

ICS 29.060.10
CCS K 11

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2260—2021

电力用铜铝复合母线选用导则

Guide for the selection of copper-clad aluminum composite bus bars
for electric power

2021-04-26 发布

2021-10-26 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 使用条件	1
5 选用原则	2
6 使用要求	3
附录 A (规范性) 电力用铜铝复合母线及铜铝复合材料技术要求	4
附录 B (资料性) 铜铝复合母线截面积计算方法及单位质量值	7
附录 C (资料性) 直流电阻率、体积电导率和铜层体积比对截面积选择的影响	11
附录 D (资料性) 铜铝复合母线交流载流量和替代纯铜母线的推荐规格	12
附录 E (资料性) 铝铝焊接+铜冷喷涂包覆联合工艺	16
附录 F (规范性) 铜铝复合母线搭接尺寸要求	18
附录 G (规范性) 铜铝复合母线螺栓连接要求	20
附录 H (规范性) 母线支撑间距计算方法	21
附录 I (规范性) 铜铝复合母线加工要求	22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出并归口。

本文件起草单位：全球能源互联网研究院有限公司、烟台孚信达双金属股份有限公司、平高集团有限公司、北京科技大学、国网辽宁省电力有限公司、国网经济技术研究院有限公司、中国电力科学研究院有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网福建省电力有限公司经济技术研究院、上海电缆研究所有限公司、国网西藏电力有限公司那曲供电公司、科华恒盛股份有限公司、厦门 ABB 低压电器设备有限公司、施耐德电气（厦门）开关设备有限公司、广州白云电器设备股份有限公司、新疆金风科技股份有限公司、深圳科士达科技股份有限公司、大全集团有限公司。

本文件主要起草人：祝志祥、王连忠、陈新、廉洋子、丁一、钟建英、谢建新、韩钰、郝留成、张友鹏、杨长龙、李辛庚、付霖宇、董晓文、江明泽、乔亚霞、段晓辉、李凯、杨葆薪、黄宇淇、张成炜、郭威、党朋、郑秋、陈保安、张强、刘辉、庞震、李阳、关红伟、药宁娜、李伟奇、兰占军、张为军、姜洁、余振、魏建青、潘明明、马光、聂京凯、陈云、王金龙、郝文魁、刘杰、王守辉、杨士慧、付华栋、赵帆、赵丽丽、苏华光、王晓芳、王广克、戴罡、许先灶、何国平、刘春、杨丙坤、居海超、耿正东。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电力用铜铝复合母线选用导则

1 范围

本文件规定了铜铝复合母线的使用条件、选用原则、使用要求等。

本文件适用于 40.5 kV 及以下成套开关设备、变压器等电力设备用铜铝复合母线应用选型，封闭母线、母线槽、裸母线等应用铜铝复合母线亦可适用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件。不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 96.1 大垫圈 A 级
- GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 5231 加工铜及铜合金属牌号和化学成分
- GB/T 5273 高压电器端子尺寸标准化
- GB/T 9327 额定电压 35kV ($U_m=40.5\text{kV}$) 及以下电力电缆导体用压接式和机械式连接金具 试验方法和要求
- GB/T 13916 冲压件形状和位置未注公差
- GB/T 15055 冲压件未注公差尺寸极限偏差
- GB/T 16743 冲裁间隙
- GB/T 16865 变形铝、镁及其合金加工制品拉伸试验用试样及方法
- GB/T 30586 连铸轧制铜包铝扁棒、扁线

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铜铝复合母线 **copper-clad aluminum composite bus bars**

采用特定工艺使铜铝接触界面融合或扩散，形成紧密冶金结合的双金属复合导体，亦称铜铝复合母线。

3.2

界面剪切强度 **interfacial shear strength**

铜铝复合母线中铜铝界面单位面积结合力。

3.3

铜层体积比 **volume ratio of copper layer**

铜铝复合母线中外层铜层体积占铜铝复合母线总体积的百分比。

4 使用条件

4.1 工作温度

铜铝复合母线允许最高工作温度为 150 ℃。

4.2 使用环境条件

4.2.1 周围环境温度

周围环境温度不应高于 85℃；不应低于-50℃。

4.2.2 湿度条件

相对湿度不应超过 95%。

4.2.3 防腐等级

铜铝复合母线应用在盐雾、腐蚀性气体等恶劣环境条件下，应采取防腐措施，防腐等级应与纯铜母线保持一致。

5 选用原则

5.1 产品及材料要求

铜铝复合母线及制造材料应符合附录 A 的规定。

5.2 结构尺寸及截面形状

5.2.1 结构和尺寸

铜铝复合母线可按截面形状分为圆角边、圆边、全圆边，结构形状应符合附录 A 的规定。不同形状截面积和单位质量计算方法及推荐值可参照附录 B。

5.2.2 截面形状

截面形状应根据电力设备绝缘要求选择，并符合下列规定：

- a) 应用在金属封闭高压电力设备中，母线截面形状应选择全圆边；
- b) 应用在其他电力设备中，母线截面形状可选择圆角边、圆边或全圆边。

5.3 载流量要求

5.3.1 铜层体积比对载流量影响

铜铝复合母线铜层体积比可采用 20%、25%、30%，不同铜层体积比的母线的直流电阻率、体积电导率，以及等载流量条件下，铜层体积比对母线截面积的影响可参照附录 C。

5.3.2 母线截面积

5.3.2.1 铜铝复合母线截面积应根据载流量选择。不同截面尺寸、不同铜层体积比的铜铝复合母线的交流载流量可参照附录 D。

5.3.2.2 采用铜铝复合母线等载流量替换纯铜母线时，应增大截面积。当铜层体积比为 25%时，只增加宽度，截面积应增大 20%；只增加厚度，截面积应增大 30%，替换规格可参照附录 D。其他铜层体积比的铜铝复合母线替换纯铜母线时，截面积增大比值计算可参照附录 C。

5.4 动热稳定性校验

铜铝复合母线应满足系统动热稳定性的要求。

6 使用要求

6.1 安装连接

6.1.1 连接方式

铜铝复合母线之间以及铜铝复合母线与铜导体连接时，可采用螺栓连接或焊接方式。焊接方式可采用铝铝焊接+铜冷喷涂包覆联合工艺，具体方法参见附录 E。铜铝复合母线与铝导体连接时应采取铜铝过渡措施。

6.1.2 螺栓连接要求

6.1.2.1 铜铝复合母线采用螺栓连接时，搭接尺寸应符合附录 F 的规定。铜铝复合母线与设备接线端子采用螺栓连接时，搭接尺寸应符合 GB/T 5273 的规定。

6.1.2.2 螺栓连接要求应符合附录 G 的规定。

6.1.3 母线支撑间距

铜铝复合母线应用于母线槽等设备时，母线支撑间距应符合附录 H 的规定。

6.2 加工要求

对铜铝复合母线进行裁切、打孔、弯曲、压铆等加工时，应符合附录 I 的规定。

附录 A

(规范性)

电力用铜铝复合母线及铜铝复合材料技术要求

A.1 外观

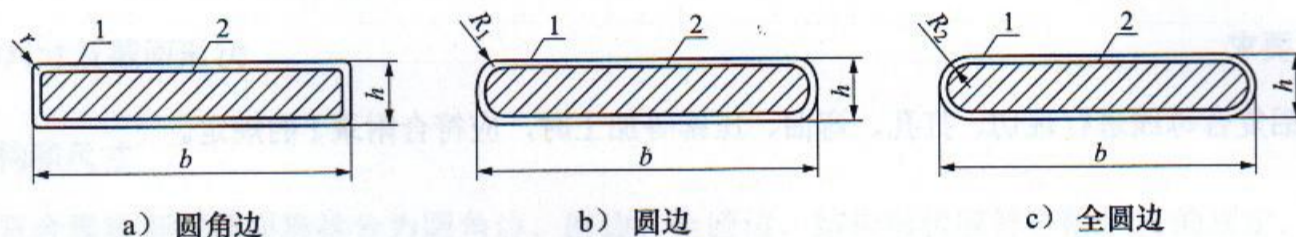
铜铝复合母线应为全包覆结构，铜层应紧密、连续，不得有焊缝；铜铝复合母线表面应光滑、平整，不得有凹陷、裂纹、锈斑等缺陷。

