

ICS 29.120.00
K 31



中华人民共和国国家标准

GB/T 24276—2009/IEC/TR 60890:1987

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

A method of temperature-rise assessment by extrapolation
for partially type-tested assemblies(PTTA)
of low-voltage switchgear and controlgear

(IEC/TR 60890:1987, IDT)

2009-06-19 发布

2010-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
引言	Ⅳ
1 总则	1
1.1 范围	1
1.2 目的	1
2 规范性引用文件	1
3 使用条件	1
4 计算程序	1
4.1 必备资料	1
4.2 计算方法	2
5 设计的评估	4
附录 A (资料性附录) 计算外壳内空气温升的实例	12
附录 B (规范性附录) 导体的工作电流和功率损耗	17

前 言

本标准等同采用 IEC/TR 60890:1987《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》及其修订 1 IEC/TR 60890:1987/Amd1:1995。

按照 GB/T 1.1—2000 和 GB/T 20000.2 的规定,本标准做了如下编辑性修改:

- a) 删除了国际标准的前言;
- b) 将国际标准前言中的规范性引用文件作为本标准第 2 章;
- c) 将国际标准中第 1 章“引言”提取出来单独编辑,将第 2 章“范围”、第 3 章“目的”放入本标准第 1 章作为“总则”;
- d) 章节号依次前提;

本标准的附录 A 为资料性附录,附录 B 为规范性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准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:浙江省麦格电气有限公司、深圳市宝安任达电器实业有限公司、福建俊豪电子有限公司、天津天传电控配电有限公司、珠海经济特区光乐电控设备厂、北京国电康能科技有限公司、浙江昌泰电力开关有限公司。

本标准主要起草人:王春娟、郑程遥、汤珍敏、傅汉水、王阳、郑光乐、李达、李小松。

本标准首次发布。

引 言

GB 7251.1—2005/IEC 60439-1:1999《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》对型式试验项目中的温升试验方法作了规定。然而,对于那些不适合做温升试验而且从经济角度讲做温升试验也不合理的某些类型的成套设备,可以根据来自另一台成套设备的试验数据用外推法计算温升以替代温升试验。这类成套设备被称为部分型式试验成套设备(PTTA)。

有几种不同的计算方法可以采用。本标准中选取的因数和系数是从对多台成套设备的测试中得出的,并且经过与试验结果对比,对此方法进行了验证。本标准描述的计算方法可以用来验证部分型式试验成套设备(PTTA)与GB 7251.1—2005中8.2.1的一致性。

本标准仅适用于部分型式试验成套设备(PTTA)。

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

1 总则

1.1 范围

本标准规定了确定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。

本标准适用于封闭式部分型式试验的低压成套开关设备和控制设备(PTTA)或不带强迫通风的PTTA的分隔式框架单元。

注1:在温度稳定的情况下,外壳通常使用的材料和壁厚的影响可以忽略不计。本标准适用于钢板、铝板、铸铁、绝缘材料和类似材料制作的外壳。

注2:对于部分型式试验的开启式和固定面板式成套设备,如果明显不会出现过热,则不必进行温升评估。

1.2 目的

本标准用来确定外壳内空气的温升。

注:外壳内空气的温度等于外壳外部的周围空气温度加上外壳内由于设备功率损耗导致空气的温升。如果没有其他规定,PTTA外部空气的温度是指户内安装式PTTA规定的空气温度值35℃(24h平均温度)。如果PTTA使用场地的周围空气温度超过35℃,这个较高的温度被视为PTTA的周围空气温度。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准,然而,鼓励根据本标准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标准。

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 14048.1 低压开关设备和控制设备 第1部分:总则(GB 14048.1—2006, IEC 60947-1:2001, MOD)

3 使用条件

如果满足下述使用条件,本计算方法才适用:

- 外壳内功率损耗近似均匀分布;
- 内装设备的布局使空气流通几乎没有阻碍;
- 内装设备的设计为直流或交流 ≤ 60 Hz,总电流不超过3 150 A;
- 承载大电流的导体和结构部件的布局使涡流损耗可以忽略不计;
- 带通风口的外壳,其排气口的截面积至少是进气口截面积的1.1倍;
- PTTA或其框架单元中的水平隔板不多于3个;
- 带外部通风口的外壳如果有隔室,则每个水平隔板上通风口的表面应至少是隔室水平截面积的50%。

4 计算程序

4.1 必备资料

以下为计算外壳内空气温升的必备资料:

- 外壳尺寸：高×宽×深；
- 与图 4 相符的外壳安装形式；
- 外壳的设计，例如带或不带通风口；
- 内部水平隔板的数量；
- 外壳内装设备的有效功率损耗；
- 导体的功率损耗 P ，根据附录 B 来确定。

注：本计算方法采用的部分型式试验成套设备电路中安装的设备的有效功率损耗是从制造商提供的资料中选取的不同电路额定电流的功率损耗。

4.2 计算方法

对表 1 中第 4 栏和第 5 栏规定的外壳，其壳内空气的温升是用表 1 中第 1 栏～第 3 栏给出的公式进行计算。

相关的系数和指数(特性)从表 1 中第 6 栏～第 10 栏中获取。

符号、单位和名称在表 2 中获取。

对于带有一个以上框架单元且框架单元上具有垂直隔板的外壳，其壳内空气的温升应分别由每个框架单元确定。

如果外壳不带垂直隔板或没有单独的框架单元，且其有效散热面大于 11.5 m^2 ，或其宽度大于 1.5 m ，则应划分成假想的框架单元进行计算，其尺寸与上述框架单元近似。

注：表 6 给出的公式可以用来辅助计算。

4.2.1 外壳有效散热面积 A_e 的确定

按照表 1 中第 1 栏的公式(1)进行计算。

外壳的有效散热面积 A_e 等于各个表面积 A_s 乘以表面系数 b 的总和。此表面系数根据外壳安装形式考虑了各个面积的散热能力。

4.2.2 外壳内中间高度处空气温升 $\Delta t_{i,c}$ 的确定

按照表 1 中第 2 栏的公式(2)进行计算。

在公式(2)中，外壳系数 k 考虑了不带通风口的外壳有效散热面积的尺寸和带通风口的外壳进气口截面积。

外壳内出现的温升与有效功率损耗 P 的函数关系用指数 x 表示。

系数 d 考虑了温升与内部水平隔板数量的函数关系。

4.2.3 外壳内顶部空气温升 $\Delta t_{t,c}$ 的确定

按照表 1 中第 3 栏的公式(3)进行计算。

系数 c 考虑了外壳内温度的扩散，它根据下述成套设备的设计与安装来确定：

- a) 不带通风口的外壳，图 4 中的系数 c 取决于安装形式和高/底比的系数 f ，

且有效散热面积：

$$A_e > 1.25 \text{ m}^2$$

在此：

$$f = \frac{h^{1.25}}{A_b}$$

- b) 带通风口的外壳，

且有效散热面积：

$$A_e > 1.25 \text{ m}^2$$

图 6 中的系数 c 取决于进气口截面积和高/底比的系数 f ，

在此：

$$f = \frac{h^{1.25}}{A_b}$$

- c) 不带通风口的外壳，

且有效散热面积：

$$A_e \leq 1.25 \text{ m}^2$$

图 8 中的系数 c 取决于高/宽比的系数 g ，

在此：

$$g = \frac{h}{w}$$

式中:

h ——外壳高度,单位为米(m);

