要求和使用条件增加电气间隙和爬电距离的最小值。

F.2.8 机车车辆的车顶设备

根据 IEC 61991 的规定,车辆的车顶可当作一个封闭的电气操作区,在这种特定情况下,车顶设备的绝缘可看做为功能绝缘,如果采购方和供应方达到一致,电气间隙可相应减小。

尽管如此,考虑车顶可能经受的污染等级,建议爬电距离取更大的值。

F.2.9 地面装置中开关设备的特例

见表 A.2 的脚注 C,表 A.2 给出了一般要求所需的 U_{Ni} 值和特殊要求所需更高的值。

开关设备可能需要满足一些特殊要求,如变电所的开关设备,它与标称电压超过 25 kV 的三相电网中的两相相连,在这种情况下应按更高的电压来确定开关器件的尺寸,根据 IEC 60071—1 的规定,接下来的标准值为 52 kV。

所有其他情况下 U_n 为 25 kV 时, U_{Ni} 相应的值为 27.5 kV 或 36 kV。

F.2.10 地面装置的绝缘条件(见 8.4.1.2)

用于隔离供电接触网各分段的开关器件,应增加其额定冲击电压 U_{Ni} 的值(不超过 25%)。

跨过开关电器绝缘距离的额定冲击电压具体值在相应的产品标准中规定, IEC 61992—1 适用于直流开关电器, IEC 62505 系列标准适用于交流开关器件。

F.3 示例

图 F.3 给出了各部分的一个示例,所示为一个机车供电电压监测电路。

图 F.4 所示为监测装置的示意图,用于举例确定图 F.3 中监测电路的相关电气间隙和爬电距离。

位于机车车顶的器件有以下两种供电电压:

- 交流 25 kV;
- 直流 1.5 kV。

图 F.3 中降压变压器 TF1 的最小电气间隙和爬电距离的确定见表 F.1。

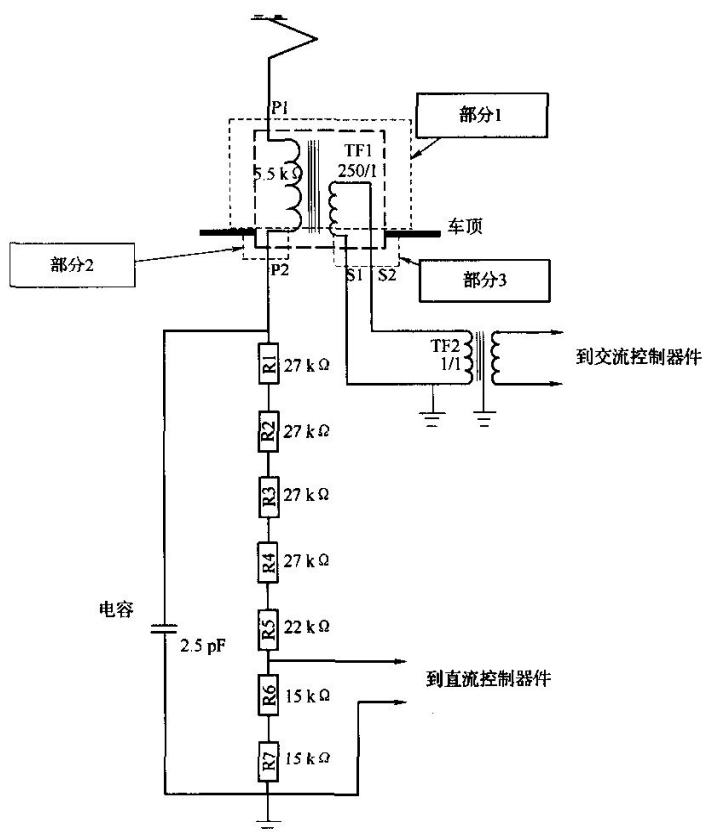


图 F.3 监测电路各部分的示例

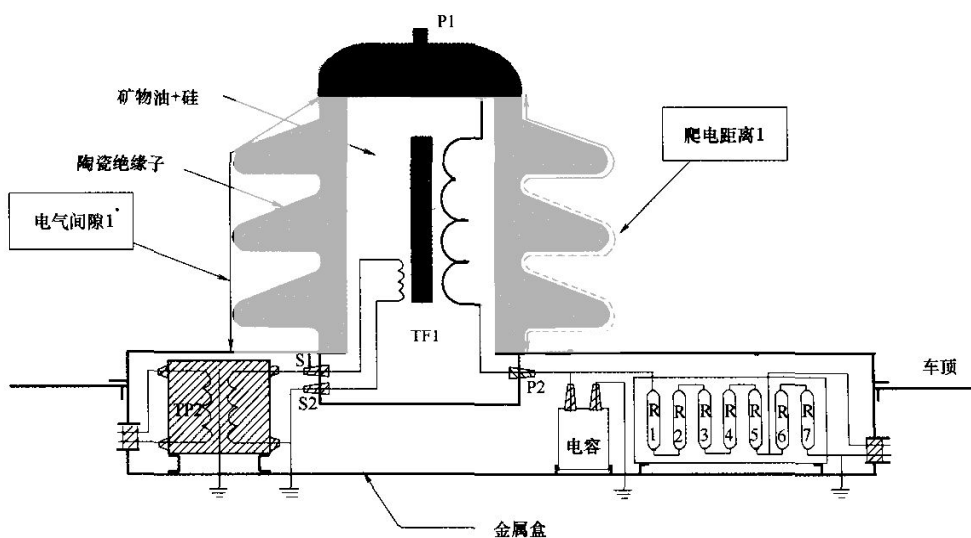


图 F.4 监测装置示意图

表 F.1 电气间隙和爬电距离确定的示例

第 1 步 (见图 F.1)	部分 1	部分 2	部分 3
第 2 步	直接与接触网相连 $U_{Nm} = 27.5 \text{ kV}$	非直接与接触网相连 按原边电压 DC 1.5 kV 计算 $U_{Nm} = 1.74 \text{ kV}$	非直接与接触网相连 按原边电压 AC 25kV 计算 $U_{Nm} = 0.11 \text{ kV}$
第 3 步	基本绝缘	功能绝缘	功能绝缘
第 4 步	污染等级 PD4	污染等级 PD2	污染等级 PD2
第 5 步	方法 1 表 A.2 - OV4 (没有浪涌分 流器) $U_{Ni} = 170 \text{ kV}$ 表 A.3 最小电气间隙 = 310 mm	方法 1 表 A.2 - OV2 $U_{Ni} = 10 \text{ kV}$ 表 A.3 最小电气间隙 = 11 mm	方法 1 表 A.1 - OV3 $U_{Ni} = 2.5 \text{ kV}$ 表 A.3 最小电气间隙 = 1.5 mm
第 6 步	材料组别 I 表 A.7 → 25 mm/kV 最小爬电距离 = 687 mm	材料组别 II 表 A.7 → 7.1 mm/kV 最小爬电距离 = 12.4 mm	材料组别 III 表 A.6 - $U_{Nm} = 125 \text{ V} - \text{PD2}$ 最小爬电距离 = 1.5 mm

F.4 试 验

F.4.1 测 量

为了验证设备是否满足绝缘要求,需要测量电气间隙和爬电距离。

为了限制测量的次数,建议先确定电气间隙和爬电距离最小的地方。如果在整机上很难测量,建议在相应的组件上测量。

如果无法对电气间隙进行测量,为了避免设备承受过应力,可根据 7.3、7.4 或 7.5 在组件上进行电压试验。

如果功能绝缘的电气间隙小于表 A.3 中规定的值,需强制进行电压试验。

参照附录 C 测量爬电距离。

F.4.2 试 验

本标准给出了两种类型的电压试验:

a) 用于验证电气间隙的试验(见第 7 章和表 A.8)

该试验为型式试验,如果相应的产品标准规定了本试验要求,应根据产品标准进行试验,否则按第 7 章进行。

如果减小功能绝缘的电气间隙,应按电气间隙没有减小时的值进行电压试验,当利用电压试验来验证电气间隙时,建议只对所关注的部件进行试验,也可采用一个有代表性的组件进行试验。

b) 设备的介电试验(见表 B.1)