A.2 材质

铜层和铝芯的化学成分应符合 GB/T 30586 中关于铜层和铝芯的化学成分要求；其他牌号铝芯，应由供需双方协商确定后在订货单或合同中注明。

A.3 结构及尺寸

A.3.1 铜铝复合母线可按截面形状分为圆角边、圆边、全圆边，如图 A.1 所示。



说明：

1 ——铜层。

2 ——铝芯。

h ——产品厚度即窄边尺寸，mm。

b ——产品宽度即宽边尺寸，mm。

r ——圆角半径，mm。 $r=1.0\text{ mm}\sim 2.0\text{ mm}$ ，且 $r < h/2$ 。

R_1 ——圆边半径，mm。 $R_1=1.25h$ 。

R_2 ——全圆边半径， $R_2=h/2$ ，mm。

图 A.1 铜铝复合母线截面形状示意图

A.3.2 铜铝复合母线牌号、状态、密度、规格、尺寸偏差应符合 GB/T 30586 的规定。

A.3.3 铜铝复合母线横断面宽边和窄边铜层厚度允许存在不均匀分布，但母线厚度在 6.0 mm 以上的产品任意位置的最小铜层厚度不应小于 0.4 mm；母线厚度不大于 6.0 mm 的产品任意位置铜层厚度不应小于 0.2 mm。

A.4 铜铝复合母线热稳定性

A.4.1 静态热稳定性：产品 1000 次热循环试验的结果应符合 GB/T 9327 规定的合格要求。

A.4.2 动态热稳定性：产品 6 次短路试验的结果应符合 GB/T 9327 规定的合格要求。

A.5 界面剪切强度

铜铝复合母线的铜层与铝芯应形成冶金结合，铜铝之间无缝隙，界面剪切强度不应小于 45 MPa。

A.6 室温拉伸力学性能

铜铝复合母线拉伸试验应按照 GB/T 16865 的规定进行，抗拉强度和伸长率应符合表 A.1 的规定。铜铝复合母线状态有加工态（H）、退火态（O）两种，其中加工态（H）只能进行冲孔加工，退火态（O）可进行冲孔和弯曲加工。

表 A.1 室温拉伸力学性能

铜层体积比/%	产品状态	室温拉伸力学性能	
		抗拉强度 MPa	伸长率 %
20	O	≥125	≥25
	H	≥160	≥3
25	O	≥126	≥25
	H	≥170	≥3
30	O	≥130	≥25
	H	≥180	≥3

A.7 冲孔、弯曲性能

铜铝复合母线应具备基本冲孔、弯曲的性能，试验方法及规定应符合 A.9 的规定。

A.8 结合一致性

A.8.1 铜铝界面结合一致性检测应按 0.1% 比率随机抽取铜铝复合母线样本确定；当样本不足 1000 件时，应随机从中抽取 1 件检测。

A.8.2 根据铜铝复合母线状态，按照附录 I 中的方法，分别进行冲孔或钻孔、弯曲综合试验，试验后产品性能应符合 A.9 的规定。

A.9 冲孔、弯曲试验方法和性能评价

A.9.1 冲孔试验

A.9.1.1 采用冲孔时，冲孔间隙应符合 GB/T 16743 的规定，并用 5 倍放大镜观察孔内界面。

A.9.1.2 产品宽度大于 50.0mm 时，孔的直径为 17.0 mm；产品宽度不大于 50.0 mm 时，孔直径不大于试样宽度的 1/3。

A.9.1.3 孔边到试样侧边的距离应不小于孔的直径。

A.9.2 冲孔试验性能评价

铜铝复合母线经冲孔试验后，铜层与铝芯应不分离。

A.9.3 弯曲试验

A.9.3.1 铜铝复合母线宽边宜采用 90° 弯曲，且弯曲圆柱的直径不应小于母线厚度的 2 倍。

A.9.3.2 对铜铝复合母线窄边弯曲性能有要求时，应由供需双方协商确定，并在订货单或合同中注明弯曲角度和弯曲直径，宜采用 90° 弯曲，且弯曲直径应不小于母线宽度的 4 倍。

A.9.4 弯曲试验性能评价

铜铝复合母线经宽边经弯曲试验后，产品弯曲部位界面附近的低倍组织无孔洞，且产品不应出现裂纹和起泡现象。

A.9.4.1 裂纹

产品弯曲部位出现的表面开裂缝隙，开裂方向与产品长度方向垂直的为横向裂纹，可参照图 A.2 a)；开裂方向与产品长度方向平行的为纵向裂纹，可参照图 A.2 b)。

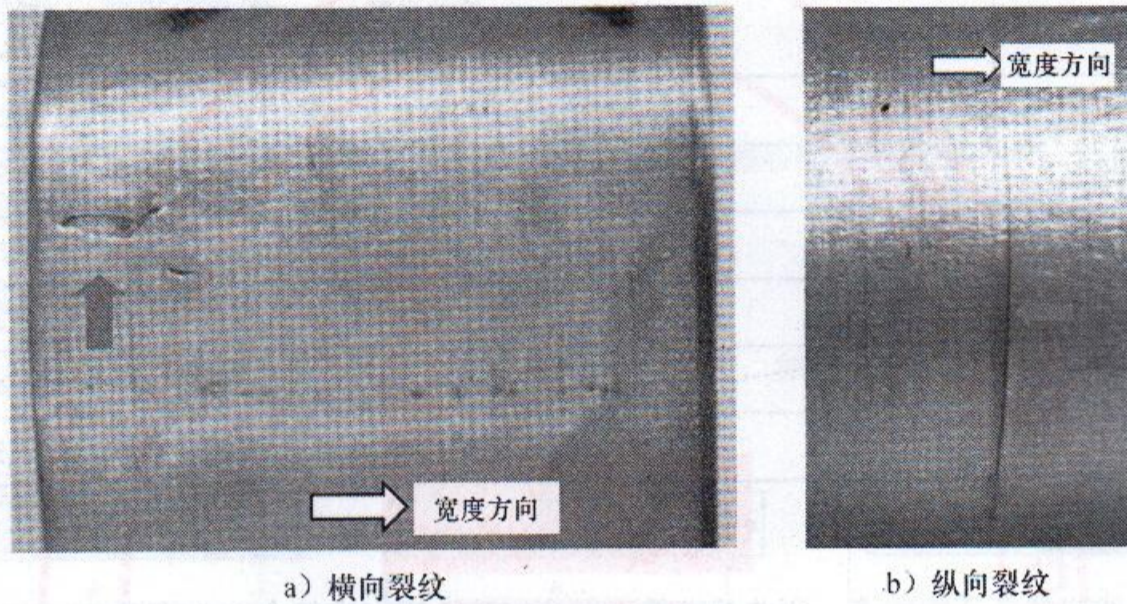


图 A.2 裂纹

A.9.4.2 起泡

产品弯曲部位内表面包覆层鼓出的缺陷，可参照图 A.3。

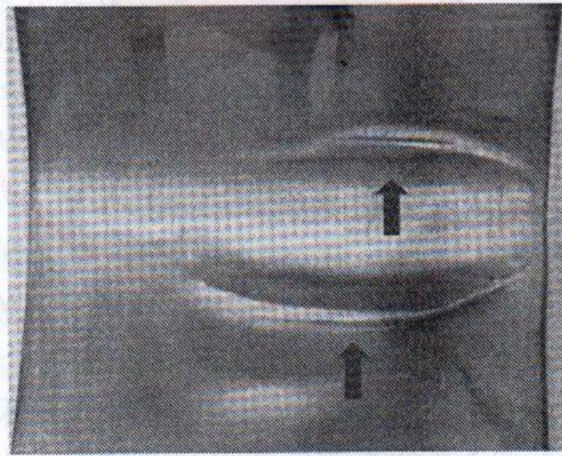


图 A.3 起泡

A.9.5 冲孔、弯曲综合试验

退火态 (O) 铜铝复合母线可进行冲孔、弯曲综合试验，可采用下列试验步骤：

- 在铜铝复合母线长度方向中部区域冲孔，按照 A.9.1 要求实施；
- 在冲孔处对铜铝复合母线进行宽边 90° 弯曲，按照 A.9.3 要求实施；
- 按照 A.9.2、A.9.4 的规定判定冲孔、弯曲综合试验后产品性能。

