

J33

备案号：8390—2001

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 754—2001

铝母线焊接技术规程

Code of the welding technique for aluminium bus

2001-02-12 发布

2001-07-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

前 言

根据原电力工业部科技司技综 [1996] 40 号文的要求,原电力工业部电力建设研究所组织行业内有关单位组成标准编制组,编制了《铝母线焊接技术规程》,其格式遵从 DL/T600—1996《电力标准编写的基本规定》的规定。

本标准编制过程中,参照了有关国际标准、国家标准和国内有关标准及规定。本标准为相对独立的标准。为了便于焊工技术管理的统一协调,本标准要求铝母线焊工技术考核的组织和程序以及焊工基本知识考核的内容与 DL/T679《焊工技术考核规程》一致。本标准力求具有科学性、实用性和可操作性,使行业内有关铝母线焊接及焊工考核工作有章可循。

本标准的附录 A 和附录 B 均为标准的附录。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会提出并归口。

本标准主要起草单位:国家电力公司电力建设研究所、国家电力公司电源建设部、天津市电力公司、天津电力建设公司、北京电力设备总厂。

本标准主要起草人:郭军、张信林、杨建平、周安本、武英利、尚承伟、严正、张佩良。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会负责解释。

目 次

前言	
1 范围	1
2 引用标准	1
3 总则	1
4 铝材和焊接材料	1
5 焊接机具	3
6 焊接工艺试验	3
7 焊前准备	5
8 焊接工艺	7
9 质量检验和质量标准	8
10 技术文件.....	9
附录 A (标准的附录) 铝母线焊工技术考核规定	11
附录 B (标准的附录) 铝母线焊接接头射线探伤规定	13

中华人民共和国电力行业标准

铝母线焊接技术规程

DL/T 754—2001

Code of the welding technique for aluminium bus

1 范围

本规程规定了电力行业制作、安装和检修 35kV 及以下发电设备、500kV 及以下送、配电设备各类（矩形、槽形、管形等）铝母线焊接工作的技术要求和标准。

本规程适用于纯铝、铝镁合金、铝锰合金等材料制成的母线的焊接工作。其他铝合金材料制成的母线可参照本规程规定进行施焊。

本规程仅推荐采用氩弧焊（TIG、MIG）方法进行铝母线焊接，其他方法不宜使用。

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。本标准出版时，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。

GB/T985—1988 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸

GB/T3190—1996 变形铝及铝合金化学成分

GB/T3323—1987 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

GB/T3880—1997 铝及铝合金轧制板材

GB4191—1984 惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨钼电极

GB 4842—1995 氩气

GB/T10858—1989 铝及铝合金焊丝

GBJ149—1990 电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范

DL/T679—1999 焊工技术考核规程

DL/T5069—1996 电力建设施工及验收技术规范（钢制承压管道对接焊焊接接头射线检验篇）

3 总则

3.1 铝母线正式焊接前，应首先进行焊接工艺试验，确认焊接接头性能符合相应技术条件后，方可组织焊工培训和技术考核。

3.2 施焊前必须按本规程附录 A 的规定，对从事铝母线焊接的焊工进行考核，取得相应资质证书后，方可参加正式施焊工作。

3.3 如铝母线同引进国外发电机组一并供货时，其焊接工作除合同中另有具体规定外，应按本规程的规定进行。

3.4 铝母线施工过程包括：对口装配、施焊、检验和质量评定等工序。

3.5 焊接铝金属及其合金时，焊接气氛和强弧光对人体有一定的危害，必须对焊工加强安全教育和劳动保护。

3.6 从事铝母线焊接工作的人员必须遵守安全、环保、防火等规程和有关规定。

4 铝材和焊接材料

4.1 焊接前必须确认所焊铝材的牌号，了解其化学成分、物理和力学性能，以便正确地选定焊接材料

和制定合理的焊接工艺。

4.2 铝材必须符合国家标准（或行业标准、技术条件），引进国外的铝材应符合引进国国家标准或合同规定的技术条件。

常用铝材牌号、成分和性能见表 1。

表 1 常用铝材牌号、成分和性能

牌号	化学成分 %						材料 类型	供货 状态	厚度（管径） mm	力学性能	
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Al				抗拉强度 σ_b MPa	伸长率 δ %
1060 (L2)	0.25	0.35	0.05	0.03	0.03	99.60	板	H112	>6.5~12.5	≥ 70	≥ 15
									>12.5~25	≥ 60	≥ 20
							管	O拉制 H112热挤	所有尺寸	≤ 118	≥ 20
										≤ 118	≥ 20.0
3A21 (LF21)	0.6	0.7	0.20	1.0~1.6	0.05	余量	板	H112	>4.5~10.0	≥ 110	≥ 16
									管	O拉制 H112热挤	所有尺寸
							≤ 167	—			
							5A02 (LF2)	0.40	0.40	0.10	或 Cr0.15 ~0.40
管	O拉制 H112热挤	所有尺寸	≤ 226	—							
			≤ 226	—							
5A05 (LF5)	0.50	0.50	0.10	0.30~0.6	4.8~5.5	余量					
							管	O拉制 H112热挤	所有尺寸	≥ 216	≥ 15
										≥ 255	≥ 15.0

