

# JB

## 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10181.3 - 2000  
idt IEC 60287-2-1 1994

---

### 电缆载流量计算 第 2 部分: 热阻 第 1 节: 热阻的计算

2000-04-24 发布

2000-10-01 实施

---

国家机械工业局 发布

## 前 言

本标准等同采用国际电工委员会 (IEC) 标准 IEC 60287 《电缆载流量计算》(其中包括 IEC 60287—1—1 第 1 号修改件 (1995)、IEC 60287—3—1 第 1 号修改件 (1999) 和 IEC 60287—3—2 第 1 号修改件 (1996))。本标准为国内首次制订的机械行业标准。

本标准是电线电缆的基础计算方法标准,广泛地被电缆设计、敷设和安装部门使用,因而等同采用 IEC 60287 标准。

JB/T 10181 在总标题《电缆载流量计算》下由下列各部分组成:

JB/T 10181.1 第 1 部分:载流量公式(100%负荷因数)和损耗计算

第 1 节:一般规定

JB/T 10181.2 第 1 部分:载流量公式(100%负荷因数)和损耗计算

第 2 节:双回路平面排列电缆金属套涡流损耗因数

JB/T 10181.3 第 2 部分:热阻

第 1 节:热阻的计算

JB/T 10181.4 第 2 部分:热阻

第 2 节:自由空气中不受到日光直接照射的电缆群载流量降低因数的计算方法

JB/T 10181.5 第 3 部分:有关运行条件的各节

第 1 节:基准运行条件和电缆选型

JB/T 10181.6 第 3 部分:有关运行条件的各节

第 2 节:电力电缆截面的经济优化选择

本标准与 IEC 60287 标准结构对照如下表:

本 标 准	IEC 60287
JB/T 10181.1	IEC 60287—1—1
JB/T 10181.2	IEC 60287—1—2
JB/T 10181.3	IEC 60287—2—1
JB/T 10181.4	IEC 60287—2—2
JB/T 10181.5	IEC 60287—3—1
JB/T 10181.6	IEC 60287—3—2

JB/T 10181.6—2000 的附录 A 和附录 B 都是提示的附录。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会提出并归口。

本标准主要起草单位:上海电缆研究所。

本标准主要起草人:马国栋。

## IEC 前 言

1 IEC (国际电工委员会) 是一个由各国家电工委员会 (IEC 国家委员会) 组成的国际范围的标准化组织。IEC 的宗旨是针对电气和电子领域标准化的所有问题促进国际间合作。为实现这一宗旨, IEC 除组织各种活动外, 还出版国际标准。并委托各技术委员会制定这些标准。对某项标准感兴趣的任何国家委员会均可参与该标准的制定。与 IEC 有业务往来的国际组织、政府或非政府组织也可参与标准的制定。IEC 与国际标准化组织 (ISO) 按双方协议条件紧密合作。

2 技术委员会代表各国家委员会对他们特别关切的技术问题制订出的 IEC 正式决议或协议尽可能地表达出国际上对这些问题的一致意见。

3 这些文件以标准、技术报告或导则的形式出版发行, 以推荐文件的形式在国际间使用, 并且在此意义上取得各国家委员会的认可。

4 为促进国际间的统一, 各 IEC 国家委员会坦诚地以最大可能程度在各国家和地区中采用 IEC 国际标准。IEC 标准与相应的国家或地区标准的任何差异应在国家或地区标准中清楚地指出。

5 国际标准 IEC 60287—1—1、IEC 60287—1—2、IEC 60287—2—1、IEC 60287—2—2、IEC 60287—3—1 和 IEC 60287—3—2 由 IEC 第 20 技术委员会的第 20 A 分技术委员会: “高压电缆” 制定。

5.1 IEC 60287—1—1 的第一版代替了 1982 年出版的 IEC 60287 第二版的第 1 节和第 2 节以及第 3 号修改件的相应部分, 没有技术上的改动。

IEC 60287—1—1 标准文本和它的第 1 号修改件 (1995) 以下列文件为基础:

六月法/DIS 文件	投票表决报告
20 A (CO) 75	20 A (CO) 81
20 A/262/DIS	20 A/280/RVD

投票表决批准该标准的全部资料均可在上表列出的“投票表决报告”中查找到。

5.2 IEC 60287—1—2 标准文本以下列文件为基础:

DIS	投票表决报告
20 A (CO) 151	20 A (CO) 161

投票表决批准该标准的全部资料均可在上表列出的“投票表决报告”中查找到。

5.3 IEC 60287—2—1 代替了 IEC 60287 第二版 (1982) 的第 3 节、附录 C 和附录 D, 没有技术上的改动。

IEC 60287—2—1 标准文本以下列文件为基础:

六月法文件	投票表决报告
20 A (CO) 75	20 A (CO) 81

投票表决批准该标准的全部资料均可在上表列出的“投票表决报告”中查找到。

5.4 IEC 60287—2—2 标准文本以下列文件为基础:

六月法文件	投票表决报告
20 A (CO) 125	20 A (CO) 135

投票表决批准该标准的全部资料均可在上表列出的“投票表决报告”中查找到。

这一节最初作为 IEC 1042 出版。

5.5 IEC 60287—3—1 代替了 IEC 60287 第二版（1982）的附录 A 和附录 B，没有技术上的改动。

IEC 60287—3—1 标准文本和它的第 1 号修改件（1999）以下列文件为基础：

六月法文件/FDIS	投票表决报告
20 A (CO) 75	20 A (CO) 81
20 A/403/FDIS	20 A/408/RVD

投票表决批准该标准的全部资料均可在上表列出的“投票表决报告”中查找到。

5.6 IEC 60287—3—2 第一版代替了 IEC 1059 第一版（1991），没有作技术上的改动。

IEC 60287—3—2 标准文本和它的第 1 号修改件（1996）以下列文件为基础：

DIS/FDIS	投票表决报告
20 A (CO) 131	20 A (CO) 139
20 A/308/FDIS	20 A/322/RVD

投票表决批准该标准的全部资料均可在上表列出的“投票表决报告”中查找到。

附录 A 和附录 B 是提示的附录。

## IEC 引 言

为便于修订和采用，IEC 60287 将标准分成三部分和若干节。

每部分分为若干节作为单独标准出版。

第 1 部分：载流量公式（100%负荷因数）和功率损耗

第 2 部分：热阻公式

第 3 部分：有关运行条件的各节

### IEC 60287—1—1

这一节包含有关  $R$ 、 $W_p$ 、 $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  的公式。

这一节包括根据允许温升、导体电阻、损耗和热阻系数的详细数值计算电缆允许载流量的方法。

关于损耗的计算公式也在这一节中给出。

标准中的公式所包含的参量随着电缆设计和所用材料而变化。表中所给的数值或者是国际上认可的，例如电阻率和电阻温度系数，或者是通常实际上可接受的，例如材料热阻系数和介电常数。在后一种情况下，所给出的某些值不是新电缆的特性，而是适用于长期运行后电缆的特性。为了取得统一和便于比较的结果，载流量计算应使用本标准给出的数值。然而确实有其它更适合于这种材料和设计的值，也可以采用，并另外提出相应的载流量，只要援引此不同的数值。

电缆运行条件的各个参量各国间会有很大的差别。例如，关于环境温度和土壤热阻系数，从不同的考虑角度出发，各个国家规定相应值。如果他们不基于一个共同的基准，各个国家所采用的数值之间表面上相比可导出错误的结论，例如，对于电缆寿命可能有不同的期望，某些国家设计是基于土壤热阻系数的最大值，而另外国家则是采用平均值。特别是土壤热阻系数，对土壤的含水量非常敏感，随着时间可能有明显的变化，取决于土壤类型，地势和气象条件以及电缆负荷。

因而应采用以下各种参量的选择方法。

数字值最好根据测量结果。这些结果往往作为推荐值已经包含在国家规范中，以使在计算时所采用的为该国家常用的数值，这些测量数值在第 3 部分第 1 节中给出。

第 3 部分第 1 节给出所需的信息。

### IEC 60287—2—1

这一节包括电缆敷设在自由空气、排管和直埋时电缆的内部热阻和外部热阻的计算方法。

标准中的公式所包含的参量随着电缆设计和所用材料而变化。表中所给的数值或者是国际上认可的，例如电阻率和电阻温度系数，或者是通常实际上可接受的，例如材料热阻系数和介电常数。在后

---

采用说明。

1) 此 IEC 引言包括 IEC 60287—1—1、IEC 60287—2—1、IEC 60287—2—2、IEC 60287—3—1 及 IEC 60287—3—2 各部分及各节的引言内容，以便编辑及对照参阅。

一种情况下，所给出的某些值不是新电缆的特性，而是适用于长期运行后电缆的特性。为了取得统一和便于比较的结果，载流量计算应使用本标准给出的数值。然而确实有其它更适合于这种材料和设计的值，也可以采用，并另外提出相应的载流量，只要援引此不同的数值。

电缆运行条件的各个参量各国间会有很大的差别。例如，关于环境温度和土壤热阻系数，从不同的考虑角度出发，各个国家规定相应值。如果他们不基于一个共同的基准，各个国家所采用的数值之间表面上相比可导出错误的结论，例如，对于电缆寿命可能有不同的期望，某些国家设计是基于土壤热阻系数的最大值，而另外国家则是采用平均值。特别是土壤热阻系数，对土壤的含水量非常敏感，随着时间可能有明显的变化，取决于土壤类型，地势和气象条件以及电缆负荷。

因而应采用以下各种参量的选择方法。

数字值最好根据测量结果。这些结果往往作为推荐值已经包含在国家规范中，以使在计算时所采用的为该国内常用的数值，这些测量数值在第3部分第1节中给出。

第3部分第1节给出所需的信息。

#### IEC 60287—2—2

这一节提供了水平敷设在自由空气中的电缆群载流量降低因数的计算方法和数据，忽略介质损耗。应与第2部分第1节一起使用。

#### IEC 60287—3—1

这一节包括各国土壤的热阻系数和环境温度的基准值。本节也包含了用户选择适用的电缆型式时所需的概要信息。

电缆运行条件的各个参量各国间会有很大的差别。例如，关于环境温度和土壤热阻系数，从不同的考虑角度出发，各个国家规定相应值。如果他们不基于一个共同的期望，各个国家所采用的数值之间表面上相比可导出错误的结论，例如，对于电缆寿命可能有不同的期望，某些国家设计是基于土壤热阻系数的最大值，而另外国家则是采用平均值。特别是土壤热阻系数，对土壤的含水量非常敏感，随着时间可能有明显的变化，取决于土壤类型，地势和气象条件以及电缆负荷。

数字值最好根据测量结果。这些结果往往作为推荐值已经包含在国家规范中，以使在计算时所采用的为该国内常用的数值。本节征集了这些数值。

#### IEC 60287—3—2

本节以前是 IEC 1059。

##### 1 概述

选择电缆截面的方法通常是求出允许的最小截面，这也是使电缆投资费用为最小。此方法并不计及在电缆寿命期间发生的损耗费用。

能源费用的增加以及由于采用新型绝缘材料及可能的工作温度（如 XLPE 和 EPR 工作温度为 90℃）导致高能耗，就要从较广泛的经济方面来考虑选择电缆截面，不仅使初始费用尽量减小，也要使初始费用和电缆经济寿命期间损耗费用的总和达到最低。对后一情况，选择较大的导体截面，而不是根据最少的初始费用选择导体截面，结果传输相同电流，其能耗较低，当考虑整个经济寿命时间，费用节省得多。