附录 B

(资料性)

铜铝复合母线截面面积计算方法及单位质量值

本附录列出了圆角边、圆边、全圆边三种截面形状的铜铝复合母线截面面积的计算方法，同时在表 B.1 中列出了铜铝复合母线的截面面积及单位质量值。

圆角边铜铝复合母线截面面积 S 可按公式 (B.1) 计算：

$$S = b \times h - 0.858r^2 \quad \text{..... (B.1)}$$

圆边铜铝复合母线截面面积 S 可按公式 (B.2) 计算：

$$S = b \times h - 0.0684h^2 \quad \text{..... (B.2)}$$

全圆边铜铝复合母线截面面积 S 可按公式 (B.3) 计算：

$$S = b \times h - 0.214h^2 \quad \text{..... (B.3)}$$

式中：

S —— 母线截面面积，取小数点后两位小数， mm^2 ；

b —— 母线宽度，取小数点后两位小数， mm ；

h —— 母线厚度，取小数点后两位小数， mm ；

r —— 母线的圆角半径，取小数点后两位小数， mm 。

表 B.1 铜铝复合母线的截面面积及单位质量值

铜层体积比 %	规格 ($b \times h$) $\text{mm} \times \text{mm}$	圆角边		圆边		全圆边	
		截面面积 (S) mm^2	每米质量 kg/m	截面面积 (S) mm^2	每米质量 kg/m	截面面积 (S) mm^2	每米质量 kg/m
20	15.00×4.00	58.07	0.23	58.91	0.23	56.58	0.22
	20.00×4.00	78.07	0.31	78.91	0.31	76.58	0.30
	25.00×4.00	98.07	0.39	98.91	0.39	96.58	0.38
	30.00×4.00	118.07	0.47	118.91	0.47	116.58	0.46
	30.00×5.00	148.07	0.58	148.29	0.58	144.65	0.57
	30.00×6.00	178.07	0.70	177.54	0.70	172.30	0.68
	30.00×8.00	238.07	0.94	235.62	0.93	226.30	0.89
	30.00×10.00	298.07	1.17	293.16	1.16	278.60	1.10
	40.00×4.00	156.57	0.62	158.91	0.63	156.58	0.62
	40.00×5.00	196.57	0.77	198.29	0.78	194.65	0.77
	40.00×6.00	236.57	0.93	237.54	0.94	232.30	0.92
	40.00×8.00	316.57	1.25	315.62	1.24	306.30	1.21
	40.00×10.00	396.57	1.56	393.16	1.55	378.60	1.49
	50.00×5.00	246.57	0.97	248.29	0.98	244.65	0.96
	50.00×6.00	296.57	1.17	297.54	1.17	292.30	1.15
	50.00×8.00	396.57	1.56	395.62	1.56	386.30	1.52

表 B.1 (续)

铜层体积比 %	规格 ($b \times h$) mm \times mm	圆角边		圆边		全圆边	
		截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m	截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m	截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m
20	50.00 \times 10.00	496.57	1.96	493.16	1.94	478.60	1.89
	60.00 \times 5.00	296.57	1.17	298.29	1.18	294.65	1.16
	60.00 \times 6.00	356.57	1.40	357.54	1.41	352.30	1.39
	60.00 \times 8.00	476.57	1.88	475.62	1.87	466.30	1.84
	60.00 \times 10.00	596.57	2.35	593.16	2.34	578.60	2.28
	80.00 \times 6.00	476.57	1.88	477.54	1.88	472.30	1.86
	80.00 \times 8.00	636.57	2.51	635.62	2.50	626.30	2.47
	80.00 \times 10.00	796.57	3.14	793.16	3.13	778.60	3.07
	100.00 \times 6.00	596.57	2.35	597.54	2.35	592.30	2.33
	100.00 \times 8.00	796.57	3.14	795.62	3.13	786.30	3.10
	100.00 \times 10.00	996.57	3.93	993.16	3.91	978.60	3.86
	120.00 \times 8.00	956.57	3.77	955.62	3.77	946.30	3.73
	120.00 \times 10.00	1196.57	4.71	1193.16	4.70	1178.60	4.64
	140.00 \times 8.00	1116.57	4.40	1115.62	4.40	1106.30	4.36
	140.00 \times 10.00	1396.57	5.50	1393.16	5.49	1378.60	5.43
160.00 \times 8.00	1276.57	5.03	1275.62	5.03	1266.30	4.99	
160.00 \times 10.00	1596.57	6.29	1593.16	6.28	1578.60	6.22	
25	15.00 \times 4.00	58.07	0.25	58.91	0.25	56.58	0.24
	20.00 \times 4.00	78.07	0.33	78.91	0.34	76.58	0.33
	25.00 \times 4.00	98.07	0.42	98.91	0.42	96.58	0.41
	30.00 \times 4.00	118.07	0.50	118.91	0.51	116.58	0.50
	30.00 \times 5.00	148.07	0.63	148.29	0.63	144.65	0.61
	30.00 \times 6.00	178.07	0.76	177.54	0.75	172.30	0.73
	30.00 \times 8.00	238.07	1.01	235.62	1.00	226.30	0.96
	30.00 \times 10.00	298.07	1.27	293.16	1.25	278.60	1.18
	40.00 \times 4.00	156.57	0.67	158.91	0.68	156.58	0.67
	40.00 \times 5.00	196.57	0.84	198.29	0.84	194.65	0.83
	40.00 \times 6.00	236.57	1.01	237.54	1.01	232.30	0.99
	40.00 \times 8.00	316.57	1.35	315.62	1.34	306.30	1.30
	40.00 \times 10.00	396.57	1.69	393.16	1.67	378.60	1.61
	50.00 \times 5.00	246.57	1.05	248.29	1.06	244.65	1.04
	50.00 \times 6.00	296.57	1.26	297.54	1.26	292.30	1.24
50.00 \times 8.00	396.57	1.69	395.62	1.68	386.30	1.64	
50.00 \times 10.00	496.57	2.11	493.16	2.10	478.60	2.03	

表 B.1 (续)

铜层体积比 %	规格 ($b \times h$) mm × mm	圆角边		圆边		全圆边	
		截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m	截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m	截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m
25	60.00 × 5.00	296.57	1.26	298.29	1.27	294.65	1.25
	60.00 × 6.00	356.57	1.52	357.54	1.52	352.30	1.50
	60.00 × 8.00	476.57	2.03	475.62	2.02	466.30	1.98
	60.00 × 10.00	596.57	2.54	593.16	2.52	578.60	2.46
	80.00 × 6.00	476.57	2.03	477.54	2.03	472.30	2.01
	80.00 × 8.00	636.57	2.71	635.62	2.70	626.30	2.66
	80.00 × 10.00	796.57	3.39	793.16	3.37	778.60	3.31
	100.00 × 6.00	596.57	2.54	597.54	2.54	592.30	2.52
	100.00 × 8.00	796.57	3.39	795.62	3.38	786.30	3.34
	100.00 × 10.00	996.57	4.24	993.16	4.22	978.60	4.16
	120.00 × 8.00	956.57	4.07	955.62	4.06	946.30	4.02
	120.00 × 10.00	1196.57	5.09	1193.16	5.07	1178.60	5.01
	140.00 × 8.00	1116.57	4.75	1115.62	4.74	1106.30	4.70
	140.00 × 10.00	1396.57	5.94	1393.16	5.92	1378.60	5.86
	160.00 × 8.00	1276.57	5.43	1275.62	5.42	1266.30	5.38
160.00 × 10.00	1596.57	6.79	1593.16	6.77	1578.60	6.71	
30	15.00 × 4.00	58.07	0.26	58.91	0.27	56.58	0.26
	20.00 × 4.00	78.07	0.36	78.91	0.36	76.58	0.35
	25.00 × 4.00	98.07	0.45	98.91	0.45	96.58	0.44
	30.00 × 4.00	118.07	0.54	118.91	0.54	116.58	0.53
	30.00 × 5.00	148.07	0.68	148.29	0.68	144.65	0.66
	30.00 × 6.00	178.07	0.81	177.54	0.81	172.30	0.79
	30.00 × 8.00	238.07	1.09	235.62	1.07	226.30	1.03
	30.00 × 10.00	298.07	1.36	293.16	1.34	278.60	1.27
	40.00 × 4.00	156.57	0.71	158.91	0.72	156.58	0.71
	40.00 × 5.00	196.57	0.90	198.29	0.90	194.65	0.89
	40.00 × 6.00	236.57	1.08	237.54	1.08	232.30	1.06
	40.00 × 8.00	316.57	1.44	315.62	1.44	306.30	1.40
	40.00 × 10.00	396.57	1.81	393.16	1.79	378.60	1.73
	50.00 × 5.00	246.57	1.12	248.29	1.13	244.65	1.12
	50.00 × 6.00	296.57	1.35	297.54	1.36	292.30	1.33
	50.00 × 8.00	396.57	1.81	395.62	1.80	386.30	1.76
	50.00 × 10.00	496.57	2.26	493.16	2.25	478.60	2.18
	60.00 × 5.00	296.57	1.35	298.29	1.36	294.65	1.34