注：参照标准 GB/T3190、GB/T3880。

4.3 焊接材料（焊丝、氩气、钨棒）的质量应符合国家标准或合同规定的有关标准。常用铝焊丝牌号、成分和性能见表 2。

表 2 常用铝焊丝牌号、成分和性能

统一 牌号*)	名称	化学成分 %					熔点 ℃	用途
		Mg	Mn	Si	Fe	Al		
SA1—3 (丝 301)	纯铝 焊丝	—	—	≤ 0.30	≤ 0.30	99.5	660	纯铝或一般铝合金
SA1Si—1 (丝 311)	铝硅合 金焊丝	≤ 0.05	≤ 0.05	4.5~6.0	≤ 0.80	余量	580~610	通用焊丝
SA1Mn (丝 321)	铝锰合 金焊丝	—	1.0~1.6	≤ 0.60	≤ 0.70	余量	643~654	铝锰及其他铝合金， 耐蚀，有强度
SA1Mg (丝 331)	铝镁合 金焊丝	4.70~5.70	0.20~0.60	≤ 0.40	≤ 0.40	余量	638~660	铝镁及其他铝合金， 耐蚀，性能好

*) 参照标准 GB/T10858。

4.4 供货商应提供铝材和焊接材料的质量合格证，无质量合格证或对其质量有怀疑时，应按批号抽查试验，其质量应符合 GBJ149 和 GB/T3880 的规定。

4.5 焊丝的选用应根据铝材的化学成分、性能、焊接性和焊接接头的使用条件等因素综合考虑。

4.5.1 焊接纯铝、铝锰和铝镁等合金时，一般应选用与母材成分相当的焊丝。

4.5.2 焊丝选用可参照下列方法进行：

a) 焊接纯铝时，一般选用纯铝焊丝（丝 301）。如焊缝坡口大、深或铝母线结构的刚性大，焊后收缩量大时，可选用铝硅焊丝（丝 311）；

b) 焊接铝锰合金时，一般选用铝锰焊丝（丝 321）或铝硅焊丝（丝 311）；

c) 焊接铝镁合金时，为补偿焊接过程中镁的烧损，一般选用比其母材含镁量高的铝镁焊丝或者选用与其相应的铝镁焊丝（丝 331）；

d) 异种铝金属焊接时，宜选用与材料强度级别低的一侧匹配的焊丝。

4.6 钨极氩弧焊的电极，应按GB4191—1984的规定选用耐烧损、放射剂量小的钨钍棒或钨钨棒。

4.7 氩弧焊用的氩气纯度应不低于 99.99%，应严格控制其他杂质不得超过 GB 4842—1995 的规定 [如氮 $\leq 70 \times 10^{-6}$ （质量分数）、氧 $\leq 10 \times 10^{-6}$ （质量分数）、水分 $\leq 20 \times 10^{-6}$ （质量分数）等]。

5 焊接机具

5.1 应选用电气性能良好、电流调节灵活、工作性能稳定、操作方便和绝缘性能可靠的氩弧焊机。

5.2 氩弧焊枪应根据采用的焊接设备选择。

5.2.1 钨极氩弧焊宜选用 150A~500A 水冷式焊枪。

5.2.2 熔化极氩弧焊宜选用 500A 自冷式或水冷式焊枪。

5.3 应选用指示准确、安全可靠、调节灵活的氩气减压流量计，一般宜采用指针式氩气减压流量计。

5.4 输送氩气和冷却水用的胶管，不得与输送其他气体的胶管混用。胶管质地应优良柔软，无裂缝、漏气和漏水现象。

5.5 与焊枪连接的导线应有足够的长度。导线应接触良好，质地柔软、绝缘层耐磨、无漏电现象。

5.6 焊接铝母线时，焊工必须随身携带下列工具：

5.6.1 钨极氩弧焊时，应备有钢丝刷、手锤、木槌、扳手、扁铲和钳子等工具。

5.6.2 熔化极氩弧焊时，除应备有 5.6.1 规定的工具外，还应增备电工用尖嘴钳子。

5.6.3 焊口检测器和焊工钢印代号。

6 焊接工艺试验

6.1 焊接工艺试验由企业工艺（或技术）管理部门组织，焊接专业技术负责人主持，选派有经验的焊工担任施焊试验。

6.2 焊接工艺试验可按铝材种类和结构型式分别进行试验。焊接工艺试验的主要内容为：

a) 焊接材料的选择和与母材的匹配；

b) 焊接规范（焊接电流、焊接电压、焊接速度、氩气流量、焊前预热等）的调整。

6.3 焊接工艺试验分板状对接和板状角接试件。试件规格见表 3 和图 1，板状角接试件的焊缝长度 l 应不小于 $1/2L$ 。

6.4 焊接工艺试件厚度的适用焊件厚度范围为试件厚度（ δ_0 ）的 0.5~2.5 倍。

表 3 焊接工艺试验试件规格

焊接方法	接头型式	试件尺寸 mm				试验件数 件
		δ_0	L	B	B_1	
TIG、MIG	板对接	$\geq 6 \sim 10$	≥ 300	≥ 240	—	各 1
TIG、MIG	板角接	$\geq 6 \sim 10$	≥ 300	≥ 150	≥ 40	各 1