采用适当的估计负荷增长及能源费，可计算电缆在经济寿命期内将来的能耗费用。当将来的能耗费用与初始的购置与安装费总和为最小值时就得出导体最经济截面。

导体截面大于按热性选择的导体截面对总费用节省是由于与购置费用增加相比，焦耳损耗费用减少得多。本标准采用的财务参数和电气参数值并不特殊，购置费和运行费合计节省约 50%（见附录 A6）。以更短一些财务期计算得出相似的结果。

通过实例指出更重要的特点是当处于图 A3 所示的经济值范围内，可能的节省费用并不决定性地取决于导体截面。此包含两点含义：

a) 财务数据的误差，特别是决定将来费用的数据影响很小。虽然收集最实际、正确的数据有好处，但采用合理的估计得出的数据仍可获得可观的节省效果。

b) 对电缆线路决定其整体经济性有关的导体截面选择的其他因素，诸如故障电流、电压降及尺寸合理性等都要给予适当的重视，而不因选择经济截面而损失过多的利益。

## 2 经济方面

为了把电缆购置、安装费用与电缆在经济寿命期间的能耗费用结合起来，必须用可比的数值表示，此值与相同的时间点相关联。用购置电缆线路装置的日期作为时间点较方便，并把它称为“现在时”。然后将未来能耗费用换算到相当的“现值”。用折现的方法来处理，其折现率与贷款费用相联系。

本标准采用的方法是将通货膨胀忽略掉。这是因为通货膨胀对贷款费用及能源费用均有影响。假如在相同的时间段考虑这些项目，并且通货膨胀对两者的影响接近相同。则能够很好地选择经济截面而不需引入通货膨胀增加的复杂因素。

为计算能耗费用的现值，必须选用电缆经济寿命（25 年或以上）期间未来负荷的增长、每年 kWh 价格的增加以及年贴现率的合适数值。本标准不可能在这些方面给予引导，因为这些数值取决于每个电缆线路装置的状况及财务控制。只提出了合适的公式，由设计人员与用户负责进行协商确定所采用的经济因素的数值。

本标准建议的公式是明确易懂的，但在具体应用时要假定在电缆的经济寿命期间财务参数保持不变。无论如何，上述对这些参数正确性的评价也是相对的。

根据相同的财务概念，有两种计算经济截面的方法。第一种方法考虑系列导体截面以计算预定用于特殊的装置状况的每个导体截面的经济电流范围，然后选择导体截面，其经济电流范围包含所需负荷。此方法适用于考虑几个相似的电缆装置的情况。第二种方法较适用于只考虑一个电缆装置的情况，计算要求负荷的最佳截面，然后选择最接近的标准导体截面。

## 3 其它判据

其它判据，例如短路电流及其持续时间，电压降和电缆截面合理化等也必须给予考虑。然而，选择具有导体经济截面的电缆也要能够很好地满足上述各点，因此选择电缆时最好按照以下顺序：

a) 计算经济截面；

b) 按照 JB/T 10181.1, JB/T 10181.2 和 JB/T 10181.3 标准中所给的方法校核 a) 计算的截面是否可传输预计在电缆经济寿命期末的最大负荷而不超过最高允许导体温度；

c) 校核所选择的电缆截面是否能安全地通过预料的短路电流及相应持续时间和对地故障电流；

d) 校核电缆末端的电压降是否超过允许范围；

e) 按适用于具体电缆装置的其他判据作校核。

为完成经济选择工作，应适当地对中断供电的后果予以重视。可能需要采用比正常负荷状况所需较大的导体截面，并且（或者）经济选择不需相应地对电网提出建议或与电网相适应。

还有一部分费用可能要考虑的是由于概率上原因作出错误决定而产生的财务上后果所致。但这是决策理论领域中问题，已超出本标准范围。

因此，选择电缆经济截面只是系统总的经济问题的一部分内容，其它重要的经济内容尚待另外考虑。



电缆载流量计算  
第 2 部分: 热阻  
第 1 节: 热阻的计算

JB/T 10181.3 - 2000  
idt IEC 60287-2-1 1994

1 范围

1.1 范围

本标准适用于敷设在空气或土壤中的所有交流电压等级和 5 kV 及以下直流电压电缆稳态运行状况。土壤中包括无论是否发生局部土壤干燥的直接埋地、管道、电缆沟或钢管中敷设的电缆。术语“稳态”系指在周围环境假定不变的条件下, 连续恒定电流(100%负荷因数)正好足以渐近地达到导体的最高温度。

这一节提供了额定载流量和各种损耗的计算公式。

这些公式基本上是严密的, 有意对某些重要参数取值未作规定, 可分为三组:

——与电缆结构有关的参数(例如绝缘材料热阻系数), 选于公开出版物中代表性数值;

——与环境条件有关的参数, 其值可能变化范围较大, 取决于使用电缆或即将使用电缆的敷设现场状况;

——来自于制造厂和用户之间协商的参数, 包括运行的安全裕度(例如最高导体温度)。

1.2 符号

本标准所用的符号及其代表的参量由下列给出:

$D_a'$	铠装外径	mm
$D_d$	管道内径	mm
$D_e$	电缆外径或钢管电缆内线芯组等效外径	mm
$D_e^*$	电缆外径(2.2.1中使用)	m
$D_o$	管道外径	mm
$D_s$	金属套平均外径	mm
$D_{oc}$	正好与皱纹金属套波峰相切的假想同心圆柱体的直径	mm
$D_{ot}$	正好与皱纹金属套波谷外表面相切的假想同心圆柱体的直径 $=D_{it} + 2t_s$	mm
$D_{ic}$	正好与皱纹金属套波峰内表面相切的假想同心圆柱体的直径 $=D_{it} - 2t_s$	mm
$D_{it}$	正好与皱纹金属套波谷内表面相切的假想同心圆柱体的直径	mm

$E$	2.2.1.1 中使用的常数	
$F_1$	2.1.1.2.2 中对带绝缘电缆所定义的系数	
$F_2$	2.1.1.2.5 中对带绝缘电缆所定义的系数	
$G$	带绝缘电缆的几何因数	
$\overline{G}$	SL 和 SA 型电缆的几何因数	
$H$	日光辐射照度 (见 2.2.1.2)	W/m <sup>2</sup>
$K$	屏蔽电缆热阻屏蔽系数	
$K_A$	在 2.2.1 中所用的系数	
$L$	相对于电缆轴线或三角形中心的敷设深度	mm
$L_G$	从土壤表面到排管混凝土预制件中心的距离	mm
$N$	排管中有负荷的电缆根数 (见 2.2.7.3)	
$T_1$	导体和金属套之间每根线芯热阻	K · m/W
$T_2$	金属套和铠装之间热阻	K · m/W
$T_3$	外护层热阻	K · m/W
$T_4$	周围介质热阻 (高于周围环境温度的电缆表面温升与单位长度损耗之比)	K · m/W
$T_4^*$	阳光照射下自由空气中电缆修正的外部热阻	K · m/W
$T_4'$	电缆和排管 (或管道) 之间热阻	K · m/W
$T_4''$	排管 (或管道) 的热阻	K · m/W
$T_4'''$	排管 (或管道) 周围介质热阻	K · m/W
$U, V$	2.2.7.1 中常数	
$W_d$	每相单位长度电缆介质损耗	W/m
$W_k$	第 k 根电缆的散热量	W/m
$W_{TOT}$	单位长度电缆沟总散热量	W/m
$Y$	2.2.7.1 中使用的系数	
$Z$	2.2.1.1 中使用的系数	
$d_a$	带绝缘的外径	mm
$d_c$	导体的外径	mm
$d_{cm}$	椭圆形导体短轴直径	mm
$d_{cM}$	椭圆形导体长轴直径	mm
$d_M$	椭圆形导体的屏蔽或金属套长轴直径	mm
$d_m$	椭圆形导体的屏蔽或金属套短轴直径	mm
$d_x$	与型导体横截面和紧压程度相等的等效圆导体的直径	mm
$g$	2.2.1.1 中所用系数	
$h$	散热系数	W/m <sup>2</sup> K <sup>5/4</sup>
$\ln$	自然对数 (以 e 为底)	
$n$	电缆中导体数	
$p$	有效散热的电缆沟的参数 (见 2.2.6.2)	m

$r_1$	外切于两或三扇形导体的外接圆半径	mm
$s_1$	在水平面排列的三个不相接触的电缆中，两个相邻电缆之间的距离	mm
$t$	导体之间绝缘厚度	mm
$t_1$	导体和金属套之间绝缘厚度	mm
$t_2$	衬层厚度	mm
$t_3$	外护层厚度	mm
$t_i$	线芯绝缘厚度，包括各相屏蔽带加上包在缆芯外的非金属带厚度的一半	mm
$t_s$	金属套厚度	mm
$u$	2.2.2 中 $u = \frac{2L}{D_e}$	
$u$	2.2.7.3 中 $u = \frac{L_G}{r_b}$	
$x, y$	排管混凝土预制件两边尺寸 ( $y > x$ ) (见 2.2.7.3)	mm
$\theta_m$	电缆和排管(或管道)之间介质平均温度	°C
$\Delta \theta$	高于环境温度的导体允许温升	K
$\Delta \theta_d$	自由空气中计算 $T_4$ 时考虑介质损耗时的因数	K
$\Delta \theta_{ds}$	采用图 8 计及自由空气中日光直接照射和介质损耗计算 $T_4$ 时所用的因数	K
$\Delta \theta_{duct}$	管道中空气平均温度和周围环境温度之间温差	K
$\Delta \theta_s$	空气中电缆表面温度和环境温度之间温差	K
$\Delta \theta_{tr}$	电缆沟中空气的温升	K
$\lambda_1$	金属套总损耗相对于导体总损耗的比率(或一个金属套中的损耗相对于导体损耗之比率)	
$\lambda_2$	铠装总损耗相对于导体总损耗的比率(或一个铠装的损耗相对于导体损耗之比率)	
$\lambda_{1m}'$	三根单芯电缆平面排列，不换位，金属套两端互连时中间电缆的损耗因数	
$\lambda_{11}'$	三根单芯电缆平面排列，不换位，金属套两端互连时具有最大损耗的外侧电缆的损耗因数	
$\lambda_{12}'$	三根单芯电缆平面排列，不换位，金属套两端互连时具有最小损耗的外侧电缆的损耗因数	
$\rho_e$	排管混凝土预制件周围土壤热阻系数	K·m/W
$\rho_c$	排管混凝土预制件的混凝土的热阻系数	K·m/W
$\rho_m$	多芯电缆金属屏蔽的热阻系数	K·m/W
$\rho_T$	材料热阻系数	K·m/W
$\sigma$	电缆表面对日光照射的吸收系数	

## 2 热阻计算

### 2.1 电缆各部分的热阻 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$

本条给出构成电缆各部分单位长度热阻  $T_1$ 、 $T_2$  和  $T_3$  (见 JB/T 10181.1—2000 中 1.4) 的计算公式。

表 1 给出绝缘和护层材料的热阻系数。

对于热计算, 有屏蔽层的情况下, 金属带作为导体或金属套的一部分, 而半导体层 (包括金属碳化纸带) 作为绝缘的一部分。相关组成部分的尺寸需作相应修改。

### 2.1.1 单根导体和金属套之间热阻 $T_1$

#### 2.1.1.1 单芯电缆

一根导体和金属套之间热阻  $T_1$  由下式给出:

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{2t_1}{d_c}\right)$$

式中:  $\rho_T$  —— 绝缘材料热阻系数 ( $K \cdot m/W$ );

$d_c$  —— 导体直径 (mm);

$t_1$  —— 导体和金属套之间的绝缘厚度 (mm)。

注: 对于皱纹金属套,  $t_1$  按金属套平均内径计算:

$$\frac{D_{it} + D_{oc}}{2} - t_s$$

#### 2.1.1.2 带绝缘电缆

一根导体和金属套之间热阻  $T_1$  由下式给出:

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2\pi} G$$

式中:  $G$  —— 几何因数。

注: 对于皱纹金属套,  $t_1$  按金属套平均内径计算:

$$\frac{D_{it} + D_{oc}}{2} - t_s$$

#### 2.1.1.2.1 两芯圆形导体带绝缘电缆

几何因数由图 2 给出。

#### 2.1.1.2.2 两芯扇形导体带绝缘电缆

几何因数由下式给出:

$$G = 2F_1 \ln\left(\frac{d_a}{2r_1}\right)$$

式中:  $F_1 = 1 + \frac{2.2t}{2\pi(d_x + t) - t}$

$d_a$  —— 带绝缘外径 (mm);

$r_1$  —— 各导体的外接圆半径 (mm);

$d_x$  —— 与扇形导体的截面和紧压度均相同的圆导体的直径 (mm);

$t$  —— 导体之间的绝缘厚度 (mm)。

#### 2.1.1.2.3 三芯圆形导体带绝缘电缆

几何因数由图 3 给出。

#### 2.1.1.2.4 三芯椭圆形导体带绝缘电缆

该电缆作为等效直径  $d_c = \sqrt{d_{cm} \cdot d_{cm}}$  (mm) 的等效圆导体电缆来处理。

式中:  $d_{cM}$ ——椭圆导体的长轴直径 (mm);

$d_{cm}$ ——椭圆导体的短轴直径 (mm)。

### 2.1.1.2.5 三芯扇形导体带绝缘电缆

该电缆几何因数  $G$  取决于扇形的形状, 各制造厂不同, 适合的公式为:

$$G=3F_2 \ln \left( \frac{d_a}{2r_1} \right)$$

式中:  $F_2=1+\frac{3t}{2\pi(d_x+t)-t}$ ;

$d_a$ ——带绝缘外径 (mm);

$r_1$ ——各导体的外接圆半径 (mm);

$d_x$ ——与扇形导体的截面和紧压度均相同的圆导体的直径 (mm);

$t$ ——导体之间的绝缘厚度 (mm)。

### 2.1.1.3 金属带屏蔽型三芯电缆

#### 2.1.1.3.1 圆形导体屏蔽型电缆

这种类型电缆可首先作为以  $t_i/t=0.5$  的带绝缘电缆考虑, 然后再计及金属屏蔽的导热效应, 结果再乘以屏蔽因数  $K$ , 对于不同  $t_i/d_c$  值和不同的电缆由图 4 给出  $K$  值。因此:

$$T_i=K \frac{\rho_r}{2\pi} G$$

#### 2.1.1.3.2 椭圆形导体屏蔽电缆

这类电缆作为等效直径  $d_c=\sqrt{d_{cM} \cdot d_{cm}}$  (mm) 的等效圆导体电缆来处理。

#### 2.1.1.3.3 扇形导体屏蔽电缆

这类电缆按扇形导体带绝缘电缆相同的方法计算  $T_i$ , 但  $d_a$  取作缆芯的外接圆直径, 结果再乘以图 5 所给的屏蔽因数。

#### 2.1.1.4 充油电缆。

##### 2.1.1.4.1 具有圆形导体及金属化纸绝缘屏蔽和线芯之间有圆形油道的三芯电缆

一个导体和金属套之间的热阻由下式给出:

$$T_i=0.358 \rho_r \left( \frac{2t_i}{d_c + 2t_i} \right)$$

式中:  $d_c$ ——导体直径 (mm);

$t_i$ ——绝缘厚度, 其中包括碳黑和金属化纸带再加上绕包在三个线芯成缆芯上的任何非金属带厚度的一半 (mm);

$\rho_r$ ——绝缘热阻系数 ( $K \cdot m/W$ )。

公式假设被金属油道和油道中的油占有空间与绝缘相比具有很高的热导, 因此, 与所用构成油道的金属及其厚度无关。

##### 2.1.1.4.2 具有圆形导体、金属带线芯屏蔽和线芯之间有圆形油道的三芯电缆

$$T_i=0.35 \rho_r \left( 0.923 - \frac{d_c}{d_c + 2t_i} \right)$$

式中:  $t_i$ ——线芯绝缘厚度, 包括金属屏蔽带及三个线芯成缆芯上的任何非金属带厚度的一半 (mm)。

注: 该公式与屏蔽和油道所用的金属无关。

### 2.1.1.4.3 具有圆形导体金属带绝缘屏蔽无填充材料、无油道，采用铜编织带捆扎线芯的皱纹铝套三芯电缆

导体与金属套之间热阻  $T_1$  由下式给出：

$$T_1 = \frac{475}{D_c^{1.74}} \left( \frac{t_g}{D_c} \right)^{0.62} + \frac{\rho_r}{2\pi} \ln \left( \frac{D_c - 2\delta_1}{d_c} \right)$$

式中： $t_g = 0.5 \times \left( \frac{D_{it} + D_{ic}}{2} - 2.16D_c \right)$ ；

$D_c$ ——线芯金属屏蔽带的直径 (mm)；

$t_g$ ——线芯金属屏蔽带和金属套平均内直径之间平均标称间隙 (mm)；

$\delta_1$ ——金属带线芯屏蔽厚度 (mm)。

注：该公式与屏蔽带所用的金属无关。

### 2.1.1.5 SL 和 SA 型电缆

热阻  $T_1$  的计算与单芯电缆计算方法相同。

### 2.1.2 金属套和铠装之间热阻 $T_2$

#### 2.1.2.1 具有统包金属套的单芯、两芯和三芯电缆

金属套和铠装之间热阻  $T_2$  由下式给出：

$$T_2 = \frac{\rho_r}{2\pi} \ln \left( 1 + \frac{2t_2}{D_s} \right)$$

式中： $t_2$ ——衬垫厚度 (mm)；

$D_s$ ——金属套外径 (mm)。

#### 2.1.2.2 SA 和 SL 型电缆

铠装下内衬层和填充层的热阻由下式给出：

$$T_2 = \frac{\rho_r}{6\pi} \bar{G}$$

式中： $\bar{G}$ ——图6给出的几何因数。

### 2.1.3 外护层热阻 $T_3$

外护层一般是同心圆结构，外护层热阻  $T_3$  由下式给出：

$$T_3 = \frac{\rho_r}{2\pi} \ln \left( 1 + \frac{2t_3}{D_a'} \right)$$

式中： $t_3$ ——外护层厚度 (mm)；

$D_a'$ ——铠装外径 (mm)。

注：对非铠装电缆， $D_a'$  值取为按直接处于其下的组成部分的外径，即金属套、屏蔽或衬垫层外径作为  $D_a'$ 。  
皱纹金属套：

$$T_3 = \frac{\rho_r}{2\pi} \ln \left[ \frac{D_{oc} + 2t_3}{(D_{oc} + D_{it})/2 + t_3} \right]$$

### 2.1.4 钢管电缆

对于三芯电缆提出如下方法：

a) 导体和屏蔽之间每一线芯的绝缘热阻  $T_1$  按 2.1.1 单芯电缆方法计算。

b) 热阻  $T_2$  由两部分组成：

1) 每个线芯屏蔽或金属套上面外护层热阻, 其值取代 JB/T 10181.1—2000 中 1.4 载流量公式中  $T_2$  的值为每根电缆的值, 即对三芯电缆其值是单芯电缆数值的 1/3。

每个线芯的值按 2.1.2 给出的单芯电缆内衬层的方法计算。对椭圆形线芯, 应以长轴直径和短轴直径的几何平均值  $\sqrt{d_M \cdot d_m}$  取代圆形线芯直径。

2) 线芯表面和钢管之间气体或油的热阻, 这部分热阻计算方法与 2.2.7.1 所给的电缆与管道内表面之间的热阻  $T_f$  计算方法相同。

计算值为每根电缆的数值, 在取代 JB/T 10181.1—2000 中 1.4 载流量公式中  $T_2$  前应将此值加上 1) 项所计算的数值。

c) 钢管外包覆层热阻  $T_3$  按 2.1.3 计算, 金属管本身热阻忽略不计。

## 2.2 外部热阻 $T_f$

### 2.2.1 自由空气中敷设的电缆

#### 2.2.1.1 不受日光直接照射的电缆

不受日光直接照射情况下, 空气中敷设的电缆周围热阻由下式给出:

$$T_f = \frac{1}{\pi D_e^* \cdot h \cdot (\Delta \theta_s)^{1/4}}$$

式中:  $h = \frac{Z}{(D_e^*)^g} + E$ ;

$D_e^*$ ——电缆外径 (m);

对于皱纹金属套  $D_e^* = (D_{oc} + 2t_3) \times 10^{-3}$  (m);

注: 2.2.1 中  $D_e^*$  全部以 m 为单位。

$h$ ——散热系数采用表 2 中所给出合适的 Z, E 和 g 常数值由上式计算得出, 或为了方便从曲线 7a, 7b 和 7c 查取。(W/m<sup>2</sup> (K)<sup>5/4</sup>)

有外护层的电缆和有非金属表面的电缆应视为黑色表面。无外护层的电缆, 裸铅包或铠装电缆  $h$  值应为黑色表面  $h$  值的 88%。

$\Delta \theta_s$ ——电缆表面相对环境的温度的温升 (见下文计算方法) (K)。

对于没有填充物的电缆沟中敷设的电缆见 2.2.6。

计算  $(\Delta \theta_s)^{1/4}$ :

下面给出计算  $(\Delta \theta_s)^{1/4}$  的简单迭代法, 相应的图示法在 3.2 条中给出。

$$K_d = \frac{\pi D_e^* h}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \times \left[ \frac{T_1}{n} + T_2(1 + \lambda_1) + t_3(1 + \lambda_1 + \lambda_2) \right]$$

则:

$$(\Delta \theta_s)_{n+1}^{1/4} = \left( \frac{\Delta \theta + \Delta \theta_d}{1 + K_d (\Delta \theta_s)_n^{1/4}} \right)^{1/4}$$

令  $(\Delta \theta_s)^{1/4}$  的初值=2 并反复迭代直到:

$$(\Delta \theta_s)_{n+1}^{1/4} - (\Delta \theta_s)_n^{1/4} \leq 0.001$$

式中:  $\Delta \theta_d = W_d \left[ \left( \frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \frac{1}{2} \right) T_1 - \frac{n \lambda_2 T_2}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \right]$

