

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10181.2 - 2000
idt IEC 60287-1-2 1993

电缆载流量计算

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

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¹⁾

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 、 λ_1 和 λ_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产用的数值, 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，已超出本标准的范围。

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。

中华人民共和国机械行业标准

电缆载流量计算 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

JB/T 10181.2 - 2000
idt IEC 60287-1-2 1993

1 范围

本标准提供了三相双回路平面排列的单芯电缆的金属套涡流损耗计算方法。当金属套单点或交叉互连时金属套中没有明显的环流。如果金属套两端互连时,金属套的显著环流将导致载流量降低。对于双回路环流损耗计算方法在考虑中。

本方法提供对分离敷设的三相回路电缆金属套损耗因数的修正。对于电缆参数 m ($m = \omega / 10^7 \cdot R_s$) 小于 0.1, 相应于金属套纵向电阻在系统频率 50 Hz 时大于 $314 \mu \Omega / m$, 修正系数可予以忽略。

因此,本方法适用于大部分规格的铝套电缆,而铅套电缆不必计及,除非其截面特别大。

这些系数是以表格形式列出并按金属套损耗的基本公式计算。计算这些数值要求有专用计算程序而这种程序在一般市场上是难以买到的。导出表列的系数简化公式在考虑之中。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

JB/T 10181.1—2000 电缆载流量计算 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

3 符号

本标准所用的符号及其参量由下表给出。所用符号在本标准其它部分可能表示不同的量值。

A, B, C, D 用于求取 H 和 J 内插值的系数

D_s 金属套外径 mm

D_{it} 正好与皱纹金属套波谷内表面相切的假想的同心圆柱体的直径 mm

D_{oc} 正好与皱纹金属套波峰相切的假想的同心圆柱体的直径 mm

G_s 由于电缆导体电流引起该金属套中涡流而造成损耗系数

R	导体在其最高工作温度下的交流电阻	Ω/m
R_s	金属套的电阻	Ω/m
S, T, U, V	用于求取 J 内插值时的系数	
c	相邻回路中电缆中心的间距 (见图 1)	mm
d	金属套或屏蔽的平均直径	mm
F	系统频率	Hz
g_s	由于相邻电缆的电流引起该电缆金属套中涡流而造成的损耗系数	
m	$\frac{\omega}{R_s} \times 10^{-7}$	
s	同一回路电缆中心的距离	mm
t_s	金属套厚度	mm
y	$=s/c$	
z	$=d/2s$	
β_1	6.5 中使用的系数	
λ_0	在单回路下, 高电阻金属套的损耗因数	
λ_1''	在单回路下, 低电阻金属套的损耗因数	
λ_{1d}''	在双回路下, 低电阻金属套的损耗因数	
ρ_s	工作温度下金属套材料的电阻率	$\Omega \cdot m$
ω	电源系统角频率 ($2\pi f$)	1/s

4 方法说明

4.1 概述

本方法类似于 JB/T 10181.1 中关于单回路类似的方法进行计算。给出适合于金属套纵向电阻的 $m < 0.1$ (50 Hz 下 $R_s = 314 \mu \Omega/m$) 的金属套损耗因数的公式, 同时也给出低电阻金属套计算修正系数的经验公式。

然而对于双回路, 覆盖整个系数范围的准确经验公式要包含许多项, 因而与采用精确的列表插值方法相比较很少或没有优势, 列表法的优点在于损耗因数的准确性接近于原始计算而且其计算正确性优于 1%。

关于系数的限值范围的经验公式在考虑之中。

为了解释该方法, 需要一个适合于手工计算方法, 然而, 显然要达到提供六根电缆损耗因数的要求, 可预料, 计算通常只有借助计算机才是可行的。在这种情况下, 采用表列的数据之间插值法 (必要时) 充分证明是正确的。

然而, 在许多情况下相关的参数值并不需要用插值法, 或者用检验方法也可达到足够精度。

在金属套内流过的涡流的修正可采用 JB/T 10181.1 中所用的相同公式导出。

4.2 方法概要

在双回路平面排列时 (见图 1) 电缆金属套损耗因数计算由下式给出:

$$\lambda_{1d}'' = \frac{R_s}{R} [\lambda_0 \cdot H(1 \sim 3) \cdot N(1 \sim 6) \cdot J(1 \sim 6) \cdot g_s + G_s] \quad (1)$$

式中： λ_{1d}'' ——在双回路下低电阻金属套的损耗因数；

λ_0 ——在单回路下高电阻金属套的损耗因数；

$H(1\sim3)$ ——金属套电阻修正系数，在单回路下相对于电缆 1, 2 或 3 所求得的数值；

$N(1\sim6)$ ——回路之间相互影响的系数，因此取决于电缆 1~3 和 4~6 相应的相序；

$J(1\sim6)$ ——取决于每一回路电缆 (1~3) 和 (4~6) 的位置的系数；

g_s ——由于相邻电缆的电流引起该电缆的金属套中涡流而造成的损耗的系数；

G_s ——由于电缆导体电流引起该金属套中涡流而造成损耗的系数；

系数 N 和 J 的使用并非直接与任何物理函数有关，而是用于简化列表，其命名任意。

H, N 和 J 的数值从表 1 至表 11，且按下面各参数以及电缆位置和导体中电流相序来选取。

$$m = \frac{\omega}{R_s} \times 10^{-7} \qquad \omega = 2\pi f$$

式中： f ——系统频率 (Hz)；

R_s ——工作温度下的金属套电阻 (Ω/m)。

$$z = d/2s$$

式中： s ——同一回路电缆中心之距离 (mm)；

d ——金属套平均直径 (mm)。

$$y = s/c$$

式中： c ——相邻回路中电缆中心的间距 (见图 1) (mm)

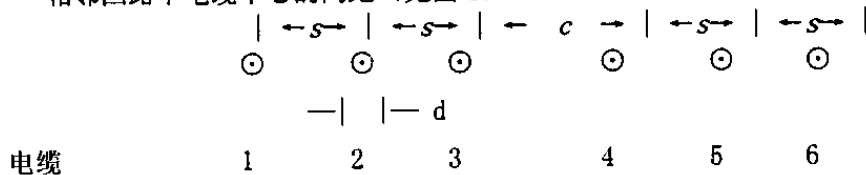


图 1 电缆排列

注：对于具有低电阻金属套的单回路的系数，只要系数 $H(1, 2$ 和 $3)$ 就可求得，如下所示：

$$\lambda_1'' = \frac{R_s}{R} [\lambda_0 \cdot H(1\sim3) \cdot g_s + G_s]$$

4.3 公式和系数的应用判据

对于 m 值小于 0.1 的金属套 (包括大多数铅护套电缆) 可假定系数 H, N, J 和 g_s 为 1，而 G_s 为零，在这种情况下可采用双回路的 λ_0 不必修正。