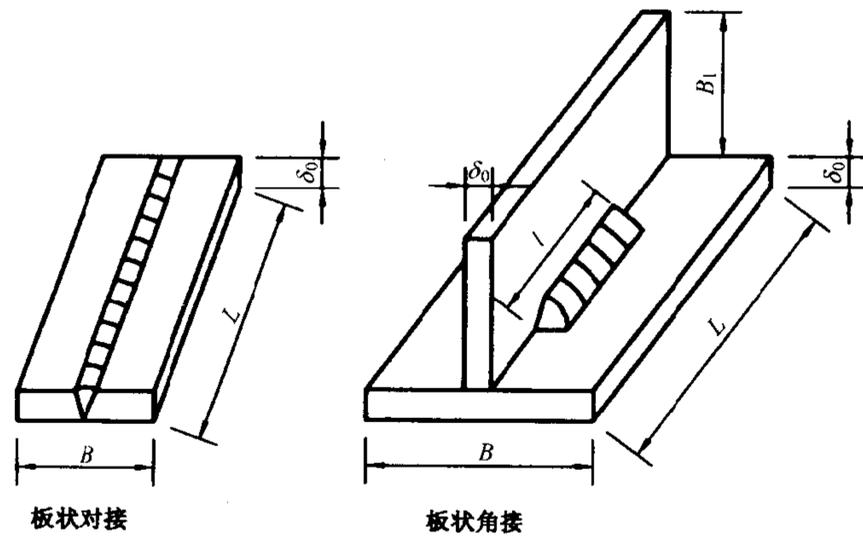


图1 焊接工艺试验试件图

6.5 焊接工艺试验试件的试样切取及加工。

6.5.1 试样应采用机械方法或等离子切割方法截取，板状试样见图3。

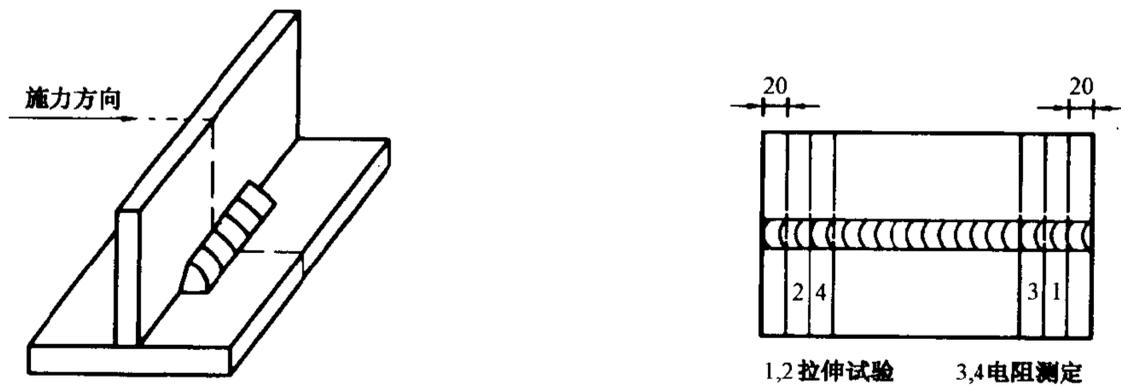


图2 角接接头折断面试验的施力方向示意图

图3 板状试样的切取部位示意图

6.5.2 试样的加工规格见图4，试样加工尺寸见表4。

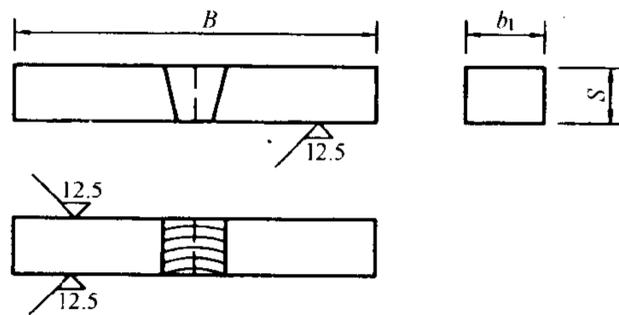


图4 板状对接接头电阻测定、拉伸试验试样加工图

6.6 焊接工艺试验的结果应进行检查和判定。在焊缝外形匀整、接头边缘平滑过渡和外形尺寸符合要求的基础上，对对接试件进行射线透照、电阻测定和拉伸试验；对角接试件进行折断面检查。

