

# 西南交通大学土工离心机设备电气控制系统外包技术协议

## 1 外包内容

西南交通大学土工离心机设备改造电气控制系统外包内容包括：

- a) 拖动控制系统（拖动系统、主控系统以及下位机控制软件）的采购、制造、包装、运输以及西南交通大学现场的最终安装、接线、调试工作；
- b) 主电机的采购及西南交通大学现场接线工作；
- c) 润滑油站的现场接线工作；
- d) 主控制室操作台系统的采购及接线工作。

## 2 技术要求

### 2.1 基本要求

所提供的拖动控制系统须根据变频器谐波设计规范对所需的零部件（例如动力电缆、信号电缆、电源滤波器、电机电抗器等）进行设计和配备，全套拖动控制系统运行时须同时满足以下电能质量标准：

- a) 《电能质量 公用电网谐波》 GB/T 14549-1993；
- b) 《公用低压供电系统中低频传导干扰和信号的兼容性标准》 IEC 61000-2-2；
- c) 《电力系统谐波控制的建议做法和要求》 IEEE Std 519-2014。

投标方案需提出系统运行所需的环境需求及配电需求，并在方案中给出确保系统满足谐波要求的措施。

### 2.2 技术指标

- a) 采用永磁同步电机直接驱动方式，电机额定功率218kW，电机转速范围0r/min~260r/min，超调量≤0.5%，转速稳定度≤0.5%F·S；
- b) 加速时间：离心机满载情况下转速由0r/min上升至260r/min的时间<15 mins；
- c) 变频调速装置按表1参数进行配置；
- d) 连续工作时间：>24h；
- e) 西南交通大学现场的拖动控制系统电网容量：300kVA；
- f) 驱动器入网谐波要求
  - 1) 电压总谐波畸变率：<5%；
  - 2) 奇次电压谐波：<4%；
  - 3) 偶次电压谐波：<2%。

g) 具备完善的安全保护功能：油压监测、温度监测、转臂不平衡力监测、紧急停机、声光报警、机室门开关联锁等。

### 2.3 提供的相关技术条件

- 1) 传动系统配套有润滑油站，由配套产品厂家配备 PLC，通过总线与主站 PLC 连接，并受控于主站和向主站发送设备工作状态数据；
- 2) 提供系统所用的监测传感器、变换器（如温度、力）。

控制间、驱动间及油水气间位于地上一层。控制柜与接线柜布置于控制间，驱动柜安装在驱动间，离心机润滑油站位于地下负一层。系统整体布局如附图 A.1 所示。电气系统各部分要求能满足环境适应性，长期稳定可靠运行。

### 2.4 功能要求

- a) 离心机最大加速度200g (260rpm)，采用永磁同步电机直接驱动方式，电机额定功率218kW，采用交流变频驱动及以主站PLC为核心的集散控制系统，监测与控制离心机及其辅助设备工作；
- b) 控制柜、接线柜、开关柜及驱动柜柜体选用国有品牌；
- c) 开关器件、接触器、继电器、按键、指示灯、端子排等选用国有品牌；
- d) 控制柜为集成触摸屏、PLC、交换机、接触器、继电器、故障保护、直流电源、接线柜供电端子等综合柜体；
- e) 离心机操作方式分为触摸屏和计算机两种方式，其中选中了一种操作方式后，另一种操作方式无效，在控制柜柜门上采用2位旋钮开关切换；
- f) 具备实时监控及完善的安全保护功能，通过灯光、声音等方式报警，声音出现时可手动/自动消除；
- g) 系统自检完成在可启动的条件下反馈到控制柜指示灯；
- h) 在控制柜上设计分/合闸按钮对拖动系统进行远程电源控制；
- i) 控制柜上设置钥匙开关，用来控制除拖动系统外的所有电源；
- j) 拖动系统除自身抗干扰能力强、工作稳定以外并采取适当措施，消除对其它控制系统及测量系统的干扰，额外配置隔离变压器及电抗器；
- k) 驱动柜上设置三相电源指示灯，用于指示拖动系统供电状态，设置变频器运行和故障指示灯；
- l) 接线柜用于安放甲方光端机、直流电源、20路功率环接线端子（380V/30A）、