表 B.1 (续)

铜层体积比 %	规格 ($b \times h$) mm \times mm	圆角边		圆边		全圆边	
		截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m	截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m	截面积 (S) mm ²	每米质量 kg/m
30	60.00 \times 6.00	356.57	1.63	357.54	1.63	352.30	1.61
	60.00 \times 8.00	476.57	2.17	475.62	2.17	466.30	2.13
	60.00 \times 10.00	596.57	2.72	593.16	2.70	578.60	2.64
	80.00 \times 6.00	476.57	2.17	477.54	2.18	472.30	2.15
	80.00 \times 8.00	636.57	2.90	635.62	2.90	626.30	2.86
	80.00 \times 10.00	796.57	3.63	793.16	3.62	778.60	3.55
	100.00 \times 6.00	596.57	2.72	597.54	2.72	592.30	2.70
	100.00 \times 8.00	796.57	3.63	795.62	3.63	786.30	3.59
	100.00 \times 10.00	996.57	4.54	993.16	4.53	978.60	4.46
	120.00 \times 8.00	956.57	4.36	955.62	4.36	946.30	4.32
	120.00 \times 10.00	1196.57	5.46	1193.16	5.44	1178.60	5.37
	140.00 \times 8.00	1116.57	5.09	1115.62	5.09	1106.30	5.04
	140.00 \times 10.00	1396.57	6.37	1393.16	6.35	1378.60	6.29
	160.00 \times 8.00	1276.57	5.82	1275.62	5.82	1266.30	5.77
160.00 \times 10.00	1596.57	7.28	1593.16	7.26	1578.60	7.20	

附录 C

(资料性)

直流电阻率、体积电导率和铜层体积比对截面积选择的影响

C.1 直流电阻率、体积电导率

铜层、铝芯的化学成分应符合 GB/T 30586 的要求。铜铝复合母线 20℃直流电阻率、体积电导率参见表 C.1，其他牌号铝芯的铜铝复合母线 20℃直流电阻率、体积电导率应在订货单中注明。

表 C.1 铜铝复合母线的 20℃直流电阻率和体积电导率

铜层体积比 %	状态	20℃直流电阻率 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	体积电导率 (IACS) %
20	O	$\leq 0.025\ 50$	≥ 67.6
	H	$\leq 0.025\ 96$	≥ 66.4
25	O	$\leq 0.024\ 98$	≥ 69.0
	H	$\leq 0.025\ 48$	≥ 67.7
30	O	$\leq 0.024\ 24$	≥ 71.1
	H	$\leq 0.024\ 77$	≥ 69.6

C.2 铜层体积比对截面积选择的影响

以铜层体积比为 25% 的铜铝复合母线通流截面积为基准，不同铜层体积比的母线所需通流截面积与铜层体积比 25% 的母线所需通流截面积的比值可按公式 (C.1) 计算：

$$R = \left(1 + \frac{S_{25\%} - S_0}{S_{25\%}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$S_{25\%}$ ——铜层体积比为 25% 时母线的体积电导率 (IACS)，%；

S_0 ——铜层体积比为其他比值时母线的体积电导率 (IACS)，%；

R ——不同铜层体积比母线所需通流截面积与 25% 母线所需通流截面积的比值，%。

附录 D

(资料性)

铜铝复合母线交流载流量和替代纯铜母线的推荐规格

D.1 单根铜铝复合母线交流载流量

单根铜铝复合母线的交流载流量参考值参见表 D.1。

表 D.1 单根铜铝复合母线的交流载流量

规格 (b×h) mm×mm	交流载流量 A								
	铜层体积比								
	20%			25%			30%		
	50K	65K	75K	50K	65K	75K	50K	65K	75K
15.00×4.00	219	236	254	225	242	260	231	249	268
20.00×4.00	283	305	328	291	313	337	299	322	347
25.00×4.00	342	368	396	351	378	407	361	388	418
30.00×4.00	392	422	454	402	433	466	413	445	479
30.00×5.00	443	477	513	455	489	527	467	503	542
30.00×6.00	490	527	568	503	541	583	517	557	599
30.00×8.00	593	638	687	609	655	706	626	674	725
30.00×10.00	670	721	776	688	740	797	707	761	819
40.00×4.00	500	539	580	514	553	595	528	569	612
40.00×5.00	567	611	658	583	627	675	599	645	694
40.00×6.00	624	671	723	641	689	742	658	709	763
40.00×8.00	735	791	852	755	813	875	776	835	899
40.00×10.00	839	904	973	862	928	999	886	954	1027
50.00×5.00	676	728	783	694	747	804	714	768	827
50.00×6.00	754	811	873	774	833	897	796	856	922
50.00×8.00	883	951	1024	907	977	1051	933	1004	1081
50.00×10.00	1004	1081	1163	1031	1110	1195	1060	1141	1228
60.00×5.00	792	853	918	814	876	943	836	900	969
60.00×6.00	879	947	1019	903	972	1046	928	999	1076
60.00×8.00	1029	1107	1192	1056	1137	1224	1086	1169	1258
60.00×10.00	1165	1254	1349	1196	1287	1386	1229	1323	1425
80.00×6.00	1115	1201	1292	1145	1233	1327	1177	1268	1364
80.00×8.00	1310	1410	1518	1345	1448	1559	1383	1488	1602
80.00×10.00	1472	1585	1706	1512	1628	1752	1554	1673	1801

表 D.1 (续)

规格 (b×h) mm×mm	交流载流量 A								
	铜层体积比								
	20%			25%			30%		
	50K	65K	75K	50K	65K	75K	50K	65K	75K
100.00×6.00	1357	1461	1573	1394	1500	1615	1433	1542	1660
100.00×8.00	1580	1700	1831	1622	1746	1880	1668	1795	1933
100.00×10.00	1768	1903	2049	1815	1954	2104	1866	2009	2163
120.00×8.00	1841	1982	2134	1891	2036	2192	1944	2093	2253
120.00×10.00	2048	2205	2373	2103	2264	2437	2162	2327	2505
140.00×8.00	2033	2189	2356	2088	2248	2420	2146	2311	2487
140.00×10.00	2245	2417	2601	2306	2482	2672	2370	2551	2747
160.00×8.00	2187	2355	2535	2246	2418	2603	2309	2486	2676
160.00×10.00	2415	2600	2799	2480	2670	2874	2550	2745	2955

注 1: 环境温度 25℃, 交流电频率 50Hz, 载流量数据为试样立放、无涂层数据; 该表为室内测试数据, 未计及风速等室外因素的影响。

注 2: 试样平放时, 宽度不大于 60mm 时, 表中数据乘以 0.95; 宽度大于 60mm 时, 表中数据乘以 0.92。

D.2 多根母线并联交流载流量的计算方法

环境温度 25℃, 2 片铜铝复合母线并联使用时, 交流载流量可按照表 D.1 数据乘以 1.6; 3 片铜铝复合母线并联使用时, 交流载流量可按照表 D.1 数据乘以 2.0; 3 片以上铜铝复合母线并联使用时, 载流量计算可按照同等数量纯铜母线的并联规律确定。