A_s ——外壳底面积,单位为平方米(m^2);

w ——外壳宽度,单位为米(m)。

4.2.4 外壳内空气温升特性曲线

为了按第5章对设计进行评估,有必要采用4.2.2和4.2.3的计算结果以及随外壳高度变化的外壳内空气温升特性曲线。水平位置上的空气温升几乎是个常数。

4.2.4.1 有效散热面积 $A_s > 1.25 m^2$ 的外壳温升特性曲线

根据一般规则,用一条从 $\Delta t_{L,0}$ 到 $\Delta t_{0,5}$ 的直线可以非常精确地确定温升特性曲线(见图1)。

外壳底部的内部空气温升几乎为零,即特性曲线平滑连接至零(实际上,特性曲线的虚线部分是次要的)。

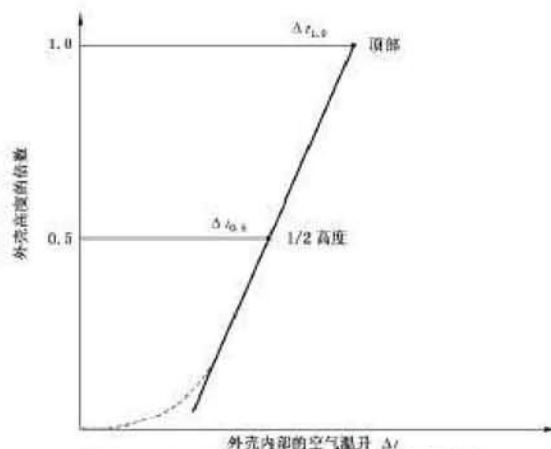


图1 $A_s > 1.25 m^2$ 的外壳温升特性曲线

4.2.4.2 有效散热面积 $A_s \leq 1.25 m^2$ 的外壳温升特性曲线

对于此类外壳,在顶部1/4处的最大温升是恒定的,而且 $\Delta t_{L,0}$ 和 $\Delta t_{0,75}$ 的值是相同的(见图2)。

将外壳0.75和0.5高度位置的温升值连接起来得到特性曲线(见图2)。

外壳底部的内部空气温升几乎为零,即特性曲线平滑连接至零(实际上,特性曲线的虚线部分是次要的)。

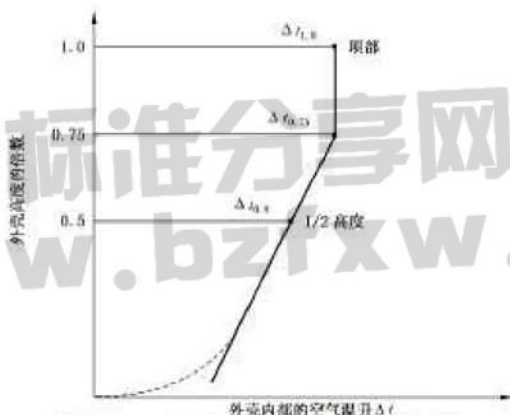


图2 $A_s \leq 1.25 m^2$ 的外壳温升特性曲线

5 设计的评价

应确定 PTTA 内的设备在计算出的温升条件下能否正常运行。

如果不能,应修改参数并重新计算。

表 1 计算方法、用途、公式和特性

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
计算公式			外壳		特性					特性曲线
有效散热面积 A_e	空气温升		有效散热面积 A_s		系数				指数	平滑的温升特性曲线
	外壳内 中间高度	外壳内 顶部			b	k	d	c	x	
					见	见	见	见		
$A_e = \Sigma(A_o \cdot b)$	$\Delta t_{a,s} = k \cdot d \cdot P^a$	$\Delta t_{t,s} = c \cdot \Delta t_{a,s}$	$> 1.25 \text{ m}^3$	不带通风口的外壳	表 3	图 3	表 4	图 4	0.804	见 4.2.4.1
				带通风口的外壳		图 5	表 5	图 6	0.715	
				不带通风口的外壳		图 7	—	图 8	0.804	
(1)	(2)	(3)	$\leq 1.25 \text{ m}^3$							

符号、单位和名称见表 2。

表 2 符号、单位和名称

符 号	单 位	名 称
A_o	m^2	外壳外表面积
A_b	m^2	外壳底部面积
A_s	m^2	外壳的有效散热面积
b	—	表面系数
c	—	温度的分布系数
d	—	外壳内水平隔板的温升系数
f	—	高/底比系数
g	—	高/宽比系数
h	m	外壳高度
k	—	外壳系数
n	—	内部水平隔板的数量(不多于 3 个隔板)
p	w	外壳内装设备的有效功率损耗
w	m	外壳宽度
x	—	指数
Δt	K	外壳内部的空气总温升
$\Delta t_{a,s}$	K	外壳中间高度(内部)的空气温升
$\Delta t_{a,n}$	K	外壳 3/4 高度处(内部)的空气温升
$\Delta t_{t,s}$	K	外壳顶部(内部)的空气温升

表 3 安装形式对应的表面系数 b

安 装 形 式	表面系数 b
裸露的顶部表面	1.4
封闭的顶部表面,例如嵌入外壳表面	0.7
裸露的侧表面,例如前面、后面和侧面	0.9
封闭的侧表面,例如墙上安装式外壳的背面	0.5

表 3 (续)

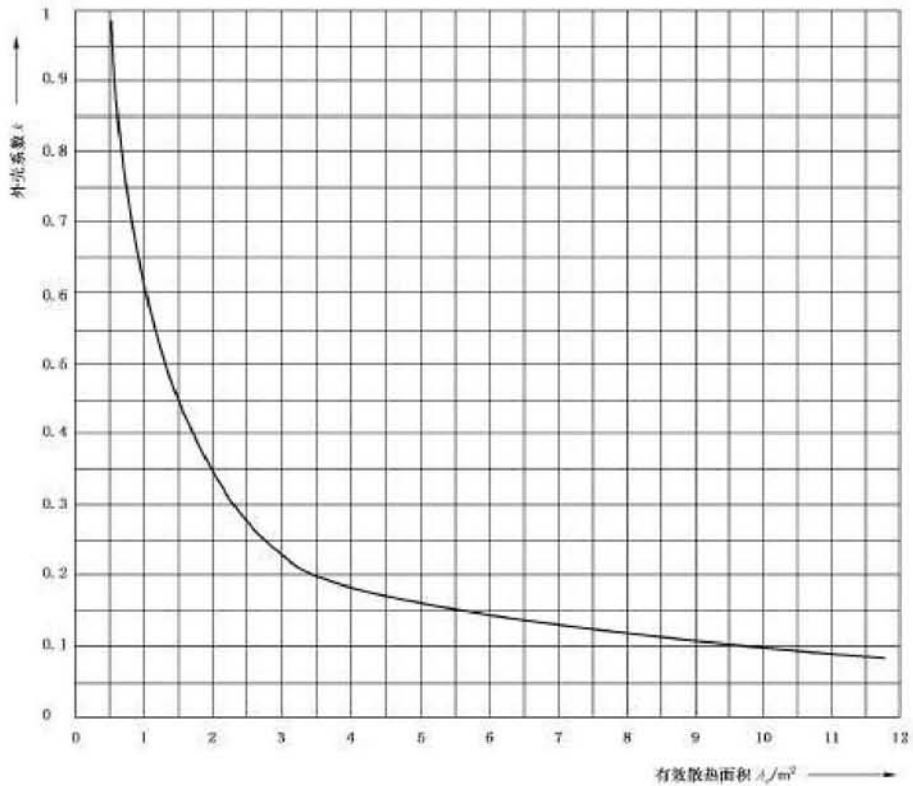
安 装 形 式	表面系数 b
中间外壳的侧面	0.5
底表面	不考虑
仅为计算目的而引用的框架单元的假想侧壁(见 4.2)不考虑在内。	