- 60路信号环接线端子（220V/5A）等设备，接线柜的供电由控制柜内相应端子接出；
- m) 接线柜内设置若干接触器，分别控制接线柜内设备的供电，接线柜柜门上设置按钮和指示灯，用于电源指示与控制；
  - n) 关于急停按键。急停按键（控制间操作台、机室门口、驱动柜、控制柜）直接接入调速装置控制离心机停车，急停按键信号同时并入PLC，用以判断每个急停按键状态；
  - o) 关于旋转警示灯。在离心机机室门口安装旋转警示灯，用来指示离心机启停状态；
  - p) 主站PLC主要功能：离心机数据交换与系统状态监测、处理；通过与高压油站PLC通讯对稀油站与高压油站进行监控；监测转臂平衡状态；控制离心机静平衡与动平衡调节、监测机室温度、电机温度、轴承温度等。
  - q) 主站PLC要求与润滑油站的从站PLC（甲方提供）进行通讯，实现对润滑油站的监控
    - 1) 主控PLC远程控制润滑油站的“启动”“停止”“加热”“冷却”运行，接收高压油站发送的“工作正常”、“故障”信号及“油压”、“油温”、“液位”等数据；
    - 2) 润滑油站工作状况接入驱动系统安全连锁；
  - r) 关于温度监测。主站PLC通过与润滑油站的从站PLC（甲方提供）通讯获取电机、轴承温度数据并向上位计算机发送：“轴承1”“轴承2”“轴承3”，“定子1”“定子2”“定子3”温度；
  - s) 关于离心机启动联锁。主站PLC根据电机温度状态、油站运行状态、机室门开关信号、转臂平衡状态及拖动系统状态等判断离心机能否启动及是否停机保护；
  - t) 关于保护、报警功能。系统应具有的保护功能至少应包含以下各项
    - 1) 拖动系统自身应具有的保护、报警，如过流、过温、缺相、超速、反馈丢失等等；
    - 2) 离心机转臂平衡超限保护；
    - 3) 离心机启动联锁保护；

- 4) 各部件工作状态监测与自动报警、停机，如变频器、稀油站、电机、静平衡检测状态等工作状态；
- 5) 本地及远程紧急停车功能；
- 6) 自动/手动主回路分断。
- u) 关于离心机不平衡力监测。通过测量离心机转臂上4个力传感器，计算离心机转臂两端的不平衡力大小。当不平衡力超出系统限值时，离心机无法启动或自动停机。
- v) 关于主控制室操作台。布置在主控制室里，为6个工位，包括主控制室机载设备操作台、测量操作台、主控操作台等，由乙方采购，图1为主控制室操作台布局示意图（不含大屏幕显示）。



**图1 主控制室操作台布局示意图**

### 3 供货范围

供货范围主要包括拖动系统、主控系统、连接电缆及主电机等外购件等。乙方须根据技术要求进行方案设计，保证整套电气系统的完整性。

#### 3.1 拖动系统

##### a) 编码器

绝对式编码器，并提供编码器原厂线缆 25m。

##### b) 主电机驱动器

主电机驱动器选型如表1，其余配件选型需根据实际需求，与甲方共同确定。

**表1 主电机驱动器选型**

序号	名称	订货号及重要参数	数量
1	装置型有源电源模块 ALM	6SL3330-7TE33-8AA3	1
2	装置型有源接口模块 AIM	6SL3300-7TE33-8AA1	1

3	装置型单轴电机模块 MM	6SL3320-1TE33-8AA3	1
4	CU320-2 PN 控制单元	6SL3040-1MA01-0AA0	1
5	CF 卡	6SL3054-0EJ00-1BA0	1
6	基本操作面板	6SL3055-0AA00-4BA0	1
7	传感器模块 SMC20	6SL3055-0AA00-5BA3	1