D.3 铜铝复合母线替代纯铜母线的推荐规格

铜层体积比为 25% 的铜铝复合母线替代纯铜母线的推荐规格参见表 D.2。

表 D.2 铜铝复合母线替代纯铜母线规格

序号	纯铜母线规格 mm×mm	铜层体积比为 25% 的铜铝复合母线规格 mm×mm	
		推荐规格 1	推荐规格 2
1	30×3	30×4	36×3
2	30×4	30×5.3	36×4
3	30×5	30×6.6	36×5
4	30×6	30×8	36×6
5	30×8	30×10.5	36×8
6	30×10	30×13.5	36×10
7	30×12	30×15.8	36×12
8	40×3	40×4	47.5×3
9	40×4	40×5.3	47.5×4

表 D.2 (续)

序号	纯铜母线规格 mm×mm	铜层体积比为 25%的铜铝复合母线规格 mm×mm	
		推荐规格 1	推荐规格 2
10	40×5	40×6.6	47.5×5
11	40×6	40×8	47.5×6
12	40×8	40×10.5	47.5×8
13	40×10	40×13.5	47.5×10
14	40×12	40×15.8	47.5×12
15	50×3	50×4	60×3
16	50×4	50×5.3	60×4
17	50×5	50×6.6	60×5
18	50×6	50×8	60×6
19	50×8	50×10.5	60×8
20	50×10	50×13.5	60×10
21	50×12	50×15.8	60×12
22	60×3	60×4	71.5×3
23	60×4	60×5.3	71.5×4
24	60×5	60×6.6	71.5×5
25	60×6	60×8	71.5×6
26	60×8	60×10.5	71.5×8
27	60×10	60×13.5	71.5×10
28	60×12	60×15.8	71.5×12
29	80×4	80×5.3	95×4
30	80×5	80×6.6	95×5
31	80×6	80×8	95×6
32	80×8	80×10.5	95×8
33	80×10	80×13.5	95×10
34	80×12	80×15.8	95×12
35	100×5	100×6.6	120×5
36	100×6	100×8	120×6
37	100×8	100×10.5	120×8
38	100×10	100×13.5	120×10
39	100×12	100×15.8	120×12
40	120×5	120×6.6	144×5
41	120×6	120×8	144×6
42	120×8	120×10.5	144×8
43	120×10	120×13.5	144×10

表 D.2 (续)

序号	纯铜母线规格 mm×mm	铜层体积比为 25%的铜铝复合母线规格 mm×mm	
		推荐规格 1	推荐规格 2
44	120×12	120×15.8	144×12
45	125×6	125×8	150×6
46	125×8	125×10.5	150×8
47	125×10	125×13.5	150×10
48	125×12	125×16	150×12
49	150×6	150×8	180×6
50	150×8	150×10.5	180×8
51	150×10	150×13.5	180×10
52	150×12	150×16	180×12

附录 E

(资料性)

铝铝焊接+铜冷喷涂包覆联合工艺

E.1 铝铝焊接+铜冷喷涂包覆联合工艺步骤

铝铝焊接+铜冷喷涂包覆联合工艺步骤如下：

- a) 连接前处理。
- b) 铝铝焊接。
- c) 表面冷喷涂铜连接。

E.2 铝铝焊接+铜冷喷涂包覆联合工艺前处理

铜铝复合母线采用该工艺连接前应采用坡口处理，可参照图 E.1。

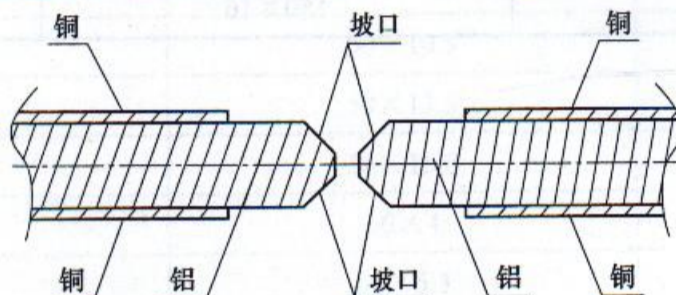


图 E.1 铜铝复合母线前处理示意

E.3 铝铝焊接

完成连接前处理后，铜铝复合母线之间应采用铝铝焊接，焊接方式宜采用氩弧焊，可参照图 E.2。

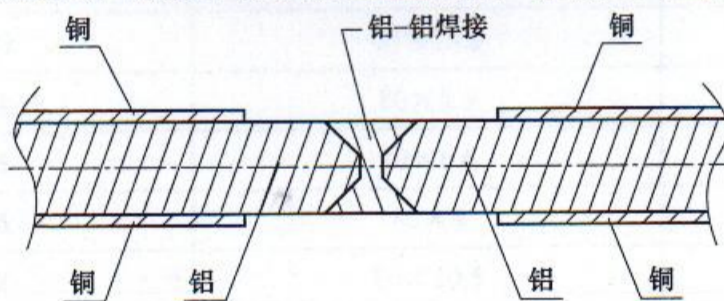


图 E.2 铜铝复合母线铝铝对焊示意

E.4 铜冷喷涂包覆

表面冷喷涂铜包覆可参照图 E.3。

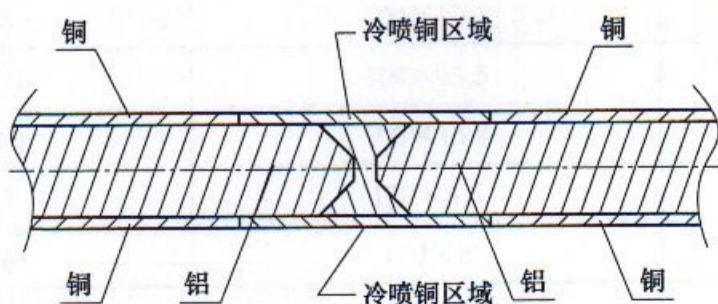


图 E.3 铜铝复合母线铜冷喷涂包覆示意

E.5 铝铝焊接+铜冷喷涂包覆联合工艺

冷喷涂时，采用的铜粉成分应符合 GB/T 5231 的规定，且铜粉成分应与基材保持一致。

喷涂后表面布氏硬度不应低于基材硬度，抗拉强度应达到 GB/T 30586 要求的 60%，涂层结合状态、孔隙率、致密度、组织情况等应符合使用要求。

焊接处温升不得高于同等环境下同规格非焊接母线同位置的温升。



附录 F

(规范性)