表 4 不带通风口,有效散热面积 $A_e > 1.25 \text{ m}^2$ 的外壳的系数 d

水平隔板的数量 n	0	1	2	3
系数 d	1.00	1.05	1.15	1.30

表 5 带通风口,有效散热面积 $A_e > 1.25 \text{ m}^2$ 的外壳的系数 d

水平隔板的数量 n	0	1	2	3
系数 d	1.00	1.05	1.10	1.15

图 3 外壳不带通风口,有效散热面积 $A_e > 1.25 \text{ m}^2$ 的外壳系数 k

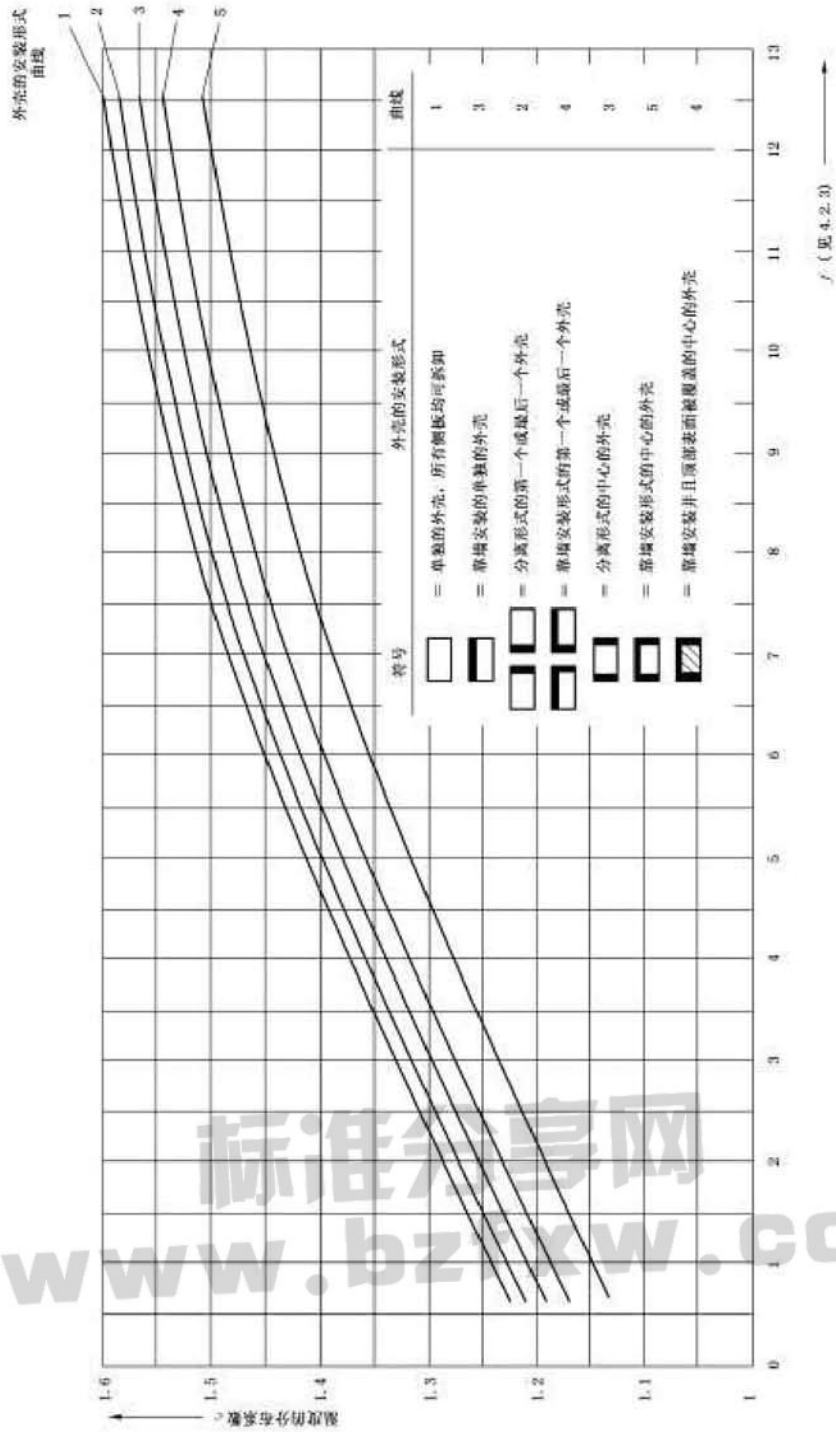
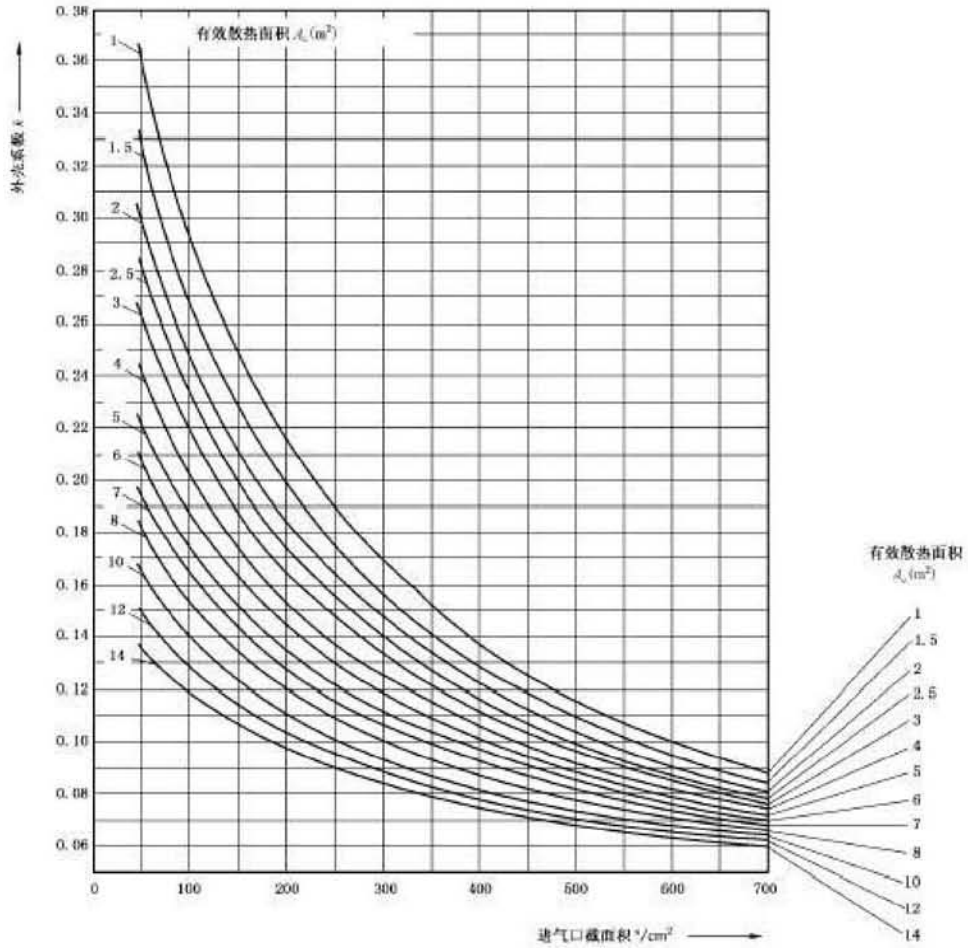
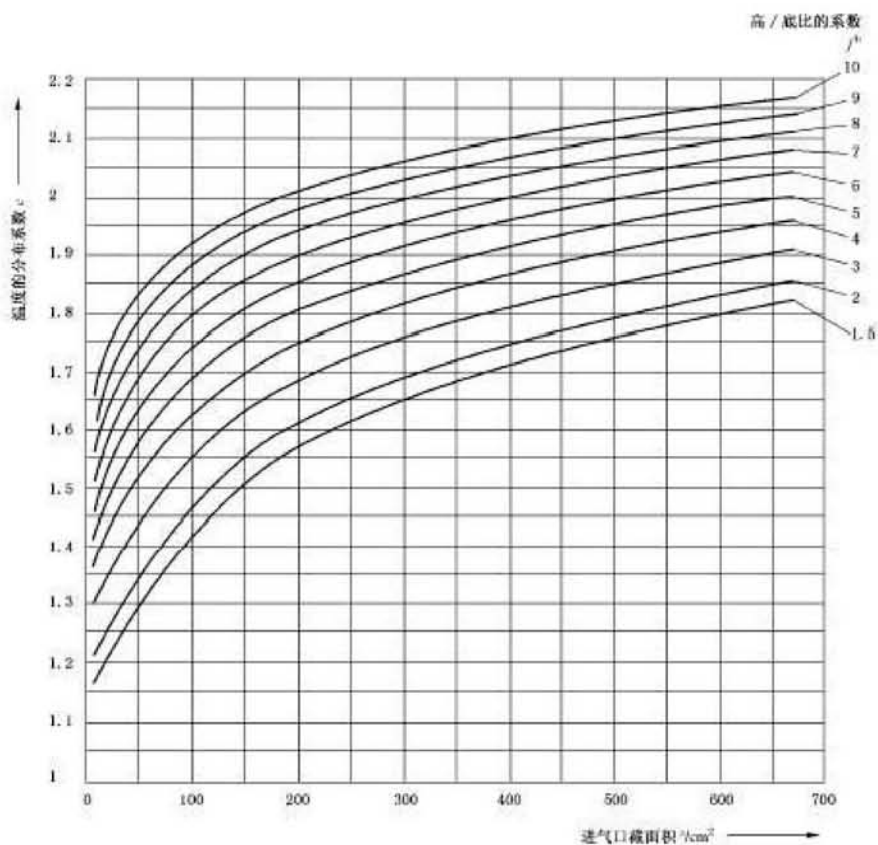