当 m 值等于或大于 0.1 时，除小截面的铝护套电缆外大都属于这种情况，应计算 H, N, J 和 g_s 的数值。仅当 m 值等于或大于 1 时，系数 G_s 才是重要的。

5 单回路高电阻金属损耗因数 λ_0 的公式

金属套损耗因数 λ_0 由下式给出：

$$\lambda_0 = C \frac{m^2}{1 + m^2} \left[\frac{d}{2S} \right]^2$$

对于三根单芯电缆平面排列，系数 C 值如下：

电 缆	系 数 C
中心电缆	$C=6$
外侧电缆	$C=1.5$

6 系列数 H , N 和 J 的计算

6.1 对每根电缆系数的分配, 时序和相位的标志

应特别注意的是系数 H , N 和 J 取决于电流的时序和导体的实际位置。

按图 1 对电缆编号。

表 1 中的系数 H (1, 2 和 3) 是根据时序结合电缆的位置而分配的, 因而下述单回路排列就有相同的时序:

电缆编号	1	2	3
相序	R	S	T
或	S	T	R
或	T	R	S
所用系数	H_1	H_2	H_3

注: 字母 R , S 和 T 用在这里是为了方便, 它与常用的 L_1 , L_2 , L_3 ; a , b , c 或 R , Y , B 等符号相同, 用以区别时序和相位标志。

在上述示例中, 电缆 1 总是处于超前相位的外侧导体, 取为系数 H_1 。电缆 3 则处于滞后相位的外侧导体, 取为系数 H_3 。

由此可知, 用符号 R , S 和 T 来指示相序标志不重要而只有时序才有意义。

如果对双回路中每一回路有相反时序, H 值必须以相反的次序分配给电缆。分配系数 H 值取决于每个回路内的时序。

在双回路排列下, 用符号标示相位对以下情况有意义: 一个回路内电缆位置有关的相位标志必须与另一个回路的顺序相位标志相同, 或与另一回路逆序镜像相位标志相同。

表 2 给出相当于顺序和逆序的两组系数 N (1, 2, 3, 4, 5 和 6)。如果把电缆位置依序注明标记件符合相序标志规定, 就可根据系数 H 的相同方法来分配系数。注意在逆序下电缆 4, 5 和 6 的数值为电缆 1, 2 和 3 值的反射。

许多含有系数 J (1, 2, 3, 4, 5 和 6) 的输入参数需要采用许多表格。表 3 至表 8 适合于顺序敷设的每根电缆, 表 9 至表 11 适用于逆序敷设的每根电缆, 电缆 1 至 3 的系数也可用于在此序列下电缆 6 至 4, 其分配同对系数 N 。

下面给出四种一般普通情况的示例:

顺序

电缆编号	1	2	3	4	5	6	
时序	R	S	T	R	S	T	
分配 H	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	表 1
分配 N	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	表 2 顺序

分配 J	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	表 3~表 8 顺序
顺序							
电缆编号	1	2	3	4	5	6	
时序	T	S	R	T	S	R	
分配 H	H_3	H_2	H_1	H_3	H_2	H_1	表 1
分配 N	N_6	N_5	N_4	N_3	N_2	N_1	表 2 顺序
分配 J	J_6	J_5	J_4	J_3	J_2	J_1	表 3~表 8 顺序
逆序							
电缆编号	1	2	3	4	5	6	
时序	R	S	T	T	S	R	
分配 H	H_1	H_2	H_3	H_3	H_2	H_1	表 1
分配 N	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	表 2 逆序
分配 J	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	表 9~表 11 逆序
逆序							
电缆编号	1	2	3	4	5	6	
时序	T	S	R	R	S	T	
分配 H	H_1	H_2	H_3	H_3	H_2	H_1	表 1
分配 N	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	表 2 逆序
分配 J	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	表 9~表 11 逆序

6.2 表 1 中系数 H (1, 2 和 3) 的计算

利用参数 m 和 z 以及每根电缆的位置 (见 6.1) 就可从表 1 求得每个系数 H。

当 m 和 z 值在表 1 各数据之间进行插值时, 如果不想用检验法求取插值, 则可以使用下面方法。

从表 1 相关部分求得 $H(a, b, c, d)$ 值, 如下表所示:

	z_0	z	z_1
m_0	H_a		H_c
m		H	
m_1	H_b		H_d

其中 m_0, m_1, z_0 和 z_1 为列表值, 小于和大于 m 值和 z 值。

列表:

$$\begin{array}{l}
 m_0 \cdots \cdots \\
 m_1 \cdots \cdots \\
 z_0 \cdots \cdots \\
 z_1 \cdots \cdots \\
 H_a \cdots \cdots \\
 H_b \cdots \cdots \\
 H_c \cdots \cdots \\
 H_d \cdots \cdots
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 M = (m_1 - m_0) \\
 z = (z_1 - z_0) \cdots \cdots
 \end{array}$$

则:

$$\begin{aligned}
 A &= H_a && = \dots\dots \\
 B &= (H_b - H_a) / M && = \dots\dots \\
 C &= (H_c - H_a) / Z && = \dots\dots \\
 D &= (H_d + H_a - H_c - H_b) / MZ = \dots\dots
 \end{aligned}$$

相加:

$$\begin{aligned}
 A &&& = \dots\dots \\
 + B(m - m_0) &&& = \dots\dots \\
 + C(z - z_0) &&& = \dots\dots \\
 + D(m - m_0) \cdot (z - z_0) &&& = \dots\dots
 \end{aligned}$$

系数 H 总和 $= \dots\dots$

对回路内三根电缆重复使用此程序就可求得 H_1 , H_2 和 H_3 。

6.3 表 2 系数 $N(1, 2, 3, 4, 5$ 和 $6)$ 的计算

利用每根电缆的参数 y 就可从表 2 求得系数 N 值。该表有顺序与逆序数值。注意在后一情况下, 电缆 4, 5 和 6 的系数值成为电缆 1, 2 和 3 系数值的镜像。

