

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 24621.1—2009

## 低压成套开关设备和控制设备的 电气安全应用指南 第1部分：成套开关设备

Application guide for electric safety of low-voltage  
switchgear and controlgear assemblies  
Part 1: Switchgear assemblies

2009-11-30 发布

2010-04-01 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

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 基本要求 ..... 4

4.1 总则 ..... 4

4.2 成套设备的数据和资料 ..... 4

4.3 成套设备的铭牌和标志 ..... 5

4.4 装卸、安装、操作与维修使用说明书 ..... 6

4.5 元器件和/或部件的识别 ..... 6

4.6 制造商与用户的协议项目 ..... 8

5 成套设备的结构要求 ..... 9

5.1 材料和部件的强度 ..... 9

5.2 防护等级 ..... 9

5.3 电气间隙和爬电距离 ..... 10

5.4 电击防护 ..... 11

6 成套设备的性能 ..... 14

6.1 温升 ..... 14

6.2 短路保护与短路耐受强度 ..... 16

6.3 保护电路的有效性 ..... 18

6.4 介电性能 ..... 19

6.5 安全操作 ..... 19

6.6 电气连接 ..... 21

6.7 电磁兼容性(EMC) ..... 21

附录 A (资料性附录) 验证项目表 ..... 25

附录 B (资料性附录) 额定分散系数 ..... 26

附录 C (资料性附录) 成套设备制造商与用户的协议项目 ..... 32

附录 D (规范性附录) 电气隔离防护 ..... 35

参考文献 ..... 37

## 前 言

GB/T 24621《低压成套开关设备和控制设备的电气安全应用指南》分为以下两个部分：

- 第 1 部分：成套开关设备；
- 第 2 部分：装有电子器件的控制设备。

本部分为 GB/T 24621《低压成套开关设备和控制设备电气安全应用指南》的第 1 部分，是对低压成套开关设备电气安全技术要求的应用指南，用于保证低压成套设备在使用操作中的人身和设备的安全。本部分作为各类低压成套开关设备安全要求的基础，对低压成套开关设备的设计、制造、销售和使用涉及的安全技术做出了详细阐述，对关系到安全性和可靠性的部分做了着重说明。对温升、短路耐受强度、介电性能、保护电路有效性及电气间隙和爬电距离等一一做了解释。

本部分的附录 D 为规范性附录，附录 A、附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国低压成套开关设备和控制设备标准化技术委员会(SAC/TC 266)归口。

本标准主要起草单位：天津电气传动设计研究所、南京化工电器仪表厂、广东番禺电气设备制造有限公司、深圳市宝安任达电器实业有限公司、天津天传电控配电有限公司、北京北开电气股份有限公司、上海中发电气(集团)股份有限公司、上海柘中(集团)有限公司、正泰集团成套设备制造有限公司、厦门 ABB 低压电器设备有限公司、广州白云电器设备厂、杭州之江开关股份有限公司、山东省产品质量监督检验研究院、珠海经济特区光乐电控设备厂、临海市耀明电力设备有限公司、浙江武变高压电力设备有限公司、上海豪巍电气有限公司、广州南方电力集团电器有限公司、裕德电气厦门有限公司、瑞安市工泰电器有限公司、泉州雷航电子有限公司、指明电气有限公司、指月集团有限公司。

本部分主要起草人：俞秀文、范德常、陆以安、郑程遥、林广悦、欧惠安、张连民、张文波、于春生、仲继江、颜景新、刘阳、王锐森、仲秀萍、崔维峰、郑光乐、罗正阳、潘光焰、叶素珍、刘志崇、蒋小波、蔡甫寒、傅俊豪、汤珍敏、王培波。

本部分为首次发布。



低压成套开关设备和控制设备的  
电气安全应用指南  
第 1 部分：成套开关设备

1 范围

GB/T 24621 的本部分给出了低压成套开关设备(以下简称成套设备)在安全技术方面的基本要求、结构要求和性能要求,是成套设备安全设计的基础。成套设备的设计、制造、销售和使用时应符合本部分的有关规定,以保证人身和设备的安全。

本部分适用于 GB 7251 系列标准的各类低压成套开关设备。

注：本部分规定的产品在 GB 7251 系列标准规定的特殊使用条件下工作时,需要增加相应的附加要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 24621 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 156—2007 标准电压(IEC 60038:2002,MOD)

GB/T 4205—2003 人机界面(MMI) 操作规则(IEC 60447:1993,IDT)

GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)(GB 4208—2008,IEC 60529:2001,IDT)

GB 7251.1—2005 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：型式试验和部分型式试验成套设备(IEC 60439-1:1999,IDT)

GB 7251.2—2006 低压成套开关设备和控制设备 第 2 部分：对母线干线系统(母线槽)的特殊要求(IEC 60439-2:2000,IDT)

GB 7251.3—2006 低压成套开关设备和控制设备 第 3 部分：对非专业人员可进入场地的低压成套开关设备和控制设备 配电板的特殊要求(IEC 60439-3:2001,IDT)

GB 7251.4—2006 低压成套开关设备和控制设备 第 4 部分：对建筑工地用成套设备(ACS)的特殊要求(IEC 60439-4:2004,IDT)

GB 7251.5—2008 低压成套开关设备和控制设备 第 5 部分：对公用电网动力配电成套设备的特殊要求(IEC 60439-5:2006,IDT)

GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法(GB 9254—2008,IEC/CISPR 22:2006,IDT)

GB 16895.21—2004 建筑物电气装置 第 4-41 部分：安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41:2001,IDT)

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/T 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 $\leq 16$  A)(GB/T 17625.1—2003,IEC 61000-3-2:2001,IDT)

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验(GB/T 17626.2—2006,IEC 61000-4-2:2001,IDT)

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(GB/T 17626.3—2006,IEC 61000-4-3:2002,IDT)

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(GB/T 17626.4—2008,IEC 61000-4-4:2004,IDT)

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验(GB/T 17626.5—2008,IEC 61000-4-5:2005,IDT)

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度(GB/T 17626.6—2008,IEC 61000-4-6:2006,IDT)

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验(GB/T 17626.8—2006,IEC61000-4-8:2001,IDT)

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验(GB/T 17626.11—2008,IEC 61000-4-11:2004,IDT)

GB/T 17626.13 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验(GB/T 17626.13--2006,IEC 61000-4-13:2002,IDT)

GB/T 20138—2006 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK 代码)(IEC 62262:2002,IDT)

GB/T 24276—2009 评估部分型式试验的低压成套开关设备和控制设备(PTTA)温升的外推法(IEC 60890:1995,IDT)

GB/T 24277--2009 评估部分型式试验成套设备(PTTA)短路耐受强度的一种方法(IEC 61117:1992,IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

3.1 一般定义

3.1.1

低压成套开关设备和控制设备 low-voltage switchgear and controlgear assembly

由一个或多个低压开关设备和与之相关的控制、测量、信号、保护、调节等设备,由制造商负责完成所有内部的电气和机械的连接,用结构部件完整地组装在一起的一种组合体。

[GB 7251.1—2005 中 2.1.1]

3.1.2

主电路(成套设备的) main circuit (of an ASSEMBLY)

在成套设备中,一条用来传输电能的电路上所有的导电部件。

[GB 7251.1—2005 中 2.1.2]

3.1.3

辅助电路(成套设备的) auxiliary circuit (of an ASSEMBLY)

在成套设备中,(除了主电路以外的)用于控制、测量、信号、调节、处理数据等电路上的所有导电部件。

注:成套设备的辅助电路包括开关电器的控制电路与辅助电路。

[GB 7251.1—2005 中 2.1.3]

3.1.4

母线 busbar

一种可以与几条电路分别连接的低阻抗导体。

注:母线这个术语与导体的几何形状、尺寸、截面积无关。

[GB 7251.1—2005 中 2.1.4]



3.1.5

**功能单元 functional unit**

它是成套设备的一部分,由完成相同功能的所有电气和机械部件组成。

注:虽然连接在功能单元上,但位于隔室或封闭的防护空间外部的导体(例如连接公共隔室的辅助电缆)不视为功能单元的一部分。

[GB 7251.1—2005 中 2.1.5]

3.1.6

**进线单元 incoming unit**

通过它把电能馈送到“成套设备”中去的一种功能单元。

[GB 7251.1—2005 中 2.1.6]

3.1.7

**出线单元 outgoing unit**

通过它把电能输送给一个或多个出线电路的一种功能单元。

[GB 7251.1—2005 中 2.1.7]

3.2 电击防护

3.2.1

**电击 electric shock**

电流通过人体或动物躯体而引起的生理效应。

[GB/T 2900.1—2008 中 3.5.3]

3.2.2

**基本防护 basic protection**

无故障条件下的电击防护。

注:对于成套设备,其基本防护通常对应于 GB 7251 系列标准中的直接接触防护。

[GB/T 2900.1—2008 中 3.5.66]

3.2.3

**故障防护 fault protection**

单一故障条件下的电击防护。

注:对于成套设备,其故障防护通常对应于 GB 7251 系列标准中的间接接触防护,主要与基本绝缘损坏有关。

[GB/T 2900.1—2008 中 3.5.67]

3.3 绝缘

3.3.1

**基本绝缘 basic insulation**

能提供基本防护的危险带电部件上的绝缘。

注:本概念不适用于仅用作功能性目的的绝缘。

[GB/T 2900.1—2008 中 3.5.70]

3.3.2

**附加绝缘 supplementary insulation**

除了基本绝缘外,用于故障防护附加的单独绝缘。

[GB/T 2900.1—2008 中 3.5.71]

3.3.3

**双重绝缘 double insulation**

既有基本绝缘又有附加绝缘构成的绝缘。

[GB/T 2900.1—2008 中 3.5.72]

3.3.4

加强绝缘 reinforced insulation

危险带电部件具有相当于双重绝缘的电击防护等级的绝缘。

注：加强绝缘可以由几个不应像基本绝缘或附加绝缘那样单独测试的绝缘层组成。

[GB/T 2900.1—2008 中 3.5.73]

4 基本要求

4.1 总则

应保证成套设备及其组成装置、器件都是安全的，并且在按规定运输、贮存、安装和使用时对人身安全不发生危险。

在成套设备的设计中，应优先考虑安全技术上的要求，并应保证成套设备本身的设计没有任何危险和隐患。如果不可能或不完全可能实现成套设备本身安全技术措施时，应采用特殊安全技术措施，或采用安全提示性的措施，提示说明在什么条件下能安全使用成套设备。

对成套设备的安全性能可以采用设计规则或计算和试验的方法来进行验证，以检查成套设备的符合性。具体规定参见附录 A 中表 A.1。

4.2 成套设备的数据和资料

4.2.1 一般要求

成套设备制造商应对成套设备的性能指标予以说明，并保证成套设备的特性符合安装使用条件的要求。

成套设备制造商的技术文件中应提供以下资料：

4.2.2 额定电压( $U_n$ ) (成套设备的)

4.2.2.1 额定工作电压( $U_e$ ) (成套设备一条电路的)

如果一条电路的额定电压与成套设备的额定电压不同，则成套设备制造商应规定这条电路的额定工作电压。

成套设备中任何一条电路的额定工作电压都不应超过其额定绝缘电压。

4.2.2.2 额定绝缘电压( $U_i$ )

成套设备中一条电路的额定绝缘电压一介电试验电压和爬电距离参照此电压值确定。

一条电路中的额定绝缘电压应等于或者高于该条电路中规定的额定工作电压  $U_e$ 。

注：对于 IT 系统的单相电路，额定绝缘电压应该至少等于电源的相间电压。

4.2.2.3 额定冲击耐受电压( $U_{imp}$ ) (成套设备的)

额定冲击耐受电压应等于或者高于该电路所连接的系统中可能出现的瞬态过电压的规定值。

注：成套设备的额定冲击耐受电压的优选值见 GB 7251.1—2005 附录 G 中的表 G.1。

4.2.3 额定电流

4.2.3.1 成套设备的额定电流( $I_{nA}$ )

成套设备的额定电流应小于：

- 成套设备内所有并联运行的进线电路的额定电流总和；
- 特殊布置的成套设备中主母线能够分配的总电流。

通此电流时，各部件的温升不应超过表 4 中规定的限值。

注 1：进线电路的额定电流可低于成套设备内的(符合各自装置标准的)进线装置的额定电流。

注 2：主母线是指在运行中正常连接的单个母线或单个母线的组合体，例如使用母线连接器进行连接。

4.2.3.2 一条电路的额定电流( $I_n$ )

成套设备中某一电路的额定电流由成套设备制造商根据其内装电器元件的额定值及其布置和应用情况来确定。通此电流时，成套设备内各部件的温升不超过表 4 规定的限值。

注 1：任一条电路的额定电流可低于安装在这条电路中电器元件(根据各自的电器产品标准)的额定电流。

注 2：由于确定额定电流的因素复杂，因此无法给出标准值。



4.2.3.3 额定分散系数(RDF)

额定分散系数是由成套设备制造商根据发热的相互影响给出的每个成套设备出线电路可以持续并同时承载额定电流的相对值。

成套设备制造商明示的额定分散系数能用于：

- 几组电路；
- 整个成套设备。

额定分散系数乘以电路的额定电流不应小于出线电路的负载电流。出线电路的负载电流应在相关技术资料中给出。

额定分散系数适用于在额定电流下运行的成套设备( $I_{nA}$ )。

注：额定分散系数可以表明多个功能单元在实际中没有同时达到满负荷或断续地承载负荷的情况。

更详细的资料参见附录 B。

4.2.3.4 额定峰值耐受电流( $I_{pk}$ )

额定峰值耐受电流应不小于电路所连接的电源系统中的预期短路电流峰值。额定峰值耐受电流应用额定短路耐受电流乘系数  $n$  获得。系数  $n$  的标准值和相应的功率因数见 GB 7251.1—2005 中表 4。

4.2.3.5 额定短时耐受电流( $I_{cw}$ )(成套设备中一条电路的)

额定短时耐受电流应不小于连接到电源每一点的电路的预期短路电流的有效值。

成套设备不同的  $I_{cw}$  值对应不同的持续时间(例如 0.2 s; 1 s; 3 s)。

对于交流,额定短时耐受电流值是交流分量的有效值。

4.2.3.6 成套设备的额定限制短路电流( $I_{sc}$ )

额定限制短路电流应不小于成套设备的短路保护装置的动作时间内所能承受的预期短路电流的有效值。

短路保护器件的特性应由成套设备制造商给出。

4.2.4 额定频率( $f_n$ )

成套设备的额定频率是指电路所标明的并与其使用条件有关的频率值。如果成套设备的电路设计了不同的频率值,则应给出各条电路的额定频率值。

注：频率值允许限制在电路中内装电器元件相应的国家标准所规定的范围内,如果成套设备的制造商没有其他规定,则限制在额定频率的 98%~102% 范围内。

4.2.5 其他特性

应给出以下特性：

- a) 功能单元在特殊使用条件下的附加要求(例如：配合形式,过载特性)；
- b) 污染等级；
- c) 为成套设备所设计的系统接地型式；
- d) 户内和/或户外的安装条件；
- e) 固定式或可移动式；
- f) 电击防护措施；
- g) 防护等级；
- h) 专业人员使用或非专业人员使用；
- i) 电磁兼容性(EMC)；
- j) 特殊使用条件(如适用)；
- k) 外形设计；
- l) 机械冲击防护(如适用)。