这是计及介质损耗的因数，具有温差的量纲，当介质损耗忽略时  $\Delta \theta_d = 0$ 。

$\Delta \theta$ ——导体对周围环境的允许温升。

### 2.2.1.2 直接受日光照射的电缆

外部热阻  $T_4^{*1)}$

直接受日光照射的场合下， $T_4^*$ 采用与 2.2.1.1 相同的方法计算，除迭代方法  $(\Delta \theta_s)^{1/4}$  由下式计算：

$$(\Delta \theta_s)_{n+1}^{1/4} = \left( \frac{\Delta \theta + \Delta \theta_d + \Delta \theta_{ds}}{1 + K_A (\Delta \theta_s)_n^{1/4}} \right)^{0.25}$$

式中： $\Delta \theta_{ds} = \frac{\sigma D_e^* h}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \left[ \frac{T_1}{n} + T (1_2 + \lambda_1) + T_3 (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \right]$

这是计及太阳直接照射，具有温差量纲的因数。

式中： $\sigma$ ——日光照射下电缆表面的吸收系数（见表 3）；

$H$ ——日光辐射照度，对于大多数纬度地区取  $10^3$  (W/m<sup>2</sup>)，如果可能则推荐采用当地量值。

$D_e^*$ ——电缆外径 (m)。

对于皱纹金属套  $D_e^* = (D_{oc} + 2t_3) \cdot 10^{-3}$  (m)。

另外替代的图解法见图 8。

### 2.2.2 单根分离埋地电缆

外部热阻计算如下：

$$T_4 = \frac{1}{2\pi} \rho_T \ln(u + \sqrt{u^2 - 1})$$

式中： $\rho_T$ ——土壤热阻系数 (K·m/W)；

$$u = \frac{2L}{D_e}$$

$L$ ——电缆轴线至地表面的距离 (mm)；

$D_e$ ——电缆外径 (mm)。

对于皱纹金属套  $D_e^* = D_{oc} + 2t_3$  (mm)

当  $u > 10$  时，最佳近似值（接近 1/1000）为：

$$T_4 = \frac{1}{2\pi} \rho_T \ln(2u)$$

### 2.2.3 埋地电缆组（相互不接触）

假设每根电缆作为线性热源而且不受其他电缆引起的热场畸变的影响，成组埋地电缆的外部热阻可采用叠加法计算。

多根电缆敷设有两种主要类型：第一种为最普通类型，是结构不同，负荷不等的电缆组，对此问题仅能给出一般方法；第二种为较特殊类型，是负荷相等的同一种电缆的组合，对此问题能导出相当简单的求解。

#### 2.2.3.1 不等负荷的多根电缆

对于负荷不等，不同结构的电缆组的建议方法是计算该组其它电缆对所要考虑的那根电缆引起的

采用说明：

1] IEC 原文有编号，本标准为了与 GB/T 1.1 统一，删去了该编号。



表面温升，并由 JB/T 10181.1—2000 中 1.4 载流量公式的  $\Delta \theta$  值减去此温升。必须预先估算单位长度每根电缆的散热功率，如需要还应随后对计算结果进行修正。

因此，要确定第  $P$  根电缆的载流量，由该组其他  $(q-1)$  根电缆的散热引起对第  $p$  根电缆的表面相对环境温度的温升  $\Delta \theta_p$  由下式给出：

$$\Delta \theta_p = \Delta \theta_{1p} + \Delta \theta_{2p} + \dots + \Delta \theta_{kp} + \dots + \Delta \theta_{qp}$$

(总和中除去  $\Delta \theta_{pp}$  项)

式中： $\theta_{kp}$ ——第  $k$  根电缆单位长度的散热量  $W_k$  (瓦特) 对第  $p$  根电缆所引起的表面温升。

$$\Delta \theta_{kp} = \frac{1}{2\pi} \rho_T W_k \ln\left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}}\right)$$

$d_{pk}$  和  $d'_{pk}$  分别为第  $p$  根电缆的轴心至第  $k$  根电缆轴心距离和第  $p$  根电 的轴心至第  $k$  根电缆相对大地—空气表面的镜像轴心距离 (见图 1)。

将 JB/T 10181.1—2000 中 1.4 载流量公式中的  $\Delta \theta$  值减去  $\Delta \theta_p$  并采用对应位置  $p$  的分离敷设的电缆  $T_d$  值计算第  $p$  根电缆的载流量。

如果要避免任何一根电缆可能过热，应逐一对每根电缆进行计算。

### 2.2.3.2 负荷相等、结构相同的多根电缆

第二种类型是以最热电缆的额定电流来确定负荷相等、结构相同的电缆组的载流量。通常从排列形状就能判断哪个电缆最热并对该电缆进行载流量计算。在难以确定的情况下，可以进一步对其它电缆计算。该方法是计及到一组电缆各电缆之间相互热影响计算修正的外部热阻  $T_d$ ，而 JB/T 10181.1—2000 中 1.4 载流量公式  $\Delta \theta$  值不变。

第  $p$  根电缆修正的外部热阻  $T_d$  由下式给出：

$$T_d = \frac{1}{2\pi} \rho_T \ln\left\{ (u + \sqrt{u^2 - 1}) \left[ \left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}}\right) \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}}\right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}}\right) \dots \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}}\right) \right] \right\}$$

共有  $(q-1)$  项， $\frac{d'_{pp}}{d_{pp}}$  项除外。

距离  $d_{pk}$  等与第一种方法所用图 1 相同。

如果适合的话 (见 2.2.2)，可用较简单形式  $2u$  代替  $u + \sqrt{u^2 - 1}$ 。

简单的电缆排列，上述公式可大为简化。下面的公式是采用叠加的例子。

#### 2.2.3.2.1 有间距分开水平面排列相等损耗的两根电缆：

$$T_d = \frac{1}{2\pi} \rho_T \left\{ \ln(u + \sqrt{u^2 - 1}) + \frac{1}{2} \ln\left[1 + \left(\frac{2L}{s_1}\right)^2\right] \right\}$$

式中： $u = \frac{2L}{D_e}$ ；

$L$ ——地表面到电缆轴线之间距离 (mm)；

$D_e$ ——电缆外径 (mm)；

$s_1$ ——相邻电缆之间轴线间距 (mm)。

当  $u$  值超过 10 时，则可用  $(2u)$  代替  $u + \sqrt{u^2 - 1}$ 。

#### 2.2.3.2 等间距水平面排列损耗大致相等的三根电缆：

$$T_d = \frac{1}{2\pi} \rho_T \left\{ \ln(u + \sqrt{u^2 - 1}) + \frac{1}{2} \ln\left[1 + \left(\frac{2L}{s_1}\right)^2\right] \right\}$$

式中： $T_4$  值是该组中间电缆的热阻且直接用于 JB/T 10181.1—2000 中 1.4.1 公式。

2.2.3.2.3 等间距水平面排列金属套损耗不等的三根电缆

当多根单芯电缆水平面排列金属套中损耗较大，且金属套不换位和（或）金属套各接点互连时，金属套损耗不等将影响最热电缆外部热阻。在这种情况下，JB/T 10181.1—2000 中 1.4.1 载流量公式的分子项所用的  $T_4$  值按 2.2.3.2.2 中所给的值，但分母项必须用修正的  $T_4$ ，如下所示：

$$T_4 = \frac{1}{2\pi} \rho_T \left\{ \ln(u + \sqrt{u^2 - 1}) + \left[ \frac{1 + 0.5(\lambda'_{11} + \lambda'_{12})}{1 + \lambda'_{1m}} \right] \ln \left[ 1 + \left( \frac{2L}{s_1} \right)^2 \right] \right\}$$

这是假设中间一根电缆最热，JB/T 10181.1—2000 中 1.4.1 载流量公式中  $\lambda_1$  值为中间那根电缆的金属套损耗。

式中： $u = \frac{2L}{D_e}$ ；

$L$ ——地表面到电缆轴线之间距离 (mm)；

$D_e$ ——电缆外径 (mm)；

$s_1$ ——相邻电缆之间轴线间距 (mm)；

$\lambda'_{11}$ ——该组外侧电缆金属套损耗因数；

$\lambda'_{12}$ ——该组另一外侧电缆金属套损耗因数；

$\lambda'_{1m}$ ——该组中间电缆金属套损耗因数。

当  $u$  值超过 10 时，则可用  $(2u)$  代替  $u + \sqrt{u^2 - 1}$ 。

2.2.4 等负荷埋地电缆组（相互接触）

2.2.4.1 平面排列的两根单芯电缆

$$T_4 = \frac{\rho_T}{\pi} [\ln(2u) - 0.451] \quad (u \geq 5)$$

2.2.4.2 平面排列三根单芯电缆

$$T_4 = \rho_T [0.475 \ln(2u) - 0.346] \quad (u \geq 5)$$

2.2.4.3 三角形排列的三根单芯电缆

这种排列  $L$  为地面至三角形组的中心的距离， $D_e$  为电缆外径。 $T_4$  是任一根电缆的外部热阻，这种排列的顶点可在该组的上端，也可在底部。

对于皱纹金属套， $D_e = D_{oc} + 2t_3$

2.2.4.3.1 金属套电缆

$$T_4 = \frac{1.5 \rho_T}{\pi} [\ln(2u) - 0.630]$$

此时金属套或铠装外面的护层热阻  $T_3$  当用 2.1.3 中方法计算时应乘以 1.6。

2.2.4.3.2 部分金属护层电缆（螺旋绕包铠装或屏蔽线覆盖 20%~50% 电缆表面）

此公式按照直径 0.7 mm 单根铜线长节距（金属丝屏蔽下直径的 15 倍）绕包，总截面积 15~35 mm<sup>2</sup> 的情况得出。

$$T_4 = \frac{1.5 \rho_T}{\pi} [\ln(2u) - 0.630]$$

此时，以 2.1.1.1 中方法计算的绝缘层热阻  $T_1$  和以 2.1.3 中方法计算的外护层热阻  $T_3$  应乘以下列因数：

$T_1$ : 35 kV 以下电缆 1.07  
35~110 kV 电缆 1.16

$T_2$ : 1.6

注: 此计算问题在考虑之中。

### 2.2.4.3.3 非金属套电缆

$$T_1 = \frac{\rho_r}{2\pi} [\ln(2u) + 2 \ln(u)]$$

注: 此公式 IEC 在考虑之中。

### 2.2.5 埋地钢管电缆

对钢管型电缆埋地钢管的外部热阻按 2.2.2 中公式与普通电缆一样计算。在这种情况下, 埋地深度  $L$  测量到钢管中心, 而  $D_e$  是包括防腐层在内的钢管外径。

### 2.2.6 埋于电缆沟中的电缆

#### 2.2.6.1 充沙的电缆沟

电缆直接埋于填满沙的电缆沟内, 无论沟道完全埋地还是盖板与地面齐平, 存在沙干燥及长期保持干燥状态的危险。那时电缆外部热阻可能非常高, 并且电缆可能达到不允许的高温。计算载流量时填充沙的热阻系数取 2.5 (K·m/W) 是适合的, 除非选择特殊的填充土, 其干燥后的热阻系数是已知的。

#### 2.2.6.2 没有充沙的任何类型的电缆沟, 盖板顶部与地表面齐平且置于自由空气中

电缆沟中空气相对周围空气环境温度的温升用经验公式表示:

$$\Delta \theta_{tr} = \frac{W_{tot}}{3p}$$

式中:  $W_{tot}$ ——电缆沟每米总散热量 (W/m);