需要求插值时用线性插值就能满足要求。

6.4 表 3 至表 11 中系数 $J(1, 2, 3, 4, 5$ 和 $6)$ 的计算

根据电流时序和参数 m, z 和 y 就可从表 3 至表 11 中求得每根电缆系数 J 值。

表 3 至表 8 适用于导体有顺序电流的 6 根电缆。表 9 至表 11 适合于逆序时 1 至 3 和 6 至 4 的电缆。当需要所有的三个参数插值时, 可利用下述三维插值的图表。

每根电缆列表排列成组, 每个 y 值为一组, 可选用两组, 一组的 y 值小于输入值, 另一组 y 值则大于输入值。每组都需要 $J(a$ 至 $d)$ 值和 $J(e$ 至 $f)$ 值 (和求 H 插值方法相似), 如下图表所示:

	z_0	z	z_1		z_0	z	z_1	
m_0	J_a		J_c		m_0	J_e	J_g	
m		*			m		*	
m_1	J_b		J_d		m_1	J_f	J_h	
y_0 组					y_1 组			

在标有*号数值之间插值得出每根电缆所需要的 J 值。

列表计算如下:

$$\begin{array}{llll}
 y_0 \dots\dots\dots & z_0 \dots\dots\dots & m_0 & \dots\dots\dots J_a \dots\dots\dots \\
 & & m_1 & \dots\dots\dots J_b \dots\dots\dots \\
 & z_1 \dots\dots\dots & m_0 & \dots\dots\dots J_c \dots\dots\dots \\
 & & m_1 & \dots\dots\dots J_d \dots\dots\dots \\
 y_1 \dots\dots\dots & z_0 \dots\dots\dots & m_0 & \dots\dots\dots J_e \dots\dots\dots \\
 & & m_1 & \dots\dots\dots J_f \dots\dots\dots \\
 & z_1 \dots\dots\dots & m_0 & \dots\dots\dots J_g \dots\dots\dots \\
 & & m_1 & \dots\dots\dots J_h \dots\dots\dots
 \end{array}$$

$$M = m_1 - m_0 \dots\dots\dots Z = z_1 - z_0 \dots\dots\dots Y = y_1 - y_0 \dots\dots\dots$$

$$m' = m - m_0 \dots\dots\dots z' = z - z_0 \dots\dots\dots y' = y - y_0 \dots\dots\dots$$

计算:

$$A = J_a \quad =$$

$$B = (J_b - J_a) / M \quad =$$

$$C = (J_c - J_a) / Z \quad =$$

$$D = (J_e - J_a) / Y \quad =$$

$$S = [(J_a + J_d) - (J_b + J_c)] / M \cdot Y \quad =$$

$$T = [(J_a + J_g) - (J_c + J_e)] / Z \cdot Y \quad =$$

$$U = [(J_a + J_f) - (J_b + J_e)] / M \cdot Y \quad =$$

$$V = [(J_b + J_c + J_e + J_h) - (J_a + J_d + J_f + J_g)] / M \cdot Z \cdot Y \quad =$$

然后相加:

$$A \quad = \dots\dots\dots$$

$$B \cdot m' \quad = \dots\dots\dots$$

$$C \cdot z' \quad = \dots\dots\dots$$

$$D \cdot y' \quad = \dots\dots\dots$$

$$S \cdot m' \cdot z' \quad = \dots\dots\dots$$

$$T \cdot z' \cdot y' \quad = \dots\dots\dots$$

$$U \cdot m' \cdot y' \quad = \dots\dots\dots$$

$$V \cdot m' \cdot z' \cdot y' \quad = \dots\dots\dots$$

$$J = \text{总和} \quad = \dots\dots\dots$$

以同样方法求其它 5 根电缆中的 J 值。

6.5 系数 G_s 和 g_s 值计算

$$G_s = \frac{(\beta_1 \times t_s)^4}{12 \times 10^{12}}$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4\pi\omega}{10^7 \times \rho_s}}$$

$$g_s = 1 + \left(\frac{t_s}{D_s}\right)^{1.74} \times (\beta_1 \times D_s \times 10^{-3} - 1.6)$$

式中: ρ_s ——工作温度下金属套材料的电阻率 ($\Omega \cdot m$);

D_s ——金属套外径 (mm)。

注: 皱纹金属套, 用平均外径 $\left(\frac{D_{oc} + D_{it}}{2} + t_s\right)$ 取代 D_s 。

式中: D_{oc} ——正好与皱纹金属套峰外表面相切的假想圆柱体的直径 (mm);

D_{it} ——正好与皱纹金属套波谷内外表面相切的假想圆柱体的直径 (mm);

t_s ——金属套厚度 (mm)。

7 电缆换位时注意事项

一般换位的作用是使所有的导体或者是金属套，或者导体和金属套都转移，逐渐地从一小段换位到另一小段。若此变换不影响导体电流相序，只要每一段线路换位相对相序而言都以同样的方式起作用（即是 6.1 中所给每个分段的时序和金属套位置的要求都保持相同的方式），换位就不会影响使用。

可按与相位相同的方向或者相反的方向进行换位，只要两回路每次换位的方向对相序而言都是相同的，换位的方向就不影响涡流损耗。由此可见，如果两个回路的导体电流相序已反向，一个回路换位的实际方向就与另外回路换位的方向相反。

金属套涡流损耗值仅取决于电缆排列方位，而且一经确定就适合于一定位置的任意金属套，与分段无关。

8 涡流损耗的计算示例

8.1 引言

下面示例中电缆尺寸是任意的并非代表任何特殊类型的电缆。

在许多情况下不需要插值，或者可用部分表通过检验插值求得参数值。

然而当表内数据间隔太大不适合通过检验求值，或者用计算器计算时，采用插值的例行程序是有用的，无论是手工计算还是计算机编程计算都不困难。

8.2 例 1

该例中敷设参数与表中数据相符合，不需要插值。

设定：

金属套平均直径	$d=90$ mm
铅套厚度	$t_s=3.18$ mm
铅套电阻	$R_s=62.9 \times 10^{-6}$ Ω /m
导体电阻	$R=11.3 \times 10^{-6}$ Ω /m
金属套电阻率	$\rho_s=2.8264 \times 10^{-8}$ Ω /m

