# 采购需求及技术规格要求

**1、货物需求一览表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 货物名称 | 数量 | 交货期 |
| 1 | RMP电源柜改造 | 24台 | 合同签订后3个月内完成并验收 |
| 2 | 控制系统（含主控制器、本地控制器、连锁保护控制器以及设备监控系统） | 1套 |
| 3 | RMP电源改造涉及的设备拆装及系统调试 | 1套 |

**2、工程技术要求**

现有每套RMP电源额定输出能力仅为±3000A，已不能满足EAST RMP线圈物理实验参数升高的要求，严重限制了边界局域模控制能力的提升，为突破边界局域模控制技术瓶颈，亟需对现有RMP电源系统进行扩容改造，以提升RMP电源输出性能。

通过对现有RMP电源柜改造，使得RMP电源输出能力达到额定±6000A。通过控制系统的改造，进行故障类型识别和定位，并在人机界面显示详细故障信息。

**2.1、设备的主要用途及功能**

RMP电源系统由8套RMP电源组成，为EAST装置内真空室内的16个共振磁扰动RMP线圈提供特定的电流和电压，用于边界局域模控制等物理实验研究。每套RMP电源由监控柜、功率柜和输出柜构成，为RMP线圈提供可控的电流。

**2.3、 工作条件**

RMP电源系统在户内安装及运行，现场室外环境条件如下表所示。

|  |  |
| --- | --- |
| **参数** | **数值** |
| 高度(海拔) | ≤1000 m |
| 温度(室外) | -10~+40 ℃ |
| 温度(室内) | -5~+45 ℃ |
| 24小时平均温度(室外) | -5~+35 ℃ |
| 24小时平均温度(室内) | 0~+40 ℃ |
| 24小时平均相对湿度 | ≤95% |
| 30天平均相对湿度 | ≤90% |
| 地震烈度 | 7 |
| 污染等级（根据IEC60071-2） | I |

**2.4、设计输入参数要求**

RMP电源设计输入参数详见下表。

|  |  |
| --- | --- |
| **参数** | **数值** |
| 输入电压 | 三相AC 380 V+N+PE（-5%~10%） |
| 输入频率 | 50 Hz |
| 功率柜的整流变压器 | △/△/Y，380V/240V/240V |
| 功率柜额定输出电压 | ±450 V |
| 功率柜额定输出电流 | ±6000 A |
| 输出精度 | 0.1% |
| 电流延时 | ≤350 s（接收给定指令到输出电流达到给定值50%的时间） |
| 带感性负载 | 可输出任意波形及2 kHz正弦、方波、三角波等典型波形 |
| 对地绝缘 | 5 kV |
| 冷却方式 | 去离子水冷却 |
| 水冷系统 | 进水压力：0.3 ~ 0.5 MPa  最高进水温度：35 ℃  进出水温差：≤20 ℃ |

**2.5、 技术性能指标要求**

RMP电源系统性能升级的技术要求如下：

1. 以最大限度利用RMP电源现有主回路设备的基础上，对其电源柜、输出柜进行优化改造、提高输出铜排的载流能力，实现RMP电源系统性能提升；
2. 额定输出电流：±6000 A；
3. 输出精度：0.1%；
4. 电流延时：≤350μs（接收给定指令到输出电流达到给定值50%的时间）；
5. 通过控制系统的升级改造，实现远程控制及操作、故障类型识别和定位，并在人机界面显示详细故障信息；
6. 带感性负载，可输出任意波形及2kHz正弦、方波、三角波等典型波形；
7. 改造设备的拆除、安装及电源系统调试。

RMP控制系统按照《聚变装置变流器控制系统设计准则（GBT 41821-2022）》 定义的系统架构、功能要求，控制保护、采集及监控系统性能指标要求如下：

1. 采用cPCI架构数字控制器；
2. 控制响应时间：≤50 μs；
3. 输出响应时间：≤100 μs；
4. 保护响应时间≤10 μs；
5. 运行实现参数设置；
6. 监控设备层运行状态，包括但不限于：功率器件状态、开关状态、母排温度、电抗器温度、水系统状态、变压器温度；
7. 状态机控制功能；
8. 通讯接口：万兆以太网；
9. 通讯延时：≤100 μs。