铜铝复合母线搭接尺寸要求

铜铝复合母线采用螺栓连接时，搭接尺寸应符合表 F.1 的规定。

F.1 铜铝复合母线搭接尺寸

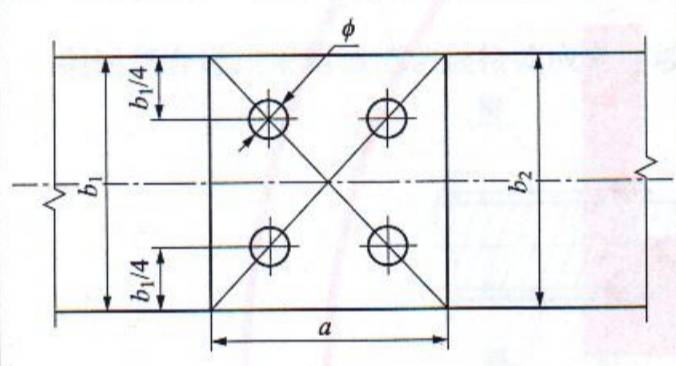
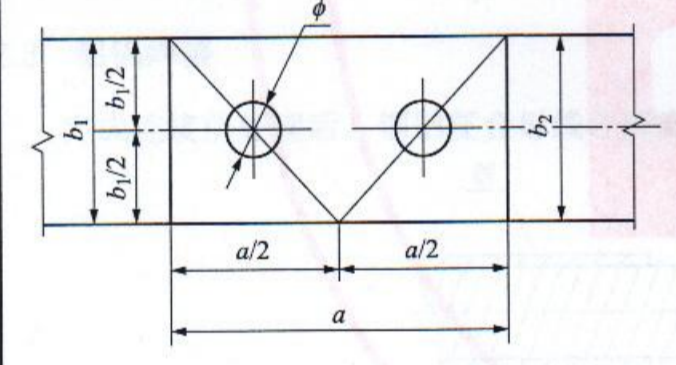
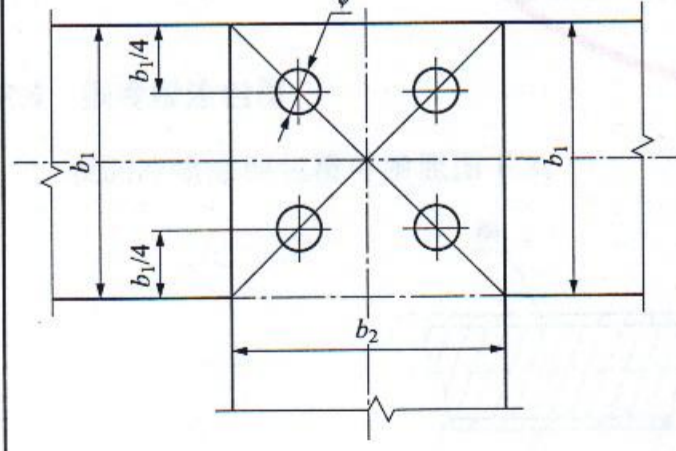
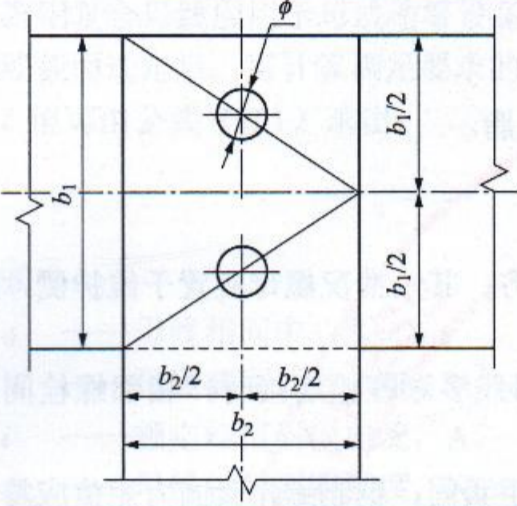
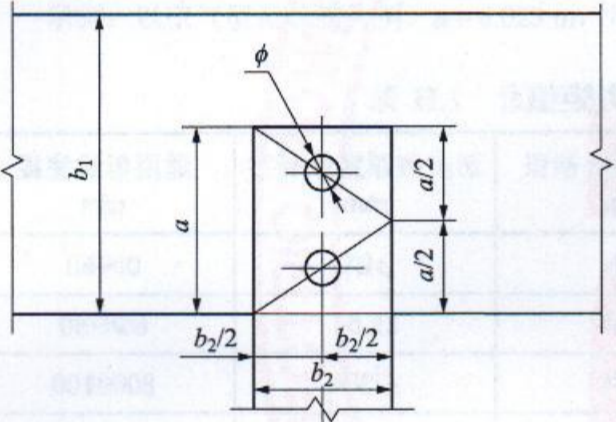
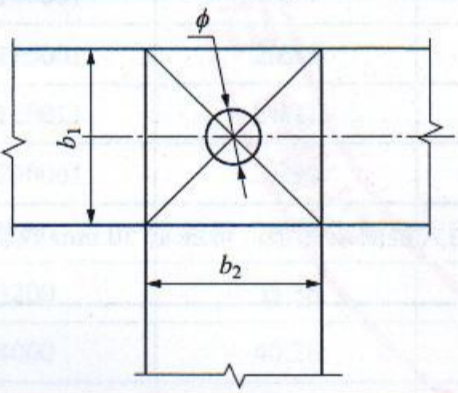
搭接形式	类别	序号	连接尺寸 mm			钻孔要求		螺栓 规格
			b_1	b_2	搭接宽度 a	直径 ϕ mm	个数	
	直线 连接	1	125	125	b_1 或 b_2	21	4	M20
		2	100	100	b_1 或 b_2	17	4	M16
		3	80	80	b_1 或 b_2	13	4	M12
		4	63	63	b_1 或 b_2	11	4	M10
		5	50	50	b_1 或 b_2	9	4	M8
		6	45	45	b_1 或 b_2	9	4	M8
	直线 连接	7	40	40	80	13	2	M12
		8	31.5	31.5	63	11	2	M10
		9	25	25	50	9	2	M8
	垂直 连接	10	125	125	—	21	4	M20
		11	125	100~80	—	17	4	M16
		12	125	63	—	13	4	M12
		13	100	100~80	—	17	4	M16
		14	80	80~63	—	13	4	M12
		15	63	63~50	—	11	4	M10
		16	50	50	—	9	4	M8
		17	45	45	—	9	4	M8

表 F.1 (续)

搭接形式	类别	序号	连接尺寸 mm			钻孔要求		螺栓 规格
			b_1	b_2	搭接宽度 a	直径 ϕ mm	个数	
	垂直 连接	18	125	50~40	—	17	2	M16
		19	100	63~40	—	17	2	M16
		20	80	63~40	—	15	2	M14
		21	63	50~40	—	13	2	M12
		22	50	45~50	—	11	2	M10
		23	63	31.5~25	—	11	2	M10
		24	50	31.5~25	—	9	2	M8
	垂直 连接	25	125	31.5~25	60	11	2	M10
		26	100	31.5~25	50	9	2	M8
		27	80	31.5~25	50	9	2	M8
	垂直 连接	28	40	40~31.5	—	13	1	M12
		29	40	25	—	11	1	M10
		30	31.5	31.5~25	—	11	1	M10
		31	25	22	—	9	1	M8

附录 G
(规范性)
铜铝复合母线螺栓连接要求

G.1 接触面

螺栓连接接触面间应保持清洁，并按需方要求涂覆电力复合脂。

G.2 安装

G.2.1 铜铝复合母线平置时，螺栓应由下往上穿，螺母应在上方；其余情况螺母应置于维护侧，螺栓长度宜露出螺母 2 个~3 个螺距。

G.2.2 螺栓与铜铝复合母线紧固面间应有平垫圈。铜铝复合母线多颗螺栓连接时，相邻螺栓间应有 3.0 mm 以上的净距，螺母侧应装有弹簧垫圈或锁紧螺母。

G.2.3 铜铝复合母线接触面应连接紧密，连接螺栓应用力矩扳手紧固，钢制螺栓紧固力矩值应符合表 G.1 的规定，非钢制螺栓紧固力矩值应符合产品技术要求。

表 G.1 钢制螺栓紧固力矩值

螺栓规格 mm	力矩值 N·m	垫圈标称值 mm	外径 mm	厚度 mm	适用母线宽度 mm
M8	8.8~10.8	8	24	2	0~60
M10	17.7~22.6	10	30	2.5	60~80
M12	31.4~39.2	12	37	3	80~100
M14	51~60.8	14	44	3	100~120
M16	78.5~96.1	16	50	3	100~140
M20	156.9~196.2	20	60	4	125~160
M24	274.6~343.2	24	72	5	160~200

注：垫圈参数引自 GB/T 96.1 大垫圈 A 级，母线宽 60 mm 及以上宜采用大垫圈或瓦垫，母线宽 50 mm 及以下宜采用普通平垫圈。

附录 H

(规范性)

母线支撑间距计算方法

铜铝复合母线应用于母线槽等设备时，母线支撑间距 L 应符合系统动稳定性和运行可靠性要求，当母线截面选定后，可计算满足要求的 L 最大值。在产品设计和制造时， L 值必须小于此最大值。

L 值可由公式 (H.1) 求出：

$$L = \sqrt{\frac{69.36aW\sigma_{xu}}{i^2}} \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

a ——母线相间中心距，m。

W ——母线截面系数， $W=bh^2/6$ （宽边立放）， h 为母线厚度，m； b 为母线宽度，m。

i ——额定峰值耐受电流，A。

σ_{xu} ——母线材料屈服强度，N/mm²；铜铝复合母线 σ_{xu} 按 170 N/mm² 选取。

示例：以空气型母线槽为例， $a=0.023$ m，母线截面、截面系数和按照考核短路电流计算的 L 值参见表 H.1。

表 H.1 固定铜铝复合母线的绝缘夹距离 L 的最大值

设备设计电流 A	实际最大短路电流 kA	短路电流考核值 kA	铜铝复合母线规格 mm×mm	截面系数 10 ⁻⁶ m ³	绝缘夹距离 L mm
400	7.16	10.0	5×40	0.16	336
630	10.73	15.0	6×60	0.36	330
800	13.53	19.0	6×80	0.48	286
1000	16.79	23.5	6×100	0.60	258
1250	20.83	29.2	6×125	0.75	234
1600	21.41	30.0	6×160	0.96	256
2000	21.99	41.0	6×200	1.20	210
2500	26.78	50.0	8×200	2.13	230
3200	33.58	65.0	2 (6×200)	2×1.20	160
4000	40.28	80.0	2 (8×160)	2×1.70	200
5000	49.00	100.0	3 (8×160)	3×1.70	200