图 4 有效散热面积 $A > 1.25 \text{ m}^2$, 外壳不带通风口的温度分布系数 c



² 排气口的截面积至少是进气口截面积的 1.1 倍。

图 5 外壳带通风口,有效散热面积 $A_e > 1.25 m^2$ 的外壳系数 k



^a 排气口的截面积至少是进气口截面积的 1.1 倍。

^b 高/底比的系数, 见 4.2.3。

图 6 带通风口, 有效散热面积 $A_e > 1.25 \text{ m}^2$ 的外壳温度分布系数 c

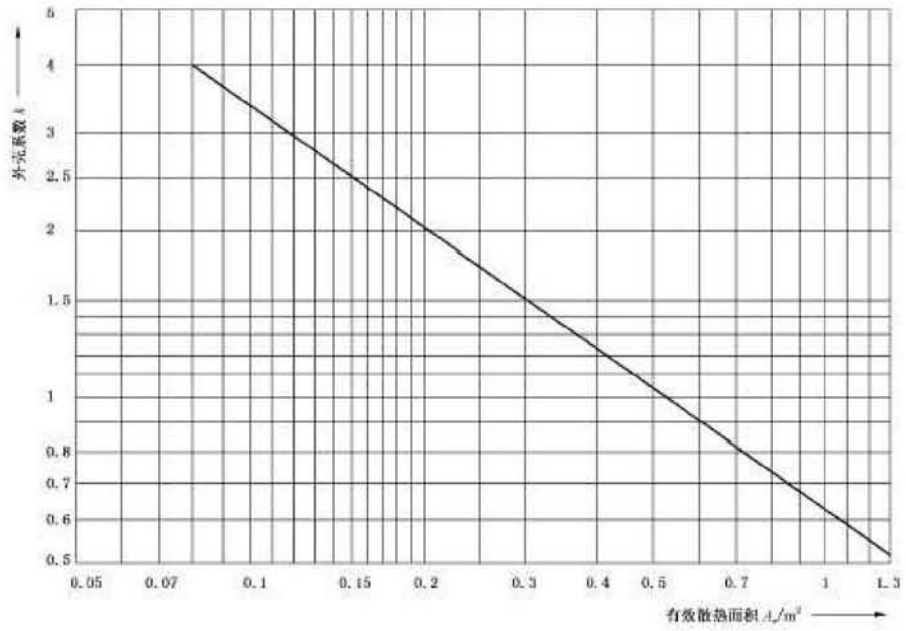


图 7 外壳不带通风口,有效散热面积 $A_e \leq 1.25 m^2$ 的外壳系数 k

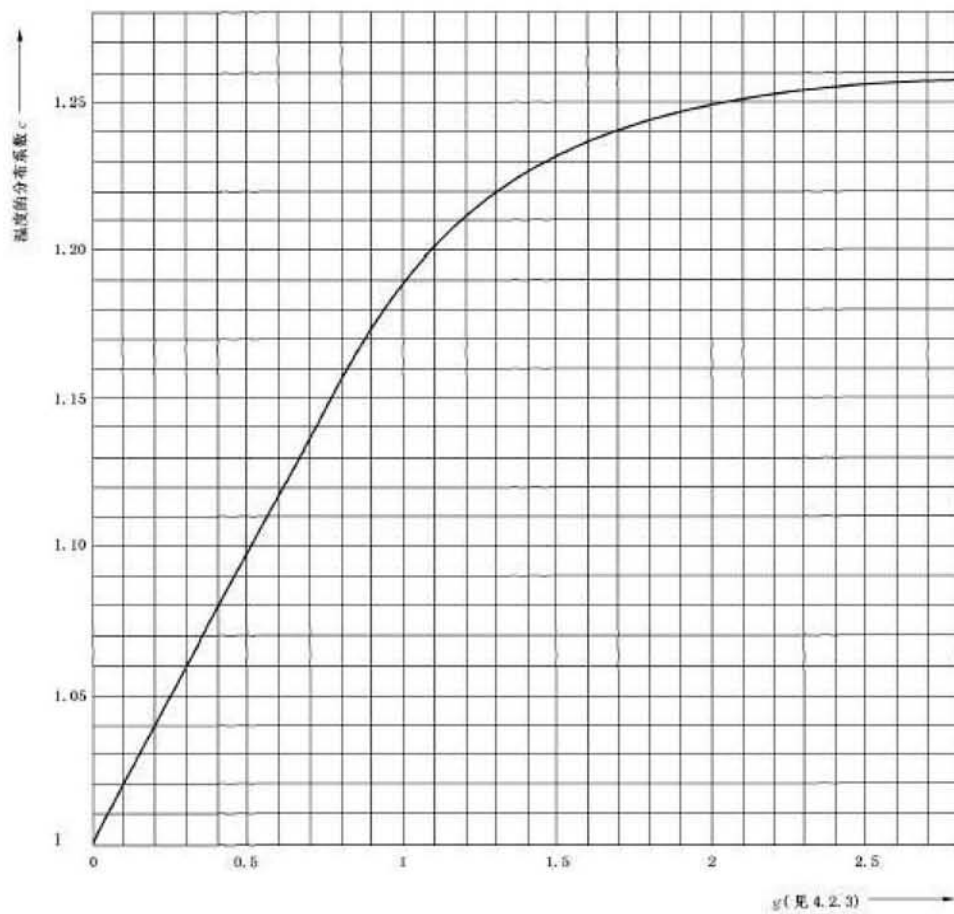

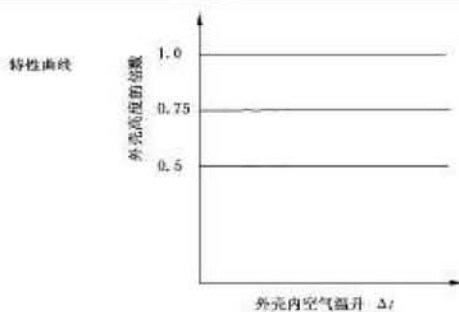


图 8 不带通风口,有效散热面积 $A_e \leq 1.25 \text{ m}^2$ 的外壳温度分布系数 c

表 6 外壳内空气温升的计算

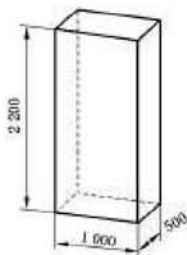
用户/生产厂					
外壳类型					
温升的 相关尺寸	高	mm	安装形式:		
	宽	mm	通风口: 有/无		
	深	mm	水平隔板的数量:		
有效散 热面积		尺寸	A_0	符合表 3 的 表面系数 b	$A_0 \times b$ (列 3) × (列 4)
		m × m	m ²		m ²
		2	3	4	5
		顶部			
		面部			
		背部			
		左侧			
	右侧				
$A_0 = \Sigma(A_0 \times b) = \text{总量}$					
有效散热面积 A_0					
$> 1.25 \text{ m}^2$			$\leq 1.25 \text{ m}^2$		
$f = \frac{h \cdot L \cdot S}{A_0}$ (见 4.2.3)			$g = \frac{h}{tc}$ (见 4.2.3)		
= _____ =			= _____ =		
进气口			cm ²		
外壳系数 k					
水平隔板的系数 d					
有效功率损耗 P			W		
$P^* = P \dots$					
$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot P^*$			K		
温度的分布系数 c					
$\Delta t_{1.0} = c \cdot \Delta t_{0.5}$			K		



附录 A
(资料性附录)
计算外壳内空气温升的实例

例 1

单位为毫米



不带进风口, 不带内部水平隔板,
侧面裸露的独立外壳。

外壳内装设备的有效功率损耗:
 $P = 300 \text{ W}$

计算

(数值见表 A.1)

—按照 4.2.1 确定外壳的有效散热面积 A_s 。

用从表 3 中获取的外壳尺寸和表面系数 b 计算各个单独的面积。

—按照 4.2.2 确定空气温升 $\Delta t_{a,s}$ 。

从表 1 中第 2 栏得到公式(2):

$$\Delta t_{a,s} = k \cdot d \cdot P^x \quad \dots\dots\dots (2)$$

根据表 1 中第 7 栏, 当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时, 系数 k 如图 3 所示:

当 $A_s = 6.64 \text{ m}^2$ 时, $k = 0.135$

根据表 1 中第 8 栏, 当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时, 系数 d 如表 4 所规定:

当水平隔板数量 = 0 时, $d = 1.0$

有效功率损耗(按规定) $P = 300 \text{ W}$,

当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时, 从表 1 中第 10 栏得到指数 $x = 0.804$

将这些值代入公式(2)中, 可得到如下结果:

$$\begin{aligned} \Delta t_{a,s} &= k \cdot d \cdot P^x = 0.135 \cdot 1.0 \cdot 300^{0.804} \\ \Delta t_{a,s} &= 13.24 \text{ K} \approx 13.2 \text{ K} \end{aligned}$$

—按照 4.2.3 确定空气温升 $\Delta t_{i,s}$ 。

从表 1 中第 3 栏得到公式(3):

$$\Delta t_{i,s} = c \cdot \Delta t_{a,s} \quad \dots\dots\dots (3)$$

根据表 1 中第 9 栏, 当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时, 系数 c 如图 4 所示:

$$f = \frac{h^{0.75}}{A_b} = \frac{2.2^{0.75}}{1.0 \times 0.5} = 5.80$$

根据图 4, 曲线 1 为:

$$c = 1.44$$

将这些值代入公式(3)中, 可得到如下结果:

$$\Delta t_{i,s} = c \cdot \Delta t_{a,s} = 1.44 \cdot 13.24 = 19.07 \text{ K} \approx 19.1 \text{ K}$$

—按照 4.2.4.1 确定 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 的外壳温升特性曲线(见表 A.1)。