RMP电源升级涉及的旧设备拆除、新设备安装以及系统调试的要求如下：

1. 旧设备拆除；
2. 新设备安装；
3. 系统调试项目包括：绝缘试验、空载试验、额定电压试验、轻载试验、额定电流试验等，带感性负载输出任意波形及2kHz正弦、方波、三角波等典型波形。

**2.6、结构要求**

380V交流底部进线，直流顶部输出。RMP电源结构设计原则如下：

1. 模块化设计
2. 紧凑化强
3. 散热能力强
4. 便于维护

电源柜体安装尺寸为800 mm×1000 mm×2105 mm。

投标方在投标的方案中应明确给出提升电源性能的设计方案。

**2.6.1、动稳定性分析**

利用有限元仿真软件，建立RMP电源的电磁分析及结构分析仿真模型，验证RMP电源结构对短路电动力的耐受能力，含骨架静强度仿真和定位结构应力损坏仿真。

**2.6.2、热稳定性分析**

利用有限元仿真软件，建立RMP电源的电磁分析及热分析仿真模型，施加额定电流载荷，验证RMP电源连续在额定电流下长期工作的热稳定性。

**2.6.3、柜体要求**

沿用现有RMP电源柜，柜体尺寸为800 mm×1000 mm×2105 mm。

**2.6.4、功率器件要求**

功率器件，则应与现有功率器件型号相匹配，选用德国英飞凌品牌IGBT。

**2.6.5、冷却系统结构**

采用去离子水的水冷却方式，招标方提供的水冷系统的进口水压0.3~0.5 MPa，回水压力0.2 MPa。应达到在入口水温35℃的情况下，使得进出口水温升不超过20 K。

投标方应提供电源额定功率损耗及其所需水流量的计算过程和结果，还应提供电源进出口水压差的计算结果。水路管道设计时，需满足主回路对地绝缘等级为5 kV的要求。

**2.6.6、绝缘和支撑**

电源主回路对地的绝缘耐压水平为5 kV。桥臂之间应有足够的强度支撑，保证电源结构在短路冲击力作用下不发生损坏和变形。

**2.6.7、型材和工艺**

要求所有铜排材料为一次成形高强度、高电导率型材，禁止多段型材拼接熔焊成导电排。控制母排在额定电流运行条件下温升不大于15 K。

电源设计使用年限为20年，要求导电排压接连接部位在长期的使用过程不会因老化而造成接触部位的接触电阻大幅上升。导电排要进行表面处理，镀层应保证接触部位长时间内的抗氧化能力，同时还应保持良好的导电性和导热性。要求镀锡层光洁、平整、不易起皮脱落。

**2.7、 技术服务要求及质保要求**

**2.7.1、技术服务**

**2.7.1.1、概述**

乙方应根据现有RMP电源情况，提出合理的性能方案，并对完成RMP电源系统性能升级合同所涉及的旧设备拆除和新设备的安装。

乙方在设备拆除、安装前及时向甲方提供技术服务计划，包括服务内容、日程、工作人员、天数等。甲方、乙方双方据此共同确认一份详尽的安装工序和时间表，作为乙方指导安装的依据，并列出安装承包商应提供的人员和工具的类型及数量。

甲方、乙方双方应该根据现场工地施工的实际工作进展，通过协商决定乙方技术人员的专业、人员数量、在工地现场服务的持续时间以及到达和离开工地现场的日期。乙方人员在RMP电源现场施工时，应至少有一位甲方人员在现场陪同。