（见 JB/T 10181.1—2000 表 1）。

各回路内电缆轴线间距 $s=150$ mm

回路之间距离 $c=375$ mm

则：

$$m = \frac{314 \times 10^{-7}}{62.9 \times 10^{-6}} = 0.5$$

$$z = \frac{90}{2 \times 150} = 0.3$$

$$y = \frac{150}{375} = 0.4$$

$$\lambda_{\sigma} = C \frac{0.5^2}{(1 + 0.5^2)} \left(\frac{90}{300} \right)^2 = C \times 0.0180$$

$$\frac{R_s}{R} = \frac{62.9 \times 10^{-6}}{11.3 \times 10^{-6}} = 5.57$$

厚度的修正:

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4\pi \times 314}{2.8264 \times 10^{-8} \times 10^7}} = 118.2$$

$$g = 1 + \left(\frac{3.18}{93.18}\right)^{1.74} \times (118.2 \times 93.18 \times 10^{-3} - 1.6) = 1.026$$

$$G_s = \frac{(118.2 \times 3.18)^4}{12 \times 10^{12}} = 0.0017$$

设导体以逆序连接

电缆	1	2	3	4	5	6
相序	R	S	T	T	S	R
C	1.5	6.0	1.5	1.5	6.0	1.5
λ_o	0.0270	0.1080	0.0270	0.0270	0.1080	0.0270
H	1.2200	1.0250	0.9190	0.9190	1.0250	1.2200
($m=0.5$ $z=0.3$)						
N	1.0605	1.1066	1.2593	1.2593	1.1066	1.0605
($y=0.4$)						
J	1.0100	1.0000	0.9650	0.9650	1.0000	1.0100
($m=0.5$ $z=0.3$ $y=0.4$)						
g_s	1.026	1.026	1.026	1.026	1.026	1.026
G_s	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
R_s/R	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57
代入 (1) 式得:						
λ_{id}''	0.211	0.710	0.182	0.182	0.710	0.211

对 1 号电缆的算式为:

$$\lambda_{id}'' = 5.57[(0.0270 \times 1.2200 \times 1.0605 \times 1.0100 \times 1.026) + 0.0017]$$

$$= 0.211$$

8.3 例 2

在这个示例中任意选择参数值, 这样就需要对表中数据之间进行插值。

设定:

金属套平均直径	$d=100$ mm
铝套厚度	$t_s=2.6$ mm
铝套电阻	$R_s=35 \times 10^{-6}$ Ω /m
导体电阻	$R=9 \times 10^{-6}$ Ω /m
铝套电阻率	$\rho_s=2.8264 \times 10^{-8}$ Ω /m

(见 JB/T 10181.1—2000 表 1)

各回路内电缆轴线间距	$s=150$ mm
回路之间距离	$c=400$ mm

则:

$$m = \frac{314 \times 10^{-7}}{35 \times 10^{-6}} = 0.897$$

$$z = \frac{100}{2 \times 150} = 0.333$$

$$y = \frac{150}{400} = 0.375$$

$$\lambda_0 = C \frac{0.897^2}{1 + 0.897^2} \times \left(\frac{1000}{2 \times 150}\right)^2 = C \times 0.0495$$

$$\frac{R_s}{R} = \frac{35 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-6}} = 3.89$$

取电缆 1 且为顺序电流:

$$C=1.5, \quad \lambda_0 = 1.5 \times 0.0495 = 0.0743$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4\pi \times 314}{2.8264 \times 10^{-8} \times 10^7}} = 118.2$$

$$g = 1 + \left(\frac{2.68}{102.6}\right)^{1.74} \times (118.2 \times 102.6 \times 10^{-3} - 1.6) = 1.018$$

$$G_s = \frac{(118.2 \times 2.6)^4}{12 \times 10^{12}} = 0.0007$$

a) H 的插值:

$$m = 0.897 \quad z = 0.333$$

取自系数 H 表:

$$m_0 = 0.500$$

$$m_1 = 1.000 \quad M = m_1 - m_0 = 0.500$$

$$z_0 = 0.300$$

$$z_1 = 0.350 \quad Z = (z_1 - z_0) = 0.050$$

$$m - m_0 = 0.897 - 0.500 = 0.397$$

$$z - z_0 = 0.333 - 0.300 = 0.033$$

$$H_a = 1.220$$

$$H_b = 1.347$$

$$H_c = 1.309$$

$$H_d = 1.503$$

$$A = 1.220$$

$$B = (1.347 - 1.220) / 0.5 = 0.254$$

$$C = (1.309 - 1.220) / 0.05 = 1.780$$

$$D = (1.503 + 1.220 - 1.309 - 1.347) / (0.5 \times 0.05) = 2.680$$

相加:

$$A = 1.2200$$

$$B \cdot (m - m_0) = 0.254 \times 0.397 = 0.1008$$

$$C \cdot (z - z_0) = 1.780 \times 0.033 = 0.0587$$

$$D \cdot (m - m_0) \cdot (z - z_0) = 2.68 \times 0.397 \times 0.033 = 0.0351$$

$$H = 1.4146$$

b) 对 N 插值

$$y = 0.375$$

来自 N 系数表:

$$y_0 = 0.3 \qquad y_1 = 0.4$$

$$y - y_0 = 0.375 - 0.3 = 0.075$$

$$N_a = 0.9432 \qquad N_b = 0.9238$$

$$N = 0.9432 + \frac{(0.9238 - 0.9432)}{(0.4 - 0.3)} \times 0.075 = 0.929$$

c) 对 J 插值

$m = 0.897$	$z = 0.333$	$y = 0.375$	
$y_0 = 0.200$	$z_0 = 0.300$	$m_0 = 0.500$	$J_a = 0.995$
		$m_1 = 1.000$	$J_b = 0.992$
	$z_1 = 0.400$		$J_c = 0.991$
			$J_d = 0.984$
$Y_1 = 0.400$			$J_e = 0.991$
			$J_f = 0.983$
			$J_g = 0.982$
			$J_h = 0.964$

$$M = 0.5 \qquad Z = 0.1 \qquad Y = 0.2$$

$$m' = 0.397 \qquad z' = 0.033 \qquad y' = 0.175$$

$$A = 0.995$$

$$B = (0.992 - 0.995) / 0.5 = -0.006$$

$$C = (0.991 - 0.995) / 0.1 = -0.040$$

$$D = (0.991 - 0.995) / 0.2 = -0.020$$

$$Q = [(0.995 + 0.984) - (0.992 + 0.991)] / (0.5 \times 0.1) = -0.080$$

$$R = [(0.995 + 0.982) - (0.991 + 0.991)] / (0.1 \times 0.2) = -0.250$$

$$S = [(0.995 + 0.983) - (0.992 + 0.991)] / (0.5 \times 0.2) = -0.050$$

$$T = [(0.992 + 0.991 + 0.991 + 0.964) - (0.995 + 0.984 + 0.983 + 0.982)] / (0.5 \times 0.1 \times 0.2) = -0.600$$