$p$ ——电缆沟的有效散热周长 (m)。

注: 此公式的有效性在考虑之中。

因此, 暴露在阳光下周围的任何部分不包括在  $p$  值内, 电缆沟内特定电缆载流量按电缆在自由空气中计算 (见 2.2.1), 但对周围环境温度的温升为  $\Delta \theta_{tr}$ 。

### 2.2.7 在排管(或管道)中的电缆

管道中电缆的外部热阻由三部分组成:

- 电缆表面和管道内表面之间空间热阻  $T_4'$ ;
- 管道本身热阻  $T_4''$ 。金属管道热阻忽略不计;
- 管道外部热阻  $T_4'''$ 。

代入 JB/T 10181.1—2000 中 1.4 载流量公式的  $T_4$  值是各部分的总和, 即:

$$T_4 = T_4' + T_4'' + T_4'''$$

注: 管道内完全充满热阻系数不超过周围土壤, 用泵挤入材料时, 无论处于干燥状态还是用密封保持填充材料潮湿, 管道内电缆均可作为直埋电缆对待。

#### 2.2.7.1 排管(或管道)和电缆之间的热阻 $T_4'$

管道中敷设的电缆, 其直径在 25 # # ~ 100 mm 范围内应采用下面公式。对于钢管型电缆 (见 2.1.4), 当管内三根线芯的等效直径在 75~125 mm 范围内, 其线芯与钢管表面之间空隙热阻也可使用

该式计算。等效直径定义如下。

$$T_4' = \frac{U}{1 + 0.1(V + Y\theta_m)D_e}$$

式中：U、V和Y与敷设条件有关的常数，其值列于表4。

$D_e$ ——电缆外径（mm）。

当该式用于钢管型电缆（见2.1.4 b）时， $D_e$ 成为如下一组线芯的等效直径：

——两芯： $D_e = 1.65 \times$ 线芯外径（mm）

——三芯： $D_e = 2.15 \times$ 线芯外径（mm）

——四芯： $D_e = 2.50 \times$ 线芯外径（mm）

$\theta_m$ ——电缆与管道之间填充空隙的介质平均温度，先假定初值，必要时，则用修正值反复计算（℃）。

### 2.2.7.2 排管（或管道）本身热阻 $T_4''$

管道壁热阻由下式给出：

$$T_4'' = \frac{\rho_r}{2\pi} \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)$$

式中： $D_o$ ——管道外径（mm）；

$D_i$ ——管道内径（mm）；

$\rho_r$ ——管道材料热阻系数（K·m/W）。

对于金属管道  $\rho_r$ 取零，其它材料见表1。

### 2.2.7.3 排管（或管道）外部热阻 $T_4'''$

对于不嵌入混凝土的单向管道，采用2.2.1，2.2.2，2.2.3，或2.2.4中适合的公式与电缆相同的方法计算，并以管道（包括在管道上面的任何外护层）的外半径取代电缆的外半径。当排管嵌入混凝土时，计算管道外部热阻，首先假定排管外部有与混凝土相等的热阻系数的均一介质，然后计及混凝土和排管混凝土外部热路部分的土壤之间热阻系数的差异（若有），加上（代数和）校正项，其值由下式给出：

$$\frac{N}{2\pi} (\rho_e - \rho_c) \ln(u + \sqrt{u^2 - 1})$$

式中：N——排管混凝土预制件内有负荷的电缆数；

$\rho_e$ ——排管混凝土预制件周围土壤热阻系数（K·m/W）；

$\rho_c$ ——混凝土热阻系数（K·m/W）；

$u = L_c/r_b$ ；

$L_c$ ——至排管混凝土预制件中心的埋设深度（mm）；

$r_b$ ——排管混凝土预制件等效半径（mm）。

由下式给出：

$$\ln r_b = \frac{1}{2} \frac{x}{y} \left( \frac{4}{\pi} - \frac{x}{y} \right) \ln \left( 1 + \frac{y^2}{x^2} \right) + \ln \left( \frac{x}{2} \right)$$

式中：x和y数值分别是排管混凝土预制件长边和短边，与它的位置无关，以mm为单位。

该公式仅对  $\frac{y}{x} < 3$  有效。

## 3 图解求值的数字计算

## 3.1 一般说明

给出的公式和方法适用于图 2 至图 6 的数字计算和用图 8 求  $\Delta \theta$  的方法。所用的方法用代数式近似表示, 随后在必要时作一次或二次插值。对每个情况给出插值前最大百分比误差。

3.1.1 圆导体两芯带绝缘电缆几何因数  $G$  (图 2)

设:  $X=t_j/d_c$

$$Y=(2t_j/t)-1$$

则:  $G=MG_s$

$$\text{式中: } M=\ln\left\{\frac{1-\alpha\beta+[(1-\alpha^2)(1-\beta^2)]^{1/2}}{\alpha-\beta}\right\}$$

$$\alpha=\frac{1}{\left[1+\frac{X}{1+X/(1+Y)}\right]^2}$$

$$\frac{\beta}{\alpha}=\frac{\frac{X}{1+Y}-\frac{1}{2}}{\frac{X}{1+Y}+\frac{3}{2}}$$

$G_s=G_s(X, Y)$ , 即:  $X$  和  $Y$  二者的函数。

计算  $G_s(X, 0)$ ,  $G_s(X, 0.5)$  和  $G_s(X, 1)$  的数值。

$$\text{式中: } G_s(X, 0)=1.06019-0.0671778X+0.0179521X^2$$

$$G_s(X, 0.5)=1.06798-0.0651648X+0.0158125X^2$$

$$G_s(X, 1)=1.06700-0.0557156X+0.0123212X^2$$

用下面公式二次插值可求得  $G_s(X, Y)$ :

$$G_s(X, Y)=G_s(X, 0)+Y[-3G_s(X, 0)+4G_s(X, 0.5)-G_s(X, 1)] \\ +Y^2[2G_s(X, 0)-4G_s(X, 0.5)+2G_s(X, 1)]$$

$G_s(X, 0)$ ,  $G_s(X, 0.5)$  和  $G_s(X, 1)$  的计算值与相应图解求值相比最大误差小于 0.5%。

3.1.2 圆导体三芯带绝缘电缆几何因数  $G$  (图 3)

设:  $X=t_j/d_c$

$$Y=(2t_j/t)-1$$

则:  $G=MG_s$

$$\text{式中: } M=\ln\left\{\frac{1-\alpha\beta+[(1-\alpha^2)(1-\beta^2)]^{1/2}}{\alpha-\beta}\right\}$$

$$\alpha=\frac{1}{\left[1+\frac{2X}{1+\frac{2}{\sqrt{3}}\left(1+\frac{2X}{1+Y}\right)}\right]^3}$$

$$\frac{\beta}{\alpha}=\frac{\frac{2}{\sqrt{3}}\left(1+\frac{2X}{1+Y}\right)-3}{\frac{2}{\sqrt{3}}\left(1+\frac{2X}{1+Y}\right)+3}$$

$G_s = G_s(X, Y)$ , 即:  $X$ 和 $Y$ 二者的函数。

计算  $G_s(X, 0)$ ,  $G_s(X, 0.5)$  和  $G_s(X, 1)$  的数值

式中:  $G_s(X, 0) = 1.09414 - 0.0944045X + 0.0234464X^2$

$$G_s(X, 0.5) = 1.09605 - 0.0801857X + 0.0176917X^2$$

$$G_s(X, 1) = 1.09831 - 0.0720631X + 0.0145909X^2$$

使用三个计算值的二次插值可求得  $G_s(X, Y)$  值。

用下面的公式可以替代  $G_s(X, 0)$ ,  $G_s(X, 0.5)$  和  $G_s(X, 1)$ :

$$G_s(X, Y) = G_s(X, 0) + Y[-3G_s(X, 0) + 4G_s(X, 0.5) - G_s(X, 1)] \\ + Y^2[2G_s(X, 0) - 4G_s(X, 0.5) + 2G_s(X, 1)]$$

$G_s(X, 0)$ ,  $G_s(X, 0.5)$  和  $G_s(X, 1)$  的计算值与相应图解求值相比最大误差小于 0.5%。

### 3.1.3 圆导体三芯屏蔽相对于非屏蔽电缆热阻比值 (图 4)

设  $X = (\delta_1 \rho_T) / (d_c \rho_m)$

$$Y = t / d_c$$

屏蔽因数  $K$  是  $X$  和  $Y$  的函数, 从下面的公式按照  $0 < X \leq 6$  或  $6 < X \leq 25$  条件计算  $K(X, 0.2)$ ,  $K(X, 0.6)$  和  $K(X, 1)$  三个数值。

$0 < X \leq 6$

$$K(X, 0.2) = 0.998095 - 0.1233690X + 0.0202620X^2 - 0.00141667X^3$$

$$K(X, 0.6) = 0.999452 - 0.0896589X + 0.0120239X^2 - 0.000722228X^3$$

$$K(X, 1) = 0.997976 - 0.0528571X + 0.00345238X^2$$

$6 < X \leq 25$ <sup>1)</sup>

$$K(X, 0.2) = 0.824160 - 0.0288721X + 0.000928511X^2 - 0.0000137121X^3$$

$$K(X, 0.6) = 0.853348 - 0.0246874X + 0.000966967X^2 - 0.0000159967X^3$$

$$K(X, 1) = 0.883287 - 0.0153782X + 0.000260292X^2$$

则  $K(X, Y)$  从这三个计算值的二次插值求得, 可用下面公式取代:

$$K(X, Y) = K(X, 0.2) + Z[-3K(X, 0.2) + 4K(X, 0.6) - K(X, 1)] \\ + Z^2[2K(X, 0.2) - 4K(X, 0.6) + 2K(X, 1)]$$

式中:  $Z = 1.25Y - 0.25$

对各区段的修正因数计算值与图解法求值相比最大百分比误差小于 0.5%。

### 3.1.4 扇形导体三芯屏蔽与非屏蔽电缆热阻比值

设  $X = (\delta_1 \rho_T) / (d_x \rho_m)$

$$Y = t / d_x$$

屏蔽因数  $K$  是  $X$  和  $Y$  的函数。从下面的公式按照  $0 < X \leq 3$ ,  $3 < X \leq 6$  或  $6 < X \leq 25$  条件计算  $K(X, 0.2)$ ,  $K(X, 0.6)$  和  $K(X, 1)$  三个数值。

$0 < X \leq 3$

采用说明:

1) IEC 原文中为  $0 < X \leq 25$ , 系编辑性错误, 本标准中作了修正。

$$K(X, 0.2) = 1.00169 - 0.0945X + 0.00752381X^2$$

$$K(X, 0.6) = 1.00171 - 0.0769286X + 0.005357X^2$$

$$K(X, 1) = K(X, 0.6)$$

3 < X ≤ 6

K(X, 0.2) 和 K(X, 0.6) 如对范围用同一公式给出

$$K(X, 1) = 1.00117 - 0.0752143X + 0.00533334X^2$$

6 < X ≤ 25

$$K(X, 0.2) = 0.811646 - 0.0238413X + 0.000994933X^2 - 0.0000155152X^3$$

$$K(X, 0.6) = 0.883598 - 0.0223155X + 0.000978956X^2 - 0.0000158311X^3$$

$$K(X, 1) = 0.842875 - 0.0227255X + 0.00105825X^2 - 0.0000177427X^3$$

对于 0 < X ≤ 3 和 0.2 < Y ≤ 0.6 通过 K(X, 0.2) 和 K(X, 0.6) 之间线性插值求得 K(X, Y), 如下:

$$K(X, Y) = K(X, 0.2) + 2.5(Y - 0.2) [K(X, 0.6) - K(X, 0.2)]$$

对于 3 < X ≤ 25, 通过三个数值之间二次插值求得 K(X, Y), 相应公式如下:

$$K(X, Y) = K(X, 0.2) + Z[-3K(X, 0.2) + 4K(X, 0.6) - K(X, 1)] \\ + Z^2[2K(X, 0.2) - 4K(X, 0.6) + 2K(X, 1)]$$

式中: Z = 1.25 Y - 0.25

对各区段的修正因数计算值与图解法求值相比最大百分比误差小于 1%。

### 3.1.5 求取 SL 型和 SA 型电缆金属套和铠装之间填充材料热阻的曲线 $\bar{G}$ (图 6)

设 X 为金属套和铠装之间材料厚度, 表示为与金属套外径的相对值。

下面的曲线由下式给出:

$$0 < X \leq 0.03 \quad \bar{G} = 2\pi (0.000202380 + 2.03214X - 21.6667X^2)$$

$$0.03 < X \leq 0.15 \quad \bar{G} = 2\pi (0.0126529 + 1.101X - 4.56104X^2 + 11.5093X^3)$$

计算  $\bar{G}$  的最大百分比误差小于 1%。

上面的曲线由下式给出:

$$0 < X \leq 0.03 \quad \bar{G} = 2\pi (0.00022619 + 2.11429X - 20.4762X^2)$$

$$0.03 < X \leq 0.15 \quad \bar{G} = 2\pi (0.0142108 + 1.17533X - 4.49737X^2 + 10.6352X^3)$$

计算  $\bar{G}$  的最大百分比误差小于 1%。

### 3.2 借助于曲线图计算 $\Delta\theta_s$ (图 8)

程序如下:

a)  $K_d$  值用下式计算: 
$$K_d = \frac{\pi D_c^2 h}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \times \left[ \frac{T_1}{n} + T_2(1 + \lambda_1) + T_3(1 + \lambda_1 + \lambda_2) \right]$$

b) 图 8 中以上述 a) 值作为纵坐标, 然后将该点定位于以下相应数值的曲线上。

$$\Delta\theta + \Delta\theta_d + \Delta\theta_{ds} = \text{常数}$$

读取横坐标求得:  $(\Delta\theta_s)^{1/4}$

1) 电缆不受日光直接照射:

$$\Delta\theta_d = W_d \left[ \left( \frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \frac{1}{2} \right) T_1 - \frac{n\lambda_2 T_2}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \right]$$

如果介质损耗忽略不计,  $\Delta \theta_d=0$

$$\Delta \theta_{ds}=0$$

2) 电缆受到日光直接照射:

$$\Delta \theta_d = W_d \left[ \left( \frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \frac{1}{2} \right) T_1 - \frac{n \lambda_2 T_2}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \right]$$

如果介质损耗忽略不计,  $\Delta \theta_d=0$

$$\Delta \theta_{ds} = \sigma D_e^* H \frac{T_1 + n(1 + \lambda_1)T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)T_3}{n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)}$$

表 1 材料热阻系数

材 料	热 阻 系 数 ( $\rho_T$ ) K · m/W
绝缘材料 <sup>1)</sup>	
粘性浸渍纸绝缘	6.0
充油电缆纸绝缘	5.0
外部压气电缆纸绝缘	5.5
内部压气电缆纸绝缘:	
a) 预防浸渍纸绝缘	5.5
b) 整体浸渍纸绝缘	6.0
聚乙烯	3.5
交联聚乙烯	3.5
聚氯乙烯:	
3 kV 及以下电缆	5.0
3 kV 以上电缆	6.0
乙丙橡胶电缆:	
3 kV 及以下电缆	3.5
3 kV 以上电缆	5.0
丁基橡胶	5.0
橡皮	5.0
护层材料	
浸渍麻和纤维	6.0
橡胶	6.0
氯丁橡胶	5.5
PVC:	
35 kV 及以下电缆	5.0
35 kV 以上电缆	6.0
皱纹铝套上的 PVC/沥青	6.0
聚乙烯 (PE)	3.5
管道敷设用材料	
水泥混凝土	1.0
纤维	4.8
石棉	2.0
陶土	1.2
PVC	6.0
PE	3.5

1) 为计算载流量, 假设半导体屏蔽材料与邻近的介质材料具有相同的热性能。  
外护层材料所用的塑料或弹性材料, 其热阻系数按表取与绝缘级材料相同的热阻系数。



表2 自由空气中电缆黑色表面时的  $Z$ 、 $E$  和  $g$  的常数值







序号	敷 设	$Z$	$E$	$g$	敷设方式	
a) 电缆敷设在非连续的托架上, 梯形支撑物或夹板间, $D_e^* \leq 0.15$ m						
1	单芯电缆 <sup>1)</sup>		0.21	3.94	0.60	
2	相互接触两根电缆水平敷设		0.29	2.35	0.50	
3	三角形排列的三根电缆		0.96	1.25	0.20	
4	相互接触三根电缆水平敷设		0.62	1.95	0.25	
5	相互接触垂直排列两根电缆		1.42	0.86	0.25	
6	间距 $D_e^*$ 的垂直排列两根电缆		0.75	2.86	0.30	
7	相互接触垂直排列三根电缆		1.61	0.42	0.20	
8	间距 $D_e^*$ 的垂直排列三根电缆		1.31	2.00	0.20	
2b) 用夹具直接固定在垂直的壁上 ( $D_e^*$ 不大于 0.08 m)						
9	单根电缆		1.69	0.63	0.25	
10	三角形排列的三根电缆		0.94	0.79	0.20	
1) “单根电缆”数据也适用于一组电缆, 水平排列, 间距不小于 $0.75 D_e^*$ .						

表3 太阳照射下电缆表面的吸收系数

材 料	$\sigma$
沥青/黄麻护层	0.8
氯丁橡胶	0.8
聚氯乙烯 (PVC)	0.6
聚乙烯 (PE)	0.4
铅	0.6

表 4  $U$ ,  $V$ 和  $Y$ 常数值

敷 设 条 件	$U$	$V$	$Y$
在金属管道中	5.2	1.4	0.011
空气中敷设的纤维管中	5.2	0.83	0.006
混凝土中敷设的纤维管中	5.2	0.91	0.010
石棉水泥管中			
空气中	5.2	1.2	0.006
混凝土中	5.2	1.1	0.011
钢管中充气电缆	0.95	0.46	0.0021
钢管中充油电缆	0.28	0.0	0.0026
塑料管道		在考虑中	
陶土管道	1.87	0.28	0.0036

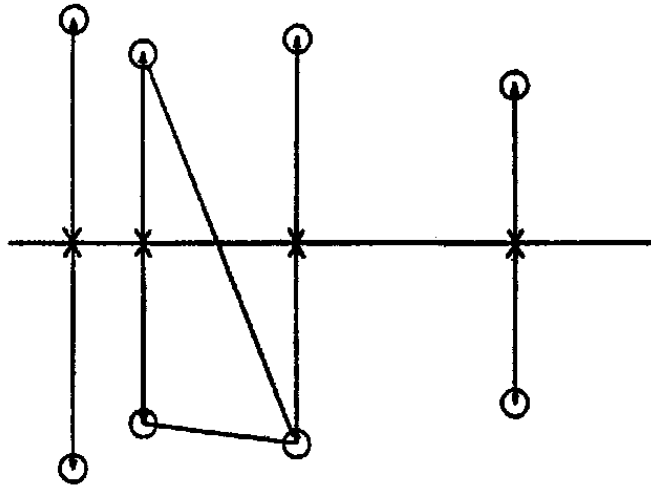


图 1  $q$ 根电缆群对地—空气表面的镜像图

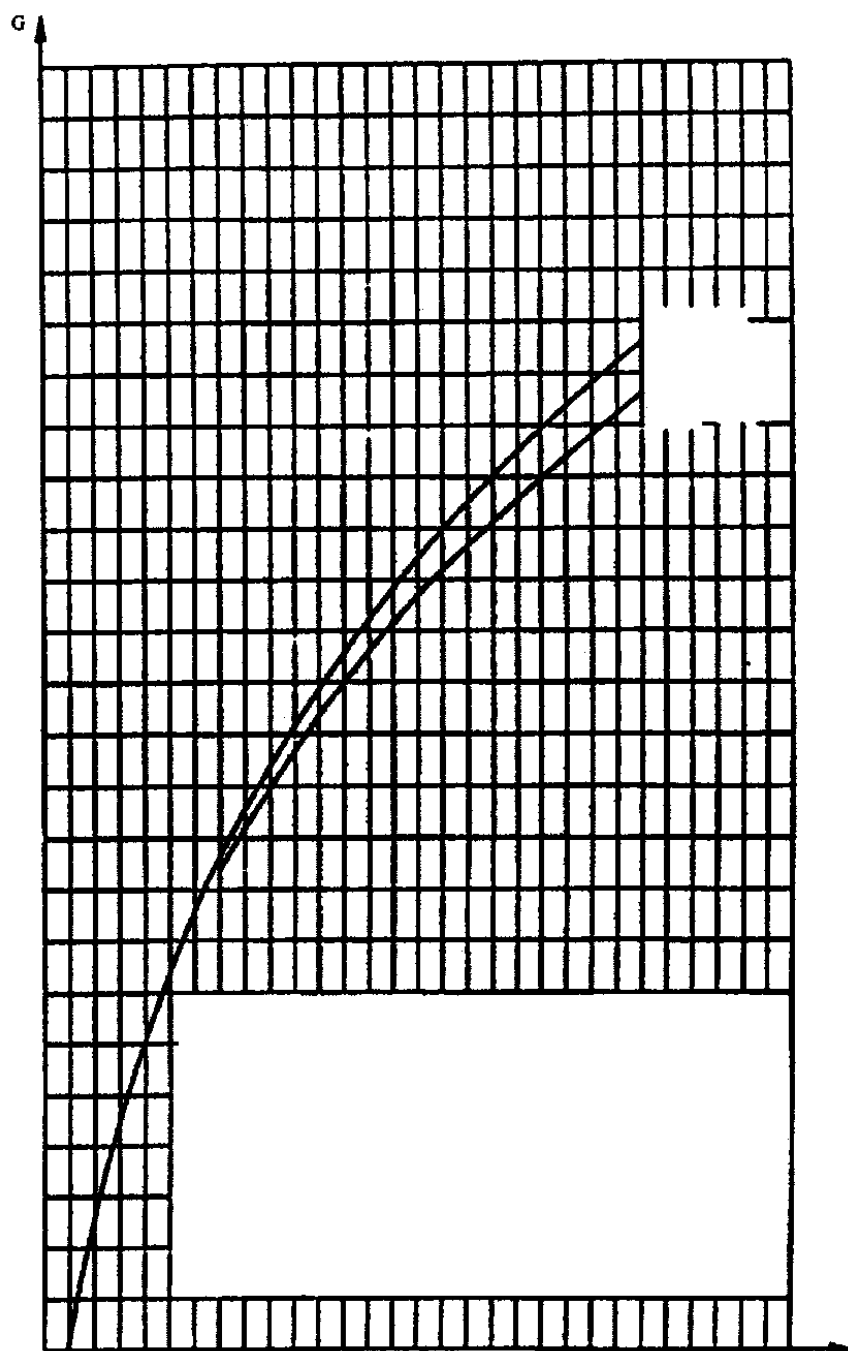


图2 两芯圆导体带绝缘电缆几何因数  $G$  (见 2.1.2.1)