**2.7.1.2、任务和责任**

乙方指定的工地现场代表，应在合同范围内全面与甲方工地现场代表充分合作与协商，以解决合同有关的技术和工作问题。双方的工地代表，未经双方授权，无权变更和修改合同。

乙方技术人员代表乙方，完成合同规定有关RMP电源系统性能升级的技术服务。

乙方技术人员应对甲方代表详细地解释技术文件、图纸、运行和维护手册、设备特性、分析方法和有关的注意事项等，以及解答和解决甲方在合同范围内提出的技术问题。

**2.7.1.3、旧设备拆除、新设备安装、调试、试运行和验收**

设备的拆除、运输、新设备的安装以及系统调试，均由乙方人员负责，甲方代表仅在现场监督。

合同设备试运行和验收，根据本招标文件规定的标准、规程和规范进行。

验收时间为调试和试运行完成并稳定运行后。在此期间，所有的合同设备都应达到各项运行性能指标要求。甲方和乙方双方可签署合同设备的验收证明书，共两份，双方各执一份。

**2.7.2、质保期**

RMP电源系统经过性能升级后，其质保期为自调试和试运行完成并稳定运行之日起至少12个月，更换后的零部件的质保期从更换之日起计算。

在质保期内，乙方应提供技术援助电话，解答甲方在使用中遇到的问题，并及时为甲方提出解决问题的建议，如需要，免费提供维修服务。

**2.7.3、售后服务**

乙方应能提供电话咨询和现场响应等售后服务。

1. **电话咨询**

乙方应提供技术援助电话，解答业主方在使用中遇到的问题，及时为业主方提出解决问题的建议。

1. **现场响应**

* 在接到报修通知后，电话咨询不能解决的，乙方应承诺在24小时内到达现场进行处理，确保产品正常工作；
* 若无法在24小时内解决的，乙方将提供备用产品（在质保期内免费，质保期外甲方付费），使业主方能够正常使用。若故障在24小时内未得到解决的，如遇重大问题或其他暂时无法迅速解决的问题在一周内解决；
* 发生紧急抢修事故的，乙方在接到通知后，确保做到立即到达事故现场。

1. **质保期外服务承诺**

质保期满后，乙方应同样提供免费电话咨询服务，并承诺提供产品上门维护服务，可按照市场行情适当收取服务费。

**2.7.4、铭牌**

RMP电源系统的电源柜、控制柜、输出柜应制定专用的铭牌，铭牌采用不锈钢制作，安装于醒目位置，要求字体清晰。铭牌的具体内容应根据相关标准制作，并在制作前由乙方提出并得到甲方认可。

**2.8、验收标准及验收程序**

RMP电源系统性能升级采用现场试验方式进行验收，试验项目详见下表。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **试验项目** | **现场试验** | **相关描述** |
| 一般性检查 | **√** | 2.8.1 |
| 绝缘耐压试验 | **√** | 2.8.2 |
| 水路密封性试验 | **√** | 2.8.3 |
| 空载试验 | **√** | 2.8.4 |
| 额定电压试验 | **√** | 2.8.5 |
| 轻载试验 | **√** | 2.8.6 |
| 额定电流试验（任意波形及2kHz正弦、方波、三角波等典型波形） | **√** | 2.8.7 |
| 电流延迟测试 | **√** | 2.8.8 |

对于外购的辅助部件，该部件产品的试验可以根据制造商提供的同类型产品的相关试验的认证书和试验报告来代替，下面具体介绍RMP电源系统集成各项试验及其要求。

* + 1. **一般性检查**

一般性检查包括但不限于以下内容：

1. 检查电源柜内的元器件安装位置与安装方法是否与设计图纸一致；
2. 检查控制单元内所有电路板插件、连接器的安装位置是否与图纸一致；
3. 检查电源柜及控制单元所有接线是否准确、插头有无松动等；
4. 检查所有螺栓螺母及支撑紧固件是否牢固；
5. 检查冷却回路接头连接是否紧固；
6. 检查进出线位置及端子标号是否与设计图纸一致。
   * 1. **绝缘耐压试验**