表4 试样加工尺寸

试样类型	试样名称	试样尺寸 mm		
		长度 B	宽度 b_1	厚度 S
板 件	拉伸	≥ 200	20	$\geq 6 \sim 10$
	直流电阻	240	5	5

6.6.1 焊接接头整体状况应无明显异常和缺陷，其焊缝外形尺寸和焊缝表面质量应符合 9.4 的规定。

6.6.2 角接头折断面试验的施力方向如图 2 所示，检查角接头折断面，应符合表 5 的规定。

表 5 折断面检查焊缝缺陷允许范围

缺陷名称	允许范围
裂纹、未熔合、未焊透	不允许
单个气孔及夹渣	任何方向的最大尺寸不大于 1/3 厚度，但最大不超过 8mm
分散缺陷面积	不大于被检面积 10%

6.6.3 焊接接头试件的射线检验及结果的评定，应按照本规程附录 B 的要求进行。

6.6.4 焊接接头直流电阻值应不大于规格尺寸均相同的原材料直流电阻值的 1.05 倍。

6.6.5 焊接接头拉伸试验，其焊接接头抗拉强度一般不应低于原材料抗拉强度标准值的下限。经热处理强化的铝合金，其焊接接头的抗拉强度不得低于原材料标准值的 60%。

7 焊前准备

7.1 一般规定

7.1.1 铝母线焊接接头所处的部位，应符合下列规定：

- 离支持绝缘子、母线夹板的边缘不应小于 100mm；
- 母线宜减少对接接头；
- 同相母线不同片上的对接焊缝，其位置应错开，距离不应小于 50mm。

7.1.2 母线表面应光洁平整，不应有裂纹、折皱、夹杂物、变形和扭曲，且无内部损伤。

7.1.3 母线对口的接触面不得有氧化膜，加工必须平整，其截面减少不得超过原截面的 5%。

7.1.4 母线应在各段全部就位并调整后，且误差值能够符合规定时，方可进行焊接。

7.2 坡口形式与加工

7.2.1 矩形、槽形、管形母线焊接的坡口形式和尺寸应按设计图纸规定加工。如无规定时，坡口型式和尺寸应按能保证焊接质量，便于操作、减少焊接应力和变形、适应无损探伤要求等原则选用。铝母线焊缝坡口可参照 GB/T985 规定确定，常用的焊接接头基本形式及尺寸参见表 6。

表 6 焊接接头基本形式及尺寸

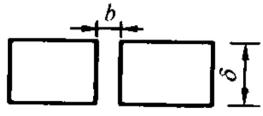
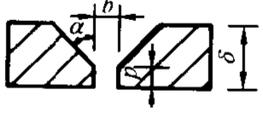
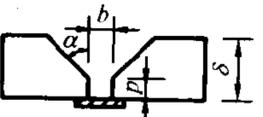
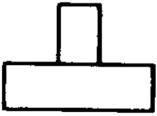
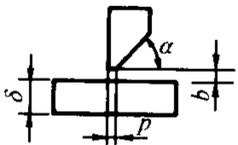
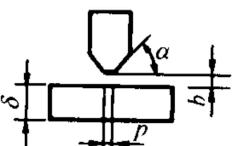
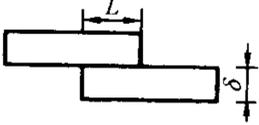
序号	接头类型	坡口形式	图 形	焊接方法	焊件厚度 δ mm	接头结构尺寸			适用范围
						α (°)	b mm	p mm	
1	对接接头	II		TIG MIG	<5	—	0.5~2	—	板件
2		Y		TIG MIG	5~12	35~40	2~3	1~2	板件或管件
3		X		TIG MIG	>10	30~35	2~3	1.5~3	板件
4		Y		TIG MIG	>5	25~30	6~8 5~6	1~2	板件或管件

表6 (续完)

序号	接头类型	坡口形式	图 形	焊接方法	焊件厚度 δ mm	接头结构尺寸			适用范围
						α (°)	b mm	P mm	
5	角接接头			TIG	3~12	—	—	—	板件
6				TIG	>10	35~40	1~2	2~3	板件
7				TIG	>15	35~40	1~2	2~3	板件
8	搭接接头			TIG MIG	>5	搭接长度 $\geq 2\delta$			板件或管件