### 3.2 主控系统

主控PLC及传感器的配置选型，乙方需根据实际需要增加I/O模块数量及集成PLC的其他模块。

表2 主要器件参数

名称	参数	数量	功能
控制柜	800mm×600mm×1800mm	1面	位于控制间
接线柜	800mm×600mm×1800mm	1面	位于控制间
开关柜	800mm×800mm×2000mm	1面	位于驱动间
驱动柜	800mm×800mm×2000mm	1面	位于驱动间
CPU 1513-1PN			PLC主站
DI 16 x 24 V DC / DQ 16 x 24 V DC/0.5A 紧凑型			采集数字输入/输出量
AI 8 x U/I HS			采集模拟输入量
PM1507 24 V/8 A		1块	电源模块
精智版15寸触摸屏		1块	本地操作接口
存储卡		1张	存储数据
急停按钮		4个	操作台、控制柜、驱动柜、机室机座处的急停
行程开关		2个	检测机室门开闭
温度传感器pt100	L=Φ6×100×300 (2只), L=Φ6×80×300 (1只), L=Φ6×43×300 (1只) 每只配信号线缆50m	1套	测量轴承温度

### 3.3 电缆需求

驱动控制系统所需电缆相关要求如下

- a) 拖动系统、主控系统所有内部相关连接以及驱动器至编码器的电源线和信号线;
- b) 动力线缆
  - 1) 开关柜至驱动柜进线采用专用动力电缆，距离 5m;
  - 2) 驱动柜出线至主电机进线，采用专用变频电缆，距离 20m;
- c) 电源电缆  
控制间配电柜至控制间操作台220Vac/20A电源电缆，距离30m。
- d) 信号线缆
  - 1) 操作台、控制柜、主机室门处、驱动柜、地下室至 PLC 的  $2 \times 0.5\text{mm}^2$  带屏蔽数字信号电缆，距离总长 400m;
  - 2) 地下室、吊舱至 PLC 的  $4 \times 0.2\text{mm}^2$  带屏蔽模拟信号电缆，距离总长 400m。
- e) 动力电缆及电源线缆须采用国有品牌，信号电缆须采用国有品牌线缆，线缆选型及芯数可根据实际情况进行调整，调整须与采购人协商后并由采购人签字认可。

### 3.4 主电机

主电机的技术要求如下：交流变频同步立式电机，使用环境为实验室内地地下室，连续工作时间 24 小时，由变频调速装置（四象限运行）控制电机启动、运转、电磁制动减速。

- a) 主体尺寸：轴向长度606mm，定子外圈安装孔直径  $\phi 1100\text{mm}$ ，采用定子与转子分体式型式，在离心机底部组装在一起，具体结构尺寸及接口型式设计图纸需甲方签署确认；
- b) 额定转速： 260rpm;
- c) 连续电流： 342A;
- d) 连续力矩： 8000Nm;
- e) 供电电压： 380VAC;
- f) 极对数： 20;
- g) 效率( $\eta$ ) %  $\geq 96$ ;
- h) 功率因数( $\cos\varphi$ )  $\geq 0.95$ ;
- i) 电机出线盒：电机侧面下方设置接线盒，接线盒内布置三相接线柱及接地端子，出线盒应预留足够的空间和接线端子，外接2组并联电缆（每组电缆截面3

- $\times 120\text{mm}^2 + 3 \times 16\text{mm}^2$ ) ;
- j) 散热方式：自冷；绝缘等级：F级；
  - k) 防护等级 $\geqslant$ IP23；
  - l) 测温传感器：定子预置测温传感器6只（其中3只备用）pt100；
  - m) 连续堵转2小时，电机温升不超过90K，最高温度不超过155°C；
  - n) 提供用于组装定子与转子的工装夹具；
  - o) 线缆及接线盒标识清晰完整；
  - p) 乙方应在产品适当的部位安装永久性的不锈钢制成的铭牌，铭牌的位置易于观察，内容清晰，其安装可采用不锈钢支架和螺栓固定，但不允许直接将铭牌焊到设备上，铭牌应符合相关标准的规定，在没有标准规定时，铭牌至少应包括以下内容
    - 1) 制造厂名称和商标
    - 2) 产品名称、类型和出厂编号
    - 3) 主要性能及参数（额定功率、额定电压、额定电流、额定转矩、空载反电动势系数、极对数、冷却方式）
    - 4) 产品的质量
    - 5) 防护等级、绝缘等级
    - 6) 连续工作制
    - 7) 出厂日期