只有当没有相应的产品标准时,本例行试验才适用于设备的某个部分。

介电试验的试验电压基于额定冲击电压 U_{Ni} ,并且考虑了过电压类别,然而在大多数产品标准中,试验电压习惯上基于标称电压或设备的额定绝缘电压。

表 B.1 的试验电压不适用于电气间隙的检查。

参 考 文 献

注:下列文献可作为本标准的指南或相关文件。

- [1] GB 4208, 外壳防护等级 (IP 代码)
- [2] GB/T 21413.1—2008 铁路应用 机车车辆电气设备 第1部分:一般使用条件和通用规则
- [3] IEC 60071-2 Insulation co-ordination-Part 2: Application guide
- [4] IEC 60099-1 Surge arresters-Part 1: Non-linear resistor type gapped arresters for a. c. systems
- [5] IEC 60099-3 Surge arresters-Part 3: Artificial pollution testing of surge arresters
- [6] IEC 60099-4 Surge arresters-Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a. c. systems
- [7] IEC 60168 Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1 000 V
- [8] IEC 60364 (all parts), Low-voltage electrical installations
- [9] IEC 60383-1, Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V-Part 1: Ceramic or glass insulator units for a. c. systems-Definitions, test methods and acceptance criteria
- [10] IEC 60383-2, Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V-Part 2: Insulator strings and insulator sets for a. c. systems-Definitions, test methods and acceptance criteria
- [11] IEC 60660, Insulators-Tests on indoor post insulators of organic material for systems with nominal voltages greater than 1 000 V up to but not including 300 kV
- [12] IEC 60664-1, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems-Part 1: Principles, requirements and tests
- [13] IEC 60664-2-1, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems-Part 2-1: Application guide-Dimensioning procedure worksheets, dimensioning examples
- [14] IEC 60664-3, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems-Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution
- [15] IEC 60664-5, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems-Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal or less than 2 mm
- [16] IEC 60815 (all parts), Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions
- [17] IEC 60947-1, Low-voltage switchgear and controlgear-Part 1: General rules
- [18] IEC 61109, Insulators for overhead lines-Composite suspension and tension insulators for a. c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V-Definitions, test methods and acceptance criteria
- [19] IEC 61558 (all parts), Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products
- [20] IEC 61936-1, Power installations exceeding 1 kV a. c. -Part 1: Common rules
- [21] IEC 61991, Railway applications-Rolling stock-Protective provisions relating to electrical hazards
- [22] IEC 62271-1, High-voltage switchgear and controlgear-Part 1: Common specifications
- [23] IEC 62425, Railway applications-Communications, signalling and processing systems-Safety related electronic systems for signalling
- [24] IEC 62498 (all parts), Railway applications-Environmental conditions for equipment
- [25] IEC 62505 (all parts), Railway applications-Fixed installations-Particular requirements for AC switchgear

中 华 人 民 共 和 国
铁 道 行 业 标 准
轨 道 交 通 绝 缘 配 合
第 1 部 分 : 基 本 要 求
电 工 电 子 设 备 的 电 气 间 隙 和 爬 电 距 离
Railway applications-Insulation coordination-
Part 1: Basic requirements-Clearances and creepage
distances for all electrical and electronic equipment
TB/T 3251.1—2010

*

中国铁道出版社出版、发行
(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174
中国铁道出版社印刷厂印刷
版权专有 侵权必究

*

开本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张:2.5 字数:63 千字
2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

*



定 价 : 28.00 元

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3251.2—2010/IEC 62497-2:2010

轨道交通 绝缘配合 第2部分:过电压及相关防护

Railway applications – Insulation coordination –
Part 2: Overvoltages and related protection

(IEC 62497-2:2010, IDT)

2011-01-12 发布

2011-07-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

目 次

前 言	II
1 范 围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 接触网	2
4.1 不由金属氧化物避雷器保护的设备	2
4.2 由金属氧化物避雷器保护的设备	2
5 列车供电网络	3
5.1 不由金属氧化物避雷器保护的设备	3
5.2 由金属氧化物避雷器保护的设备	3
6 试 验	3
附录 A(资料性附录) 与持续时间有关的电压 U 的最大值	4
参考文献	5

前 言

TB/T 3251—2010《轨道交通 绝缘配合》由以下两部分组成：

——第1部分：基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离；

——第2部分：过电压及相关防护。

本部分是 TB/T 3251 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 62497-2:2010《轨道交通 绝缘配合 第2部分：过电压及相关防护》(英文版)。

与本部分中规范性引用文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB 11032—2000 交流无间隙金属氧化物避雷器(eqv IEC 60099-4:1991)。

本部分由南车株洲电力机车研究所有限公司提出并归口。

本部分负责起草单位：株洲南车时代电气股份有限公司。

本部分参加起草单位：南车青岛四方机车车辆股份有限公司、中国北车集团大连机车车辆有限公司、永济新时速电机电器有限责任公司。

本部分主要起草人：严云升、付成勇、张安、王立民、柳志忠、刘贵。

轨道交通 绝缘配合

第2部分:过电压及相关防护

1 范 围

本部分规定供电相关设备的瞬时过电压防护的仿真和/或试验要求。

本部分适用于:

- 地面装置(与变电站变压器次边相连)和与在 IEC 60850:2007 中定义的牵引系统接触网相连的机车车辆设备;
- 与列车供电网连接的机车车辆设备。

本部分不涉及暂时过电压。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

IEC 60099-1 避雷器 第1部分:交流系统用间隙阀式避雷器(Surge arresters-Part 1:Non-linear resistor type gapped arresters for a. c. systems)

IEC 60099-4 避雷器 第4部分:交流系统用无间隙金属氧化物避雷器(Surge arresters-Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a. c. systems)

IEC 60850:2007 轨道交通 牵引供电系统电压(Railway applications-Supply voltages of traction systems)

IEC 61992-5 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第5部分:直流系统中用作特殊用途的避雷器和低压限幅器(Railway applications-Fixed installations-D. C. switchgear-Part 5: Surge arresters and low-voltage limiters for specific use in d. c. systems)

UIC 550 客运车辆供电设备(Power supply installations for passenger stock)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 电 压

3.1.1

过电压 overvoltage

峰值大于正常工作条件下最高稳态电压峰值的任何电压。

3.1.2

暂时过电压 temporary overvoltage

由于电压变化导致的持续时间相对较长的过电压。

注:暂时过电压与网络负载无关,其特性由电压/时间曲线描述。

3.1.3

瞬时过电压 transistant overvoltage

由于电流传递导致的持续时间只有几毫秒或更短的短时过电压。

注:瞬时过电压取决于网络负载,其特性不能用电压/时间曲线描述。瞬时过电压主要是电流从源传递到负载(网

络)的结果。

3.1.3.1

操作过电压 switching overvoltage

由于特定通断操作或故障通断,在系统任何位置出现的瞬时过电压。

[IEC 60664-1:2007,定义 3.7.3]

3.1.3.2

雷电过电压 lightning overvoltage

由于特定的雷电放电,在系统任何位置出现的瞬时过电压。

3.2

网络 network

满足一定功能的导线的集合,其过电压可能损坏与之相连的设备。

4 接 触 网

注:第4章内容不考虑几兆赫兹(MHz)范围内的快速瞬时过电压,例如真空断路器的操作产生的过电压需要特定的过电压防护。

4.1 不由金属氧化物避雷器保护的設備

如果设备不由金属氧化物避雷器保护,过电压防护应考虑仅由接触网本身隔离、其他类型避雷器的可能存在或火花放电间隙限制的过电压。

4.2 由金属氧化物避雷器保护的設備

4.2.1 概 述

若采用金属氧化物避雷器以取得较小的电气间隙,则应进行过电压防护性能的仿真。

应对可能限制电气保护性能的保护设备的电路进行仿真。

设备应能承受4.2.2和4.2.3规定的脉冲电压,参考电压 U_p 值按表1的规定。

表 1 参考电压 U_p 值

单位为千伏

标称网压(与 IEC 60850 相一致) U_n	参考电压 U_p
0.75	4
1.5	6
3	12
15	60
20	80
25	100
25	110*
注: U_p 的值考虑 IEC 60099-1 和 IEC 60099-4 中规定的 U_{res} 值和/或 IEC 61992-5 中规定的 U_p 值。但只用于仿真时, U_p 与理论上的避雷器有关,并表现出不与 IEC 60099-1 和 IEC 60099-4 的 U_{res} 和 IEC 61992-5 的 U_p 值直接相关。	
* 见 IEC 60850:2007 中表 1 关于标称电压 25 kV 的脚注。	

4.2.2 长脉冲仿真

长脉冲为梯形电压脉冲,持续 2 ms,幅值等于参考电压 U_p 的 70%。不考虑金属氧化物避雷器存在时,它施加在设备上。

4.2.3 短脉冲仿真

短脉冲是 IEC 60099-4 中规定的 4/10 电流脉冲。

幅值为 100 kA。

它施加于避雷器和设备之上,金属氧化物避雷器由理想的避雷器代替,其特性用 $\log(\text{电流,单位 kA})$ 比 $\log(\text{电压,单位 kV})$ 表示,是一条通过如下两点的直线:

$$[\log(10), \log(U_p)] \text{ 和 } [\log(100), \log(1.5U_p)]$$

注:安全裕量 $1.5U_p$ 考虑了雷电冲击电流大于 10 kA 时避雷器的残压,包括沿着避雷器和连接线的感应压降和由于作用在位于避雷器与设备之间的导线上行波效应产生的电压上升。