4.3 成套设备的铭牌和标志

4.3.1 一般要求

成套设备上应有能保持长久、坚固、容易辨认,且醒目清晰的铭牌和标志。这些铭牌和标志应标出安全使用成套设备所必需的主要特征。其位置应该是在成套设备安装好后,易于看到的地方。



4.3.2 铭牌

每台成套设备应配置一至数个铭牌,以下资料应在铭牌中标出:

- a) 成套设备制造商的名称或商标;
- b) 型号或标志号,或其他标记,据此可以从成套设备制造商获得相关的资料。

如果适用的话,以下关于成套设备的附加资料也应在铭牌中给出:

- c) 产品依据的标准编号;
- d) 鉴别生产日期的方式;
- e) 额定电压;
- f) 短路耐受强度和短路保护器件的种类;
- g) 电击防护措施;
- h) 外形尺寸(包括突出部分,例如手柄、覆板、门);
- i) 质量(超过 30 kg)。

4.3.3 标志

成套设备应设置辨别电路、电器元件及其保护器件的标志。成套设备中电路、电器元件的标志应与随同成套设备提供的线路图上的标志一致。如果需要,成套设备还应标志严禁打开门、覆板的警示,以及必要的操作程序、操作方向的标志及紧急情况下的操作提示等。

4.4 装卸、安装、操作与维修使用说明书

成套设备制造商应在其技术文件或产品目录中规定成套设备及其中电气元件的装卸、安装、操作、与维修要求。

如果有必要,说明书中应包括成套设备的装卸、运输、安装和操作的正确方法,这些方法对合理、正确地运输、装卸、操作、安装和使用成套设备是极其重要的。

如果有必要,应在成套设备制造商的文件或说明书上给出起吊的正确方法和起吊装置及其吊索尺寸及关于怎样装卸成套设备的信息。

如果有必要,应规定与成套设备的安装、操作和维修有关的 EMC 措施。

如果一个被规定用于环境 A 的成套设备将要用于环境 B,那么在使用说明书上要包括以下的警告:

**警 告**

本产品适用于环境 A。在环境 B 使用本产品可能会产生有害的电磁骚扰,在此情况下用户应采取适当的防护措施。

必要时,上述文件中应给出推荐的维修范围和维修周期。

如果元器件的布置使电路的识别不很明显,则应提供相关的资料,如电路图或表格。

4.5 元器件和/或部件的识别

4.5.1 在成套设备中,应能识别出单个电路和它们的保护器件、部件。所用的标识应与图纸上的标志一致。

4.5.2 对于能根据使用人员的选择置于不同运行或功能状态的器件,必须具有能够清楚表明所选择的状况并加以标记。为此目的设置的器件(例如测量仪器、功能选择开关)其定量或定性的指示值要有足够的精度。

4.5.3 受成套设备本身的条件限制,不能直接在成套设备上标识时,则须用其他能清楚、可靠的有效表达方式(如用操作说明书或安装使用说明书的书面表达方式),将需注意的事项通告使用人员。

4.5.4 对指定的颜色规定明确的含义,采用安全色标来传递安全信息,可提高操作人员的安全性。成套设备用按钮、指示灯和导线的颜色标记、标识见表 1。

4.5.5 电气设备的接线端、接地、危险等标记应符合表 2 和表 3 的规定。对特殊的操作类型和运行条件等应做扼要说明。

表 1 安全色标及常用的按钮、指示灯、导线颜色

序号	类别	颜 色	含 义	说 明	应用举例
1	安全色标	红	危险情况,必须禁止、停止	传递安全信息,使人们能迅速发现或分辨安全标志和提醒人们注意,以防发生事故	
2		蓝	操作者需加干预		
3		黄	异常情况,警告、注意		
4		绿	安全状态运行		
5	按钮	红	紧急情况	在危险状态或在紧急状况时操作	紧急分断、引起紧急分断动作、可用于停止/分断
6		黄	异常	在出现异常状态时操作	干预、为了遏制不正常状态进行干预、为了使中断的自动化过程重新启动
7		绿	正常、安全	在安全条件下操作或在起动正常状态下操作	起动/接通、然而为此用途应优先使用白色
8		蓝	强制性	在需要进行强制性干预的状态下进行操作	复位动作 <sup>a</sup>
9		白	没有特殊的含义	一般地引发一个除紧急分断以外的动作	起动/接通(优先使用)、停止/分断
10		灰			起动/接通、停止/分断
11		黑			起动/接通、停止/分断(优先使用)
12	指示灯	红	紧急状况	危险状态	压力/温度超越安全范围、电压突然失落
13		黄	异常	异常状态;紧急临界状态	压力/温度超过正常范围,保护装置释放
14		绿	正常	正常状态	压力/温度在正常范围之内
15		蓝	强制性	表示需要操作人员采取行动的状态	输入指令
16		白	没有特殊意义	其他状态,如对使用红、黄、绿或蓝存在疑问时,允许使用白色	一般信息,例如:确认命令,指示测量值
17	导线	绿/黄双色	保护导体	用于安全接地保护的导线	成套设备中保护接地母排、保护接地导线
18		淡蓝	中性线或中间线	与交流系统中性点连接的导体或直流系统电源的中间线	当电路中包含有用颜色来标识的中性线或中间线时,应采用淡蓝色
19		绿/黄双色或淡蓝 <sup>b</sup>	中性保护导线	保护线和中性线相连接的导线(PEN线)	在整个电源系统中,中性导体和保护导体是合一的 TN 系统

注 1: 交替按压改变功能的按钮用白、灰、黑色按钮,不允许用黄、绿、红色按钮。  
注 2: 按下时运动、抬手时停止运动(如点动或微动操作器),可使用白、灰、黑色按钮,不应使用红、黄色按钮。

<sup>a</sup> 复位按钮同时有停止/分断功能时,使用白、灰、黑色,黑色按钮最佳,也允许使用红色,但不允许使用绿色。  
<sup>b</sup> 根据 GB 7947—2006 中 3.3.3 的规定,对绝缘 PEN 导体可使用以下一种方法标识:  
——全长绿/黄双色;  
——全长蓝色,终端另用绿/黄双色标志。



表 2 导线及其接线端子的字母数字标识和图形符号标识

序号	导 线	导线线端的标识	设备接线端子的标识	图形符号
1	交流导体			
	相线 1	L1 <sup>a</sup>	U	
	相线 2	L2 <sup>a</sup>	V <sup>b</sup>	
	相线 3	L3 <sup>a</sup>	W <sup>b</sup>	
	中性导体	N	N	
2	直流导体			
	正极	L+	+或 C	
	负极	L-	-或 D	
	中间导体	M	M	
3	保护导体	PE	PE	
4	PEN 导体	PEN	PEN	
5	功能接地导体	FE	FE	
6	功能等电位联结导体	FB	FB	
<sup>a</sup> “L”之后的数字只在多相系统中使用。				
<sup>b</sup> 只在多相系统中使用。				

表 3 其他安全标志符号

序号	名 称	图形符号	说 明
1	危险电压		用于各种电气设备。表示危险电压引起的危险
2	短路保护变压器		指明该变压器能承受内部或外部短路
3	非短路保护变压器		指明该变压器不应承受内部或外部短路
4	隔离变压器		指明该变压器是隔离型的。该变压器输入绕组与输出绕组在电气上彼此隔离,用以避免偶然同时触及带电体(或因绝缘损坏而可能带电的金属部件)和地所带来的危险
5	安全隔离变压器		指明该变压器是安全隔离变压器。它是为安全特低压电路提供电源的隔离变压器
6	Ⅱ类设备		表示能满足第Ⅱ类设备安全要求的设备

4.6 制造商与用户的协议项目

成套设备制造商和用户间应达成的协议款项参见附录 C 中表 C.1。在有些情况下,这些款项可以由成套设备制造商的资料和文件所替代。



5 成套设备的结构要求

5.1 材料和部件的强度

5.1.1 一般要求

成套设备应由能够承受在规定的条件下可能产生的机械应力、电气应力及热应力的材料构成,以保证成套设备及其部件的结构和安装方式能安全恰当地组装和连接。为了减少对可能产生于电气装置的各种危险以及外部对其的影响,还要求应采取必要的防护措施。

成套设备壳体的外形和结构应适合其用途。这些壳体和结构件可以采用不同的材料,例如:金属的、绝缘的或它们的组合材料等。

5.1.2 耐腐蚀

为了确保防腐,成套设备应采用合适的防腐材料或在裸露的表面涂上防腐层,同时还要考虑使用及维修条件。

5.1.3 耐紫外线辐射

对于用合成材料制作的或用金属材料制作但完全用合成材料包覆的,且用于户外安装的成套设备的壳体和外装部件,应由能抗紫外线(UV)辐射的材料构成。

5.1.4 绝缘材料的耐热和耐着火性能

5.1.4.1 一般要求

由于内部电气的作用,绝缘材料会受到热应力的影响,这种变化会降低成套设备的安全性,因此绝缘部件的功能不应该受到正常使用的发热、非正常发热和着火的影响。

5.1.4.2 绝缘材料耐热性能

制造商应给出证明成套设备所选用的绝缘材料温度指标的依据。如果没有此数据,成套设备的绝缘材料应能承受至少持续 70 °C 的高温,应用试验来验证绝缘材料的耐热性。

5.1.4.3 绝缘材料耐受非正常发热和着火的性能

由于内部电效应,用来作为固定载流部件的绝缘材料需要承受热应力,其损坏会影响成套设备的安全性能,这类绝缘材料部件不应遭受非正常发热和着火的有害的影响。

制造商可以提供有关绝缘材料适合性的数据以证明符合其要求。如果没有此数据,对成套设备的绝缘材料承受的灼热丝顶部的温度应如下:

- 用于固定载流部件的部件:(960±15)°C;
- 用于固定在嵌入墙内的部件:(850±15)°C;
- 其他部件,包括保护导体和嵌入阻燃墙内的部分:(650±10)°C。

注:(PE)保护导体不作为载流部件考虑。

5.1.5 部件的机械强度

所有的壳体和隔板包括门的闭锁装置和铰链,应具有足够的机械强度以能够承受正常使用时和短路条件下所遇到的应力。

可移动部件的机械操作,包括所有的插入互锁,在成套设备安装好之后,应保证操作机构的良好性能。

5.1.6 起吊装置

如果需要,成套设备的壳体上应装配支撑最大允许负载所需的部件,配备合适的起吊装置,以保证成套设备的运输安全。

5.2 防护等级

5.2.1 对机械冲击的防护

成套设备的壳体应提供防止机械撞击的防护等级,如果需要,应按 GB/T 20138—2006 的规定

执行。

5.2.2 防止触及带电部件以及外来固体的侵入和液体的进入

成套设备的 IP 代码通常是指防护外部尘埃或颗粒以及潮湿的气体进入内部或防护空间,而不会造成任何有害的影响。当成套设备在其正常使用条件下,应不会造成成套设备操作人员接触到任何危险的带电体。

由成套设备提供的防护等级,应按照 GB 4208 用 IP 代码表示。

对于户内使用的成套设备,如果没有防水的要求,下列 IP 值为优选值:

IP00, IP2X, IP3X, IP4X, IP5X。

封闭式成套设备在按照制造商的说明安装好后,其防护等级至少应为 IP2X,成套设备正面的防护等级至少应为 IPXXB。

对于无附加防护设施的户外成套设备,第二位特征数字应至少为 3。

注:对于户外成套设备,附加的防护设施可以是防护棚或类似设施。

如果没有其他规定,在按照制造商的说明书进行安装时,制造商给出的防护等级应适用于整个成套设备。

成套设备某个部分的防护等级与主体部分的防护等级不同时,制造商则应单独标出该部位的防护等级。

例如:操作面 IP20,其他部位 IP00。

成套设备的 IP 等级应由试验验证来确定,只有在进行了适当的试验或使用预装式外壳的情况下才能给出,对没有进行过验证的成套设备,不应给出 IP 值。

户外和户内安装的封闭式成套设备,打算用于高湿度或温度变化范围很大的场所时,应采取适当的措施(通风和/或内部加热、设置排水孔等)以防止在成套设备内产生有害的凝露。成套设备在任何时候,都应保持规定的防护等级。

尽管本部分把电击防护的要求作为一个独立的项目,但是对电击的防护也涉及在防护等级的要求中。

5.2.3 可移式部件的防护等级

成套设备所给出的防护等级一般适用于可移式部件的连接位置。

如果在可移式部件或抽出式部件移出以后,成套设备不应保持原来的防护等级,制造商与用户应达成采用某种措施以保证足够防护的协议。制造商给出的资料可以代替这种协议。

5.2.4 内部隔室的防护等级

IP 代码的另一个作用就是标定出成套设备内部隔室的防护等级,这包括人身防护,并可以防止成套设备内的物体从一个隔室转移到另一个隔室。成套设备用挡板或隔板进行隔离的典型形式见 GB 7251.1—2005 中 7.7 的规定,内部隔离形式的典型示例见 GB 7251.1—2005 的附录 D。

5.3 电气间隙和爬电距离

5.3.1 一般要求

电气间隙和爬电距离按 GB/T 16935.1—2008 的规定,用来提供成套设备内的绝缘配合。

成套设备内部安装的器件,在正常使用条件下也应保持规定的电气间隙和爬电距离。作为成套设备的组成部分的装置的电气间隙和爬电距离,应符合相关的产品标准的要求。

考虑到壳体或内部屏障可能出现的变形,同时也包括短路所导致的变形,如有必要,应采用测量的方式验证电气间隙和爬电距离。

根据 GB 7251.1—2005 中表 14 和表 16 的规定,成套设备的电气间隙是依据额定冲击耐受电压确定,爬电距离依据额定绝缘电压确定。其值在确定选取时,应采用最高电压的额定值来确定单独电路的



电气间隙和爬电距离。

电气间隙和爬电距离适用于相对相、相对中性线,如果中性导体直接连接在大地上则为相对地及不同电路的导体之间。

对于裸带电导体和端子(例如:与电器元件和电缆接头连接的母线)其电气间隙和爬电距离至少应符合与其直接相连的电器元件的有关规定。

短路电流不大于成套设备标称的额定值时,母线间、连接线间及母线与连接线间的电气间隙和爬电距离不应永久性减小至成套设备的规定值以下。由于短路导致的壳体或隔板、挡板、屏障的变形,不应永久地使电气间隙和爬电距离减小到规定值以下。

如果成套设备包含有抽出式部件,则有必要验证它在试验位置和分离位置时是否符合电气间隙和爬电距离的规定值。

### 5.3.2 电气间隙

电气间隙应足以达到能承受电路中标称的额定冲击耐受电压( $U_{imp}$ )。电气间隙的最小值应为 GB 7251.1—2005 中表 14 的规定值,进行过冲击耐受电压试验的情况除外。