### 3.5 外购设备

外购设备为采购人单独使用的设备，设备列表见表4所示。

表3 外购设备清单

名称	参数	数量	备注
工控机▲	机箱：静音机箱 工业母版：AIMB-706 CPU：i7-8700（同等级以上品牌） 8G 内存 256G SSD 硬盘+1T HDD 硬盘 千兆以太网卡	1 台	安装正版Win10 64位专业版操作系统，提供正版软件授权
液晶显示器▲	24 英寸	2 台	
交换机▲	12 口	1 台	采购人自用
直流电源▲	双路输出	2 台	

6 口插排▲	线长 3 米	10 个	
24V 直流电源▲	线性电源， 工业级，24V/5A DC24V/10A 两组同名端	2 台	
操作台▲	桌面式 6 工位，旋转办公座椅 6 个	1 套	样式中标后由供应商提供，最终由采购人确定； 内部预置工业插排 6 个。
信号电缆▲	屏蔽信号线缆 4*0.2mm <sup>2</sup> RVVP	100m	采购人自用
激光打印机▲	黑白激光打印机 A4 打印	1 台	配备 A4 纸 1 包

## 4 其他要求

### 4.1 外包质量控制

本项目将按照总体所质量体系要求进行过程控制，乙方须严格按照《外包项目质量(控制)计划》(后续签订)，配合甲方进行质量监督。

### 4.2 安装调试

电气系统安装调试包括以下内容：

- a) ▲ 乙方负责完成驱动控制系统在西南交通大学的最终安装调试，调试须达到系统全部指标要求，乙方不具有调试能力及资质时须聘请具有资质的单位完成，所有费用由乙方承担；
- b) ▲ 乙方负责整套系统运输前的包装工作，并确保货物长途运输中包装安全可靠，负责将全套系统运输至西南交通；
- c) ▲ 乙方负责驱动控制系统主站 PLC 控制程序的编写与调试，包括对辅助设备的监控以及与上位主控计算机的通讯等，上位机主控程序由甲方负责编写；
- d) ▲ 乙方须按照甲方要求对柜体进行文字标示。

### 4.3 验收

验收分为硬件验收、性能指标验收及资料验收：

#### a) 硬件验收

硬件齐套并运抵成都西南交通大学甲方指定地点且安装就位后甲乙双方进行硬件验收。

#### b) 性能指标验收

- 1) 初步性能指标验收在厂内进行，系统安装调试后性能指标须达到驱动控制系统全部技术指标及功能要求；
  - 2) 除离心机驱动控制调速指标及功能要求外，将着重对驱动控制系统的谐波指标进行检测验收；
  - 3) 最终性能指标验收以电气系统在西南交通大学交付验收合格通过为准。
- c) 资料验收
- 1) 乙方需提供系统及其主要零部件相关的技术资料，包括合格证、使用说明书、维护手册、操作系统正版软件授权文件等纸质及光盘资料。
  - 2) 乙方根据甲方要求提供系统完整图纸纸质版和电子版一套，纸质版要求签署完整，电子版要求为 CAD 文件。

