

第六届全国高等院校工程应用技术教师大赛

比赛要求与赛项平台技术说明

AS4: 过程装备及自动化技术

一、引言

大赛采用目标命题的竞赛方式，即限定赛项平台，给定实现目标，实施方案不拘一格。这种目标命题的竞赛方式既约束了项目的实施范围，又为参赛选手留有应用创新的空间，重在考察参赛选手的实际应用能力和解决问题能力。

大赛支持在目标命题的范围内和限定的赛项平台下进行有创意的系统构想和设计，鼓励从应用创新的角度去思考设计工程应用系统，或从培养学生的角度去构造实验/实训教学系统。

本赛项以“过程装备及自动化技术”为应用背景，要求充分利用赛项平台的硬件和软件资源，自主设计一个具有过程控制工程应用价值或具有过程控制教学实验/实训使用价值的系统。通过系统设计、创新研发和现场实施，考察参赛选手的工程应用和创新能力。

二、比赛要求

1. 大赛采用目标命题的比赛方式，分初赛和决赛两个阶段。

2. 初赛阶段：根据“目标命题实现”任务书（任务书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载）的要求和赛项平台的软硬件资源，设计一个工程应用系统或教学实验/实训系统（二选一）。所设计的工程应用系统要求覆盖规定的技术目标，具有实际应用价值；所设计的教学实验/实训系统要求满足规定的要求，具有培养学生实践能力的教学使用价值，且至少要编写 2~3 个具体的实验/实训指导书（具体要求见“目标命题实现”任务书）。参赛选手要按规定的时间提交项目设计书（设计书模板可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载），大赛组织相关专家以网评的形式进行初审，根据初审结果，决定入围全国总决赛名单。

3. 决赛阶段：决赛分“工程实践操作”和“目标命题实现”两个环节。第一环节按“工程实践操作”作业书（作业书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载，决赛公布的作业书较赛前公布的会有不多于 20% 的更改）的要求操作，主要比基本技能操作和工程素质；第二环节按“目标命题实现”任务书（决赛公布的任务书较赛前公布的也会有一定改动）的要求完成，主要比规定目标下的应用创新和解决问题的能力。两个环节的比赛时间各为 120 分钟，第一个环节完成后间隔 30 分钟进入第二个环节，第二个环节完成后由评审专家组织对参赛选手进行现场答辩，答辩时间 15~20 分钟。

4. 参赛选手设计的系统必须能在限定的赛项平台上实现，大赛为参赛选手提供赛项平台必要的技术资料，包括技术说明、操作规程、装配图纸和系统软件等。

5. 决赛阶段“目标命题实现”比赛环节为 120 分钟，参赛选手要充分考虑到现场实施所需的工作量、复杂程度，以及软硬件的兼容性和接口的匹配性等技术细节，所设计的方案必须能在规定的时间内完成。参赛选手实施第二环节“目标命题实现”任务时，可以充分借助第一环节“工程实践操作”的实施结果。

6. 参赛选手不能将已有的科研成果直接拿来参赛，也不允许自带任何硬件装置、部件和被控对象等参赛，一经发现将取消参赛资格。但参赛选手可以用 U 盘或移动硬盘将

事先自编的应用软件带入比赛现场，以便装入赛项平台，完成系统调试。

7. 对“水环境监测与治理技术”、“大气环境监测与治理技术”和“化工分离与节能技术”赛项，如果参赛选手有技术上的特殊要求，可在决赛前 30 日向大赛办公室提出。大赛办公室收到申请材料后，在 15 日内予以答复，以便参赛选手调整设计方案。

8. 如果参赛选手选择“教学实验/实训系统”命题任务，要充分考虑教学实验/实训课的需求，设计教学实验/实训系统，同时提供必要的实验/实训指导书。现场演示时，要模仿实验/实训课的真实情况，按实验/实训指导书的步骤逐步进行。

9. 参赛选手要有知识产权意识，如果所设计的方案涉及到他人的知识产权应注明出处。

10. 参赛选手在比赛的全过程中不得透露单位和个人信息，对冒名顶替、弄虚作假、假造数据、抄袭他人技术等情况，由大赛仲裁委员会视情节轻重负责处理，或给予扣分处置，或取消比赛资格，并由组委会通知其所在单位。