相加:

$$A = 0.9950$$

$$B \cdot m' = -0.006 \times 0.397 = -0.0024$$

$$C \cdot z' = -0.04 \times 0.033 = -0.0013$$

$$D \cdot y' = -0.02 \times 0.175 = -0.0035$$

表 1 系数 H

电缆编号 №	m	$Z = \frac{d}{2s}$								
		0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
1	0.1	1.007	1.015	1.028	1.044	1.064	1.089	1.118	1.154	1.197
	0.5	1.023	1.051	1.093	1.148	1.220	1.309	1.420	1.554	1.714
	1.0	1.033	1.076	1.140	1.228	1.347	1.503	1.706	1.970	2.299
	1.5	1.037	1.085	1.158	1.261	1.405	1.606	1.887	2.284	2.826
	2.0	1.037	1.087	1.163	1.274	1.432	1.662	2.003	2.527	3.321
	2.5	1.037	1.087	1.164	1.278	1.444	1.693	2.081	2.720	3.792
	3.0	1.037	1.087	1.164	1.279	1.449	1.711	2.135	2.876	4.244
2	0.1	1.001	1.002	1.004	1.006	1.009	1.013	1.017	1.022	1.028
	0.5	1.003	1.007	1.012	1.018	1.025	1.033	1.040	1.047	1.050
	1.0	1.006	1.015	1.027	1.043	1.064	1.090	1.121	1.157	1.193
	1.5	1.009	1.021	1.039	1.065	1.101	1.150	1.218	1.306	1.413
	2.0	1.010	1.025	1.047	1.080	1.128	1.198	1.301	1.450	1.654
	2.5	1.011	1.027	1.052	1.091	1.148	1.234	1.366	1.575	1.892
	3.0	1.012	1.029	1.056	1.098	1.161	1.260	1.417	1.681	2.123
3	0.1	0.999	0.998	0.996	0.994	0.991	0.988	0.984	0.979	0.973
	0.5	0.991	0.980	0.964	0.944	0.919	0.889	0.853	0.812	0.766
	1.0	0.994	0.986	0.975	0.962	0.947	0.931	0.915	0.900	0.891
	1.5	1.000	1.001	1.002	1.007	1.017	1.036	1.068	1.124	1.214
	2.0	1.006	1.013	1.027	1.048	1.082	1.137	1.226	1.374	1.608
	2.5	1.010	1.023	1.045	1.080	1.134	1.220	1.364	1.608	2.017
	3.0	1.013	1.031	1.060	1.104	1.174	1.287	1.477	1.816	2.422

表2 系数N

$y = \frac{S}{C}$	顺序电缆					
	1	2	3	4	5	6
0.1	0.9871	0.9861	0.9854	0.9849	0.9861	0.9875
0.2	0.9651	0.9588	0.9562	0.9554	0.9588	0.9656
0.3	0.9432	0.9286	0.9271	0.9259	0.9286	0.9438
0.4	0.9238	0.8990	0.9065	0.9049	0.8990	0.9243
0.5	0.9069	0.8714	0.8993	0.8974	0.8713	0.9075
0.6	0.8924	0.8461	0.9089	0.9067	0.8461	0.8929
0.7	0.8800	0.8232	0.9372	0.9351	0.8231	0.8804
0.8	0.8692	0.8024	0.9859	0.9842	0.8023	0.8696
0.9	0.8598	0.7836	1.0562	1.0552	0.7835	0.8601
1.0	0.8516	0.7665	1.1487	1.1490	0.7665	0.8517
$y = \frac{S}{C}$	逆序电缆					
	1	2	3	4	5	6
0.1	1.0110	1.0141	1.0185	1.0185	1.0141	1.0110
0.2	1.0286	1.0421	1.0696	1.0696	1.0421	1.0286
0.3	1.0456	1.0742	1.1504	1.1504	1.0742	1.0456
0.4	1.0605	1.1066	1.2593	1.2593	1.1066	1.0605
0.5	1.0736	1.1378	1.3953	1.3953	1.1378	1.0736
0.6	1.0849	1.1673	1.5580	1.5580	1.1673	1.0849
0.7	1.0948	1.1948	1.7471	1.7471	1.1948	1.0948
0.8	1.1035	1.2204	1.9623	1.9623	1.2204	1.1035
0.9	1.1111	1.2441	2.2037	2.2037	1.2441	1.1111
1.0	1.1180	1.2662	2.4711	2.4711	1.2662	1.1180

表3 系数J

$\frac{S}{C}$	m	电缆1/顺序 $z = \frac{d}{2s}$				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	0.5	1.000	0.998	0.995	0.991	0.982
	1.0	0.999	0.997	0.992	0.984	0.970
	1.5	1.000	0.997	0.992	0.984	0.974
	2.0	0.999	0.997	0.992	0.987	0.980
	2.5	0.999	0.997	0.994	0.989	0.987
	3.0	1.000	0.997	0.994	0.992	0.993
0.4	0.1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	0.5	0.999	0.997	0.991	0.982	0.965
	1.0	0.999	0.994	0.983	0.964	0.931
	1.5	0.999	0.992	0.981	0.962	0.933
	2.0	0.998	0.992	0.982	0.966	0.946
	2.5	0.998	0.992	0.983	0.971	0.959
	3.0	0.999	0.993	0.984	0.975	0.971
0.6	0.1	1.000	1.000	1.001	1.001	1.002
	0.5	0.999	0.996	0.990	0.978	0.955
	1.0	0.998	0.991	0.977	0.949	0.900
	1.5	0.998	0.989	0.972	0.942	0.894
	2.0	0.997	0.989	0.972	0.945	0.907
	2.5	0.997	0.988	0.973	0.951	0.925
	3.0	0.998	0.989	0.974	0.956	0.941
0.8	0.1	1.000	1.001	1.002	1.003	1.004
	0.5	0.999	0.996	0.990	0.978	0.955
	1.0	0.998	0.990	0.974	0.941	0.881
	1.5	1.007	0.989	0.966	0.927	0.860
	2.0	0.996	0.985	0.963	0.927	0.869
	2.5	0.996	0.985	0.963	0.931	0.886
	3.0	0.996	0.985	0.964	0.937	0.904
1.0	0.1	1.000	1.001	1.003	1.005	1.007
	0.5	0.999	0.997	0.992	0.983	0.962
	1.0	0.998	0.990	0.973	0.939	0.877
	1.5	0.997	0.985	0.962	0.918	0.842
	2.0	0.995	0.983	0.957	0.913	0.840
	2.5	0.995	0.982	0.956	0.915	0.852
	3.0	0.996	0.981	0.956	0.919	0.866

