比　选　文　件

项目名称：特高压电流源型可控换相换流阀-2030 热分析用单阀母排件加工

清华大学

2026 年 3 月

一．需求一览表

包号	名称	数量
01	特高压电流源型可控换相换流阀-2030 热分析用单阀母排件加工	1 套

二．技术需求

1．产品用途

用于特高压电流源型可控换相换流阀中热分析用单阀的设计与安装。

2．2030热分析用单阀母排件主要技术要求

特高压电流源型可控换相换流阀由阀模块组成，阀模块包括IGCT器件、散热器、电抗器、电阻、电容、母排等主要部件，母排主要用于散热器与MOV，组件与电抗器间的金属连接和固定，并且保证阀组件的电气连接，因此本次申请采购相应母排。

本采购母排包括阀组件碟弹侧母排，固定侧母排，MOV用铜母排，电抗器用母排和阀组件外接母排，既保证阀组件电气连接，又起到支撑和固定作用。

单阀母排件的主要技术要求见第3部分-技术设计要求，具体要求见图纸。

预期取得的成果和考核指标：

（1）合同签订后10天内，完成提供完整中标方签字盖章的图纸、BOM清单作为验收依据。（2）合同签订后35天内，完成2030热分析用单阀母排供货。

3. 技术设计要求

3.1 尺寸要求

铜结构件的几何尺寸要严格按照图纸要求，对于图纸已经标注的公差，严格按照图纸执行；对于图纸没有标注的公差，按照表1的要求执行。

表 1 图纸未注公差要求

序号	类型		公差要求
1	机加工尺寸（包括长度、深度、	≤300mm	±0.5mm

	外圆和内圆、非钻或冲的孔）		300～1000mm	±1.0mm	
			＞1000mm	±1.5mm	
2	平面度			任意方向 100mm 范围内相差不超过 0.013mm	
	平行度			100mm 范围内不超过 0.025mm	
	垂直度			与轴的垂直度 100mm 范围内不超过 0.025mm	
3	直角拐角处的加工			所有直角处圆角的半径不超过 1.5mm	
4	钻孔和冲孔	直径公差	≤25mm	-0.1mm/＋0.25mm	
			＞25mm	-0.1mm/＋0.25mm	
		机加工零件的中心位置	≤300mm	±0.5mm	
			300～1000mm	±1.0mm	
			＞1000mm	±1.5mm	
		装配制造中心位置允许偏差	≤500mm	±0.5mm	
			500～2000mm	±1.0mm	
			＞2000mm	±1.5mm	
5	盲孔直径公差		≤5mm	±0.75mm(钻孔)	±0.25mm(数控加工)
			5～10mm	±1mm(钻孔)	±0.5mm(数控加工)
			10～20mm	±1.5mm(钻孔)	±0.5mm(数控加工)
			≥200mm	±2mm(钻孔)	±1.0mm(数控加工)
6	角度公差			±30’	
7	孔倒角	无公差的孔径≤10mm		最大倒角 0.5mm	
		无公差的孔径＞10mm		最大倒角 1.0mm	
		有公差孔		最大倒角 0.25mm	
		螺纹孔		螺纹孔外缘进行倒角处理	
8	螺纹	公制螺纹		BS 3643 6g/6H	
		BSP 外螺纹		BS 21 和 BS 2779 A	
		螺纹深度		标称深度	
9	金属板材	剪切板材（下料）	≤2400mm	±0.5mm	
		折弯	弯边到切口线对或孔的中心线	±0.5mm	
			弯边到弯边	±1.0mm	
		冲孔（在切口线对或孔的中心和	手动加工（螺旋压力机）	±0.5mm	

		基准中心线之间）	数控加工	±0.13mm
10	装配	独立组件或单独螺栓连接部件		±1.0mm
		角度		±30’
		平面度/平行度	≤1m	±1.0mm
			1～5mm	±2.0mm
		垂直度		从基准开始随尺寸增大，每 100mm 不超过 0.4mm
11	焊接	借助焊接夹具进行的焊接组装	≤500mm	±1.0mm
			500～2000mm	±2.0mm
			＞2000mm	±3.0mm
		焊接装配	≤500mm	±1.5mm
			500～2000mm	±3.0mm
			＞2000mm	±4.0mm
12	不加工公差	凸/凹度	宽度≤25mm	0.125mm
			宽度＞25mm	0.125mm/25mm（在宽度方向上随宽度的增大）
		平直度	宽度≤100mm	每 1000mm 不超过 1.5mm
			宽度＞100mm	每 1000mm 不超过 2.5mm

3.2 外观要求

铜结构件外观要求分为两部分：表面状态和表面粗糙度。

表面状态要求：

所有机加工铜件表面须保持光滑、清洁且平整，严禁存在划痕、毛刺、尖角、腐蚀斑点及油污；加工及后续处理过程中，须对各表面进行严格保护，确保表面无裂纹、皴裂、折皱、起皮、夹杂物、压痕，且不得出现变形或扭曲现象。