绝缘耐压试验包括绝缘电阻测量和耐压试验。

试验电压为DC 5 kV，施加在主回路与地之间，耐受时间为3 min。

绝缘耐压试验包括但不限于以下内容：

1) 用2500 V兆欧表测量电源柜主回路与地之间的绝缘电阻，要求不小于50 MΩ；

2) 在电源柜主回路与地之间施加5 kV DC电压，并维持 3 min；

3) 在施加电压过程中观察电源柜有无绝缘击穿或电压闪络现象。

* + 1. **水路密封性试验**

水密封试验内容包括但不限于以下内容：

1. 接通供水，通水2分钟，冲洗管道；
2. 水压调节至0.3~0.4MPa，检查水冷回路是否有渗漏水现象，若无渗漏水则维持水压60分钟，再次检查水冷回路是否有渗漏水迹象。
   * 1. **空载试验**

在电源输出端不接负载的情况下，通过电压控制，预设输出电压，启动控制程序，运行电源，观察电源输出电压波形与预设电压波形是否一致。

* + 1. **额定电压试验**

在空载情况下进行额定电压试验，检查电源输出电压是否能够达到±450 V，允许偏差±1%。

* + 1. **轻载试验**

RMP电源接假负载， 输入端接入380V交流电，通过电流闭环控制，使得电源输出电流不超过500 A，考核电源在运行中耐受高压的能力，并检查辅助及控制装置的工作是否正常。

具体要求如下：

1) 试验通电不小于半小时；

2) 试验中，测量交直流电压电流，观察RMP电源运行性能；

3) 用红外激光测温仪测量关键设备表面温度，不能有局部过热现象。

* + 1. **额定电流试验**

RMP电源接假负载，输入端接入380V交流电，通过电流闭环控制，使得电源在±6000 A的额定电流下运行，考核电源在额定条件下的运行是否正常。

电流允许偏差为±1%。

预设电流波形为任意波形，至少涵盖2 kHz正弦、方波、三角波等典型波形。

* + 1. **电流延迟测试**

该试验可以与额定电流试验一起进行，电流延迟的定义如图1中的td所示，其中红色线表示预设电流波形，黑色线是电源输出电流波形，I0是预设电流的峰峰值。

在额定电流下，电流延时不超过350 μs。

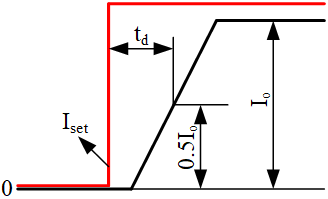


图1 电流延迟示意图

**2.9、质量和进度管理要求**

**2.9.1、质量管理**

除非双方另有约定，投标方应在中标后14天内，撰写并向招标方提交RMP电源的改造设计、旧设备拆除、材料采购、新设备安装、及集成调试等全过程的《质量计划》和《制造和检测计划》。投标方的《质量计划》和《制造检测计划》须经招标方确认后，方可实施。《质量计划》和《制造和检测计划》须提交中文版本，文件模版应满足招标方要求。