表 4 系数 J

$y = \frac{S}{C}$	m	电缆 2/顺序 $z = \frac{d}{2s}$				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001
	0.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	1.0	1.000	1.000	1.001	1.001	1.002
	1.5	1.000	1.000	1.001	1.003	1.006
	2.0	1.000	1.001	1.002	1.005	1.011
	2.5	1.000	1.001	1.002	1.007	1.014
	3.0	1.000	1.001	1.003	1.008	1.018
0.4	0.1	1.000	1.001	1.001	1.002	1.003
	0.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	1.0	1.000	1.000	1.000	1.002	1.003
	1.5	1.000	1.000	1.002	1.007	1.014
	2.0	1.000	1.000	1.003	1.011	1.026
	2.5	1.000	1.000	1.004	1.015	1.036
	3.0	1.000	1.000	1.005	1.017	1.043
0.6	0.1	1.000	1.001	1.002	1.003	1.006
	0.5	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998
	1.0	0.999	0.998	0.998	0.999	1.000
	1.5	0.999	0.998	0.999	1.005	1.016
	2.0	0.999	0.998	1.001	1.012	1.034
	2.5	0.999	0.998	1.002	1.018	1.049
	3.0	0.999	0.998	1.003	1.022	1.062
0.8	0.1	1.000	1.001	1.002	1.004	1.008
	0.5	0.999	0.999	0.998	0.996	0.995
	1.0	0.999	0.996	0.993	0.992	0.991
	1.5	1.008	0.995	0.993	0.998	1.007
	2.0	0.998	0.995	0.994	1.006	1.029
	2.5	0.998	0.995	0.996	1.013	1.049
	3.0	0.998	0.994	0.997	1.017	1.065
1.0	0.1	1.000	1.001	1.003	1.006	1.010
	0.5	0.999	0.997	0.995	0.993	0.993
	1.0	0.998	0.992	0.987	0.982	0.978
	1.5	0.997	0.990	0.984	0.984	0.988
	2.0	0.996	0.989	0.984	0.991	1.006
	2.5	0.996	0.989	0.985	0.997	1.027
	3.0	0.996	0.988	0.986	1.002	1.044

表5 系数 J

$y = \frac{S}{C}$	m	电缆 3/顺序 $z = \frac{d}{2s}$				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.001	1.003	1.005	1.008
	0.5	1.000	1.003	1.007	1.012	1.017
	1.0	1.000	1.002	1.007	1.014	1.022
	1.5	1.000	1.001	1.006	1.014	1.025
	2.0	0.999	1.001	1.005	1.014	1.028
	2.5	1.000	1.000	1.003	1.014	1.030
	3.0	0.999	0.999	1.003	1.013	1.032
0.4	0.1	1.000	1.003	1.007	1.013	1.021
	0.5	1.001	1.006	1.015	1.028	1.041
	1.0	0.999	1.002	1.011	1.026	1.047
	1.5	0.998	0.997	1.005	1.023	1.053
	2.0	0.997	0.994	1.000	1.021	1.058
	2.5	0.996	0.992	0.995	1.018	1.063
	3.0	0.995	0.990	0.993	1.016	1.067
0.6	0.1	1.000	1.003	1.009	1.017	1.026
	0.5	0.999	1.003	1.010	1.021	1.033
	1.0	0.995	0.990	0.990	1.002	1.024
	1.5	0.992	0.978	0.973	0.989	1.026
	2.0	0.989	0.971	0.962	0.980	1.031
	2.5	0.988	0.966	0.954	0.974	1.037
	3.0	0.987	0.963	0.948	0.969	1.042
0.8	0.1	1.000	1.003	1.007	1.012	1.018
	0.5	0.996	0.990	0.982	0.977	0.972
	1.0	0.988	0.962	0.937	0.927	0.933
	1.5	0.983	0.943	0.908	0.901	0.925
	2.0	0.979	0.932	0.891	0.886	0.929
	2.5	0.977	0.925	0.879	0.876	0.934
	3.0	0.975	0.921	0.872	0.869	0.939
1.0	0.1	1.000	1.001	1.002	1.003	1.002
	0.5	0.990	0.968	0.936	0.900	0.863
	1.0	0.978	0.925	0.864	0.816	0.790
	1.5	0.971	0.901	0.826	0.781	0.778
	2.0	0.967	0.888	0.806	0.765	0.783
	2.5	0.965	0.882	0.796	0.765	0.790
	3.0	0.963	0.877	0.790	0.751	0.797