测量电气间隙的方法见 GB 7251.1—2005 的附录 F。

### 5.3.3 爬电距离

成套设备爬电距离的最小值应为 GB 7251.1—2005 中表 16 的规定值。

制造商依据成套设备的额定绝缘电压( $U_i$ )来确定爬电距离。给出的额定绝缘电压不应小于额定工作电压。爬电距离还应符合成套设备规定的污染等级及在额定绝缘电压下的相应的材料组别。爬电距离是以预期污染等级为依据的。如果用户无异议,制造商可以假定为污染等级 3(例如,存在导电性污染,或者由于凝露使干燥的非导电性污染变成了导电性污染)。同时,爬电距离是污染等级和所使用的绝缘材料(材料组别)的相比电痕化指数的函数。

在任何情况下,爬电距离都不应小于相应的最小电气间隙。

测量爬电距离的方法在 GB 7251.1—2005 的附录 F 中给出。

注:对于无机绝缘材料,例如玻璃或陶瓷,不产生漏电起痕,其爬电距离不需要大于其相关的电气间隙。但建议考虑击穿放电危险。

由于加强筋对污染物的影响以及其较好的干燥效果,因此可以明显地减少泄漏电流的形成。如果使用最小高度 2 mm 的加强筋,在不考虑加强筋数量的情况下,可以减小爬电距离,但应不小于规定值的 0.8 倍,而且不应小于相关的电气间隙。应根据机械要求来确定加强筋的最小底宽。

## 5.4 电击防护

### 5.4.1 一般要求

成套设备中的器件和电路的布置应便于操作和维修,同时要保证必要的安全等级。

当成套设备安装在一个符合 GB 16895.21 的系统中时,下述要求用来确保所需的防护措施。

注:普遍可接受的防护措施可依据 GB/T 17045—2008 和 GB 16895.21—2004 的规定。

那些对于成套设备特别重要的防护措施在 5.4.2~5.4.3 中给出。

### 5.4.2 基本防护

#### 5.4.2.1 一般要求

基本防护是防止直接接触危险带电部件的一种防护。

基本防护可利用成套设备本身适宜的结构措施,也可利用在安装过程中采取的附加措施来获得对直接接触的防护。可要求成套设备制造商给出相关资料。

例如:安装了无附加防护设施的开启式成套设备的场地,只有经过批准的人才允许进入。

基本防护措施可以选择 5.4.2.2 和 5.4.2.3 中的一种或多种防护措施。如果相关标准没有规定,则应由成套设备的制造商选择适宜的防护措施。



5.4.2.2 使用绝缘材料提供基本绝缘

危险带电部件完全被绝缘材料包覆,绝缘材料只有在被破坏后才能去掉。  
绝缘材料应采用能够承受使用中可能遇到的机械、电和热应力的材料制成。  
注:例如用绝缘材料将带电部件包覆。  
通常单独的漆层、搪瓷或类似物品的绝缘强度不应满足基本绝缘的要求。

5.4.2.3 挡板或壳体

靠空气绝缘的带电部件应安置在能够提供至少有 IPXXB(也可按 IP2X)防护等级的壳体内或挡板的后面,以防止触及危险的带电部件。  
对不高于地面 1.6 m 范围内的可触及壳体的水平顶部表面的防护等级至少应为 IPXXD。  
考虑到外部影响,正常工作条件时,挡板和壳体均应可靠地固定在其位置上,使它们有足够的稳固性和耐久性以维持要求的防护等级并适当的与带电部件隔离。可导电的挡板或壳体与被保护的带电部件的距离应不小于 5.3 规定的电气间隙与爬电距离的值。

- 在有必要移动挡板、打开或拆卸壳体的部件(门、覆板和同类物)时,应满足下述条件之一:
- a) 使用钥匙或工具,也就是说只有靠器械的帮助才能打开门、盖板和联锁装置;
  - b) 在由挡板或壳体提供基本防护的情况下,只有在挡板和壳体复位后才可以开始供电。在 TN-C 系统中,PEN 导体不应被隔离或断开。TN-S 和 TN-C-S 系统中,中性导体不需要隔离或断开。  
例如:用隔离器对门进行内部联锁,仅在隔离器断开时,门才能被打开,而且当门打开时,不使用工具不可能闭合隔离器。
  - c) 中间挡板提供的防止接触带电部件的防护等级至少为 IPXXB,此挡板仅在使用钥匙或工具时才能移动。

5.4.3 故障防护

5.4.3.1 安装要求

成套设备应依据 GB 16895.21—2004 进行设计安装并采取相应的防护措施。对于一些特殊用途的安装场合(如铁路、船舶等),防护措施应由成套设备制造商与用户协商而定。

5.4.3.2 自动断电保护

5.4.3.2.1 一般要求

- 每台成套设备应有保护导体,便于电源能自动断开,以提供如下保护:
- a) 防止成套设备内部电路故障引起的后果(例如:基本绝缘损坏);
  - b) 防止通过成套设备供电的外部电路故障引起的后果(例如:基本绝缘损坏)。
- 保护导体的具体要求见 5.4.3.2.2 和 5.4.3.2.3。

保护导体(PE、PEN)的鉴别要求见 GB 7251.1—2005 中的 7.6.5.2 和本部分的表 2。

5.4.3.2.2 防止成套设备内部电路故障对保护导体的要求

成套设备所有的裸露导电部件应连接在一起,并连接至供电保护导体上,或通过接地导体与接地装置连接。这种连接可以用金属螺钉、焊接或其他导体实现,或通过单独的保护导体实现。GB 7251.1—2005 表 3 适用于采用单独保护导体的情况。

- 注:需要对成套设备的金属部件进行预处理,尤其是用耐磨涂覆层,如采用粉末喷涂处理。  
应按照 GB 7251.1—2005 的 8.2.4.1 验证成套设备的裸露导电部件与保护电路接地的连续性。  
为保证其保护电路连接的连续性,应满足如下要求:
- a) 当把成套设备的一部分取出时,如例行维修,成套设备的其余部分的保护电路接地连续性不应中断。

如果采用的措施能够保证保护电路有持久良好的导电能力,而且载流容量足以承受成套设备中流



过的接地故障电流,那么,组装成套设备的各种金属部件则被认为能够有效地保证保护电路的连续性。

注:除非是为特殊用途设计,否则软金属管不可以作为保护导体。

- b) 在盖板、门、遮板和类似部件上面,如果没有安装超过特低电压(ELV)的电气装置,通常的金属螺钉连接和金属铰链连接则被认为足以能够保证电的连续性。

如果在盖板、门、遮板等部件上装有电压值超过特低电压限值的器件时,应采取附加措施,以保证接地连续性。这些部件应按照 GB 7251.1—2005 中表 3A 配备保护导体(PE、PEN),此保护导体的截面积取决于电器元件工作时的额定电流  $I_n$ 。如果器件的额定电流不大于 16 A,则为此用途而设计的等效的电连接方式(如滑动接触,防腐蚀铰链)也认为是满足要求的。

不能用装置的固定安装方式与保护电路连接的,应采用符合 GB 7251.1—2005 中表 3A 规定的导体连接到成套设备的保护电路上。

成套设备的裸导电部件在下述情况下不会构成危险,则不需与保护电路连接:

- 不可能大面积接触或用手抓住;
- 或由于裸露导电部件尺寸很小(大约 50 mm×50 mm),或被固定在其位置上,不可能与带电部件接触。

这适用于螺钉、铆钉和铭牌,也适用于接触器、继电器的衔铁、变压器的铁芯(除非它们带有连接保护电路的端子)、脱扣器的某些部件等,不论其尺寸大小。

如果可移式和/或抽出式部件配备有金属支撑表面,而且它们对支撑表面上有足够的接触力,则认为这些支撑面能充分保证保护电路的接地连续性。

#### 5.4.3.2.3 防止成套设备的外部电路故障对保护导体的要求

成套设备内部保护导体的设计应使它们能够承受在成套设备的安装场地可能遇到的由于外电路故障引起的最大热应力和电动应力,导体结构部件可以作为保护导体或其中的一部分。

原则上,除了以下所提到的情况外,成套设备内的保护电路不应包含分断器件(开关、隔离器等):

- 只有经过批准的人才可以借助工具来拆卸保护导体的连接片(这些连接片可能是为了满足某些试验的需要);
- 当利用连接器或插头、插座切断保护电路连续性时,只有当带电体已经不带电了,保护电路才可以断开,在带电体重新通电之前必须保证恢复保护电路的连续性。

如果成套设备中的结构部件、框架、外壳等是由导电材料制成的,则保护导体不须与这些部件绝缘。对某些保护器件的导体包括连接到单独接地极的导体应绝缘。这适用于如电压操作故障的检测装置并也适用于变压器中性线的接地连接。

与外部导体连接的成套设备内的保护导体(PE、PEN)的截面积应不小于 GB 7251.1—2005 附录 B 中的计算公式规定求得的值。所应考虑的最小的故障电流、故障持续时间以及相关带电导体的短路保护器件(SCPDs)的限值见 GB 7251.1—2005 中 8.2.3.2.4。

对于 PEN 导体,下述补充要求应适用:

- 最小截面积应为铜 10 mm<sup>2</sup> 或铝 16 mm<sup>2</sup>;
- PEN 导体的截面积不应小于所要求的中性导体截面积;
- 结构部件不应用作 PEN 导体,但铜或铝制安装轨道可用做 PEN 导体。
- 在某些应用场合,例如大的荧光照明装置,PEN 导体的电流可能达到较高值,可以根据成套设备制造商与用户之间的专门协议,配备其载流量等于或高于相导体的 PEN 导体。

外部保护导体端子的详细要求见 GB 7251.1—2005 的 7.1.3。

#### 5.4.3.3 电气隔离

成套设备电路的电气隔离是用来防止因电路的基本绝缘损坏而触及带电的裸露导电部件时出现电



击电流。

这种类型的保护见附录 D。

5.4.3.4 用全绝缘进行防护

采用“全绝缘”防护的成套设备称为Ⅱ类设备。

采用全绝缘防护必须满足以下要求：

- a) 元器件应用双重或加强的绝缘材料完全封闭。壳体上应标有从外部易见的符号“回”。
- b) 壳体上应不存在因导电部件穿过而可能将故障电压引出壳体外的部位。

这就是说，对金属部件，例如由于结构上的原因必须引出壳体的操作机构的轴，应按成套设备中所有电路的最大的额定绝缘电压和额定冲击耐受电压与带电部件绝缘。

如果操作机构是用金属做的（不管是否用绝缘材料覆盖），应按成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压提供绝缘等级。

如果操作机构主要是用绝缘材料做的，若它的任何金属部件在绝缘故障时变得易于接触，也应按成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压与带电部件绝缘。

- c) 成套设备准备投入运行并接上电源时，壳体应将所有的带电部件、裸露导电部件和附属于保护电路的部件封闭起来，以使它们不被触及。壳体提供的防护等级至少应为 IP2XC（见 GB 4208）。

如果保护导体需要与成套设备外的负载连接，则该成套设备应配备连接外部保护导体的端子，并用适当的标记加以区别。

在壳体内部，保护导体及其端子应与带电部件绝缘，并且裸露的导电部件应采用与带电部件相同的方式进行绝缘。

- d) 成套设备内部的裸露导电部件不应连接在保护电路上，也就是说裸露导电部件不包括在保护电路的防护措施中，这同时也适用于内装电器元件，即使它们具有用于连接保护导体的端子。
- e) 如果成套设备的门或覆板不使用钥匙或工具就能够打开，则应配备用绝缘材料制成的挡板，它不仅提供非故意触及可接近带电部件的防护，而且也可防止非故意地触及在打开覆板后接近裸露导电部件。因而，无论如何此挡板不使用工具应不能拆卸。

5.4.4 稳态接触电流和电荷的限制

如果成套设备内部含有断电后还存有稳态接触电流和电荷的装置（如电容器），则要求装有警示牌。用于灭弧和继电器延时动作等的小电容器，不应认为是有危险的器件。

注：如果在切断电源后的 5 s 之内，由静电产生的电压降至直流 60 V 以下时，非故意的接触不认为是有危险的。

5.4.5 对经过允许的人员接近运行中的成套设备的要求

根据成套设备制造商与用户的协议，经过允许的人员接近运行中的成套设备必须满足 GB 7251.1—2005 中 7.4.6.1～7.4.6.3 中的一项或几项要求。这些要求应作为 5.4 电击防护措施的补充。当经过允许的人员获准接近运行中的成套设备时，可借助工具或用解除联锁的方法打开柜门进行工作。当柜门重新闭合时，所有联锁应自动恢复。

6 成套设备的性能

6.1 温升

成套设备的温升是最能确定成套设备的可靠性和长期工作能力的验证项目之一。因为过高的温度会导致部件及绝缘的早期老化和最终故障。同时，接触热的盖板或操作器件所带来的安全问题也同样很重要。

成套设备的设计应考虑影响成套设备满足本部分中温升极限的诸多因素，对于成套设备各个部件



的限值见表 4。

表 4 温升限值

成套设备的部件	温升/K
内装元器件 <sup>a</sup>	根据元器件的相关产品标准要求,或(如有的话)根据元器件制造商的说明书 <sup>f</sup> ,考虑成套设备内的温度
用于连接外部绝缘导线的端子	70 <sup>b</sup>
母线和导体,连接到母线上的可移式部件和抽出式部件的插接式触点	受下述条件限制 <sup>f</sup> : ——导电材料的机械强度 <sup>g</sup> ; ——对相邻设备的可能影响; ——与导体接触的绝缘材料的允许温度极限; ——导体温度对与其相连的电器元件的影响; ——对于接插式触点,接触材料的性质和表面的加工处理
操作手柄 ——金属的; ——绝缘材料的	15 <sup>c</sup> 25 <sup>c</sup>
可接近的外壳和覆板 ——金属表面; ——绝缘表面	30 <sup>d</sup> 40 <sup>d</sup>
分散排列的插头与插座	由组成设备的元器件的温升极限而定 <sup>e</sup>
<div><div><div>a “内装元器件”一词指: ——常用开关设备和控制设备; ——电子部件(例如:整流桥、印制电路); ——设备的部件(例如:调节器、稳压电源、运算放大器)。</div><div>b 温升极限为 70 K 是根据 GB 7251.1—2005 中 8.2.1 的常规试验而定的数值。在安装条件下使用或试验的成套设备,由于接线、端子类型、种类、布置与试验所用的不尽相同,因此端子的温升会不同,这是允许的。如果内装元件的端子同时也是外部绝缘导体的端子,则可采用较低的温升限值。</div><div>c 那些只有在成套设备打开后才能接触到的操作手柄,例如:事故操作手柄、抽出式手柄等,由于不经常操作,故其温升限值可提高 25 K。</div><div>d 除非另有规定,那些可以接触,但在正常使用条件下不需触及的壳体和覆板,允许其温升提高 10 K。距离成套设备基座 2 m 以上的外表面和部件可认为是不可触及的。</div><div>e 就某些装置(如电子器件)而言,它们的温升限值不同于那些通常的开关设备和控制设备,因此有一定程度的伸缩性。</div><div>f 对按照 GB 7251.1—2005 中规定的温升试验,需要由成套设备制造商来确定其温升限值。</div><div>g 如果满足了其他列出条件,裸铜母线和导体的最大温升为 105 K,它是考虑当高于此温度时,铜很容易起火。其他材料应该有不同的温升限值,成套设备的温升试验不应超过此值。</div></div></div>	