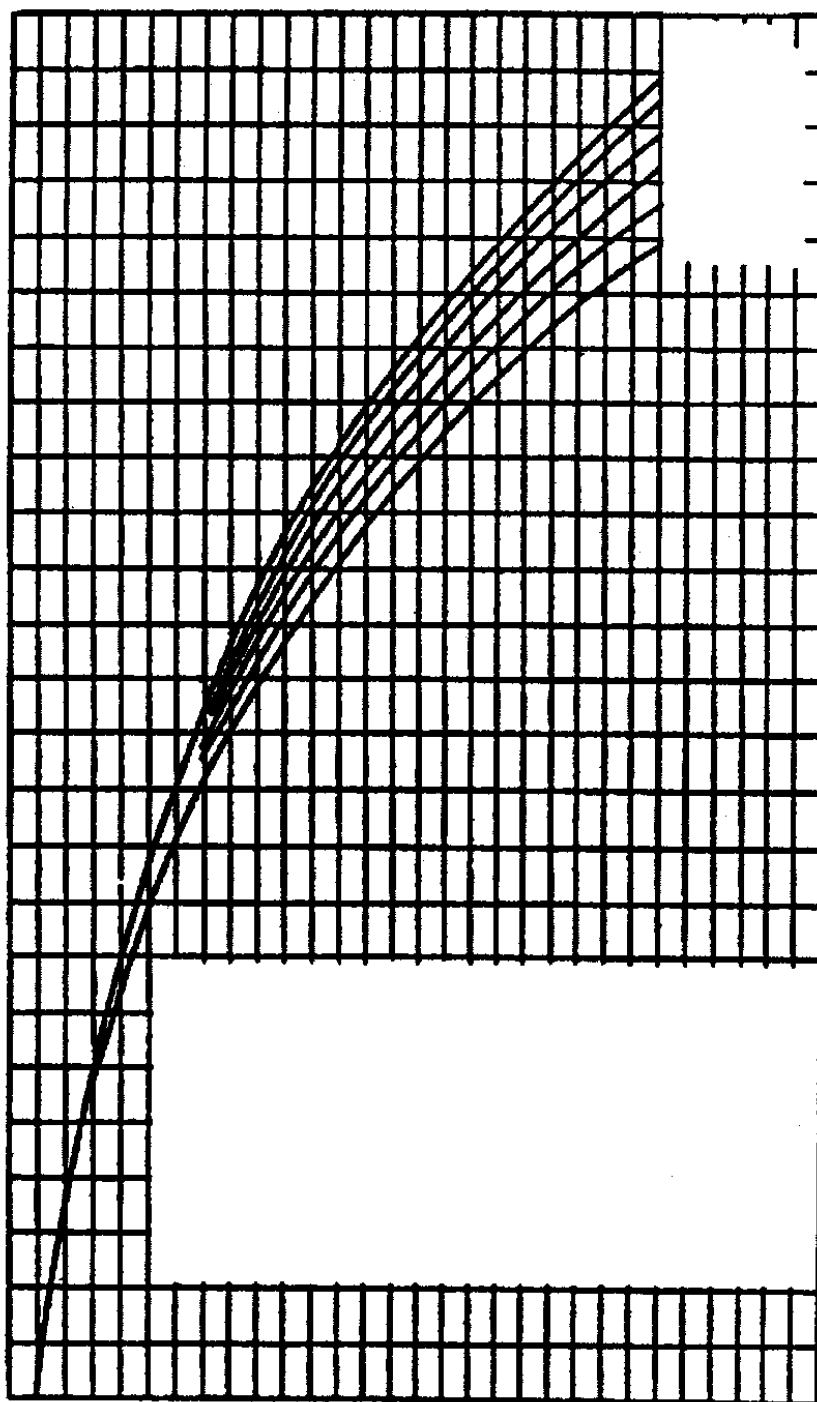


图3 三芯圆导体带绝缘电缆几何因数  $G$  (见 2.1.2.3)

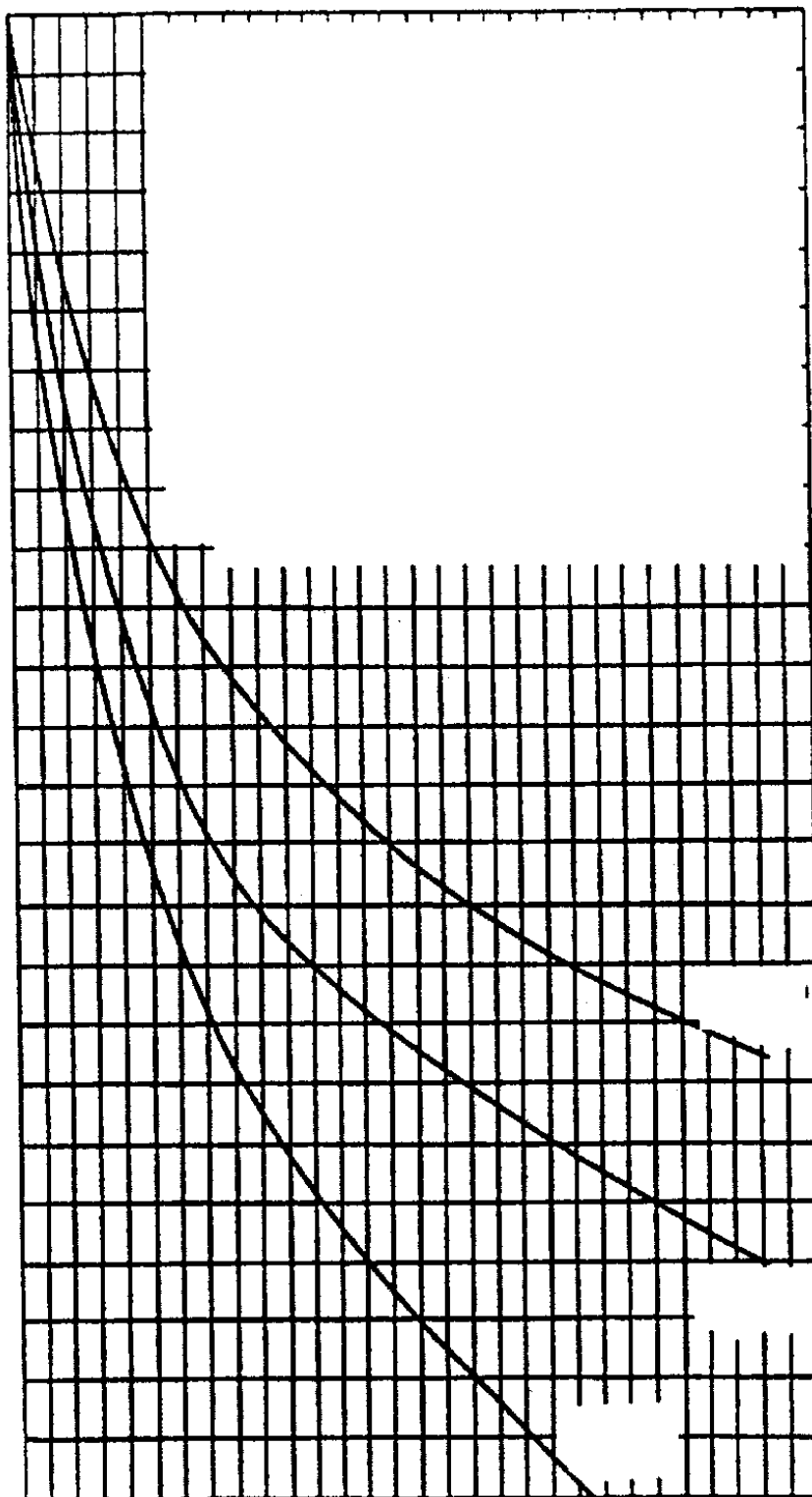


图 4 圆形三芯屏蔽电缆热阻系数与相应的无屏蔽电缆热阻之比 (见 2.1.1.3.1)

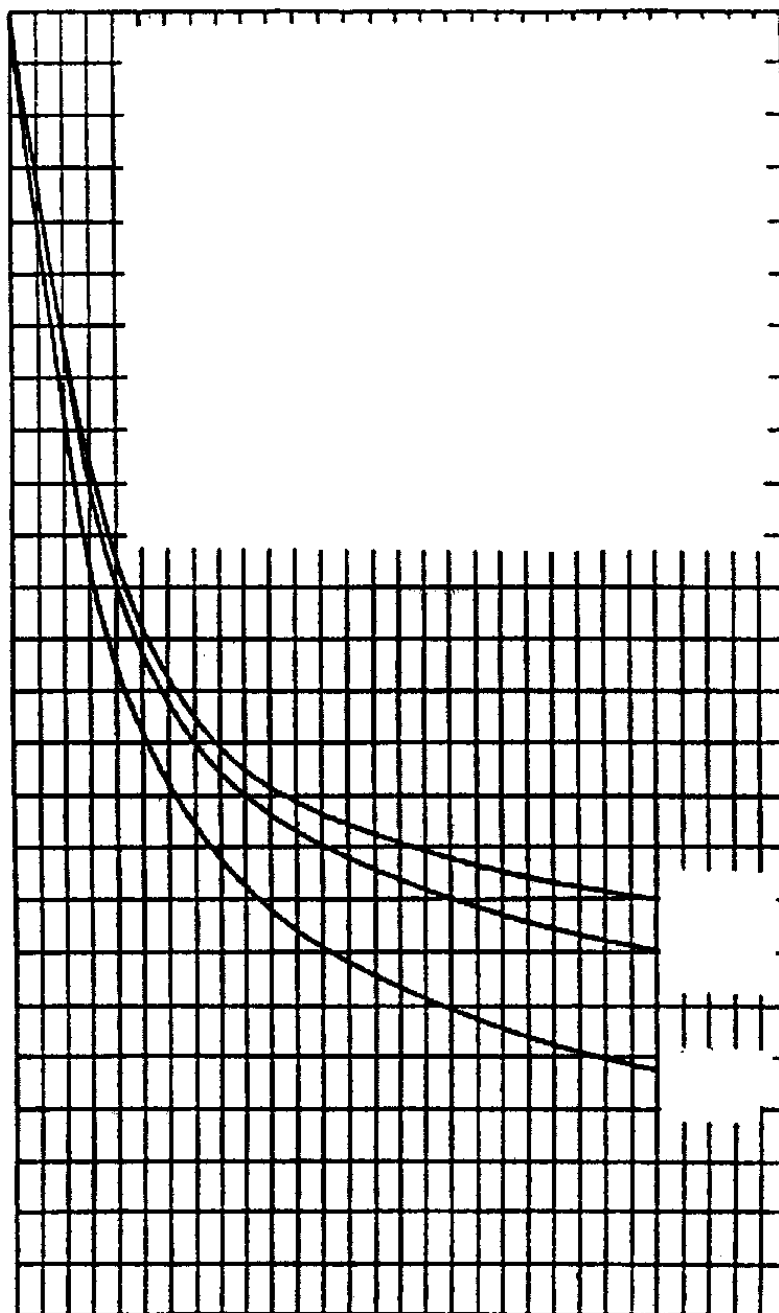


图 5 扇形导体三芯屏蔽电缆与无屏蔽电缆热阻之比 (见 2.1.1.3.3)