招标方的质量管理和控制主要是指在投标方电源性能提升改造设计方案审查，生产质量检验和生产进度监造。其内容包括但不限于：

1. 投标方应该有ISO 9001质量管理体系，并拥有相关的程序文件且配备合格的质量保证和质量控制人员。
2. 在每个月的第五个工作日，投标方需要提交《月度报告》给招标方批准，文件模版应满足招标方要求。
3. 投标方需定期向招标方提交报告并与其召开会议。会议结束后的5个工作日内，投标方应将会议纪要提交给招标方。招标方将在收到会议纪要后的7个工作日内转发评论给投标方，否则视为招标方认可该会议纪要。
4. 在合同实施过程中，如果发生偏差或不符合项，投标商需要提交《偏差请求》和《不符合项报告》给招标方，经招标方批准后方可执行。其模版应满足招标方要求。
5. 在货物交付前，投标方须完成《承包商备注记录》并提交给招标方。其模版应满足招标方要求。
6. 合同生效后1个月内，投标方须提交《风险管理计划》给招标方批准。
7. 如有合同设备经检验和试验不符合技术规范的要求，招标方可以拒收，投标方应更换被拒收的货物，或进行必要的改造使之符合技术规范的要求，所有由于产品不符合技术要求造成材料，加工，安装，运输，试验等所有成本或费用的增加，均由投标方承担。
8. 招标方对货物运到招标方目的地以后有进行检验、试验和拒收（如果必要时）的权利，不得因该货物在原产地发运以前已经由招标方或其代表进行过监造和检验并已通过作为理由而受到影响。招标方人员参加出厂试验，包括会签任何试验结果，既不免除投标方按合同规定应负的责任，也不能代替合同设备到达目的地后招标方对其进行的质量检验。
9. 投标方应在开始进行出厂试验前7个工作日，通知招标方其日程安排。根据这个日程安排，招标方将确定对合同设备的哪些试验项目和阶段要进行见证，并将在接到投标方关于安装、试验和检验的日程安排通知后7天内通知投标方。然后招标方将派出技术人员前往投标方和（或）其分包商生产现场，以观察和了解该合同设备出厂试验的情况及其运输包装的情况。若发现任一货物的质量不符合合同规定的标准要求，或包装不满足要求，招标方代表有权发表意见，投标方应认真考虑其意见，并采取必要措施以确保待运合同设备的质量，见证检验程序由招标方和投标方双方代表共同协商决定。

若招标方不派代表参加上述试验，投标方应在接到招标方关于不派检验人员到投标方和（或）其分包商工厂的通知后，或招标方未按时派遣人员参加的情况下，自行组织检验。

**2.9.2、生产过程监造**

**2.9.2.1、监造范围**

生产过程监造范围包含并不仅限于以下内容：

1）旧设备的拆除；

2）电源改造过程；

3）新设备的安装；

4）输出回路的改造连接；

5）对重要的外协、外购元器件的质量和数量的检查。

**2.9.2.2、检查**

1. 在制造期间和完成后，全部设备及材料应接受招标方检查人员于任何时间的检查；
2. 任何设备和材料如被招标方检查人员检查后因不满足技术要求而拒绝接受,投标方应予以替换，且不能提出合同金额增加的要求；
3. 投标方应提交明确的试验报告和试验相关的其他数据，只有在获得招标方批准认可后才能发货。

**2.9.2.3、投标方向监造者提供的资料**

投标方应向监造者提供的资料含并不仅限于如下内容：

1. 主要元器件的采购明细、记录和出厂检验报告等；
2. 重要材料的物理、化学特性和型号及必要的工厂检验报告；
3. 重要外协零部件和附件的验收试验报告及重要零部件和附件的全部出厂试验报告；
4. 设备出厂例行试验报告、半成品试验报告；
5. 型式试验报告；
6. 产品改进和完善的技术报告；
7. 与子供应商的技术协议、分包合同副本；
8. 合同设备的组装图、引线布置图、装配图及其他技术文件；
9. 设备的生产进度表；
10. 设备制造过程中出现的质量问题的备忘录。

监造者有权到标的设备的车间和部门了解生产信息，并提出监造中发现的问题（如有）。

监造者将不签署任何质量证明文件，招标方人员参加工厂检验既不能解除投标方按合同应承担的责任，也不替代合同设备到货后招标方的检验。

**2.9.3、生产进度控制**

自合同签订之日起3个月完成项目涵盖的所有工作，具体进度要求如下：

1. 合同签订后1个月内完成RMP电源系统升级的实施方案设计并通过甲方评审；
2. 合同签订后3个月内完成RMP电源的主回路及控制系统改造，并通过现场试验验证RMP电源系统性能达到合同规定的指标要求。