表 6 系数 J

$y = \frac{S}{C}$	m	电缆 4/ 顺序 $z = \frac{d}{2s}$				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.000	0.999	0.998	0.997
	0.5	0.999	0.995	0.989	0.979	0.963
	1.0	0.998	0.993	0.982	0.967	0.946
	1.5	0.999	0.992	0.983	0.970	0.956
	2.0	0.998	0.993	0.984	0.976	0.968
	2.5	0.998	0.993	0.986	0.981	0.979
	3.0	0.999	0.994	0.988	0.985	0.988
0.4	0.1	1.000	0.999	0.997	0.994	0.990
	0.5	0.997	0.984	0.962	0.929	0.881
	1.0	0.994	0.973	0.936	0.884	0.819
	1.5	0.993	0.969	0.933	0.888	0.841
	2.0	0.992	0.970	0.937	0.903	0.876
	2.5	0.992	0.971	0.942	0.919	0.906
	3.0	0.993	0.972	0.947	0.930	0.929
0.6	0.1	1.000	0.998	0.995	0.991	0.987
	0.5	0.994	0.972	0.934	0.879	0.807
	1.0	0.987	0.946	0.878	0.782	0.671
	1.5	0.985	0.937	0.863	0.772	0.685
	2.0	0.983	0.935	0.864	0.790	0.732
	2.5	0.983	0.935	0.870	0.811	0.775
	3.0	0.984	0.936	0.875	0.828	0.809
0.8	0.1	1.000	0.999	0.998	0.999	1.003
	0.5	0.992	0.966	0.924	0.869	0.809
	1.0	0.982	0.926	0.836	0.716	0.596
	1.5	0.977	0.907	0.801	0.675	0.566
	2.0	0.974	0.900	0.793	0.681	0.595
	2.5	0.973	0.897	0.795	0.697	0.630
	3.0	0.973	0.897	0.799	0.713	0.662
1.0	0.1	1.000	1.003	1.011	1.026	1.053
	0.5	0.993	0.974	0.949	0.929	0.947
	1.0	0.980	0.924	0.839	0.743	0.698
	1.5	0.972	0.896	0.784	0.664	0.602
	2.0	0.968	0.882	0.764	0.647	0.585
	2.5	0.965	0.875	0.758	0.650	0.591
	3.0	0.964	0.873	0.757	0.657	0.602

表 7 系数 J

$J = \frac{S}{C}$	m	电缆 5/顺序 $z = \frac{d}{2s}$				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001
	0.5	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999
	1.0	1.000	1.000	1.000	1.000	0.998
	1.5	1.000	1.000	1.001	1.002	1.002
	2.0	1.000	1.000	1.001	1.004	1.006
	2.5	1.000	1.001	1.002	1.005	1.010
	3.0	1.000	1.001	1.002	1.006	1.013
0.4	0.1	1.000	1.000	1.001	1.001	1.002
	0.5	0.999	0.999	0.999	0.997	0.994
	1.0	1.000	0.999	0.998	0.996	0.989
	1.5	1.000	0.999	0.999	1.000	0.997
	2.0	1.000	0.999	1.000	1.004	1.007
	2.5	1.000	1.000	1.002	1.008	1.017
	3.0	1.000	1.000	1.003	1.011	1.025
0.6	0.1	1.000	1.001	1.001	1.002	1.004
	0.5	0.999	0.999	0.997	0.993	0.986
	1.0	0.999	0.997	0.993	0.986	0.972
	1.5	0.999	0.997	0.994	0.991	0.980
	2.0	0.999	0.997	0.996	0.998	0.995
	2.5	0.999	0.997	0.997	1.004	1.011
	3.0	0.999	0.997	0.999	1.009	1.025
0.8	0.1	1.000	1.001	1.002	1.003	1.006
	0.5	0.999	0.998	0.994	0.987	0.976
	1.0	0.998	0.994	0.986	0.973	0.948
	1.5	0.998	0.993	0.985	0.976	0.952
	2.0	0.998	0.993	0.987	0.983	0.970
	2.5	0.998	0.993	0.989	0.991	0.990
	3.0	0.997	0.993	0.991	0.997	1.008
1.0	0.1	1.000	1.001	1.002	1.004	1.007
	0.5	0.998	0.996	0.991	0.982	0.968
	1.0	0.997	0.990	0.978	0.957	0.923
	1.5	0.996	0.987	0.974	0.955	0.919
	2.0	0.996	0.987	0.974	0.961	0.933
	2.5	0.996	0.987	0.976	0.969	0.952
	3.0	0.996	0.986	0.977	0.976	0.970

表 8 系数 J

$y = \frac{S}{C}$	m	电缆6/ 顺序 $z = \frac{d}{2s}$				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.000	1.001	1.002	1.004
	0.5	1.000	1.001	1.002	1.005	1.007
	1.0	1.000	1.001	1.002	1.005	1.010
	1.5	1.000	1.000	1.002	1.006	1.013
	2.0	0.999	1.000	1.002	1.007	1.016
	2.5	1.000	1.000	1.001	1.007	1.019
	3.0	0.999	1.000	1.001	1.007	1.020
0.4	0.1	1.000	1.001	1.002	1.004	1.007
	0.5	1.000	1.001	1.003	1.006	1.009
	1.0	0.999	1.000	1.002	1.006	1.012
	1.5	1.000	0.999	1.001	1.007	1.020
	2.0	0.999	0.998	1.000	1.008	1.028
	2.5	0.999	0.997	0.998	1.009	1.034
	3.0	0.999	0.997	0.998	1.009	1.039
0.6	0.1	1.000	1.001	1.002	1.005	1.008
	0.5	0.999	1.000	1.000	1.002	1.004
	1.0	0.999	0.997	0.996	0.998	1.003
	1.5	0.998	0.995	0.994	0.999	1.013
	2.0	0.998	0.994	0.992	1.001	1.026
	2.5	0.998	0.993	0.991	1.002	1.036
	3.0	0.997	0.993	0.991	1.003	1.045
0.8	0.1	1.000	1.000	1.002	1.004	1.007
	0.5	0.999	0.998	0.996	0.994	0.993
	1.0	0.998	0.993	0.988	0.985	0.984
	1.5	0.997	0.990	0.984	0.985	0.995
	2.0	0.996	0.989	0.982	0.986	1.010
	2.5	0.996	0.988	0.981	0.988	1.024
	3.0	0.996	0.987	0.980	0.989	1.036
1.0	0.1	1.000	1.000	1.001	1.003	1.005
	0.5	0.998	0.995	0.990	0.984	0.978
	1.0	0.997	0.988	0.977	0.967	0.958
	1.5	0.996	0.985	0.972	0.964	0.964
	2.0	0.995	0.983	0.969	0.965	0.978
	2.5	0.995	0.982	0.968	0.967	0.993
	3.0	0.995	0.981	0.967	0.968	1.006