所有焊接铜件表面应保持光亮，无尖角、毛刺、划痕、脏污及焊渣；焊缝应具有均匀的鳞状波纹表面，并在全长上保持一致，焊缝表面不允许有药片、熔渣，焊接件上的飞溅必须清理干净，所有的焊缝均应封边。

所有钣金件表面要求无油污、灰尘、焊渣、毛刺、划痕、压痕等杂质或损伤；需经预先清洗，残留杂质需符合行业标准。不允许存在裂纹、砂眼、针孔等影响强度的缺陷；同一批次、同一可视面的钣金件，表面纹理、光泽度需统一。

所有软连接母排不得有扭结、松股、断股及其它明显损伤或锈蚀等缺陷，镀锡、镀镍层不得出现麻点、裂纹、起泡、脱皮等现象。

表面粗糙度：

分为图纸已经标注的表面粗糙度和图纸未标注的表面粗糙度两种，具体要求

在表2给出。

表 2 工件表面状态要求

表面粗糙度类型	表面粗糙度要求	
图纸已经标准的表面粗糙度	按照图纸加工	
图纸未标注的表面粗糙度	钻孔、铰（扩）孔、端面铣削、镗孔、车削表面	Ra 3.2
	研磨、珩磨	Ra 0.8
	自然表面状态	Ra 1.6

3.3 加工要求

所有铜件的加工都以图纸和本技术规范作为加工的唯一依据（材质、尺寸精度、表面处理等）。铜件加工必须严格按照技术文件应答表进行过程记录，同时需要核实加工尺寸、加工工艺的正确性，确保每一个加工细节都符合图纸和本技术规范的要求（小批量试制，每一加工件都要填写）。

3.4 焊接要求

1）焊接材料

焊接材料（焊条、焊丝、焊剂等）必须符合国家标准（GB/T 9460-2023 《铜及铜合金焊丝》），并有制造厂的合格证书。

2）焊缝坡口的基本形式与要求

焊缝坡口的基本形式参考相关的行业标准或企业标准，确保坡口结构满足焊接工艺与接头强度要求。

坡口及邻近区域的母材表面，需保持完好状态，严禁存在裂纹、重皮、坡口损伤、毛刺及其他影响焊接质量的缺陷，若发现缺陷需彻底清理或修复后，方可进行焊接作业。

3）装配与焊接作业

定位焊焊缝长度不应小于 20mm，焊缝厚度不得超过设计焊缝厚度的 2/3。若发现定位焊缝存在裂纹、夹渣、未熔合等缺陷，须将缺陷彻底清除后重新进行焊接，严禁带缺陷进入下一工序。

焊接作业须由持有对应项目合格证书的焊工操作，无证人员禁止上岗。

焊接铜件按照图纸的要求进行加工，焊接后不得出现焊高尺寸不合要求、焊瘤、咬边、弧坑、电弧烧伤、表面气孔、表面裂纹、焊接变形和翘曲等现象。内部不得出现裂纹、未焊透、未熔合、夹渣和气孔等现象。软连接铜排焊接完后要求接触表面平整，不得出现焊接未焊透、未熔合等焊接缺陷。首批零件需按照我

方制订的检验测试计划严格进行尺寸检验和力学性能测试合格之后，方可最终确定焊接工艺，进行批量供货。焊缝质量等级及缺陷分级应符合表 3 的规定中的一级标准执行。

表 3 焊缝质量等级及缺陷分级（单位：mm）

<table>
<tr><th colspan="2">焊缝质量等级</th><th>一级</th><th>二级</th><th>三级</th></tr>
<tr><td rowspan="3">内部缺陷超声探伤</td><td>评定等级</td><td>II</td><td>III</td><td>—</td></tr>
<tr><td>检验等级</td><td>B 级</td><td>B 级</td><td>—</td></tr>
<tr><td>探伤比例</td><td>100%</td><td>20%</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="17">外观缺陷</td><td rowspan="2">未焊满（指不足设计要求）</td><td rowspan="2">不允许</td><td>≤0.2+0.02t 且≤1.0</td><td>≤0.2+0.04 t 且≤2.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">每 100.0 焊缝内缺陷总长不小于或等于 25.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">根部收缩</td><td rowspan="2">不允许</td><td>≤0.2+0.02t 且≤1.0</td><td>≤0.2+0.04 t 且≤2.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">长度不限</td></tr>
<tr><td>咬边</td><td>不允许</td><td>≤0.05t 且≤0.5；连续长度≤100.0 且焊缝两侧咬边总长≤10%焊缝全长</td><td>≤0.1 t 且≤1.0，长度不限</td></tr>
<tr><td>裂纹</td><td colspan="3">不允许</td></tr>
<tr><td>弧坑裂纹</td><td colspan="2">不允许</td><td>允许存在个别长≤5.0 的弧坑裂纹</td></tr>
<tr><td>电弧擦伤</td><td colspan="2">不允许</td><td>允许存在个别电弧擦伤</td></tr>
<tr><td>飞溅</td><td colspan="3">清除干净</td></tr>
<tr><td rowspan="2">接头不良</td><td rowspan="2">不允许</td><td>缺口深度≤0.05t 且≤0.5</td><td>缺口深度≤0.1 t 且≤1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">每 1000.0 焊缝不得超过 1 处</td></tr>
<tr><td>焊瘤</td><td colspan="3">不允许</td></tr>
<tr><td>表面夹渣</td><td colspan="2">不允许</td><td>深≤0.2t，长≤0.5 t 且≤20.0</td></tr>
<tr><td>表面气孔</td><td colspan="2">不允许</td><td>每 50.0 焊缝内允许直径≤3.0 气孔 2 个；孔距≥6 倍孔径</td></tr>
</table>