投标方应在本合同签订7天内，制定并向招标方提交详细的生产进度计划表，包括生产设计、材料采购、产品制造、厂内测试以及运输等项的详情，以确定每部分工作及其进度，来保证本合同的按时完成。该生产进度计划表得到招标方书面批准同意后，方可正式开始合同的执行。

如生产进度有延误，投标方应及时将延误的原因、产生的影响及准备采取的补救措施等，向招标方加以解释，并尽可能保证交货期。否则应及时向招标方通报，以便招标方能采取必要的措施。

投标方必须在生产进度计划表中设置和定义关键节点。根据不同节点的功能和重要性，关键节点可以分为4类：告知节点（NP），授权继续执行节点（ATTP），见证节点（WP）和停工待检节点（HP）。

1. 告知节点（NP）是第一类关键节点，在工作进度中，投标方将要执行一个特定的生产过程或者交付物，到达告知节点时，投标方须通知招标方。告知节点指的是允许招标方在投标方处见证一个关键的制造过程。投标方应至少在该进度计划的7个日历日前通知招标方，招标方应至少在该进度计划的2个日历日前决定是否参与。告知节点不会影响投标方的生产流程。
2. 见证节点（WP）是第二类关键节点，在工作进度到达该节点处，投标方必须通知招标方，投标方要执行一个特定的生产过程或者交付物。见证节点指的是强制性的检查以验证在投标方处的关键制造过程。投标方应至少在该预期制造日程的7个日历日前通知招标方。
3. 授权继续执行节点（ATTP）是第三类关键节点，在工作进度到达该节点处，投标方必须通知招标方，投标方已完成一个特定的生产过程或者成果交付物，等待招标方授权进行下一个特定的生产过程或者成果交付物。招标方在对投标方提供的可被明确认可的质量控制数据和验收试验结果认可同意的基础上，认可授权继续执行节点。超过这7个日历日，招标方应将自己的决定通知投标方。如果授权许可，投标方可进行下一个特定生产过程或者成果交付过程。授权继续执行节点仅影响与之相关的特定生产过程或特定的交付过程，而不影响相同类型的其它产品的生产或交付过程的执行。
4. 停工待检节点（HP）是第四类关键节点，在工作进度到达该节点处，投标商必须通知招标方，投标方已完成一个特定的生产过程或者成果交付过程，必须停止相关工序直到得到待检放行的一个关键节点。停工待检节点的放行应基于投标方根据需要提供给招标方的可被明确认可的质量控制数据和验收试验结果。招标方应在最多不超过7个日历日内评审投标方的数据。如果放行，投标方继续进行下一阶段生产过程。

投标方需要在中标后2周内，向招标方提供详细的工作进度表，工作进度表中应详细定义各关键节点的种类。

**2.9.4、数据、文件和设备标签管理要求**

本合同实施过程中产生的大量数据和资料要利用计算机系统进行处理。

文件资料例如设计文件、报告、图纸、技术手册、制造历史数据、试验方案流程等资料之类的文件要管理和质量管理计划的要求以电子版形式进行存档。

本技术要求范围内的设备都要依照编号规则和电气设计手册的要求在可见的位置上，以永久不变的方式做标记。

**2.10、培训**

投标方应为招标方的技术人员和运行、维护人员进行技术培训，以使他们全面了解本项目设备的基本原理、技术特点、控制保护功能、运行维护要求以及常见故障的排除方法等。

投标方应在规定期限内，根据合同规定的方式，组织对招标方选派的运行操作及管理人员进行技术培训，招标方可以根据实际情况，对人数和天数进行调整。

投标方应当在投标文件中提出详细的针对所供设备的原理、操作、简单运行维护的详细培训实施计划。招标方将对投标方提出的培训计划进行评估。对于准备不充分，缺乏细节的培训计划将影响对其投标的评价。

投标方应选派有相应资质和经验的专业教员，对招标方选派的运行维护人员和管理人员进行培训。