5 列车供电网络

5.1 不由金属氧化物避雷器保护的设备

如果设备不由金属氧化物避雷器保护,按 UIC 550 的规定。

5.2 由金属氧化物避雷器保护的设备

如果设备由金属氧化物避雷器保护,应根据金属氧化物的特性限制 UIC 550 规定的值。

若有几个避雷器与列车供电网相连,应确定它们的级联不导致损伤。

6 试 验

如果怀疑仿真中考虑的模型和/或参数,应进行研究性试验,并改进仿真直至达到可以置信的验收水平。

为承受仿真得到的最差情况下的约束,供应商应确定所包含的每个部件都被选取并进行试验。

如果仿真表明,对部件的约束不包含在产品标准或数据表中,或如果两个文件均缺少,经过买方和制造商同意,应进行专门的试验。

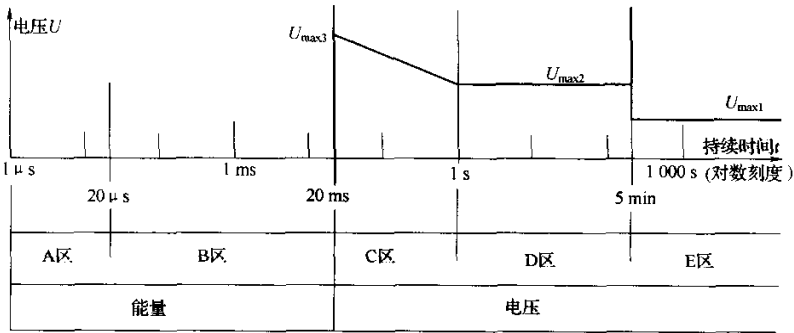
如果供应商认为更可取,部件的一项或几项试验可以在组装的设备上用统一试验代替。

附录 A

(资料性附录)

与持续时间有关的电压 U 的最大值

注 1:本附录 A 在引言和第 3 章中引用。
注 2:本附录 A 来源于 IEC 60850:2007 的附录 A。



图中:
A 区域:雷电过电压。
B 区域:操作过电压,由于高阻抗现象所引起(感性电路关断电流)。
注 1:A 区域和 B 区域电压不需考虑,因为它们基本上取决于电源和电网负载特性。
C 区域:暂时过电压,由低阻抗现象所引起(原级电网的电压变化)。
注 2:术语“暂时过电压”与 IEC 60850:2007 中的术语“长时限过电压”相同。
比例 U/U_{max} 与持续时间的关系定义:

$$U = U_{max2} \times t^{-k} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:
 t ——以秒计的时间 ($0.02 \text{ s} \leq t \leq 1 \text{ s}$);
 k ——表 A.1 给出的系数。
在对数坐标上该方程式表示为一直线,斜率由 k 决定。
D 区域:最高非持续过电压 U_{max2} 。
E 区域:最高持续电压 U_{max1} 。

图 A.1 根据持续时间所定电压 U 的最大值

当过电压值在 U_{max2} 和 U_{max3} 之间时,表 A.1 使用公式(A.1)进行计算。并给出了 U_{max1} 、 U_{max2} 和 U_{max3} 的值。

表 A.1 过电压值

标称电压 U_n V	750	1 500	3 000	15 000	25 000
系数 K	0.061 1	0.067 6	0.067 3	0.076 7	0.074 1
U_{max1} V	900	1 800	3 600	17 250	27 500
U_{max2} V	1 000	1 950	3 900	18 000	29 000
U_{max3} V	1 270	2 540	5 075	24 300	38 750

参 考 文 献

- [1] IEC 60664-1:2007 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems-Part 1: Principles, requirements and tests
-

中 华 人 民 共 和 国

铁道行业标准

轨道交通 绝缘配合

第 2 部分:过电压及相关防护

Railway applications - insulation coordination -

Part 2: Overvoltages and related protection

TB/T 3251.2—2010

*

中国铁道出版社出版、发行

(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174

中国铁道出版社印刷厂印刷

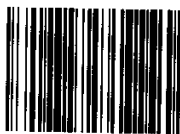
版权专有 侵权必究

*

开本:880 mm × 1 230 mm 1/16 印张:0.75 字数:10 千字

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

*



151133490

定 价: 8.00 元