从表 4 可清楚地看出,温升限值是 为外部接口如电缆端子、盖板和操作手柄而设定的。在操作手柄和盖板中,由于所用材料的不同使其最终的效果有一定的差别。例如塑料盖板的温升限值是 40 K (加上日平均温度 35 ℃),则塑料盖板的最高允许温度为 75 ℃。在此温度以下的情况,被认为是可接受的。

对成套设备内的其他部件,在温度限值内是会产生有害的影响。这意味着如果不限温度,势必会对成套设备的操作使用造成安全的隐患。制造商必须保证成套设备的温度不超过部件、材料特别是绝缘材料的承受能力。

事实上,成套设备的电器部件在给定负载下的不同环境温度中工作,每个部件在不同的温度下会有不同的容量。由于密集的接线,一个元件可能会把热量传到另一个元件上。同时,相邻的电路也会产生一定的热效应。为此,应采取合适的通风措施。

另外,由于壳体防护等级的提高,过热的可能性也随之增加,为了克服上述问题,部件可能需要降容。

如果需要确认性能,可以采用计算或试验的方法来验证成套设备在规定负载条件下的温升。应按照 GB/T 24276—2009 或 GB 7251.1—2005 中 8.2.1 来验证成套设备的温升是不可避免的。

进行温升试验时,成套设备内的所有的电器元件应像正常工作那样闭合,控制电路应施加额定电压,试验电流加在进线电路上,由出线电路分配电流。每个电路施加的负载电流等于其额定电流乘以实际的分散系数,如果没有提供其他信息,可用 GB 7251.1—2005 中表 1 提供的额定分散系数。

温升试验是时间的积累,试验持续的时间应足以使温度上升到稳定为止(时间一般不超过 8 h)。通常采用热电偶对温升试验的最后几小时的温度予以监视,温度测量的部位是可接近的壳体和覆板、操作手柄、母线及连接处、绝缘子、电缆端子、电器和/或内部空气温度等。

为了说明在成套设备内的潜在功耗,表 5 列出了一些有关功耗的典型试验结果。

表 5 典型的功率损耗

1 000 A 水平母线 (每单元)	114 W
15 kW 电动机(采用直接起动—熔断器保护)	32 W
315 A 刀熔开关	130 W
2 000 A 万能式断路器	365 W

由表 5 可见,一个典型的抽出式电动机控制柜可以散发约 400 W 的热量,由于各种因素的影响,可能会超出以上数据。如果所装的电路会产生大量的热或由于较高的环境温度造成柜架散热能力减小,问题是相当严重的。所以,如果柜架单元的自然通风不充足,则应采取适当的措施,例如:强迫通风。

温度会直接影响成套设备的使用寿命,较低的温升是保证延长成套设备寿命和可靠性的关键。

6.2 短路保护与短路耐受强度

6.2.1 可免除短路耐受强度验证的成套设备的电路

以下情况不要求进行短路耐受强度验证:

- a) 额定短时耐受电流或额定限制短路电流不超过 10 kA 的成套设备;
- b) 采用限流器件保护的成套设备,该器件在成套设备的进线电路端最大允许预期短路电流时的截断电流不超过 17 kA;
- c) 与变压器相连接的成套设备中的辅助电路,该变压器二次侧额定电压不小于 110 V 时,其额定容量不超过 10 kVA。或二次侧额定电压小于 110 V 时,其额定容量不超过 1.6 kVA,而且其短路阻抗不小于 4%。

除上述情况(不包括保护电路)外,所有的其他电路都应通过短路耐受强度的验证。

6.2.2 一般要求

成套设备应具有耐受不超过额定值的短路电流所产生的热应力和电动应力。制造商给出的短路耐受强度除采用试验验证外,还可以通过设计规则、计算来验证。

6.2.3 用设计规则进行验证

用设计规则进行验证是将需要验证的成套设备的情况与一个已经通过验证的成套设备作核查对比,其核查对比内容见表 6。



表 6 用设计规则进行短路验证的核查表

序号	核 查 内 容	是	否
1	评估成套设备每条电路的短路耐受等级是否小于或等于基准设计？		
2	评估成套设备每条电路的母排及连接件的截面尺寸是否大于或等于基准设计？		
3	评估成套设备每条电路的母排和连接件的间距是否大于或等于基准设计？		
4	评估成套设备每条电路导体的材料及材料特性是否与基准设计相同？		
5	评估成套设备每条电路的短路保护器件看其制造和系列 <sup>a</sup> 与器件制造商给出的限制特性( $I^2t, I_{pk}$ )相同或更好？看其是否有同基准设计相同的排列和布置？		
6	评估成套设备内每条无短路保护器件保护的带电导体的长度（依据 GB 7251.1—2005 中 7.5.5.3 的规定）是否小于或等于基准设计？		
7	如果被评估的成套设备包括壳体,基准设计在用试验验证时是否包括壳体？		
8	评估成套设备壳体的设计和型式,是否与基准设计的相同？其尺寸是否至少与基准设计相同？		
9	评估成套设备每条电路的隔室,其机械设计是否同基准设计相同？隔室的尺寸是否至少和基准设计的最大尺寸相同？		
注：所有要求为“是”——不需做进一步验证。 任何一个要求为“否”——要求进一步验证的规定见本部分 6.2.4 和 6.2.5。			
<sup>a</sup> 对制造商生产的不同系列的短路保护器件与其声明的性能特性,在所有相关方面与用于验证的系列器件相比相同或更好,例如:分断能力和限制特性( $I^2t, I_{pk}$ )及临界距离。			

如果确定的验证与核查表的要求不一致,可使用 6.2.4 和 6.2.5 的方法之一进行验证。

6.2.4 与基准设计进行比较的评估验证

通过计算和应用设计规则,对成套设备及其电路的额定短路耐受电流进行评估时,应将此成套设备与已经经过验证的成套设备或成套设备组件相比较。评估应依据 GB/T 24277—2009。此外进行评估的成套设备的每一电路应满足表 6 中序列号为 6、8、9 和 10 的要求。

记录所使用的数据、曾经做过的计算和对比。

如果上列的任何一个或多个条款不满足要求,则成套设备及其电路应依据 6.2.5 进行试验验证。

6.2.5 用试验进行验证

6.2.5.1 试验要求

应按照 GB 7251.1—2005 中 8.2.3 的要求对成套设备进行试验验证,以考核成套设备耐受不超过额定值的短路电流所产生的热应力和电动应力。试验应在专门为此试验提供的成套设备上进行,不必在所生产的每台成套设备上重复进行。为了对成套设备进行完整的试验,有必要对电路和母线系统的每种设计选择一个类型进行试验。

典型的试验包括下述内容：

a) 出线电路

每个基本类型的出线电路,它包含事先未做过试验的部件(连接件可视为一种部件)应依次通以故障电流(短路耐受电流)。

用于试验的电路应闭合,并且应在出线端子上进行短路连接。试验电源应具有输送规定的短路电流的能力,此电源加在成套设备的进线端上。试验电压应维持不应少于 10 个周波的时间,直至被短路保护器件(熔丝或断路器)切断以消除故障。

b) 进线电路及主母线

通常进线电路和主母线(加上带有母线的柜架单元)要一同试验。试验电源连接至进线端上,在所确定的母线系统的远端进行短路连接。



如果进线电路包含有短路保护器件,如同上述出线电路那样,故障电流(短路耐受电流)可以在一个较短的时间内被分断。另外,对于大容量的成套设备,其故障电流应持续一个确定的时间。如果成套设备内包含有不同的母线设计(平行的和垂直的),应逐一进行试验。

- c) 成套设备的主母线和出线功能单元电源侧的连接导体带有短路保护器件的,每种类型的电路都要进行附加的试验。

将导体连接到单独出线单元的母线上,用螺栓连接实现短路时,短路点应尽量靠近出线单元母线侧的端子。短路电流值应与主母线相同。

- d) 如果电路中包含中性母线,要考虑在中性母线及最靠近中性母线的相线上进行一次试验,其预期故障电流应是三相值的 60%。

如果中性母线与相母线的形状和截面积相同,而且:

- 中性母线与相母线的支撑方式相同,沿母线长度的支撑距离不大于相母线的支撑距离;
- 中性母线与最近的相母线的距离不小于相母线间的距离;
- 中性母线与接地母线的距离不小于与相母线的距离。

则可不必对中性母线进行试验。

- e) 对保护电路的短路试验要求见本部分 6.3.3 的规定,6.2.1 的规定对本条不适用。

#### 6.2.5.2 试验结果

短路试验后,只要电气间隙和爬电距离仍符合 5.3 的规定,母线和导体的变形是允许的。如对电气间隙和爬电距离有疑问,则应进行测量。

绝缘材料性能应能保证设备的机械和介电性能满足相关规定的要求。母线绝缘件或支撑件或电缆固定件不应分为两段或多段。此外,支撑件不应出现裂纹和破裂,包括表面的裂纹、支撑件的变形等。在对成套设备的绝缘性能有疑问的情况下,应依据 GB 7251.1—2005 的 8.2.2 以 2 倍  $U_i$  加最少 1 000 V 的电压下进行附加的工频试验。

导体的连接部件不应松动,而且,导线不应从端子上脱落。

母线或成套设备结构的任何影响其正常使用的变形,可移式部件的插入或移动的任何变形,应视为故障。

由于短路引起的壳体或内部隔板、挡板和屏障的变形是允许的,只要其防护等级没被破坏,电气间隙和爬电距离值没有减少到规定值以下。

另外,短路耐受强度试验后,被试成套设备应能承受 6.4 的介电试验。试验电压值见相关标准的规定。试验部位如下:

- a) 在成套设备所有带电部件和成套设备的裸露导电部件之间;
- b) 在每个极和为此试验被连接到成套设备裸露导电部件的所有其他极之间。

如进行上述 a) 和 b) 项试验,则应更换熔断器并闭合开关器件。

应检查成套设备的内装元件是否符合有关的规定。检测器件不应显示出有故障电流。

### 6.3 保护电路的有效性

#### 6.3.1 一般要求

成套设备内适宜的保护电路是必不可少的。其主要功能是当非载流部件一旦意外地变为带电时,对人身进行保护。

一般情况,成套设备的金属结构构成其基础保护电路。对于多柜架单元,一般不要求必须具备金属结构,可以配置一个贯穿成套设备整个长度的保护导体(接地排)。

6.3.2 成套设备的裸露导电部件与保护电路之间的有效连接由以下两部分完成保护电路(接地排)的功能:

##### 6.3.2.1 成套设备的结构是否能使保护电路的有效性得到满足:

- a) 大于 50 mm×50 mm 可以被触及的所有裸露导电部件应有效地连接到保护电路上;
- b) 操作手柄等被有效地连接到保护电路上或进行适宜的绝缘;



- c) 一个部件从成套设备上移出而不切断其他部件的保护电路;
- d) 门和盖板不应被密封垫完全绝缘;
- e) 保护电路的尺寸是按照标准确定的,而且能够承受预期保护电流。

6.3.2.2 要求裸露导电部件和进线保护导体端子之间的电阻要足够低,此值不应超过  $0.1\ \Omega$ 。如有疑问应进行测量验证。

### 6.3.3 成套设备保护电路的短路强度

成套设备外壳及其保护电路(接地系统)应能够耐受额定短路电流所造成的热和电动应力。

确定成套设备保护系统的电器元件的额定值是很重要的。一般需要考虑以下因素:

- 接地母线的短路额定值;
- 出线保护导体端子和接地母线之间的连接。

实际上,除对一相和保护接地电路之间的短路试验外,成套设备保护电路的短路试验还包括对中性保护电路短路试验的重复进行。而且,如果没有其他要求,用于预期短路电流值应是成套设备三相短路耐受试验的预期短路电流值的 60%。

## 6.4 介电性能

### 6.4.1 一般要求

成套设备的每个电路都应能承受:

- 暂时过电压;
- 瞬态过电压。

成套设备用施加工频耐受电压的方法验证成套设备的暂时过电压的能力及固体绝缘的完整性;用施加冲击耐受电压的方法验证成套设备绝缘配合所选取的电气间隙能否承受规定的瞬态过电压的能力。本部分给出了介电性能试验的选择。

### 6.4.2 冲击耐受电压

如果制造商已标明了成套设备的冲击耐受能力,则要进行冲击耐受电压试验。GB 7251.1—2005 附录 G 中的表 G.1 给出了系统中规定电压和部位的适当值。

采用加强绝缘的成套设备应比对应于基本绝缘确定的额定冲击耐受电压高一级的值来确定,如果基本绝缘要求的冲击耐受电压不是优选值,则加强绝缘应按能承受基本绝缘要求的冲击耐受电压的 160% 来确定。

对具有双重绝缘的成套设备,在基本绝缘和附加绝缘不能分开进行试验时,则该绝缘系统可考虑如同加强绝缘。

### 6.4.3 工频耐受电压

对成套设备实施工频介电试验,即通常的“工频耐压试验”,它包括在所有的带电部件之间和带电部件与成套设备的裸露导电部件之间施加规定的试验电压。

GB 7251.1—2005 的 8.2.2.4.1 和 8.2.2.4.2 中给出了规定的试验电压值。例如,对于主电路,当成套设备的额定绝缘电压在 300 V~690 V 时,介电试验电压应为交流 2 500 V。辅助电路施加的试验电压最小为 1 500 V。要求试验电压具有正弦波形,且频率在 45 Hz 和 62 Hz 之间。

施加试验电压时,开始施加时的试验电压不应超过上面给出值的 50%。然后在几秒钟之内将试验电压平稳地增加至上述规定值并维持 5 s,出厂试验的试验电压持续时间是 1 s。应该注意,不管出现任何漏电流,交流电源都应保证能够维持试验电压。

### 6.4.4 试验结果

如果没出现击穿或闪络现象,则认为通过了试验。

## 6.5 安全操作

### 6.5.1 操作的可靠性

电路接通和分断的控制,应保证有最大限度的安全性,必须防止造成误接通、误分断。对于手动控



制器件,要保证操作器件运动的作用清楚明了,必要时辅以容易理解的图形符号和文字说明。对自动或部分自动开关的控制过程,必须排除由于过程重叠或交叉可能造成的危险,为此要有相应的联锁或限位装置。

如果在成套设备上装有控制装置和作为特殊安全技术措施的联锁机构,这些机构必须具有强制性的作用。在下列情况之一时,此要求应能得到满足:

- a) 特殊安全技术措施要与成套设备的工作过程和运行过程的开始同时起作用;
- b) 特殊安全技术措施作用之后,工作过程和运行过程才有可能开始;
- c) 在工作人员接近危险区域时,先强制性地停止工作过程和运行过程。

6.5.2 紧急切断

如遇下列情况时,成套设备必须装设紧急开关:

- a) 在可能发生危险的区域内,工作人员不能快速地操纵正常操作开关去消除出现的危险;
- b) 有几个可能造成的危险部分存在,工作人员不能快速地操纵一个共用的操作开关来终止出现的危险;
- c) 由于切断某个部分,可能引起危险;
- d) 在控制台处不能看到所控制的全套设备。

无论是被接通还是被分断电源的成套设备,都不允许由于起动紧急开关而造成事故。紧急开关应用醒目的红色标记,并应采用手动复位。

6.5.3 防止误起动措施

对于在安装、维护、检验时,需要察看危险区域或人体部分(例如手或臂)需要伸进危险区域的设备,必须防止误起动。可通过下列措施来满足此项要求:

- a) 先强制分断成套设备的电源输入;
- b) 在“断开”位置用多重闭锁的总开关;
- c) 控制或联锁元件位于危险区域,并只能在此处闭锁或起动;
- d) 具有可拔出的开关钥匙。

6.5.4 手控操作器件的操作方向

规定手控操作器件的操作方向,可提高操作人员的安全性。成套设备的制造商在元件和器件的安装方案中,应采用 GB/T 4205—2003 关于操作方向的规定。常用的操作方向见表 7。

表 7 手控操作器件的操作方向与最终效应对照表

序号	最终效应	手控操作器件的操作方向			
		垂直运动	水平运动	转动	掀—拉(按钮)
1	开(投入运行)	向上	向右、向前	顺时针	提拉
2	关(退出运行)	向下	向左、向后	逆时针	按压
3	向右		向右	顺时针	
4	向左		向左	逆时针	
5	向上、升	向上	向前		
6	向下、降	向下	向后		
7	关闭(闭合电路)	向上	向前	顺时针	提拉
8	打开(分断电路)	向下	向后	逆时针	按压
9	增加	向上	向右、向前	顺时针	
10	减小	向下	向左、向后	逆时针	

表 7 (续)

序号	最终效应	手控操作器件的操作方向			
		垂直运动	水平运动	转 动	揪—拉(按钮)
11	前进(向前)	向上	向右		
12	后退(向后)	向下	向左		
13	开动(起动)	向上	向右、向前	顺时针	
14	刹住(停止)	向下	向左、向后	逆时针	

6.6 电气连接

- 6.6.1 成套设备必须装设能与外部电路可靠连接的装置。
- 6.6.2 所需要的连接手段,如接插件、连接线、接线端子等,必须能承受所规定的电(电压、电流和功率)、热(内部和外部受热)和机械(拉、压、弯、扭等)负载。特别容易造成危害的部位必须通过位置排列、结构设计和附加装置来保护。
- 6.6.3 母线和导电或带电的连接件,按规定使用时,不应发生过热、松动或造成危险的位移。
- 6.6.4 两个连接器件之间的导线不应有中间接头或焊接点,应尽可能在固定的端子上进行接线。
- 6.6.5 绝缘导线不应支靠在不同电位的裸带电部件和带有尖角的边缘上,应采用适当的方法固定、绝缘。
- 6.6.6 为保证成套设备内无短路保护器件保护的带电体(见 GB 7251.1—2005 中 7.5.5.1.2 和 7.5.5.2)在按规定使用时不产生相与相或相与地之间内部短路,电缆、导线的选择与敷设应符合 GB 7251.1—2005 中表 5 的规定。
- 6.6.7 如果是电子成套设备,有必要把控制电路与电源电路进行隔离或屏蔽。

6.7 电磁兼容性(EMC)

6.7.1 电磁兼容环境

在没有专门协议的情况下,对属于本部分范围内的成套设备,要考虑下面的两种环境条件:

- a) 环境 A;
- b) 环境 B。

环境 A: 主要与低压非公共电网或工业电网有关,包括强骚扰源。

注 1: 环境 A 符合 GB 4824—2004 中的 A 类设备。

注 2: 工业环境表现为以下特征条件的一种或几种:

- 工业、科研和医疗设备,例如:存在着工作机械;
- 频繁切换的大感性或容性负载;
- 大电流并伴随着高磁场。

环境 B: 主要与低压公共电网有关,例如:在居民区,商业区和轻工业场所安装使用。本环境不包括强骚扰源,如:弧焊机。

注 3: 环境 B 符合 GB 4824—2004 中的 B 类设备。

注 4: 下列内容给出了环境 B 包含的场所:

- 居民区,例如:住宅、公寓;
- 零售业,例如:商店、超市;
- 商业建筑,例如:办公室、银行;
- 公共娱乐场所,例如:电影院、公共酒吧、舞厅;
- 户外场所,例如:加油站、停车场、体育中心;
- 轻工业场所,例如:车间、实验室、服务中心。

成套设备适合环境 A 和/或环境 B 应由成套设备制造商规定。



6.7.2 性能要求

在正常运行条件下,不装有电子电路的成套设备不受电磁骚扰,因此不需进行电磁兼容性试验。对装有电子电路的成套设备,如果满足了下述条件,则不要求在最终的成套设备上进行电磁兼容性试验:

- a) 按 6.7.1 中规定的环境进行设计的组合器件和元件符合相关的产品标准或通用的 EMC 标准;
- b) 内部安装及布线是按照元器件制造商的说明书进行的(关于互相影响,电缆的屏蔽和接地等)。

注:全部使用无源元件(例如:二极管,电阻,压敏电阻,电容,浪涌抑制器,电感器等)的电子电路装置不需要进行试验。

其他情况应按 6.7.2.1 和 6.7.2.2 的要求进行 EMC 验证。

6.7.2.1 抗扰度

安装在成套设备内的电子装置应符合相关产品标准或通用 EMC 标准的抗扰度要求,并按成套设备制造商的规定用于合适的 EMC 环境中。

用于环境 A 的成套设备应满足表 8 的要求,用于环境 B 的成套设备应满足表 9 的要求,试验结果的验收准则含义见表 10,制造商可以在产品标准中对表 10 的内容给出更加确切的解释。

表 8 用于环境 A 的成套设备的抗扰度要求

试验项目	试验等级	验收等级 <sup>b</sup>
静电放电抗扰度试验 GB/T 17626.2	±8 kV/空气放电 或±4 kV/接触放电	B
射频电磁场辐射抗扰度试验 GB/T 17626.3 从 80 MHz~1 000 MHz 和 从 1 400 MHz~2 000 MHz	在壳体端口 10 V/m	A
电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 GB/T 17626.4	电源端口±2 kV; 信号端口包括辅助电路和功能接地±1 kV	B
1.2/50 μs 和 8/20 μs 浪涌抗扰度试验 GB/T 17626.5 <sup>a</sup>	电源端口(线对地)±2 kV; 电源端口(线对线)±1 kV; 信号端口(线对地)±1 kV	B
射频传导抗扰度试验 GB/T 17626.6 从 150 kHz~80 MHz	电源端口,信号端口和功能接地 10 V	A
工频磁场抗扰度试验 GB/T 17626.8	30 A/m <sup>c</sup> 在机壳端口	A
电压暂降和短时中断抗扰度试验 GB/T 17626.11 <sup>d</sup>	0.5 个周期下降 30%; 5 和 50 个周期下降 60%; 250 个周期下降大于 95%	B C C
电源谐波抗扰度试验 GB/T 17626.13	要求待制定	
<p><sup>a</sup> 对于额定电压直流 24 V 及以下的成套设备不适用。</p> <p><sup>b</sup> 验收等级与环境无关,见表 10。</p> <p><sup>c</sup> 仅适用于成套设备中包含易受工频磁场影响的设备。</p> <p><sup>d</sup> 仅适用于电源输入端口。</p>		

表 9 用于环境 B 的成套设备的抗扰度要求

试验项目	试验等级	验收等级 <sup>b</sup>
静电放电抗扰度试验 GB/T 17626.2	±8 kV/空气放电 或±4 kV/接触放电	B
射频电磁场辐射抗扰度试验 GB/T 17626.3 从 80 MHz 到 1 000 MHz 和从 1 400 MHz 到 2 000 MHz	壳体端口 3 V/m	A
电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 GB/T 17626.4	电源端口±1 kV; 信号端口包括辅助电路和功能接地±0.5 kV	B
1.2/50 μs 和 8/20 μs 浪涌抗扰度试验 GB/T 17626.5 <sup>a</sup>	±0.5 kV(线对地)用于信号和电源端口,除主电源外,输入端口应用 ±1 kV(线对地) ±0.5 kV(线对线)	B
工频磁场抗扰度试验 GB/T 17626.8	3 A/m <sup>c</sup> 在机壳端口	A
电压波动和中断抗扰性试验 GB/T 17626.11 <sup>d</sup>	0.5 个周期下降 30%; 5 个周期下降 60%; 250 个周期下降大于 95%	B C C
电源谐波抗扰性试验 GB/T 17626.13	要求待制定	
<p><sup>a</sup> 对于额定电压直流 24 V 及以下的成套设备不适用。</p> <p><sup>b</sup> 验收等级与环境无关,见表 10。</p> <p><sup>c</sup> 仅适用于成套设备中包含易受工频磁场影响的成套设备。</p> <p><sup>d</sup> 仅适用于电源输入端口。</p>		

表 10 验收准则

项目	验收等级		
	A	B	C
一般性能	工作特性无明显变化 理想的运行	可自恢复的性能 暂时降低或丧失	性能暂时降低或丧失,需要操 作者干预或系统复位 <sup>a</sup>
电源和辅助电路 的运行	无不正确的运行	可自恢复的性能 暂时降低或丧失 <sup>a</sup>	性能暂时降低或丧失,需要操 作者干预或系统复位 <sup>a</sup>
显示和控制面板 的运行	显示信息无变化。 仅发光二极管有轻微的亮度 变化或轻微的字符移动	短暂的可视变化或信息丢失。 发光二极管非正常发光	停机。 信息持久丢失或显示错误信 息。非法操作模式。不能自 行恢复
信息处理和 检测功能	与外部设备的通讯和数据交 换未受影响	暂时的通讯故障,可能造成内 部和外部设备出错	错误的处理信息。 数据和/或信息丢失。 通讯出错。不能自行恢复
<sup>a</sup> 明确的要求应在产品标准中详细的给出。			

6.7.2.2 发射

不装有电子电路的成套设备只是在偶然的通断操作过程中可能产生电磁骚扰,其持续时间为



ms 级。这些发射的频率、等级及影响被视为低压设施正常电磁环境的一部分,因此可以认为满足了电磁发射的要求,不需要进行试验验证。

装有电子电路的成套设备应符合相关的产品标准或通用的 EMC 标准的发射要求,并适用于由成套设备制造商规定的 EMC 环境中。

6.7.2.2.1 9 kHz 或更高频率

装有电子电路的成套设备(例如:开关电源、包含有高频时钟的微处理器的电路)可能出现持续的电磁骚扰。

此类产品的发射要求不应超过相关产品标准规定的限值或表 11 或表 12 的要求。

用于环境 A 的成套设备的发射限值见表 11;用于环境 B 的成套设备的辐射限值见表 12。如果成套设备包含通信端口,则相关端口及环境的选择应依据 GB 9254。

6.7.2.2.2 频率低于 9 kHz

此要求适用于在交流电源上产生低频谐波的成套开关设备的电子电路,见 GB 17625.1 的要求。

表 11 环境 A 发射限值

试验项目	频率范围 MHz <sup>a</sup>	限 值	参考标准
辐射性发射	30~230	在 30 m <sup>b</sup> 处准峰值 30 dB(μV/m)	GB 4824—2004, A 类设备,1 组
	230~1 000	在 30 m <sup>b</sup> 处准峰值 37 dB(μV/m)	
传导性发射	0.15~0.5	准峰值 79 dB(μV); 平均值 66 dB(μV)	
	0.5~5	准峰值 73 dB(μV); 平均值 60 dB(μV)	
	5~30	准峰值 73 dB(μV); 平均值 60 dB(μV)	
<sup>a</sup> 在转换频率处可以有较低的限值。			
<sup>b</sup> 在 10 m 处测量则限值增加 10 dB,在 3 m 处测量限值增加 20 dB。			

表 12 环境 B 发射限值

试验项目	频率范围 MHz <sup>a</sup>	限 值	参考标准
辐射性发射	30~230	在 10 m <sup>b</sup> 处准峰值 30 dB(μV/m)	GB 4824—2004, B 类设备,1 组
	230~1 000	在 10 m <sup>b</sup> 处准峰值 37 dB(μV/m)	
传导性发射	0.15~0.5 限值随频率的对数而线性减小	准峰值 66 dB(μV)~56 dB(μV); 平均值 56 dB(μV)~46 dB(μV)	
	0.5~5	准峰值 56 dB(μV); 平均值 46 dB(μV)	
	5~30	准峰值 60 dB(μV); 平均值 50 dB(μV)	
<sup>a</sup> 在转换频率处可以有较低的限值。			
<sup>b</sup> 在 3 m 处测量则限值增加 10 dB。			

附 录 A  
(资料性附录)  
验证项目表

表 A.1 验证项目表

序号	验证特性	条款	验证选项		
			试验验证	计算验证	设计规则验证
1	材料和部件的强度：	5.1			
	耐腐蚀	5.1.2	是	否	否
	耐紫外线辐射	5.1.3	是	否	否
	绝缘材料的耐热和耐着火性能：	5.1.4			
	耐热性能	5.1.4.2	是	否	否
	耐非正常热和着火的性能	5.1.4.3	是	否	否
	机械强度	5.1.5	是	否	否
	起吊装置	5.1.6	是	否	否
	标志	4.2	是	否	否
2	防护等级	5.2			
	机械冲击防护	5.2.1	是	否	否
	防止外来固体和液体的进入	5.2.2;5.2.3;5.2.4	是	否	是
3	电气间隙和爬电距离	5.3	是	是	是
4	电击防护	5.4			
	基本防护	5.4.2	是	否	否
	保护电路完整性	5.4.3.2.2	是	是	否
	成套设备外部故障的影响	5.4.3.2.3	是	是	是
5	外接导体端子	5.4.3.2.3	否	否	是
6	温升极限	6.1	是	是	是
7	短路保护和短路耐受能力	6.2;6.3.3	是	是	是
8	介电性能：	6.4			
	冲击耐受电压	6.4.2	是	否	是
	工频耐受电压	6.4.3	是	否	否
9	机械操作	6.5	是	否	否
10	内部电气回路和接线	6.6	否	否	是
11	电磁兼容性(EMC)	6.7	是	否	是



附 录 B  
(资料性附录)  
额定分散系数

B.1 总则

成套设备内的所有电路能够单独地连续承载其额定电流,但是任一电路的电流承载能力可能受到相邻电路的影响。由于电路热效应互相作用的结果,可能会导致邻近电路的发热。对温度大大超过周围温度的电路可以采取风冷降温。