7.2.2 铝母线对接焊缝，为保证焊接质量、降低焊接技术难度，一般在对口根部可放置垫板或垫圈，其形式可根据需要选用。

7.3 焊件下料及加工

7.3.1 焊件下料应采取机械法或等离子法切割，切割时应留有 1mm~2mm 的精加工余量。

7.3.2 焊件切口应平整和垂直，坡口制备应光滑、均匀、无毛刺。

7.4 焊前清理

7.4.1 焊接前必须将母材焊缝坡口区和焊丝表面的油污、氧化膜和其他杂质清除干净。

7.4.2 焊件清理范围应包括：坡口部位和其两侧。对接和角接接头清理范围为焊缝两侧各 30mm~50mm；搭接接头除搭接面外还应向外延伸 30mm~50mm。清理方法和要求如下：

a) 除油污：用汽油或丙酮等有机溶剂清除表面的油污；

b) 除氧化膜：可用机械方法处理，即用钢丝刷或刮刀去除氧化膜或用化学处理方法，即先用火焰法加热焊件待焊区域，待其表面温度达到 100℃ 左右后，用常温下浓度为 5%~8% 的氢氧化钠溶液清洗 (15~20) min，并随即用 30% 稀硝酸溶液进行中和光化处理，除去残碱，最后用清水冲洗 (2~3) min。冲洗干净后，用干净无油的抹布擦干，或用无油的压缩空气吹干；

c) 清理后的焊件应立即进行焊接工作，其间隔时间不应超过 24h。

7.4.3 密封完好的焊丝一般不需要清洗，可直接使用。对于受污染的焊丝焊前要进行清洗。清洗的步骤和要求如下：

步骤一：除油污。若焊丝表面有油污时，应先用汽油或丙酮清除油污；

步骤二：碱洗。将焊丝放在温度为 50℃~60℃、浓度为 5%~8% 的氢氧化钠溶液中进行碱洗。一般纯铝焊丝清洗时间为 15min；铝硅焊丝清洗时间不超过 5min；

步骤三：中和。将碱洗处理后的焊丝，放在 30% 硝酸溶液中进行中和光化处理，除去残碱。最后用冷水冲洗 (2~3) min；

步骤四：烘干及存放。清洗完毕的焊丝应置于 100℃~150℃ 的烘烤装置中，烘焙 0.5h，随即放进

干燥的焊条箱中存放。一般存放时间不得超过 24h，否则应重新清洗。

7.5 其他要求

7.5.1 铝母线焊接组对的，应将焊件垫置牢固，以防止在焊接过程中，焊件产生变形和开裂。

7.5.2 焊接场所应采取可靠的防风、防雨、防雪、防冻等措施。

7.5.3 持有铝母线施焊资质的焊工，正式施焊前，应进行与实际条件相当的模拟练习，经外观检查符合要求，方可参与铝母线的焊接。

8 焊接工艺

8.1 铝母线焊接场所允许的环境温度应在 0℃ 以上，如环境温度过低时，应采取有效方法提高环境温度。

8.2 铝母线施焊前是否需要焊前预热，应根据焊件种类、规格和采用的焊接方法确定。

8.2.1 预热与否及预热温度应根据实际情况考虑，一般预热温度为 100℃ 左右，在施焊过程中应保持预热温度。采用 MIG 焊接方法时，可不预热。

8.2.2 采用火焰方法预热时，其加热点应选定在距离对口中心每侧 80mm 以外区域进行。

8.3 严禁在焊件非焊接区域引燃电弧、试验电流。

8.4 铝母线材料厚度不小于 8mm 时，应采取分层方法焊接。

8.5 焊件的点固焊做如下规定：

8.5.1 选用的焊接材料、焊接工艺、预热温度和焊工资格条件等应与正式施焊时要求相同。

8.5.2 点固焊的设置和尺寸如下：

a) 点固焊的点数设置：

板件：焊件长度不大于 500mm 时，可点固 2~3 点；焊件长度大于 500mm 时，每间隔 300mm 设置一个点固焊点；

管件：直径不大于 300mm 时，可每隔 120° 点固一处，一般最少不得少于 3 点；直径为 300mm~500mm 时可点固 3~5 点；直径大于 500mm 时，应沿圆周每隔 60° 点固一处。

b) 点固焊点的长度一般为 30mm~50mm，特殊件可达 80mm；厚度为焊件厚度的 2/3，且不小于 4mm。

c) 点固焊是正式焊缝的一部分，施焊时不必铲除。

8.5.3 点固焊处在正式施焊前可进行修理，经检查确认无缺陷后，再行施焊。

8.5.4 角接或搭接型式焊件点焊时，为使其接缝处严密，可采取木槌敲击方法密合后点固。

8.6 焊接规范应根据焊接工艺试验确定，参考规范如下：

8.6.1 钨极氩弧焊焊接规范见表 7。

表 7 钨极氩弧焊焊接规范

焊件厚度 mm	焊丝直径 mm	钨极直径 mm	焊接电流 A	氩气流量 l/min	喷嘴内径 mm	焊接层数
5~6	4	4	180~240	10~20	10~12	1~2
7~8	5	4~5	240~280	10~20	12~14	2
9~12	6	5~6	280~340	10~20	14~16	2~3
12~20	6	6	340~380	10~20	16~18	3~4

注：仰焊时电流应减小 10% 左右。

8.6.2 熔化极氩弧焊焊接规范见表 8。

表 8 熔化极氩弧焊焊接规范

焊件厚度 mm	焊丝直径 mm	焊接电流 A	焊接电压 V	送丝速度 m/min	氩气流量 l/min	焊接层数
8	φ1.6	180~220	24~26	4.5~6.2	25~28	2
>12	φ1.6	190~230	25~27	4.8~6.5	27~30	>2
>20	φ1.6	200~240	25~27	5.0~6.5	27~30	>3