表9 系数 J

$y = \frac{S}{C}$	m	电缆 1/逆序				
		$Z = \frac{d}{2s}$				
		电缆 6/逆序				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001
	0.5	1.000	1.002	1.005	1.011	1.018
	1.0	1.001	1.004	1.009	1.017	1.033
	1.5	1.001	1.004	1.009	1.018	1.031
	2.0	1.000	1.004	1.009	1.016	1.024
	2.5	1.001	1.004	1.008	1.013	1.018
	3.0	1.001	1.003	1.007	1.011	1.014
0.4	0.1	1.000	1.000	1.001	1.001	1.002
	0.5	1.001	1.004	1.010	1.022	1.041
	1.0	1.002	1.008	1.019	1.040	1.076
	1.5	1.002	1.008	1.021	1.042	1.074
	2.0	1.002	1.008	1.020	1.038	1.058
	2.5	1.002	1.008	1.019	1.032	1.047
	3.0	1.002	1.008	1.017	1.027	1.037
0.6	0.1	1.000	1.000	1.001	1.001	1.002
	0.5	1.002	1.006	1.014	1.029	1.057
	1.0	1.003	1.010	1.027	1.058	1.113
	1.5	1.004	1.012	1.030	1.063	1.112
	2.0	1.003	1.012	1.029	1.056	1.089
	2.5	1.003	1.012	1.028	1.049	1.072
	3.0	1.004	1.012	1.026	1.042	1.056
0.8	0.1	1.000	1.001	1.001	1.002	1.003
	0.5	1.002	1.007	1.017	1.036	1.072
	1.0	1.004	1.013	1.034	1.073	1.144
	1.5	1.005	1.015	1.038	1.079	1.141
	2.0	1.004	1.015	1.037	1.072	1.113
	2.5	1.004	1.015	1.035	1.063	1.088
	3.0	1.005	1.015	1.033	1.054	1.071
1.0	0.1	1.000	1.000	1.001	1.001	1.003
	0.5	1.002	1.007	1.019	1.041	1.083
	1.0	1.004	1.014	1.038	1.084	1.168
	1.5	1.004	1.017	1.043	1.091	1.163
	2.0	1.004	1.017	1.042	1.082	1.130
	2.5	1.004	1.017	1.040	1.072	1.100
	3.0	1.004	1.017	1.038	1.063	1.080

表 10 系数 J

$y = \frac{S}{C}$	m	电缆 2/逆序				
		$z = \frac{d}{2s}$				
		电缆 5/逆序				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999
	0.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001
	1.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	1.5	1.000	1.000	0.999	0.977	0.995
	2.0	1.000	1.000	0.998	0.995	0.991
	2.5	1.000	1.000	0.998	0.994	0.987
	3.0	1.000	1.000	0.997	0.992	0.985
0.4	0.1	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998
	0.5	0.999	1.000	1.000	1.001	1.004
	1.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001
	1.5	1.000	0.999	0.998	0.995	0.989
	2.0	1.000	0.999	0.996	0.989	0.977
	2.5	1.000	0.999	0.995	0.985	0.968
	3.0	0.999	0.998	0.994	0.982	0.962
0.6	0.1	1.000	1.000	1.000	0.999	0.998
	0.5	1.000	1.001	1.002	1.004	1.009
	1.0	1.001	1.001	1.002	1.003	1.003
	1.5	1.000	1.001	0.999	0.993	0.984
	2.0	1.001	1.000	0.996	0.985	0.965
	2.5	1.000	1.000	0.994	0.978	0.951
	3.0	1.000	0.999	0.992	0.973	0.941
0.8	0.1	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999
	0.5	1.000	1.001	1.003	1.007	1.012
	1.0	1.001	1.002	1.002	1.004	1.004
	1.5	1.001	1.001	0.999	0.992	0.976
	2.0	1.001	1.000	0.995	0.979	0.951
	2.5	1.001	1.000	0.993	0.971	0.933
	3.0	1.001	0.999	0.990	0.965	0.920
1.0	0.1	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999
	0.5	1.000	1.002	1.004	1.009	1.017
	1.0	1.001	1.002	1.004	1.005	1.002
	1.5	1.001	1.002	0.999	0.989	0.967
	2.0	1.001	1.001	0.995	0.974	0.937
	2.5	1.001	1.000	0.991	0.964	0.916
	3.0	1.001	0.999	0.988	0.956	0.902

表 11 系数 J

$y = \frac{S}{C}$	m	电缆 3/逆序				
		$z = \frac{d}{2s}$				
		电缆 4/逆序				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.1	1.000	0.998	0.996	0.992	0.989
	0.5	0.999	0.995	0.990	0.982	0.975
	1.0	0.998	0.994	0.987	0.977	0.966
	1.5	0.999	0.994	0.987	0.974	0.961
	2.0	0.998	0.994	0.986	0.973	0.956
	2.5	0.999	0.994	0.986	0.972	0.953
	3.0	0.999	0.995	0.987	0.972	0.951
0.4	0.1	1.000	0.995	0.987	0.977	0.964
	0.5	0.997	0.985	0.965	0.940	0.913
	1.0	0.996	0.979	0.951	0.916	0.881
	1.5	0.996	0.977	0.946	0.905	0.862
	2.0	0.995	0.977	0.944	0.898	0.850
	2.5	0.996	0.977	0.943	0.894	0.841
	3.0	0.996	0.977	0.943	0.893	0.836
0.6	0.1	1.000	0.992	0.978	0.959	0.936
	0.5	0.994	0.970	0.933	0.886	0.838
	1.0	0.991	0.956	0.902	0.836	0.775
	1.5	0.990	0.951	0.889	0.812	0.740
	2.0	0.989	0.949	0.883	0.799	0.720
	2.5	0.989	0.948	0.879	0.792	0.707
	3.0	0.989	0.948	0.879	0.788	0.698
0.8	0.1	1.000	0.989	0.970	0.945	0.914
	0.5	0.991	0.957	0.902	0.835	0.765
	1.0	0.985	0.932	0.850	0.755	0.669
	1.5	0.983	0.921	0.827	0.717	0.622
	2.0	0.982	0.917	0.816	0.698	0.596
	2.5	0.982	0.915	0.811	0.688	0.581
	3.0	0.981	0.914	0.808	0.681	0.570
1.0	0.1	1.000	0.987	0.966	0.937	0.902
	0.5	0.988	0.944	0.873	0.788	0.698
	1.0	0.979	0.907	0.800	0.678	0.571
	1.5	0.975	0.891	0.766	0.628	0.517
	2.0	0.973	0.884	0.750	0.604	0.490
	2.5	0.973	0.881	0.742	0.591	0.474
	3.0	0.972	0.879	0.738	0.583	0.463

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
电 缆 载 流 量 计 算
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
JB/T 10181.2 - 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>