实际上,一般不要求成套设备内的所有电路能够连续并同时承载额定电流。在成套设备的使用中,由于负载的形式和性能的明显不同,有些电路将担负起动电流和断续电流或短时的负载电流。一些电路重载,而其他电路则为轻载或断开。因此,成套设备不需要所有电路都在额定电流下连续运行。分散系数为 1.0,对材料和能源的使用效率不良的情况作为例外。本部分通过对给出的额定分散系数的配置来说明成套设备的实际要求。

通过给出的额定分散系数,成套设备制造商规定了所设计的成套设备平均负载条件。额定分散系数确定成套设备内所有出线电路或一组出线电路的每个单元能够连续并同时承载的额定电流值。成套设备中,如果在额定分散系数下运行的出线电路的额定电流总和超过进线电路容量时,额定分散系数适用于分配进线电流到任一组合的出线电路。

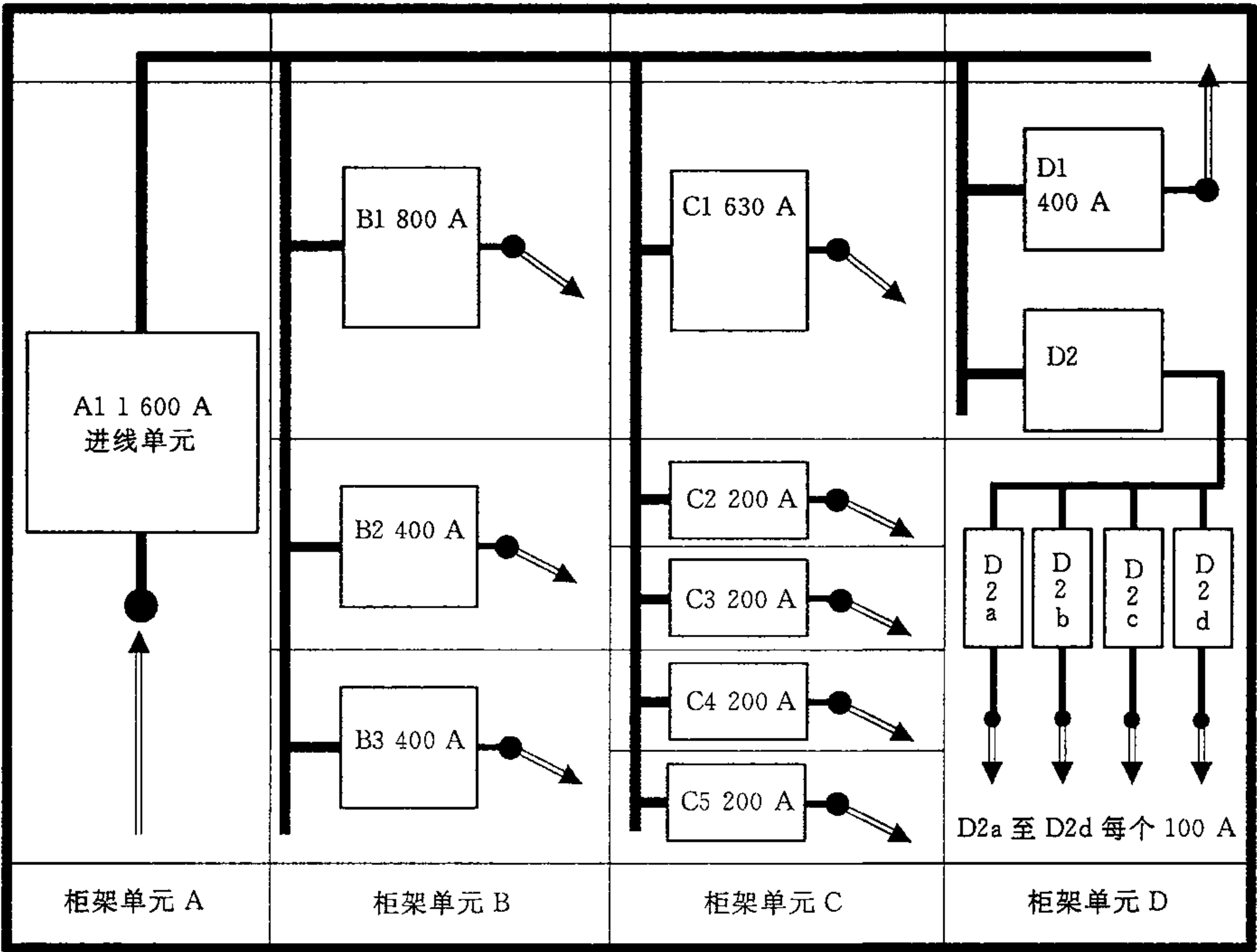
B.2 成套设备的额定分散系数

成套设备的额定分散系数见 4.2.3.3 中的规定。典型的成套设备功能单元额定电流示例在图 B.1 中示出,表 B.1 和图 B.2~B.5 给出了分散系数为 0.8 的多个负载安排示例。

B.3 一组出线电路的额定分散系数

为了规定成套设备的额定分散系数,成套设备制造商可以为成套设备内一组相关电路规定不同的分散系数。

表 B.2 和表 B.3 给出了分散系数为 0.9 的典型成套设备(在图 B.1 中示出)内一个柜架单元和一组功能单元的负载安排示例。



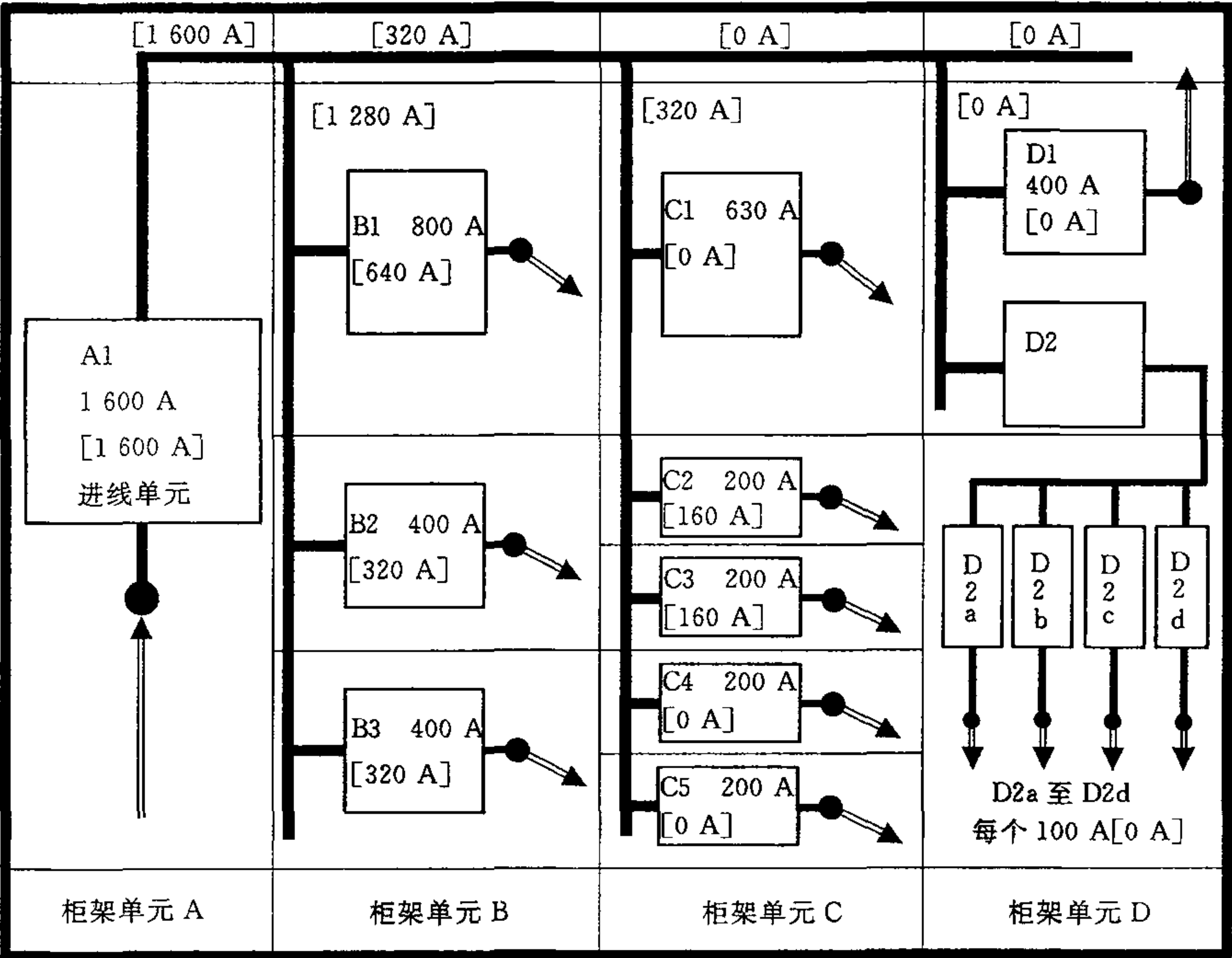
注：成套设备内功能单元的额定电流可以小于装置或器件的额定电流。

图 B. 1 成套设备功能单元额定电流( $I_n$ )的典型示例

表 B. 1 额定分散系数为 0.8 的成套设备负载实例

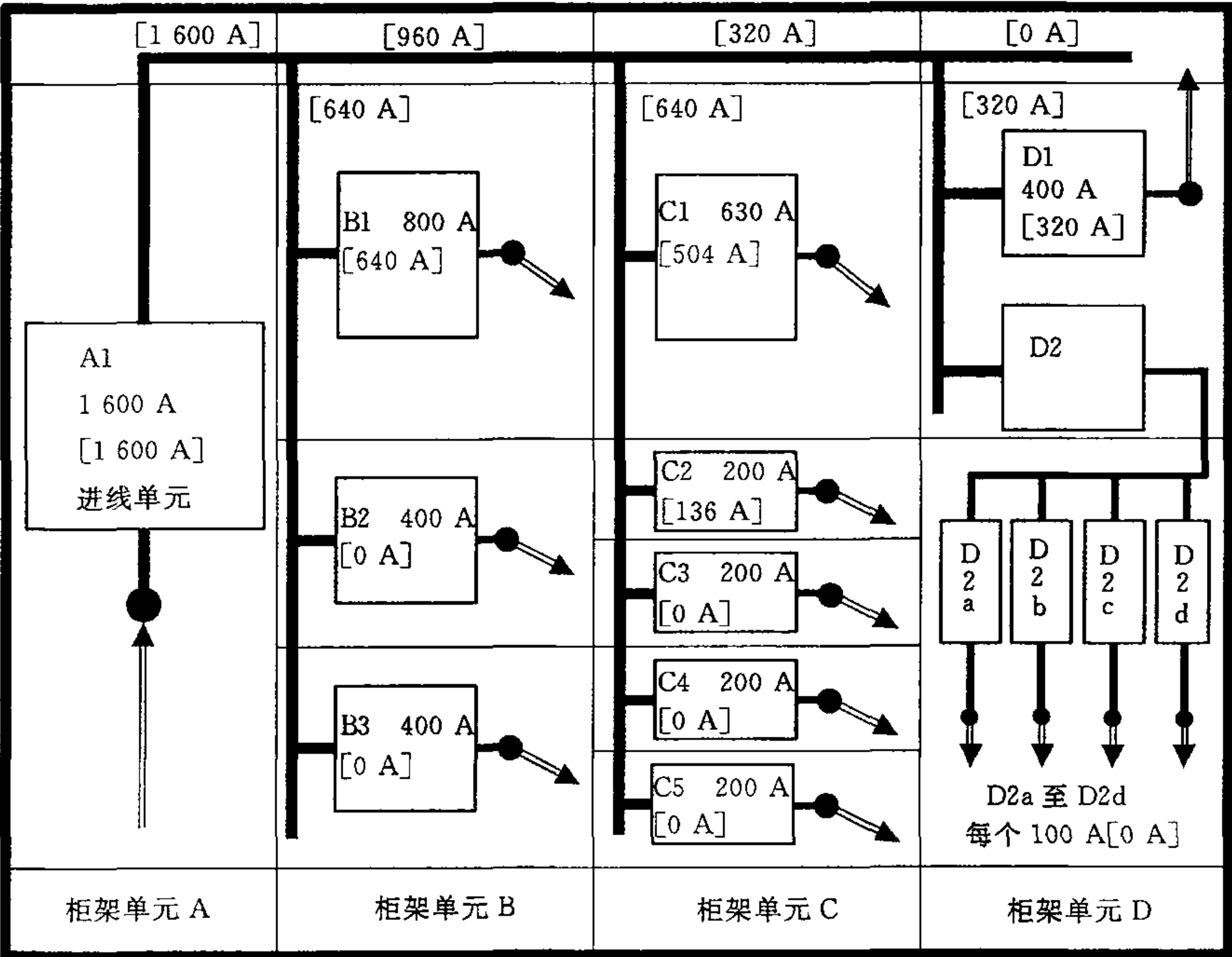
功能单元		A1	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2a	D2b	D2c	D2d
		电流/A													
功能单元额定电 流 $I_n^b$ (见图 B. 1)		1 600	800	400	400	630	200	200	200	200	400	100	100	100	100
额定分散 系数 0.8 的成套设 备的功能 单元负载	例 1 图 B. 2	1 600	640	320	320	0	160	160	0	0	0	0	0	0	0
	例 2 图 B. 3	1 600	640	0	0	504	136 <sup>a</sup>	0	0	0	320	0	0	0	0
	例 3 图 B. 4	1 600	456 <sup>a</sup>	0	0	504	160	160	160	160	0	0	0	0	0
	例 4 图 B. 5	1 600	0	0	0	504	160	160	136 <sup>a</sup>	0	320	80	80	80	80
<sup>a</sup> 平衡电流加载到进线电路至其额定电流为止。															
<sup>b</sup> 成套设备内功能单元(电路)的额定电流可以小于装置或器件的额定电流。															