注：仰焊时电流可降低 10A~15A。

8.7 为减少焊接变形和接头缺陷，直径大于 300mm 的管件对接接头宜采取对称焊。

8.8 应尽量避免在拘束条件下进行焊接，以减少焊接应力，防止开裂。

8.9 TIG 焊接时，应采用非接触法引弧。

8.10 焊接完毕的接头，经自检合格后，在焊缝附近按规定打上焊工钢印代号或永久性标记。

8.11 焊接接头经检查有超出标准限制的缺陷时，应查明原因，制定措施，进行返修。

8.11.1 对外观缺陷，一般可采取打磨方式修整。对出现缩小导电面积情况时应予以补焊。

8.11.2 对于裂纹或内部缺陷，应采取挖补方式返修。

8.11.3 应彻底清除缺陷，并向缺陷两端各延伸 30mm~50mm，确认缺陷消除后再进行补焊。返修中同一位置上的挖补次数一般不超过 3 次。

8.12 焊接接头不得以任何形式进行矫正，如必须矫正时，应制定措施向质量部门申报，待批准后，方可实施。

9 质量检验和质量标准

9.1 铝母线焊接质量的检查和检验工作，实行三级检查验收制度，贯彻自检和专检相结合的方法，做好质量验收和等级评定工作。

9.2 铝母线焊接质量检查和检验工作，强调焊接全过程的监督，在焊接前、焊接过程中和焊接结束后等三个阶段都有检查，并严格按检验项目和程序进行。

9.3 铝母线焊接接头的检查方法、范围及数量，按表 9 规定进行。

表 9 铝母线焊接接头检验项目、范围及数量

序号	范围	检验方法及比例 %		
		外观		射线探伤
		自检	专检	
1	发电机出口至变压器之间导体	100	100	10
2	主回路至厂用变压器之间导体	100	50	10
3	变、直流励磁导体	100	20	5
4	送变电站中导体	100	20	5
5	其他部件	100	5	—

注
1 外观检查不合格的接头，不允许进行其他项目检查；
2 T形接头可不作射线探伤。

9.4 焊缝外形尺寸和焊缝表面质量应分别符合表 10、表 11 的规定。

表 10 焊缝外形尺寸允许范围

mm

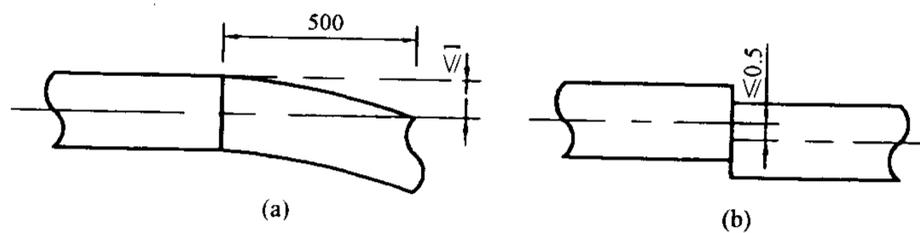
类型	焊缝余高 e *)		焊缝余高差		焊缝宽度 (比坡口)		焊脚尺寸		
	平焊	其他位置	平焊	其他位置	两侧增宽	每侧增宽	K	K_1	尺寸差
对接	2~4	2~4	≤ 2	≤ 2	< 4	< 2	—	—	—
角接	—	—	≤ 2	≤ 2	—	—	$\delta + (2\sim 4)$	$\delta + (1\sim 3)$	≤ 2
搭接	—	—	≤ 2	≤ 2	—	—	$\delta + (1\sim 3)$	δ	≤ 2

*) 同时不小于焊件厚度的 0.25 倍。

表 11 焊缝表面缺陷限制范围

缺陷名称			限制范围
裂纹、未熔合、表面气孔、表面夹渣			不允许
未焊透	单面焊缝	带垫焊缝	不允许
		不带垫焊缝	深度不大于焊件厚度的 5% 且不大于 1mm，总长度不大于焊缝长度的 10% 且不大于 1mm，总长度不大于焊缝长度的 20%
	双面焊缝	内部未焊透不允许	
咬边			深度不大于焊件厚度的 10% 且不大于 1mm、长度不大于焊缝长度的 20%
根部凸出及凹坑	不带垫单面焊缝		根部凸出不大于 4mm，凹坑不大于 2mm
	带垫	可拆垫单面焊缝	根部凸出不大于 3mm，凹坑不大于 2mm
		不可拆垫单面焊缝	垫的背面不允许有焊透凸出及焊穿凹坑