附录 I
(规范性)
铜铝复合母线加工要求

I.1 未注公差标准

默认未注公差，受折弯或冲压成型影响尺寸宜按 GB/T 15055 执行，未注形位公差应按 GB/T 13916 执行，孔间距和加工尺寸应按 GB/T 1804 执行。

I.2 裁切加工方式

I.2.1 锯切

锯切可参照铝型材切断工艺执行，圆锯宜采用梯平齿锯片。高速锯切时，宜用乳化液或皂化液冷却锯片。梯平齿锯片参数可参照图 I.1。

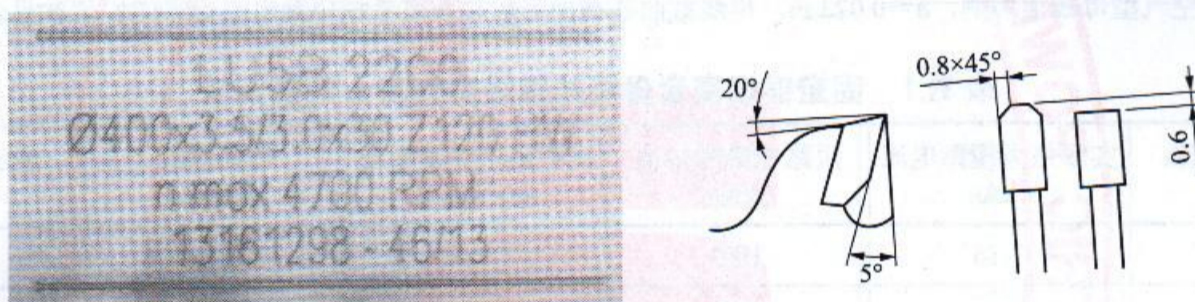
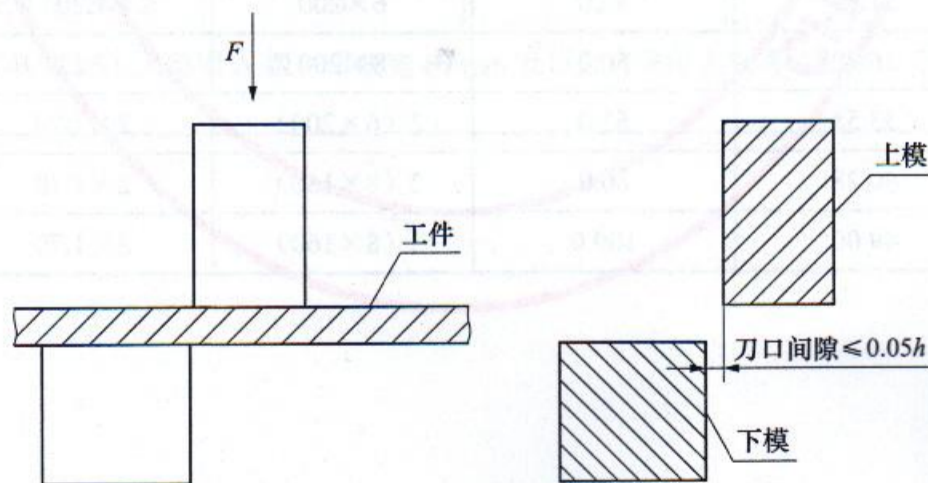


图 I.1 梯平齿锯片参数

I.2.2 冲切

I.2.2.1 在冲切加工中应调整好模具间隙，刀刃间隙不应大于 $0.05h$ ，刀刃应锋利。间隙配合可参照图 I.2。



说明：

F ——冲切力。

h ——产品厚度，mm。

图 I.2 间隙配合参数

I.2.2.2 不允许使用的冲切方式可参照图 I.3。

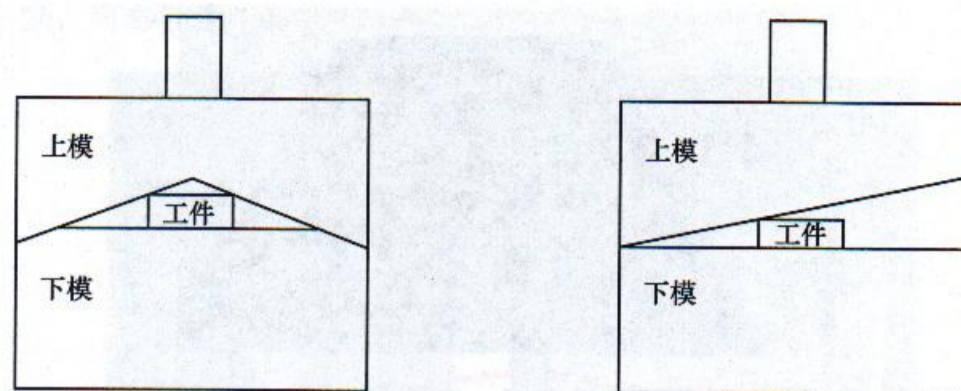
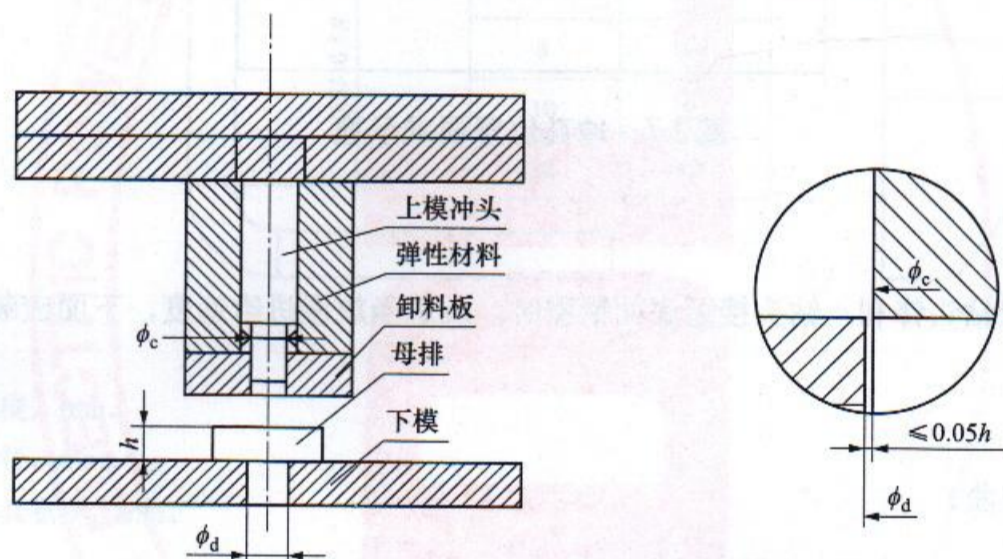