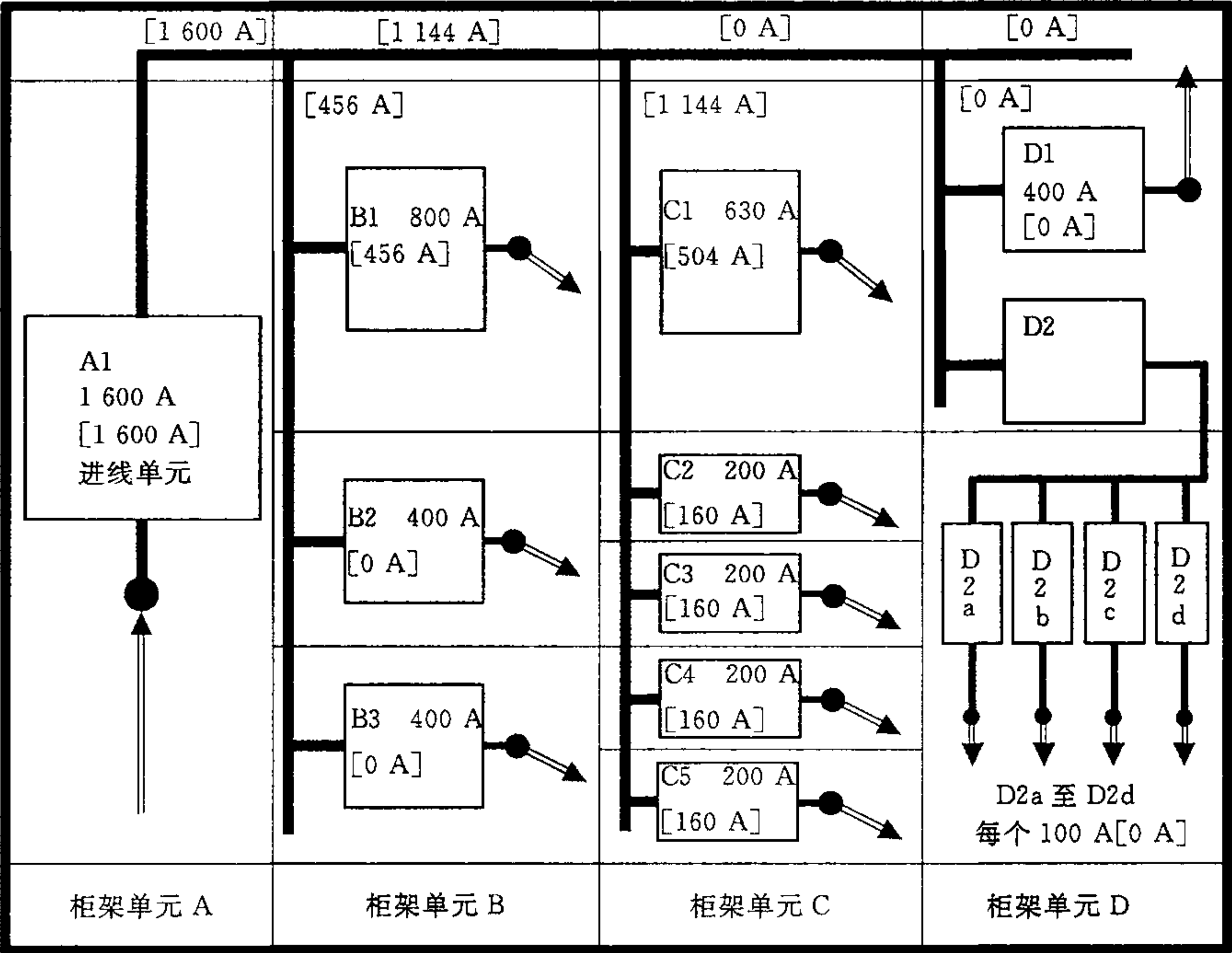
注：实际负载由图中括弧指出，例如[640A]。

图 B.2 例 1:表 B.1 额定分散系数为 0.8 的成套设备功能单元负载



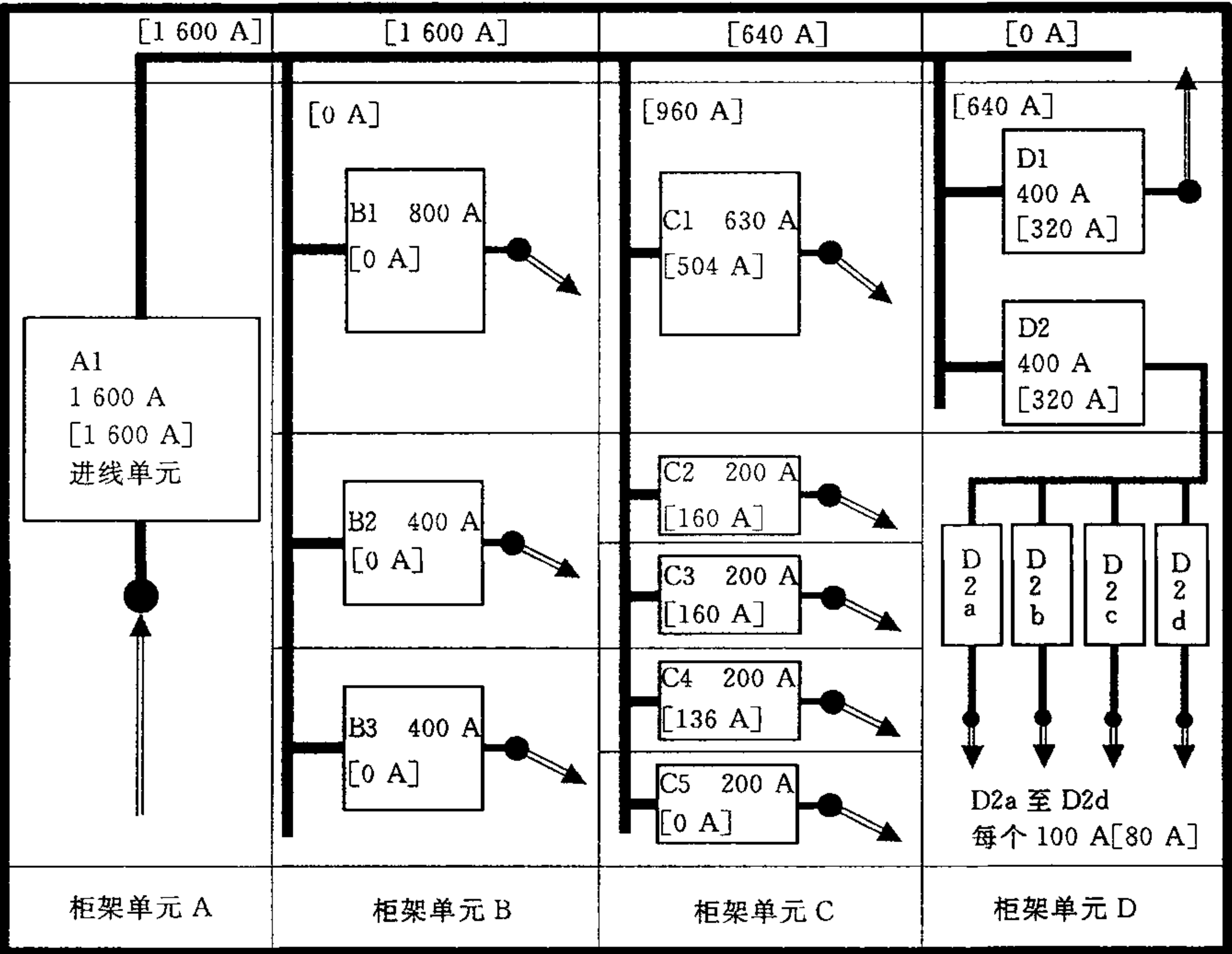
注：实际负载由图中括弧指出，例如[640A]。

图 B.3 例 2:表 B.1 额定分散系数为 0.8 的成套设备功能单元负载



注：实际负载由图中括弧指出，例如[456A]。

图 B.4 例 3:表 B.1 额定分散系数为 0.8 的成套设备功能单元负载



注：实际负载由图中括弧指出，例如[320A]。

图 B.5 例 4:表 B.1 额定分散系数为 0.8 的成套设备功能单元负载



表 B.2 额定分散系数为 0.9 的一组电路(图 B.1 中柜架单元 B)的负载实例

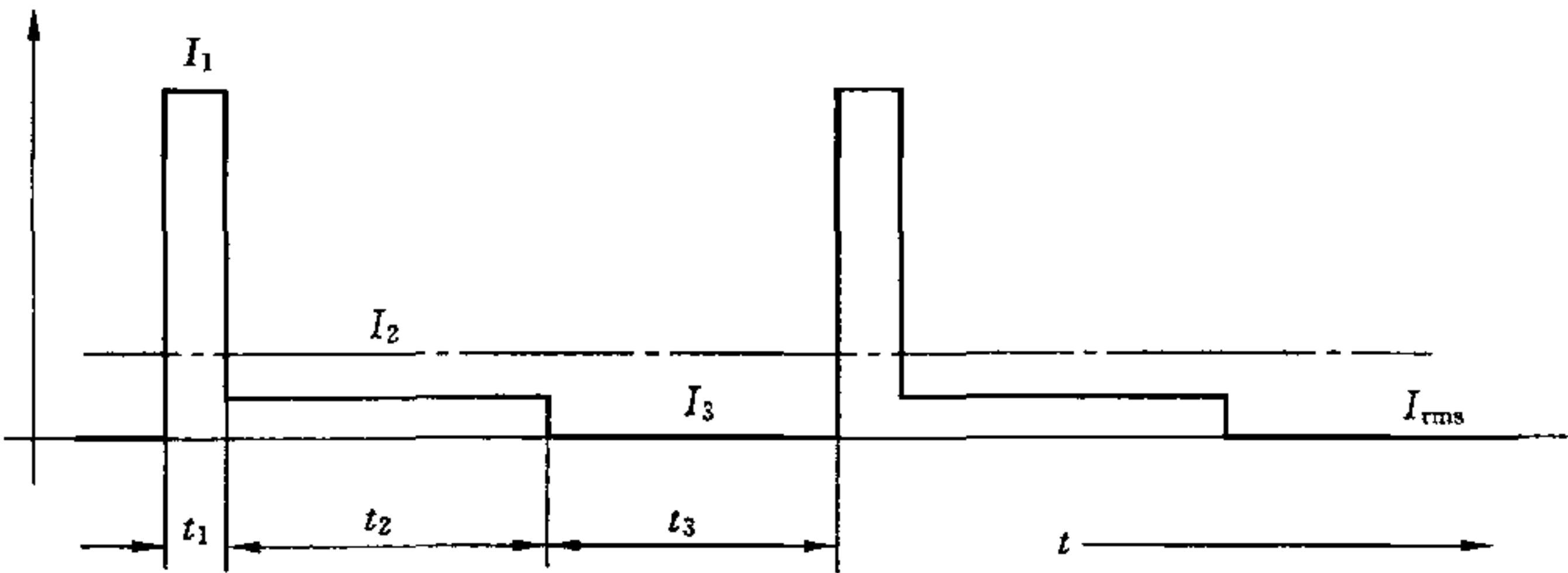
功能单元	柜架单元 B	B1	B2	B3
	电流/A			
功能单元 额定电流 $I_n$	1 440 <sup>a</sup>	800	400	400
负载电流 (电路组的额定分散系数为 0.9)	1 440	720	360	360
<sup>a</sup> 额定分散系数为 0.9 的功能单元的最小额定电流。				

表 B.3 额定分散系数为 0.9 的一组电路(图 B.1 中功能单元)的负载实例

功能单元	D2	D2a	D2b	D2c	D2d
	电流/A				
功能单元的额定电流 $I_n$	360 <sup>a</sup>	100	100	100	100
负载电流 (电路组的额定分散系数 0.9)	360	90	90	90	90
<sup>a</sup> 额定分散系数为 0.9 的功能单元的最小额定电流。					

B.4 额定分散系数和断续工作制

电路中器件的耗散热量产生的焦耳损失与实际电流的有效值是成比例的。描述实际断续电流热效应的电流有效值的计算实例见图 B.6 中给出的公式计算。假设确定了断续工作制,就可能得出热等效的实际电流有效值( $I_{rms}$ )。给定额定分散系数允许的负载曲线图见图 B.7 和图 B.8。应特别注意通电时间大于 30 min 的情况,因为小的装置此时已达到热平衡。



$$I_{rms} = [(I_1^2 \times t_1 + I_2^2 \times t_2 + I_3^2 \times t_3)/(t_1 + t_2 + t_3)]^{1/2}$$

式中:

- $t_1$ ——在电流为  $I_1$  时的起动时间;
- $t_2$ ——在电流为  $I_2$  时的起动时间;
- $t_3$ ——在电流为  $I_3=0$  时的间隔时间;