9.5 焊接后，焊件变形弯折偏移不应大于 0.2%，错口值（中心偏移）不应大于 0.5mm，见图 5。



焊后变形示意

错口示意

图 5 焊后变形及错口

9.6 对接焊接头应按照本规程附录 B 的要求进行无损探伤检验，并按照 I 级——优良、II 级——合格、III 级——判废评定。

9.7 焊接接头的无损探伤如出现不合格时，除对不合格焊接接头进行返修外，应从该焊工当日的同一批接头中按不合格数的加倍数进行检验，加倍检验中仍有不合格时，则判定该批焊接接头不合格。

9.8 对返修后的焊接接头应重新进行检验。

10 技术文件

10.1 铝母线焊接技术文件的编制，可单独或与发电设备整体焊接工作技术文件共同编制，施工后，移

交有关部门。

10.2 铝母线的技术文件应包括下列内容：

10.2.1 按照工程验收评定标准规定的内容有：

- a) 铝母线焊接工程一览表（焊接量、无损探伤量等）；
- b) 铝母线材质证明书；
- c) 焊接材料（焊丝）质量证明书；
- d) 焊工技术考核登记表；
- e) 各项检验报告和射线探伤底片等；
- f) 铝母线总体或分部的系统图（标示出焊接接头、无损探伤等位置标记）。

10.2.2 铝母线焊接过程中有关事宜记录（如设计变更、返修记录等）的整理资料。

10.3 铝母线施工完毕应编写单项技术总结。

10.4 资料汇总整理完毕后，应按合同规定办理资料移交及保存手续。

附录 A (标准的附录)

铝母线焊工技术考核规定

- A1 铝母线焊工技术考核的组织与程序应符合 DL/T679 的规定。
- A2 铝母线焊工技术考核应以焊接工艺试验确定的各项工艺参数为依据,以焊接方法、焊接位置和结构特点为内容组织实施,考核材料按本规程表 1 任选。
- A3 参加技术考核的焊工资质应符合 DL/T679 II 类焊工的条件。
- A4 焊工的基本知识考核内容应包括材料、焊接设备、接头工况条件和焊接工艺等方面的内容,并应符合 DL/T679 的有关规定。
- A5 焊工的操作技能考核应符合下列规定:
- A5.1 焊接方法为手工钨极氩弧焊 (W_s) 和半自动熔化极氩弧焊 (R_b),两种方法应单独进行考核,不得互相替代。
- A5.2 各种焊接位置应单独进行考核,不得互相替代。
- A5.3 角接接头 2F、3F、4F 考核合格者可免去搭接接头的考核。对接接头不带垫板试件考核合格者可免去带垫板试件的考核。
- A5.4 板状试件平、横、立、仰 (1G、2G、3G、4G) 四个位置考核合格者可以从事管状焊件对接焊的焊接工作。
- A5.5 完成工艺试验试件焊接的焊工,其试件通过规定的各项试验者,可以认为通过了相应的操作技能考核。
- A6 操作技能考核板状试件的焊接位置应符合 DL/T679—1999 中 6.3.5a) 的规定。
- A7 考核用试件尺寸、数量见表 A1。

表 A1 试件尺寸及数量

试件类型	接头形式	焊接方法	试件尺寸 mm				试件数量 件	
			长度 L	宽度 B	宽度 B_1	厚度 δ_0	焊接位置	数量
板件	对接	TIG/MIG	≥ 300	≥ 240	—	10	1G、2G、3G、4G	各 1
	角接	TIG/MIG	≥ 300	≥ 150	≥ 50	10	2F、3F、4F	各 1

A8 操作技能考核项目参照 DL/T679 以项目代号形式表示,见表 A2。

A9 考核用试件及焊丝的焊前清理应符合本规程第 7 章的规定。

A10 焊工考核时应符合 DL/T679—1999 中 6.3.9 的有关规定。

表 A2 操作技能考核项目代号表

试件类型	接头形式		焊接位置	DL/T679 项目代号
	类型	坡口型式		
板件	对接	Y	平焊 (1G)	01
			横焊 (2G)	02
			立焊 (3G)	03
			仰焊 (4G)	04
	对接	Y	平焊 (1G)	09
			横焊 (2G)	10
			立焊 (3G)	11
			仰焊 (4G)	12
	角接	△	平角焊 (2F)	16
			立角焊 (3F)	17
仰角焊 (4F)			18	

A11 考核试件的检验项目和数量见表 A3。

表 A3 操作技能考核试件的检验项目和数量

试件类型	项目代号	检验方法及数量			
		外观检查	无损探伤	断口检查	拉伸试验
板 件	01	1	1	—	2
	02	1	1	—	2
	03	1	1	—	2
	04	1	1	—	2
	09	1	1	—	2
	10	1	1	—	2
	11	1	1	—	2
	12	1	1	—	2
	16	1	—	1	—
	17	1	—	1	—
	18	1	—	1	—

A12 操作技能考核试样的取样规格、尺寸及质量标准应符合本规程第 6、9 章的规定。

A13 焊工技术考核的成绩评定、合格证的发放与吊销应符合 DL/T679 的有关规定。

A14 合格焊工如连续 6 个月无相应的工作，应由原考核单位组织进行工艺技能测定，无测定记录的视为中断相应焊接工作。

A15 焊工合格证的填写方式为：焊接方法 + 铝材牌号 + 项目代号（例：W_s-1060-01）。

附录 B (标准的附录)