焊缝质量等级		一级	二级	三级
	角焊缝厚度不足(按设计厚度计)	—		≤0.3+0.05t 且≤2.0，每 100mm 焊缝内缺陷总长≤25.0

3.5 表面处理工艺

对于需要进行表面处理的铜结构件，其工艺严格按照图纸所规定的工艺依据标准进行，常用执行标准详见表 4。

表 4 工件表面处理要求

表面处理工艺	工艺标准
镀锡（5~10μm）	GB/T 12599-2002《金属覆盖层 锡电镀层 技术规范和试验方法》
镀镍（5~8μm）	GB/T 12332-2008 《金属覆盖层 工程用镍电镀层》
镀银	SJ/T 11110-2016 《银电镀层规范》

工件主要表面不应存在明显可见的凸瘤、麻坑、粗糙、裂纹、未镀区域；工件主要表面的镀层厚度测量，需符合GB/T 6462-2005《金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法》的规定，测量数据需留存备查。

3.6 电气性能

在通流能力方面，铜排必须严格符合国家电网相关标准（如国网 Q/GDW 系列技术规范）的要求，铜排的接触电阻必须及铜排两端头之间的直流电阻需要满足图纸要求。

3.7 激光切割要求

3.7.1加工精度

项目类型	外形	孔	设备行程	其他
加工精度	±0.1	0/+0.08(或±0.04 等)	2500*6000	
垂直度	≤0.1mm/10mm			
毛刺高度	≤0.1mm			
挂渣程度	轻微挂渣（可手动清除）			
线性尺寸公差	1、优先按图标注和图纸技术要求 2、图中未注明时，执行 GB/T 1804-m 级			
角度尺寸公差	1、优先按图标注和图纸技术要求			

	2、图中未注明时，执行 GB/T 1804-m 级	
孔径尺寸公差	1、优先按图标注和图纸技术要求 2、图形中未标注时，执行 GB/T 1804-m 级	
形位公差	1、优先按图标注和图纸技术要求 2、图中未注明时：执行 GB/T 1184-K 级	

3.7.2加工范围

材质	厚度 t	外形 mm	孔径 mm	切割宽度 mm
铜板	0.5mm≤t≤10mm	任一边≥10mm	t≤3，孔径≥φ2 3＜t≤6，孔径≥φ3 8≤t≤10，孔径≥φ6	t≤3，最小宽度 1 3＜t≤6，最小宽度 2 8＜t≤10，最小宽度 3

三．商务要求

1. 供应商资质：

供应商提供： 法人营业执照（加盖公章）、收款账户文件（加盖公章）、人员社保缴纳证明，供应商认为必要的其他资格证明文件。

2. 商务条款

条款	内容
1. 付款方式	**国内合同：** （一次性付款）甲方在货物到货安装、调试、验收且收到乙方开具相应金额的增值税专用发票后* 30 *个工作日内向乙方支付100%合同款项。 **注：在甲方支付款项前，乙方应开具相应金额对等的增值税专用发票。**
2. 质保期	3. 质量保证期自验收合格之日起 12 个月。
4. 交付时间及地点	1、交付要求： （1）合同签订后10天内，完成提供完整中标方签字**盖章的图纸、BOM清单**作为验收依据。 （2）合同签订后35天内，完成特高压电流源型可控换相换流阀的

	2030热分析用单阀母排件的加工。 2、交货地点：清华大学用户指定地点
5. 验收方式	☑采购人自行验收 ☐组织专家参与验收 ☐其他方式：_____
6. 验收标准	1. 产品数量及外观验收：根据采购合同清单，进行零部件数量及外观检验； 2. 产品质量文件验收：乙方需提供清晰完备的**装箱单和检验报告，第三方检验报告如有（依据图纸要求），试验报告如有（依据图纸要求），主要产品加工工艺、工艺控制文件和作业指导书等；** 3. 产品抽样检验：按照图纸要求对交付零部件进行**抽样检验**，抽检零部件均需满足图纸的要求，且与质检报告进行复核检验数据。如抽检不合格，需要对整批产品进行复核检验。依据判定不合格品数量，限期供应商返厂维修或重新加工交付合格产品。

3. 类似业绩

供应商近 3 年具有与本项目同类的项目业绩（需提供项目业绩的合同关键页复印件，合同关键页包含合同的甲乙双方，合同详细标的和双方签章及生效时间）。

4. 能力证明文件

供应商提供：**质量管理体系认证及证书，生产设备、检验设备及生产能力的说明文件，售后服务承诺书**等供应商认为必要的其他能力证明文件。

5. 报价单

供应商根据技术要求、商务要求，评估并出具正式报价单（或方案）、加盖公章。