—按照第 5 章对设计进行评估。

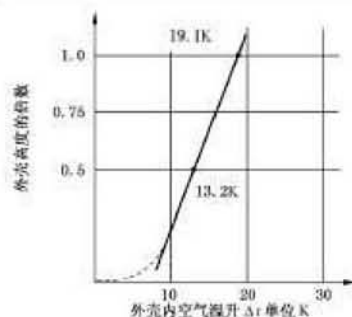
应验证安装在壳体内的设备在指定的电流和计算出的温升条件下, 考虑到周围空气温度

(见 1.2, 注)时,是否能正常运行。
如果不能,应修改参数并重新计算。

表 A.1 外壳内空气温升的计算示例 1

用户/生产厂		示例 1			
外壳类型:		独立外壳			
温升的 相关尺寸	高	2 200	mm	安装形式:所有侧面均可拆卸式	
	宽	1 000	mm	通风口: 无	
	深	500	mm	水平隔板的数量: 0	
有效散 热面积		尺寸	A_o	符合表 3 的 表面系数 b	$A_o \times b$
		$m \times m$	m^2		
		2	3		
	顶部	1.0×0.5	0.500	1.4	0.700
	面部	1.0×2.2	2.200	0.9	1.980
	背部	1.0×2.2	2.200	0.9	1.980
	左侧	0.5×2.2	1.100	0.9	0.990
右侧	0.5×2.2	1.100	0.9	0.990	
$A_o = \sum(A_o \times b) = \text{总量}$					6.640
有效散热面积 A_o					
$> 1.25 \text{ m}^2$			$\leq 1.25 \text{ m}^2$		
$f = \frac{h^{1.35}}{A_o}$ (见 4.2.3)			$g = \frac{h}{w}$ (见 4.2.3)		
=			=		
进气口	cm^2	0			
外壳系数 k		0.135			
水平隔板的系数 d		1.0			
有效功率损耗 P	W	300			
$P^s = P^{0.85}$		98.09			
$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot P^s$	K	13.24K \approx 13.2K			
温度的分布系数 c		1.44			
$\Delta t_{1.0} = c \cdot \Delta t_{0.5}$	K	19.07K \approx 19.1K			

特性曲线:



例 2

带通风口的墙上安装式外壳，

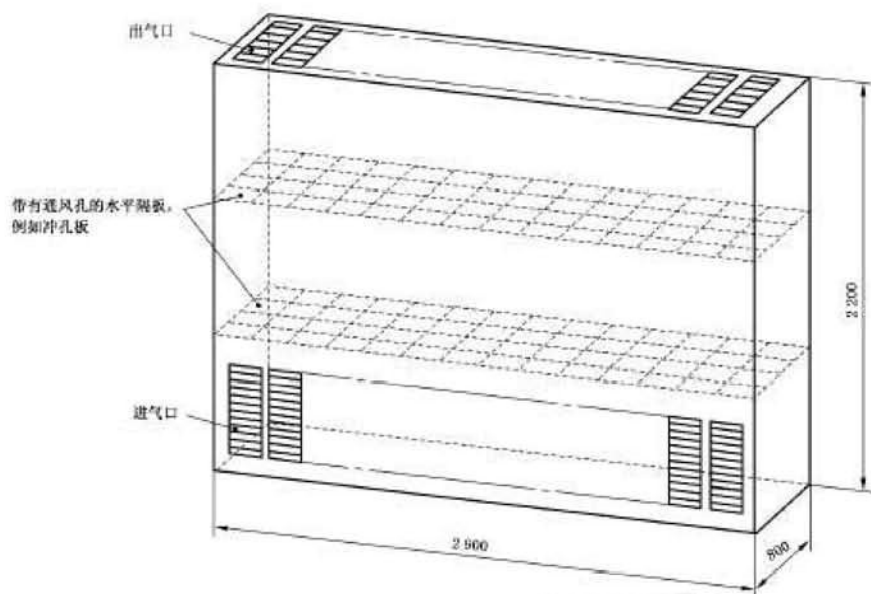
进气口的截面积=1 200 cm²

出气口的截面积=1 800 cm²

外壳内带有两个水平隔板。每个水平隔板都带通风孔，例如用冲孔板，其截面积大于外壳截面积的 50%。

外壳内装设备的有效功率损耗： $P=2\ 200\text{ W}$

单位为毫米



计算方法

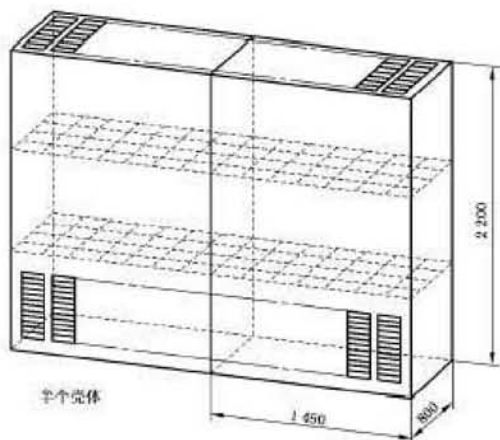
(数值见表 A. 2)

——已知外壳的预期散热面积大于 11.5 m²，外壳宽度超过 1.5 m，为了计算目的，按照 4.2 将整个外壳分成几个部分(部分外壳)。为了简化程序，如果不可能从结构上进行分割，本例可以将整个外壳分成两个相等的部分(半个外壳)。为了在计算中将两个部分分开计算，假设功率损耗和通风口均匀地分布于两个相等的部分上(半个外壳)。

只需对半个外壳进行计算，其结果适用于另外半个外壳。

——根据 4.1，有关半个外壳的必备资料。

单位为毫米



带通风口的墙上安装式外壳。
 进气口的截面=1 220/2=610 cm²
 出气口的截面=1 800/2=900 cm²
 带有两个水平隔板，例如用冲孔板
 有效功率损耗：P=2 200/2=1 100

- 按照 4.2.1 确定每半个外壳的有效散热面积 A_s 。
 用从表 3 中获取的外壳尺寸和表面系数 b 计算各个单独的面积。
 根据表 3，半个外壳与另外半个外壳假设的分界面不予考虑。
- 按照 4.2.2 确定空气温升 $\Delta t_{s,1}$ 。

从表 1 中第 2 栏得到公式(2)：

$$\Delta t_{s,1} = k \cdot d \cdot P^x \quad \dots\dots\dots (2)$$

- 根据表 1 中第 7 栏，当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时，系数 k 如图 5 所示：
 当进气口为 610 cm^2 ， $A_s = 7.674 \text{ m}^2$ 时， $k = 0.071$
- 根据表 1 中第 8 栏，当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时，系数 d 如表 5 所规定：
 当水平隔板数量=2 时， $d = 1.10$

有效功率损耗(按规定) $P = 1\,100 \text{ W}$
 当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时，从表 1 中第 10 栏得到指数 $x = 0.715$
 将这些值代入公式(2)中，可得到如下结果：

$$\Delta t_{s,1} = k \cdot d \cdot P^x = 0.071 \cdot 1.10 \cdot 1\,100^{0.715}$$

$$\Delta t_{s,1} = 11.67\text{K} \approx 11.7\text{K}$$

- 按照 4.2.3 确定空气温升 $\Delta t_{s,2}$ 。
- 从表 1 中第 3 栏得到公式(3)：

$$\Delta t_{s,2} = c \cdot \Delta t_{s,1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