$t_1 + t_2 + t_3$ ——周期时间。

图 B.6 平均热效应的计算实例

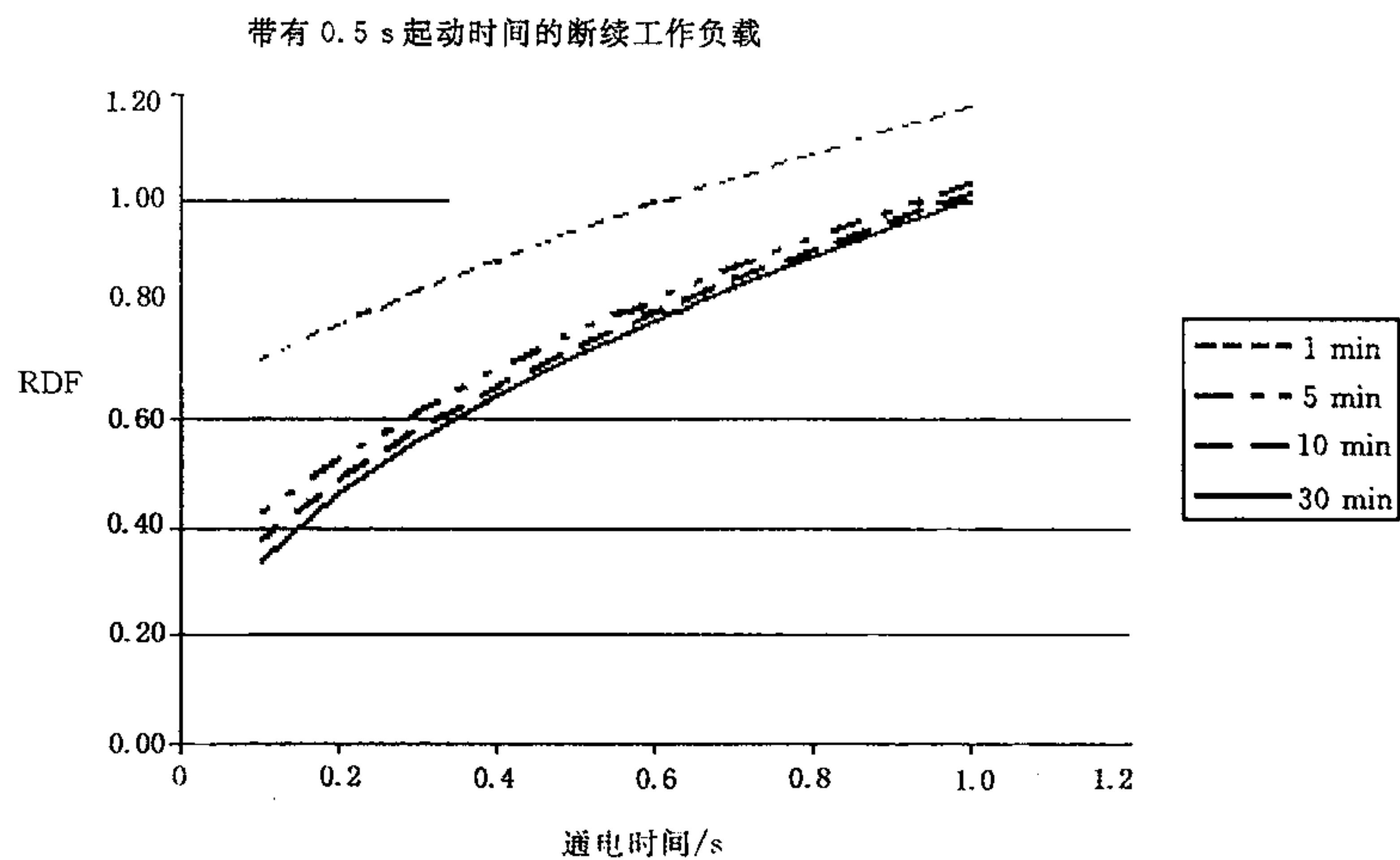


图 B.7 额定分散系数在断续工作制 ( $t_1 = 0.5\text{ s}$ ,  $I_1 = 7 \times I_2$ ) 不同周期内的关系图例

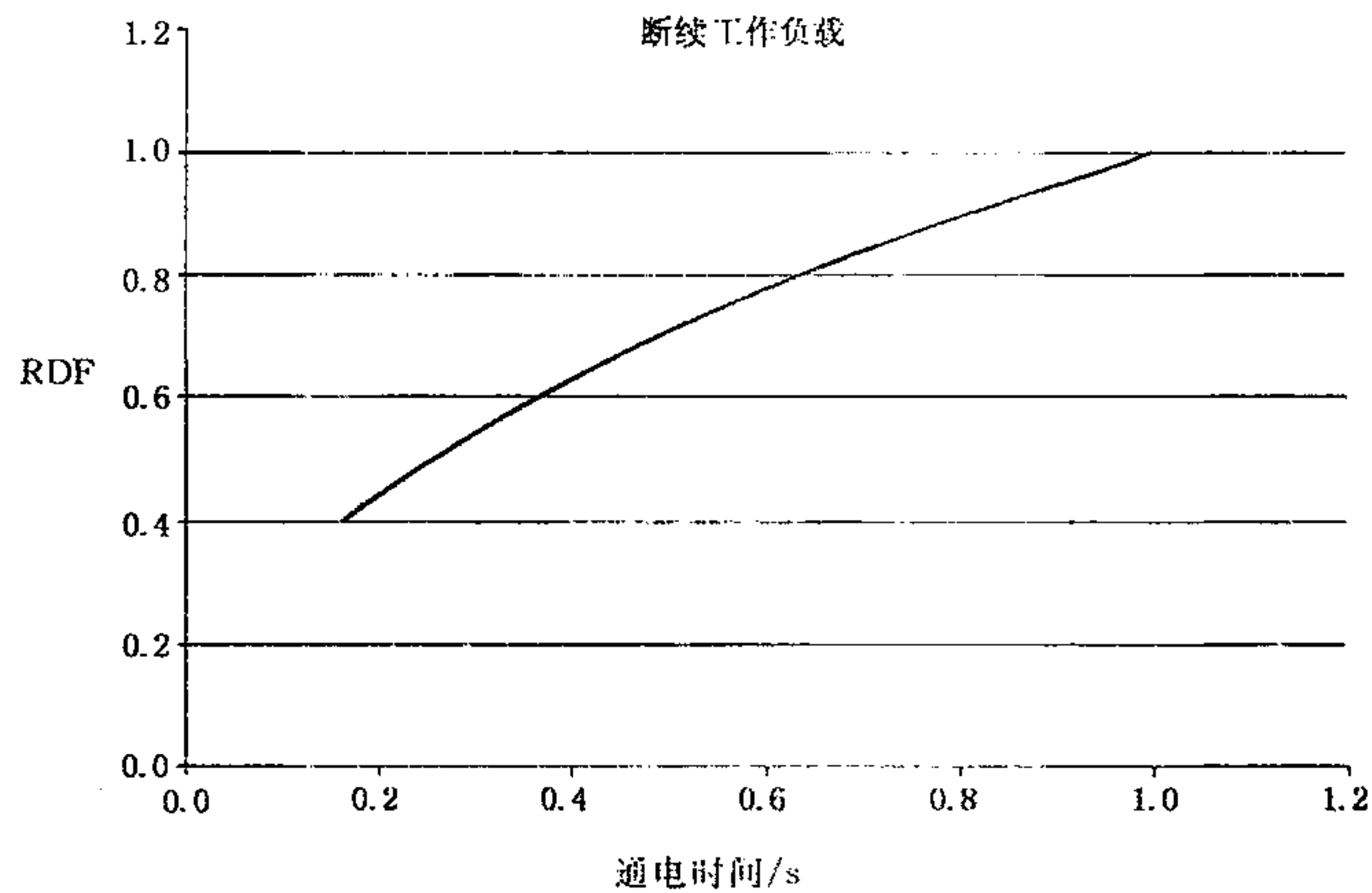


图 B.8 额定分散系数在断续工作制 ( $I_1 = I_2$  没引起过流) 的关系图例



附 录 C  
(资料性附录)  
成套设备制造商与用户的协议项目

下述内容为成套设备制造商与用户间所达成的协议款项。某些情况下,这些款项可以由成套设备制造商声明的资料所替代。

本附录有助于标准中相关内容的查找,也可作为应用于单独产品标准的样板。

表 C.1 成套设备制造商与用户之间的协议项目

序号	用户指定的功能与特性	参考条款	标准规定	用户需求*
1	电气系统			
	接地系统	4.2.5; 5.4.3.2.3		
	额定电压 $U_n$ (V)	4.2.2		
	过电压类别选择	参考标准		
	瞬态异常过电压;电压应力;暂时过电压	6.4	否	
	额定频率 $f_n$ (Hz)	4.2.4		
	其他测试需求:工作性能和功能;如布线	6.5;6.6		
2	短路耐受能力			
	进线功能单元中的短路保护装置(SCPD)	5.4.3.2.3		
	短路保护装置的协调,包括外部短路保护器在内	4.2.3.6		
	电源端的预期短路电流 $I_{cp}$ (kA)	参考标准		
	中性母排的预期短路电流	6.2.5.1	相电流的 60%	
	保护电路中的预期短路电流	6.3.3	相电流的 60%	
	可能增大短路电流的负载相关数据	参考标准		
3	电击防护			
	电击防护——基本防护(对直接接触的防护) 注:这种防护形式是为了防止成套设备在正常使用条件下由直接接触而引起的电击。	5.4.2	基本防护	
	电击防护——故障防护(对间接接触的防护) 注:这种防护形式是为了防止成套设备故障条件下所发生的电击。	5.4.3	故障防护	
4	安装环境			
	场所类型	参考标准		
	防止外来固体的侵入和液体的进入 注:对户外成套设备,第二位特征数字应至少为 3。	4.2.5; 5.2.2; 5.2.3		
	外部机械冲击(IK)	5.1.5;5.2.1		
	耐紫外线辐射(使用于非特殊用途的户外设备)	5.1.3	标准	
	耐腐蚀	5.1.2	标准	

表 C.1 (续)

序号	用户指定的功能与特性	参考条款	标准规定	用户需求 <sup>a</sup>
	周围空气温度——下限	参考标准	室内: -5 ℃ 室外: -25 ℃	
	周围空气温度——上限	参考标准	40 ℃	
	周围空气温度——日平均温度最大值	参考标准	35 ℃	
	最大相对湿度	参考标准	室内: 50% 40 ℃ 室外: 100% 25 ℃	
	污染等级	参考标准	工业用途: 3	
	海拔	参考标准	≤2 000 m	
	EMC 环境	6.7		
	特殊使用条件(如: 振动, 异常凝露, 严重污染, 腐蚀性环境, 强电场或强磁场, 霉菌, 微生物, 爆炸性危险, 强烈振动和冲击, 地震)	参考标准		
5	安装方式			
	类型	4.2.5		
	可移动性	参考标准		
	最大外形尺寸和质量	4.3.2		
	外部连接	参考标准		
	外接导体类型	参考标准		
	外接导体端子	5.4.3.2.3		
	外接导体材料	参考标准		
	外接相导体、截面积、端子	参考标准	标准	
	外接 PE、N、PEN 导体截面积, 端子	参考标准	标准	
	特殊端子标识要求	4.5.5		
6	贮存和装卸			
	运输单元最大尺寸和质量	4.3.2		
	运输方式(如叉车、起重机)	4.4		
	不同于正常使用条件的环境条件	参考标准		
	包装事项	参考标准		
7	操作要求			
	可手动操作装置	6.5.1; 6.5.4		
	成套设备部件完好的机械操作	6.5		
8	维护和升级能力			
	经过允许的人员在维修时接近的要求; 在带电情况下对成套设备进行扩展或维护时的要求	参考标准	否	
	在检查和类似操作时接近的要求	参考标准	否	



表 C.1 (续)

序号	用户指定的功能与特性	参考条款	标准规定	用户需求 <sup>a</sup>
	经过允许的人员在维修时接近的要求	参考标准	否	
	功能单元的连接方式 注：这里指功能单元的移出和插入功能。	参考标准		
	在维护或升级时对直接接触内装危险带电部件的防护(如功能单元,主母线,配电母线)	参考标准	否	
9	载流能力			
	成套设备的额定电流 $I_{nA}$ (A)	4.2.3.1		
	电路的额定电流 $I_n$ (A)	4.2.3.2		
	额定分散系数	4.2.3.3; 附录 B	参照产品标准	
	中性导体与相导体的截面积比值: 相导体不超过 16 mm <sup>2</sup> 注：由于负载中的大量谐波、相电流不平衡或其他状态,中性导体中的电流可能会受到影响,从而需要更大截面的导体。	参考标准	100%	
	中性导体与相导体的截面积比值: 相导体超过 16 mm <sup>2</sup> 注：在标准值下,假定中性电流不会超过 50%相电流。 中性导体中的电流可能会受到负载中大量谐波、不平衡电流或其他状态的影响,从而需要更大截面的导体。	参考标准	50% (最小 16 mm <sup>2</sup> )	
10	防止着火危险、爆炸、燃烧			
	耐受非正常发热和着火	5.1.4	标准	
<sup>a</sup> 对于特别复杂的要求,用户需要在协议中做详细说明。				

**附 录 D**  
**(规范性附录)**  
**电气隔离防护**

### D.1 总则

电气隔离是一种防护措施,包括:

- 通过电路中危险带电部件与裸露导电部件之间的基本绝缘而实现的基本防护(对直接接触的防护);和
- 故障防护(对间接接触的防护),通过:
  - a) 被隔离的电路与其他电路及地之间的简单隔离;以及
  - b) 在接有一个以上装置的隔离电路中,能使隔离电路中裸露的装置部件相互采用不接地的等电位联结。

不允许有意地将裸露导电部件与保护导体或接地导体连接。

### D.2 电气隔离

通过电气隔离的防护应确保符合 D.2.1~D.2.4 的所有要求。

#### D.2.1 电源

电路应由一个能提供隔离的电源供电,也就是:

- 隔离变压器;或者
- 和上述隔离变压器具有相同安全等级的电源,例如具有可提供相同绝缘性能的绕组的发电机。

注:采用较高耐受试验电压检验以确保所需的绝缘等级。

选择移动式电源与供电系统连接时,应参照 D.3(Ⅱ类设备或等效绝缘)。

固定式电源应:

- 符合 D.3 要求;或
- 采取满足 D.3 条件的绝缘应确保成套设备输出与输入之间以及与外壳之间的隔离;如果电源是为成套设备中的多个装置供电,则该成套设备的裸露导电部件不应与电源的金属外壳相连。

#### D.2.2 电源的选择和安装

##### D.2.2.1 电压

电气隔离电路的电压不应超过 500 V。

##### D.2.2.2 安装

隔离电路中的带电部件不应连接到其他电路的任何点或与地相连。

为了避免对地故障风险,应特别注意这些部件与地之间的绝缘,尤其是软电缆线。

安装应确保电气隔离不小于隔离变压器输入和输出之间的隔离距离。

注:应特别注意电气装置中带电部件与其他电路间的电气隔离,比如继电器,接触器,辅助开关和另一电路的任何部件。

软电缆线中易受机械损伤的任何部分应是可见的。

对于隔离电路最好采用分开的布线系统。如果隔离电路与其他电路的导体不可避免地处在同一个布线系统中,则应使用不带金属护套的多芯电缆,或在绝缘导管、电缆管道或走线槽中使用绝缘导体。它们的额定电压应不低于可能出现的最高电压,并且每个电路都应有过流保护。

#### D.2.3 单一电器设备的供电

在对单一电器设备进行供电时,单独电路中裸露导电部件既不应与保护导体连接,也不应与其他电



路的裸露导电部件连接。

注：如果隔离电路中的裸露导电部件可能有意或无意地接触到其他电路的裸露导电部件，则电击防护不再单靠电气隔离的防护，而要采取适用于其他电路的裸露导电部件的保护措施。

D.2.4 多台电器设备的供电

如果采用了防止隔离电路发生损坏和绝缘故障的预防措施，那么遵照 D.2.1 的一个电源可以用来为一个以上的电器设备供电，并应满足以下要求：

- a) 应用绝缘的不接地的等电位连接导体将隔离电路中的裸露导电部件连接在一起。这种导体不应与其他电路的保护导体或裸露导电部件连接，也不应连接到任何外部导电部件；  
注：见 D.2.3 的注。
- b) 所有插座都应带有保护触头，它应连接到 a) 中设置的等电位联结系统；
- c) 除为 II 类设备供电外，所有软电缆应含有作为等电位联结导体的保护导体；
- d) 当有两个裸露导电部件发生故障，并且这两个故障是由两个不同极性的导体引起的，那么应确保保护装置在符合表 D.1 规定的分断时间内切断电源。

表 D.1 TN 系统的最大分断时间

对地标称交流电压有效值 <sup>a</sup> /V	分断时间/s
120	0.8
230(220)	0.4
277	0.4
400(380)	0.2
>400(380)	0.1

<sup>a</sup> 基于 GB/T 156 的值，括号内的数值为我国目前的标称电压值。

在 GB/T 156 中规定的电压下的分断时间按相应标称电压值选用。  
对于中间电压值，应使用上表中相邻高一级的值。

D.3 II 类设备或等效绝缘

- 应利用以下类型的电气装置进行防护：
- 带有双层绝缘或加强绝缘的电气装置（II 类设备）；
  - 带有全绝缘的成套设备。

这些成套设备用符号“回”标识。

注：这种措施是用来避免成套设备的基本绝缘故障时，在可触及部件上产生危险电压。

参 考 文 献

GB/T 2900.1—2008 电工术语 基本术语

GB 4824—2004 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 电磁骚扰特性 限值和测量方法(IEC/CIS-PR 11:2003,IDT)

GB 7947—2006 人机界面标志标识的基本和安全规则 导体的颜色或数字标识(IEC 60446:1999,IDT)

GB/T 17045—2008 电击防护 装置和设备的通用部分(IEC 61140:2001,IDT)

---