图 I.3 不允许冲切方式

I.3 孔加工方式

I.3.1 冲孔

I.3.1.1 冲孔模具间隙应满足凸模和凹模的单边间隙不大于 $0.05h$ ，可参照图 I.4。



说明：

ϕ_c —— 凸模直径，mm。

ϕ_d —— 凹模直径，mm。

h —— 产品厚度，mm。

图 I.4 冲孔参数

I.3.1.2 冲头直径 ϕ_A 选择应满足 $\phi_A \leq d_1 + d_2$ ，冲头应有卸料压板，可参照图 I.5。

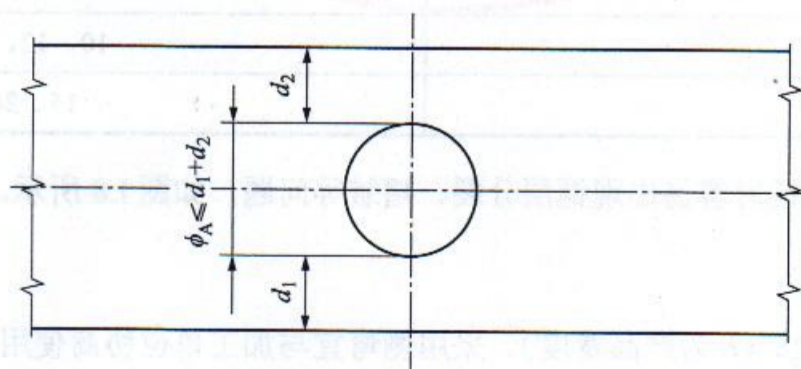


图 I.5 冲头卸料压板示意

I.3.1.3 模具上模应有卸料压板，可参照图 I.6。



图 I.6 模具上模无卸料压板，造成结合层造成破坏照片

I.3.1.4 冲孔位置距离端面设计时，应保证 $\delta \geq h$ (h 为产品厚度)；采用涨铆螺母时，冲压底孔应保证 $\delta \geq h + 5\text{mm}$ (h 为产品厚度)，可参照图 I.7。

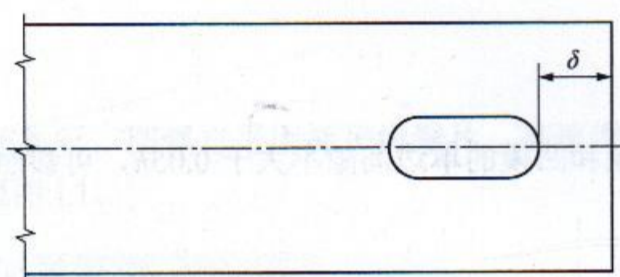


图 I.7 冲孔位置要求示意

I.3.2 钻孔

钻孔时，应确保钻头锋利，钻头接近底面铜层时，应适当放慢进给速度，下面应装有垫板。

I.4 弯曲

I.4.1 立弯（宽边弯曲）

I.4.1.1 立弯厚度方向折弯半径 90° 尺寸可参照表 I.1。

表 I.1 铜铝复合母线折弯半径

标称尺寸（产品厚度） h mm	推荐折弯半径 mm
≤ 5	h
6	6、8、10
8	8、10、15
10	10、12、15
12	15、20

I.4.1.2 弯曲半径不符合标准时容易出现铜层分裂、褶皱等问题，如图 I.8 所示。

I.4.2 侧弯（窄边弯曲）

弯曲半径 R 值应大于 $2b$ (b 为产品宽度)。采用侧弯宜与加工单位协商使用现有模具。

I.4.3 弯曲设计

设计过程中应保证弯曲两侧直线段尺寸不小于 $0.5l - 0.5R$ ，特殊情况可协商定做模具，孔边距弯曲

切线距离不应小于 $2h$ ，可参照图 I.9。

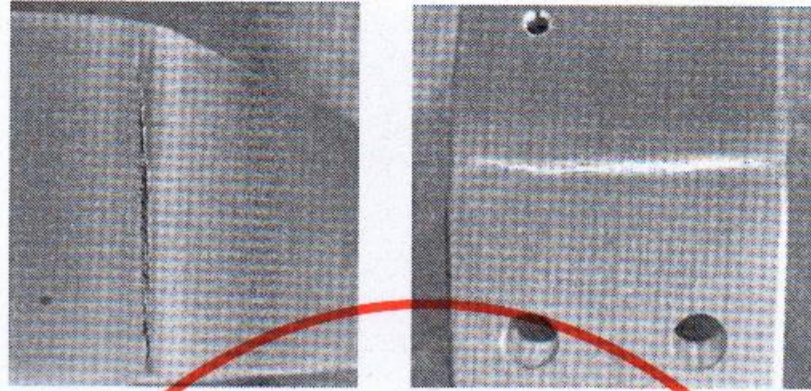


图 I.8 立弯时问题示意

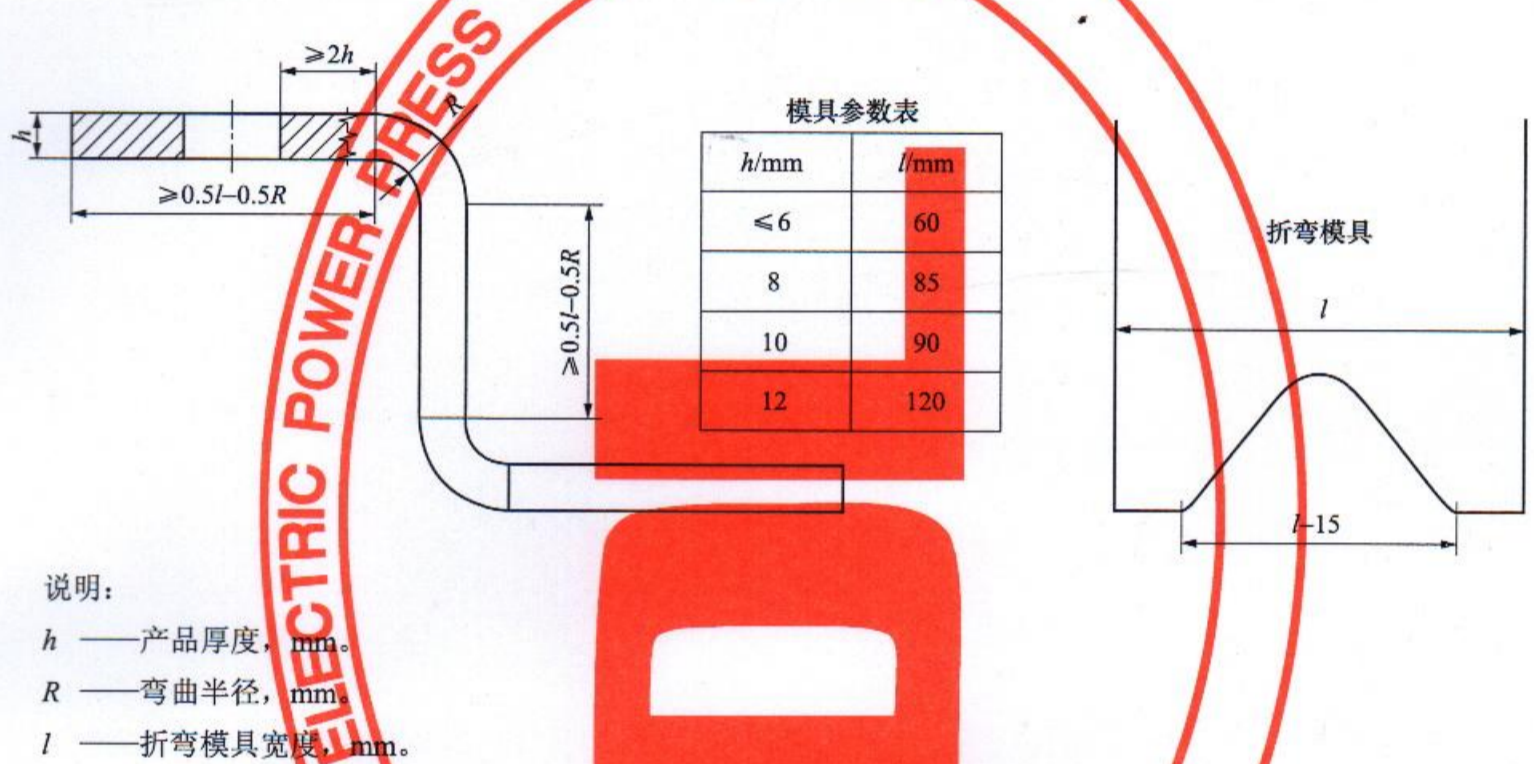


图 I.9 避免孔变形的弯曲工艺设计示意

I.5 压铆

铜铝复合母线厚度应符合压铆螺母安装要求，安装后母线表面应无变形，孔内应无残屑，安装前应去除孔表面毛刺，压铆面不应有倒角。

中华人民共和国
电力行业标准
电力用铜铝复合母线选用导则
DL/T 2260—2021

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2021年11月第一版 2021年11月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 57千字

*

统一书号 155198·3417 定价 27.00元

版权专有 侵权必究
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



中国电力百科网网址



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.3417