- 根据表 1 中第 9 栏，当 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 时，系数 c 如图 6 所示：

$$f = \frac{h^{1.32}}{A_s} = \frac{2.2^{1.32}}{1.45 \times 0.8} = 2.50$$

根据图 6，当进气口为 610 cm^2 时， $c = 1.87$
 将这些值代入公式(3)中，可得到如下结果：

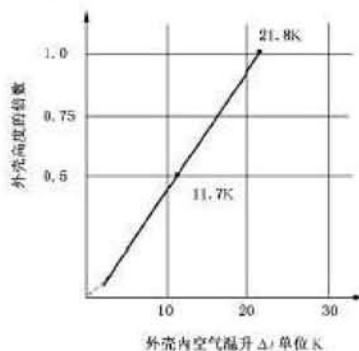
$$\Delta t_{s,2} = c \cdot \Delta t_{s,1} = 1.87 \cdot 11.67\text{K} = 21.82\text{K} \approx 21.8\text{K}$$

- 按照 4.2.4.1 确定 $A_s > 1.25 \text{ m}^2$ 的外壳温升特性曲线(见表 A.2)。
- 按照第 5 章对设计进行评估。
 应验证安装在壳体内部的设备在指定的电流和计算出的温升条件下，考虑到周围空气温度(见 1.2，注)时，是否能正常运行。
 如果不能，应修改参数并重新计算。

表 A.2 外壳内空气温升的计算示例 2

用户/生产厂		示例 2			
外壳类型: 高 2 200 mm, 宽 2 900 mm, 深 800 mm; 外壳均分成两个部分					
温升的 相关尺寸 (半个外壳)	高	2 200	mm	安装形式: 墙上安装式	
	宽	1 450	mm	通风口: 有	
	深	800	mm	水平隔板的数量: 2	
有效散 热面积		尺寸	A_u	符合表 3 的 表面系数 b	$A_u \times b$
		m × m	m ²		
		2	3		
	顶部	1.45 × 0.8	1.160	1.4	1.624
	面部	1.45 × 2.2	3.190	0.9	2.871
	背部	1.45 × 2.2	3.190	0.5	1.595
左侧	0.8 × 2.2	1.760	0.0	—	
右侧	0.8 × 2.2	1.760	0.9	1.584	
$A_e = \sum (A_u \times b) =$ 总量					7.674
有效散热面积 A_e					
$> 1.25 \text{ m}^2$			$\leq 1.25 \text{ m}^2$		
$f = \frac{h^{1.35}}{A_e}$ (见 4.2.3)			$\kappa = \frac{h}{w}$ (见 4.2.3)		
$= \frac{2.2^{1.35}}{1.45 \times 0.8} = 2.50$			$= \frac{2.2}{0.8} = 2.75$		
进气口	cm ²	1 220/2 = 610			
外壳系数 k		0.071			
水平隔板的系数 d		1.0			
有效功率损耗 P	W	2 200/2 = 1 100			
$P^2 = P^{0.75}$		149.48			
$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot P^2$	K	11.67 K \approx 11.7 K			
温度的分布系数 c		1.87			
$\Delta t_{1.0} = c \cdot \Delta t_{0.5}$	K	21.82 K \approx 21.8 K			

特性曲线



附录 B

(规范性附录)

导体的工作电流和功率损耗

在表 B.1、表 B.2 和表 B.3 中是以下述内容为基础给出了功率损耗值：

- 导体最大允许温度
- 外壳内导体周围的空气温度
- 工作电流

表 B.1 和表 B.3 还以 GB 14048.1 给出的铜导体截面积为基础。

在导体负载较低时可以使用下面公式：

$$P = P_s \left(\frac{I}{I_s} \right)^2$$

式中：

P ——功率损耗，单位为瓦每米(W/m)；

I ——导体电流(负载)；

I_s ——工作电流；

P_s ——在 I_s 时的功率损耗。

表 B.1 绝缘导体的工作电流和功率损耗


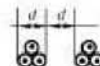

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
截面 积 (铜)	导体最高允许温度 70 °C											
												
	壳体内导体周围的空气温度											
	35 °C		55 °C		35 °C		55 °C		35 °C		55 °C	
	工作电流 A	功率损耗 W/m	工作电流 A	功率损耗 W/m	工作电流 A	功率损耗 W/m	工作电流 A	功率损耗 W/m	工作电流 A	功率损耗 W/m	工作电流 A	功率损耗 W/m
mm ²	A	W/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m
1.5	12	2.1	8	0.9	12	2.1	8	0.9	12	2.1	8	0.9
2.5	17	2.5	11	1.1	20	3.5	12	1.3	20	3.5	12	1.3
4	22	2.6	14	1.1	25	3.4	18	1.8	25	3.4	20	2.2
6	28	2.8	18	1.2	32	3.7	23	1.9	32	3.7	25	2.3
10	38	3.0	25	1.3	48	4.8	31	2.0	50	5.2	32	2.1
16	52	3.7	34	1.6	64	5.6	42	2.4	65	5.8	50	3.4
25					85	6.3	55	2.6	85	6.3	65	3.7
35					104	7.5	67	3.1	115	7.9	85	5.0
50					130	7.9	85	3.4	150	10.5	115	6.2

表 B.1 (续)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
截面积 (铜)	导体最高允许温度 70 °C											
												
	壳体内导体周围的空气温度											
	35 °C		55 °C		35 °C		55 °C		35 °C		55 °C	
	工作电流 A	功率损耗 ^a W/m	工作电流 A	功率损耗 ^a W/m	工作电流 A	功率损耗 ^a W/m	工作电流 A	功率损耗 ^a W/m	工作电流 A	功率损耗 ^a W/m	工作电流 A	功率损耗 ^a W/m
mm ²	A	W/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m
70					161	8.4	105	3.6	175	9.9	149	7.2
95					192	8.7	125	3.7	225	11.9	175	7.2
120					226	9.6	147	4.1	250	11.7	210	8.3
150					275	11.7	167	4.3	275	11.7	239	8.8
185					295	10.9	191	4.6	350	15.4	273	9.4
240					347	12.0	225	5.0	400	15.9	322	10.3
300					400	13.2	260	5.6	460	17.5	371	11.4
辅助电路导体												
						直径	可以应用下面的等式计算低载流下导体的功率损耗 $P = P_0 \left(\frac{I}{I_0} \right)^2$ P——功率损耗, 单位为瓦每米(W/m); I——导体电流(负载); I ₀ ——工作电流; P ₀ ——在 I ₀ 时的功率损耗。					
0.12	2.6	1.2	1.7	0.5	0.4							
0.14	2.9	1.3	1.9	0.6	—							
0.20	3.2	1.1	2.1	0.5	—							
0.22	3.6	1.3	2.3	0.5	0.5							
0.30	4.4	1.4	2.9	0.6	0.6							
0.34	4.7	1.4	3.1	0.6	0.6							
0.50	—	1.8	—	0.8	0.8							
0.56	6.4	1.6	4.2	0.7	—							
0.75	8.2	1.9	5.4	0.8	1.0							
1.00	9.3	1.8	6.1	0.8	—							
^a 对于任意敷设方式, 此表中所列数值是指多芯线组中有 6 根同时通 100% 负载时的电流值。 ^b 单根。												