铝母线焊接接头射线探伤规定

B1 检测范围和一般要求

本规定适用于厚度小于或等于 40mm 的铝母线 (包括纯铝、铝镁合金、铝锰合金等) 焊接接头 X 射线透照检测和质量等级评定。除本规定要求外, 其他射线探伤要求, 均按有关标准规定进行。

B2 象质计和测深计

B2.1 采用线型象质计, 象质计的选用按表 B1 规定。

表 B1 象质计选用表

mm

达到的象质指数	线 径	适合的透照厚度 T_A
16	0.100	—
15	0.125	≤ 6
14	0.160	$>6 \sim 8$
13	0.200	$>8 \sim 12$
12	0.250	$>12 \sim 16$
11	0.320	$>16 \sim 20$
10	0.400	$>20 \sim 25$
9	0.500	$>25 \sim 23$
8	0.630	$>32 \sim 40$

注: 参照 GB3323。

B2.2 测深计采用沟槽对比块, 沟槽对比块的结构和规格应符合 DL/T5069 的规定。

B2.3 象质计和测深计应用铝或铝金属材料制成。如用钢铁材料代用时, 应按表 B2 进行换算。

表 B2 钢铁/铝射线透照等效系数

kV

材料	射 线 能 量		
	100	150	220
钢铁	1.0	1.0	1.0
铝	0.08	0.12	0.18

注: 参照 GB3323。

B3 透照厚度

透照厚度 T_A 应根据透照条件的实测值确定, 如实测有困难时, 可按表 B3 确定。

表 B3 各种接头型式的母材厚度与透照厚度

mm

透明方式	母材厚度	接头型式	透照厚度 T_A
单层透照 	δ	V	$\delta + 2$
		X	$\delta + 4$
双层透照 	δ	V	$2\delta + 2$
		X	$2\delta + 4$

注: 板材 T 形接头射线探伤透照与 V、X 形接头同等对待, 参照 GB3323。

B4 底片质量

B4.1 底片的象质指数须满足表 B1 的要求, 黑度范围为:

$$D = 1.2 \sim 3.5$$

式中 D ——底片黑度。

B4.2 底片上象质计影像位置应正确，定位标记和识别标记齐全，且不得掩盖被检测焊缝的影像。

B4.3 底片上不得有妨碍底片评定的划痕、指纹、脏物、污斑、静电痕迹等伪缺陷。

B5 射线探伤质量等级评定

B5.1 根据缺陷的性质和数量，将焊接接头质量分为 I、II、III 级。

B5.1.1 I 级焊接接头内应无裂纹、未熔合、未焊透和条状缺陷。

B5.1.2 II 级焊接接头内应无裂纹、未熔合；未焊透长度不得超过焊缝总长度的 10% 且在 500mm 长度上连续未焊透不得超过 50mm，且未焊透深度不大于母材厚度的 5%。条状缺陷的评定同未焊透。

B5.1.3 单个缺陷尺寸（指单个气孔、夹渣在任何方向的最大尺寸）；

I 级：缺陷尺寸小于或等于 $1/5$ 焊件厚度，且不大于 4mm 的缺陷，在 1000mm^2 区域内不超过 1 个。

II 级：缺陷尺寸小于或等于 $1/4$ 焊件厚度，且不大于 6mm 的缺陷，在 1000mm^2 区域内不超过 1 个。

B5.1.4 缺陷尺寸超过 II 级的，评为 III 级焊缝。

B5.2 各级焊接接头内允许存在的点状缺陷规定如下：

B5.2.1 长宽比小于或等于 3 的缺陷定义为点状缺陷，可以是圆形、椭圆形、锥形等不规则形状的气孔或夹渣。

B5.2.2 点状缺陷在 $10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 评定区内评定，评定区应在底片上缺陷显示最严重的部位。

B5.2.3 评定点状缺陷时应按表 B4 换算成点数在评定区域内累计计算（焊件厚度不小于 25mm 时，如点状缺陷小于 0.7mm，则该缺陷不参加评级）。

表 B4 缺陷点数换算表

缺陷尺寸 mm	0.5~1.0	1.1~2.0	2.1~3.0	3.1~4.0	4.1~5.0	5.1~6.0
点数	1	2	4	6	8	10

B5.2.4 各级焊接接头允许存在的缺陷点数，见表 B5。

表 B5 各级焊接接头允许存在的缺陷点数

母材厚度 mm 点数 等级	母材厚度 mm		
	5~10	10~20	20~40
I	4~6	6~8	8~12
II	10~14	14~18	18~24
III	大于 II 级者		

注：表中点数多者用于厚度上限；点数少者用于厚度下限；中间厚度用插入法计算，并按四舍五入推算至整数。