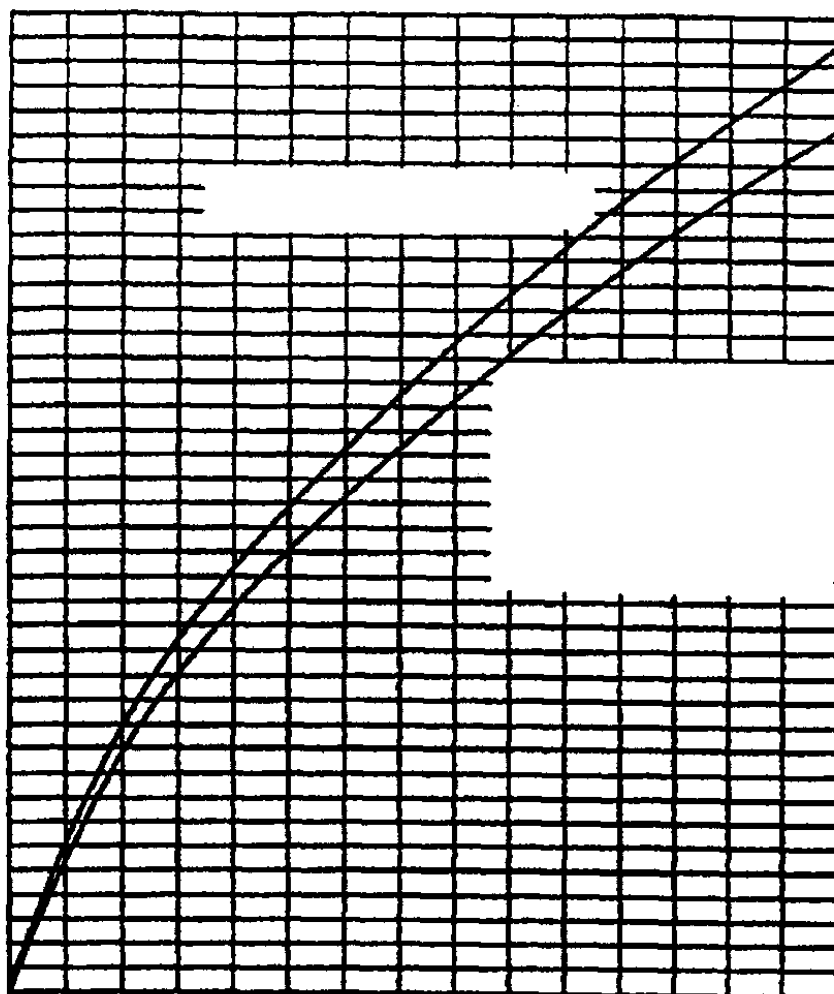


图6 SL和SA型电缆金属套和铠装之间填充材料热阻的几何因数 $G$ (见2.1.2.2)

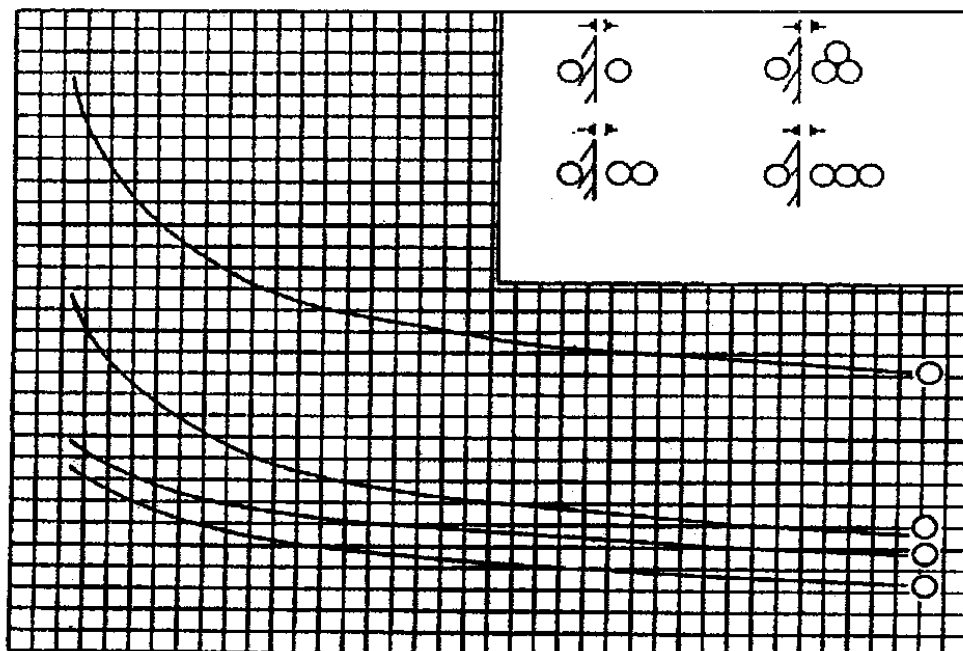


图 7 a 自由空气中电缆黑色表面散热系数



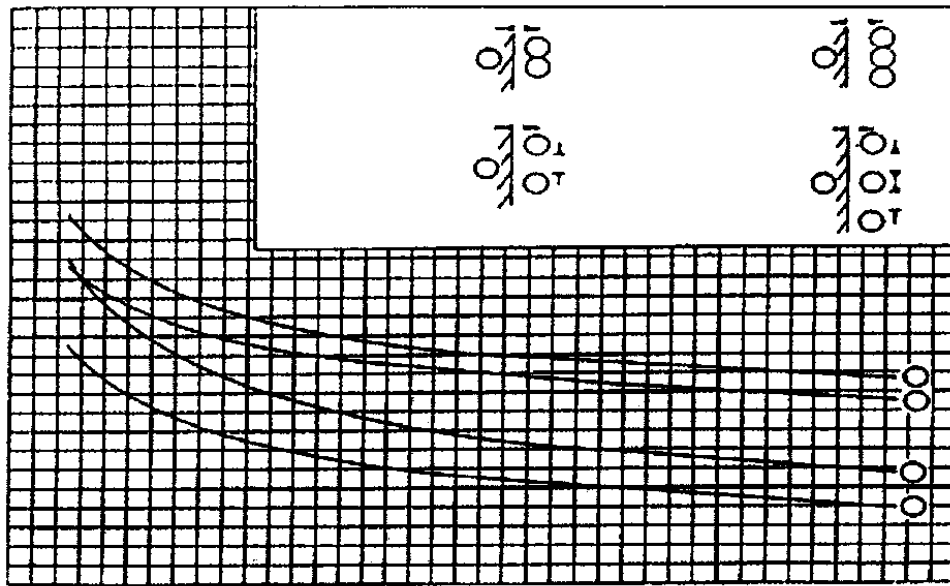


图 7 b 自由空气中电缆黑色表面散热系数

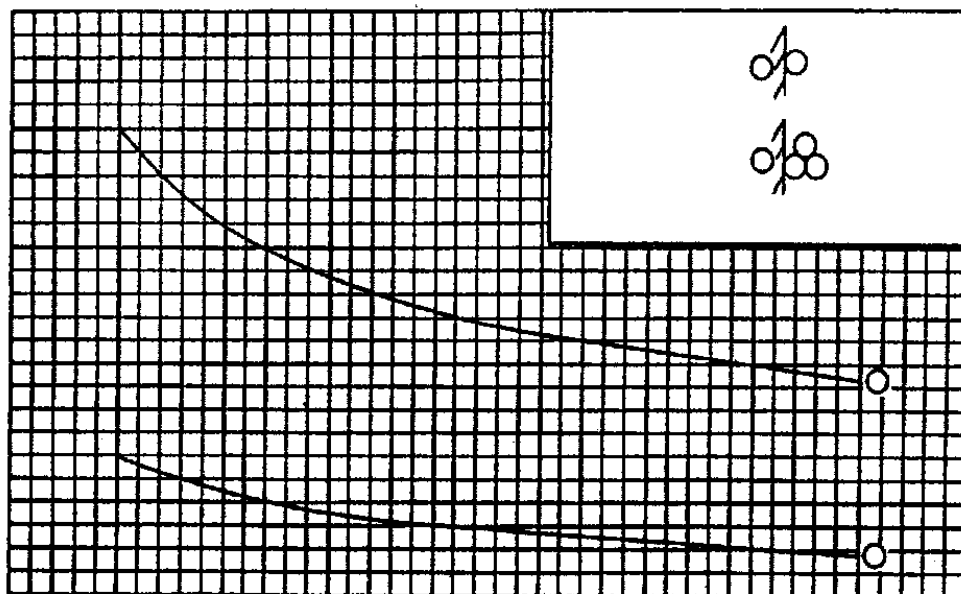


图 7 c 自由空气中电缆黑色表面散热系数

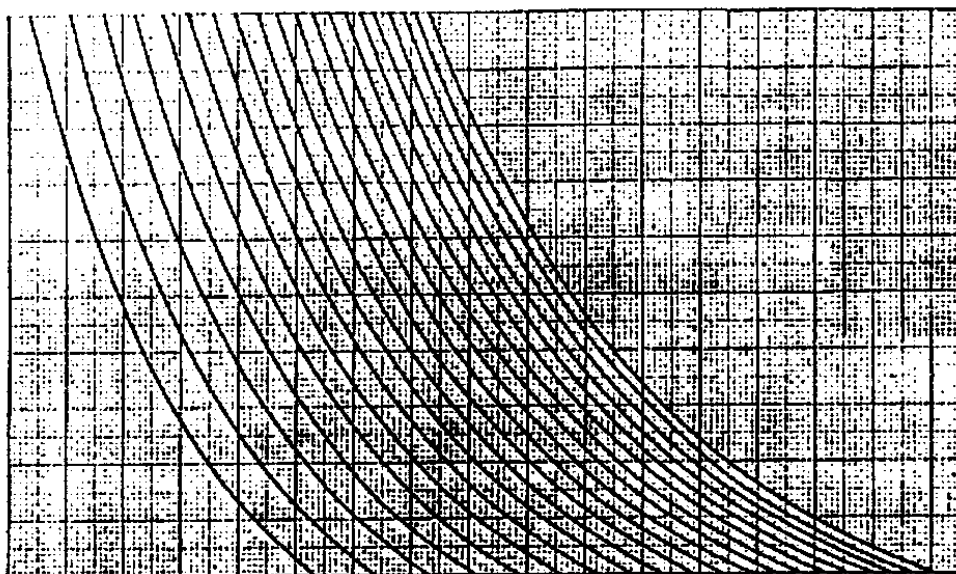


图 8 对空气中外部热阻的计算图

中 华 人 民 共 和 国  
机 械 行 业 标 准  
电 缆 载 流 量 计 算  
第 2 部 分：热 阻  
第 1 节：热 阻 的 计 算  
JB/T 10181.3 - 2000

\*

机械科学研究院出版发行  
机械科学研究院印刷  
(北京首体南路2号 邮编 100044)

\*

开本 880×1230 1/16 印张 X/X 字数 XXX,XXX  
19XX年XX月第X版 19XX年XX月第X印刷  
印数 1 - XXX 定价 XXX.XX元  
编号 XX - XXX

机械工业标准服务网：<http://www.JB.ac.cn>