表 B.2 不直接连接到设备上的垂直敷设的裸导体的工作电流和功率损耗

1	2	导体最高允许温度 85 °C																			
		壳体内导体周围的空气温度 35 °C 50 Hz 到 60 Hz 交流						壳体内导体周围的空气温度 55 °C 50 Hz 到 60 Hz 交流						壳体内导体周围的空气温度 85 °C 直流和交流到 16% Hz							
宽度 × 厚度	截面 面积 (mm ²) (mm ²)	50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流		50 Hz 到 60 Hz 交流			
		A*	W/m	A**	W/m	A*	W/m	A**	W/m	A*	W/m	A**	W/m	A*	W/m	A**	W/m	A*	W/m	A**	W/m
	12×2	144	19.5	242	27.5	144	19.5	242	27.5	105	10.4	177	14.7	105	10.4	177	14.7	105	10.4	177	14.7
	15×2	170	21.7	282	29.9	170	21.7	282	29.9	124	11.6	206	16.0	124	11.6	206	16.0	124	11.6	206	16.0
	15×3	215	23.1	375	35.2	215	23.1	375	35.2	157	12.3	274	18.8	157	12.3	274	18.8	157	12.3	274	18.8
	20×2	215	26.1	351	34.8	215	26.1	351	34.8	157	13.9	256	18.5	157	13.9	256	18.5	157	13.9	256	18.5
	20×3	271	27.6	463	40.2	271	27.6	463	40.2	198	14.7	338	21.4	198	14.7	338	21.4	198	14.7	338	21.4
	20×5	364	29.9	665	49.8	364	29.9	665	49.8	266	16.0	485	26.5	266	16.0	485	26.5	266	16.0	485	26.5
	20×10	568	36.9	1 097	69.2	568	36.9	1 097	69.2	414	19.6	800	36.8	414	19.6	800	36.8	414	19.6	800	36.8
	25×5	435	34.1	779	55.4	435	34.1	779	55.4	317	18.1	568	29.5	317	18.1	568	29.5	317	18.1	568	29.5
	30×5	504	38.4	894	60.6	504	38.4	894	60.6	368	20.5	652	32.3	368	20.5	652	32.3	368	20.5	652	32.3
	30×10	762	44.4	1 410	77.9	762	44.4	1 410	77.9	556	23.7	1 028	41.4	556	23.7	1 028	41.4	556	23.7	1 028	41.4
	40×5	641	47.0	1 112	72.5	641	47.0	1 112	72.5	468	25.0	811	36.5	468	25.0	811	36.5	468	25.0	811	36.5
	40×10	951	52.7	1 716	88.9	951	52.7	1 716	88.9	694	28.1	1 251	47.3	694	28.1	1 251	47.3	694	28.1	1 251	47.3
	50×5	775	55.7	1 322	82.9	775	55.7	1 322	82.9	566	29.7	964	44.1	566	29.7	964	44.1	566	29.7	964	44.1
	50×10	1 133	60.9	2 008	102.9	1 133	60.9	2 008	102.9	826	32.3	1 455	54.8	826	32.3	1 455	54.8	826	32.3	1 455	54.8
	60×5	915	64.1	1 530	94.2	915	64.1	1 530	94.2	667	34.1	1 116	60.1	667	34.1	1 116	60.1	667	34.1	1 116	60.1
	60×10	1 310	68.5	2 288	116.2	1 310	68.5	2 288	116.2	955	36.4	1 668	62.0	955	36.4	1 668	62.0	955	36.4	1 668	62.0
	80×5	1 177	89.7	1 929	116.4	1 177	89.7	1 929	116.4	858	42.9	1 407	61.9	858	42.9	1 407	61.9	858	42.9	1 407	61.9
	80×10	1 649	85.0	2 805	138.7	1 649	85.0	2 805	138.7	1 203	45.3	2 047	73.8	1 203	45.3	2 047	73.8	1 203	45.3	2 047	73.8
	100×5	1 436	100.1	2 301	137.0	1 436	100.1	2 301	137.0	1 048	53.3	1 478	72.9	1 048	53.3	1 478	72.9	1 048	53.3	1 478	72.9
	100×10	1 982	101.7	3 298	164.2	1 982	101.7	3 298	164.2	1 445	54.0	2 406	84.4	1 445	54.0	2 406	84.4	1 445	54.0	2 406	84.4
	120×10	2 314	115.5	3 804	187.3	2 314	115.5	3 804	187.3	1 686	61.5	2 774	99.6	1 686	61.5	2 774	99.6	1 686	61.5	2 774	99.6

* 每相一根导体；** 每相两根导体，单根。

表 B.3 设备和母线间连接用裸导体的工作电流和功率损耗

1 宽度 × 厚度	2 截面积 (铜)	导体最高允许温度 65 ℃							
		壳体内导体周围的空气温度 35 ℃				壳体内导体周围的空气温度 55 ℃			
		50 Hz 到 60 Hz 交流和直流				50 Hz 到 60 Hz 交流和直流			
		工作电流	功率损耗 [*]	工作电流	功率损耗 [*]	工作电流	功率损耗 [*]	工作电流	功率损耗 [*]
mm×mm	mm ²	A [*]	W/m	A ^{**}	W/m	A [*]	W/m	A ^{**}	W/m
12×2	23.5	82	5.9	130	7.4	69	4.2	105	4.9
15×2	29.5	96	6.4	150	7.8	88	5.4	124	5.4
15×3	44.5	124	7.1	202	9.5	162	4.8	162	6.1
20×2	39.5	115	6.9	184	8.9	93	4.5	172	7.7
20×3	59.5	152	8.0	249	10.8	125	5.4	198	6.8
20×5	99.1	218	9.9	348	12.7	174	6.3	284	8.4
20×10	199	348	12.8	648	22.3	284	8.6	532	15.0
25×5	124	259	10.7	413	14.2	204	7.0	338	9.5
30×5	149	288	11.6	492	16.9	233	7.6	402	11.3
30×10	299	482	17.2	960	32.7	402	11.5	780	21.6
40×5	199	348	12.8	648	22.3	284	8.6	532	15.0
40×10	399	648	22.7	1 245	41.9	532	15.3	1 032	28.8
50×5	249	413	14.7	805	27.9	338	9.8	655	18.5
50×10	499	805	28.5	1 560	53.5	660	19.2	1 280	36.0
60×5	299	492	17.2	960	32.7	402	11.5	780	21.6
60×10	599	960	34.1	1 848	63.2	780	22.5	1 524	43.0
80×5	399	648	22.7	1 258	42.6	532	15.3	1 032	28.8
80×10	799	1 258	45.8	2 432	85.8	1 032	30.9	1 920	53.5
100×5	499	805	29.2	1 560	54.8	660	19.6	1 280	36.9
100×10	999	1 560	58.4	2 680	86.2	1 280	39.3	2 180	57.0
120×10	1 200	1 848	68.3	2 928	85.7	1 524	46.5	2 400	57.6

^{*} 每相一根导体；
^{**} 每相两根导体；
[‡] 单根。