## 5 培训

乙方在调试完成后需在现场对甲方进行培训，培训内容包括系统组成、工作原理、维修维护等，培训时间不少于2个工作日。

## 6 系统经费

系统经费需附报价明细表，总报价中包括硬件、包装、运输至成都西南交通现场安装调试、维保等所有费用。

## 7 安全责任

电气系统的运输、安装、连接、通电、调试相关人员（包括乙方聘用人员）的安全由乙方全部负责；由于乙方硬件及人员造成的甲方或他方物品及人员的安全或损失由乙方全部负责。

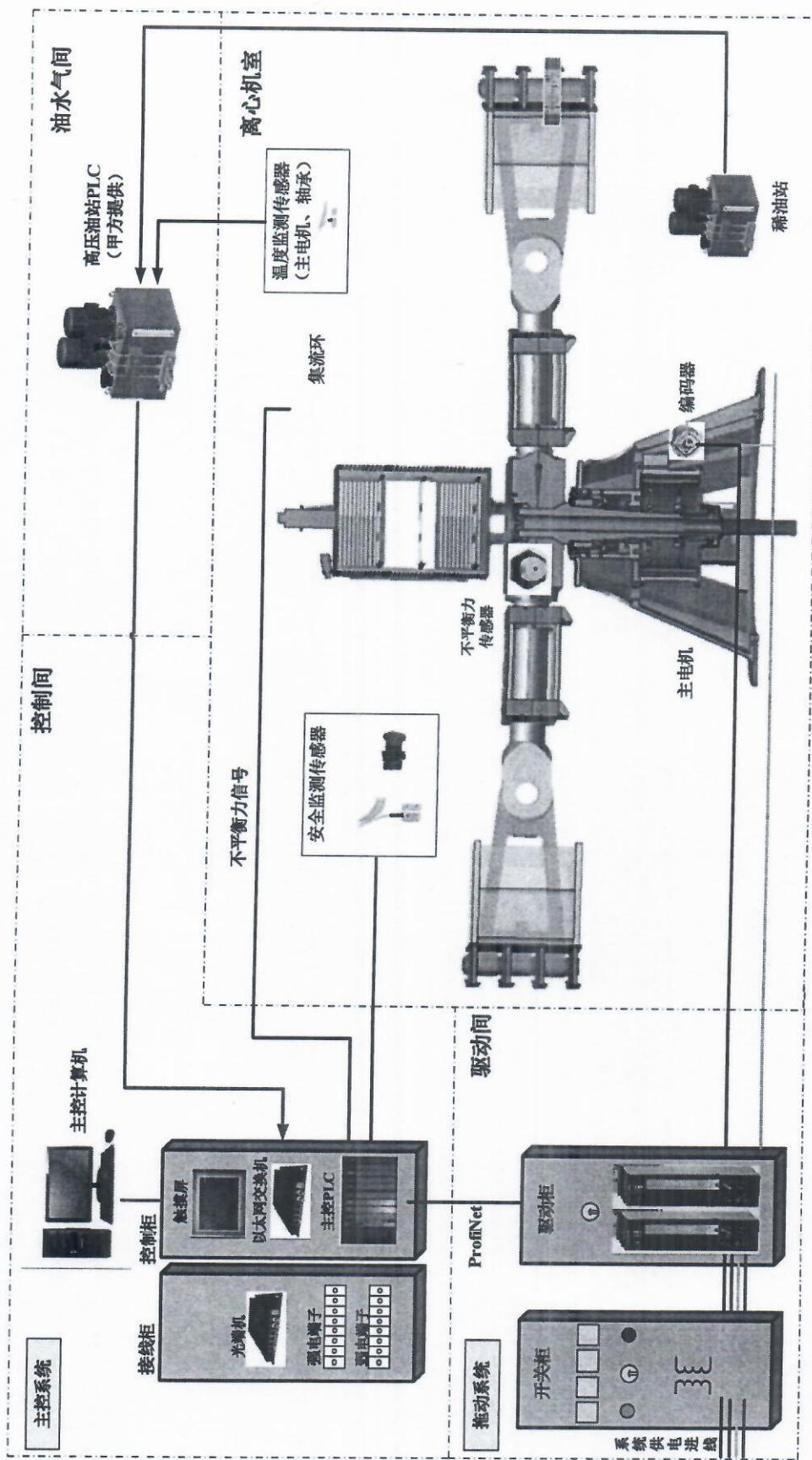
## 8 质量保证

质保期1年，时间从设备最终验收合格之日起计，质保期内设备免费维修，所有相关费用由乙方承担。

## 9 交货周期

在合同签订70天内进行出厂验收，运输至成都甲方指定地点进行为期1个月的安装调试，甲乙方共同进行最终调试及验收（不超过1个月）。

图A.1 系统整体布局及结构组成



甲方：中国工程物理研究院总体工程研究所

签字代表：辛砾

日期：2021.21



乙方：成都伟特自动化工程有限公司

签字代表：李明江

日期：2020.10.22