11. 同单位的参赛选手技术方案雷同视为相互抄袭，同时取消两人的比赛资格。

12. 参赛选手要有安全意识，不得违规操作，不能带电操作，对有毒或有害健康的气体、液体要谨慎处理处置，避免造成人身伤害。

13. 参赛选手要尊重现场裁判和评审专家的工作，如对评审存有疑义，由大赛仲裁委员会处理。

三、赛项平台技术说明

1. 赛项背景

在迅速变化的全球环境中，过程制造企业和公司面临着激烈的市场竞争和挑战。为了使企业能在竞争中取得成功，必须做好节能减排与安全生产、努力降低产品制造成本、延长设备使用寿命、更好地为客户提供服务等工作。大量的实践表明，采用工业过程自动化技术对于提高企业的效益和性能更为有效。

工业自动化是一门多学科的技术，包括测量仪表、执行器和过程控制系统等内容。它的基础知识包括微电子技术、计算机技术、通讯技术和工业生产过程的工艺、设备、流程的基本知识。通过自动化技术的应用，使工业生产过程仪表化、操作自动化、管理科学化。真正实现生产过程安全、稳定、长期、满负荷和优化的运行。因此，自动化仪表和自动控制系统的知识已成为现代技术人员必备的知识。是现代科学技术的迅速发展和工程技术人员的需求。

在这样的技术背景下，本赛项以“THJDS-3A 型过程自动化系统综合实验/开发平台”为应用对象，利用该赛项平台的工业过程自动化控制系统和过程控制对象系统模型等设备的硬件和软件资源，结合工业过程自动化的工程应用需求，开展过程控制方面的工程创新应用和实践教学创新竞赛，以促进高等院校教师工程应用能力、产业化能力和实际动手能力的提高，锻炼教师综合自动化仪表技术、计算机技术、通讯技术、自动控制技术、现场总线技术、工业以太网技术等多学科技术的融合能力，有利于更好地培育具有卓越工程能力的教师队伍。

2. 赛项平台

本赛项平台是根据高等教育的改革方向，以前沿技术为导向，紧密结合工业生产领域中过程装备与自动控制的功能和特点，针对高等院校对过程控制工程创新实验/实训教学的实际需求，涉及工程组态技术、传感检测技术、信号处理及通讯技术、智能仪表技术、DCS 应用技术、PLC 可编程应用技术、现场总线控制技术、计算机控制技术等多种技术的综合应用。

(1) 平台结构

本赛项平台包括过程控制开发柜、过程控制对象系统和上位 PC 机组成，赛项平台如图 1 所示：



图 1 赛项平台（过程自动化系统综合实验/开发平台）

图中：

1) 过程控制开发柜：包括智能仪表控制系统组件、FCS 现场总线控制系统组件、DCS 控制系统组件和信号转接组件。主要部件参数如下：

序号	组件名称	器件名称	型号、规格	数量	备注
1		控制柜	140cm×60cm×180cm	1 套	
2	智能仪表控制系统组件	智能仪表	型号：TH-AI808AXS。4~20mA 线性电流输出，包含人工智能调节算法及参数自整定功能，可组成三闭环控制系统。	3 件	
3	FCS 现场总线控制系统组件	负载电源	PM1507 订货号：6EP1 333-4BA00	1 件	
4		PLC 主机	CPU 1511-1 PN 订货号：6ES7 511-1AK02-0AB0	1 件	
5		总线模块	CP 1542-5 订货号：6GK7 542-5FX00-0XE0	1 件	
6		数字量输出模块	DQ 8 数字输出模块 订货号：6ES7 522-5HF00-0AB0	1 件	
7		模拟量输入模块	AI 8 模拟输入模块 订货号：6ES7 531-7KF00-0AB0	1 件	
8		模拟量输出模块	AQ 4 模拟输出模块 订货号：6ES7 532-5HD00-0AB0	1 件	
9		DP/PA COUPER	西门子耦合器模块。 订货号：6ES7 157-0AC83-0XA0	1 件	
10		DP LINK	西门子 DP 链路模块。 订货号：6ES7 153-2BA82-0XB0	1 件	
11		温度变送器	西门子 PA 总线型变送器。 订货号：7NG 3214-0NN00	1 件	

12		CP5621 网卡	西门子专用通信网卡。 订货号：6GK 1561-1AM00	1 件	
13	DCS 控制系统组 件 (和利时)	主控制器模块	型号：K-CU01	1 台	
14		电源模块	型号：SM913。整个 DCS 控制系统提供 DC24V 电源	1 件	
15		星形 IO-BUS 终端匹配器模块	型号：K-BUST02。安装在每一路总线分支的末端，提供终端匹配电阻。	1 件	
16		模拟量输入模块	型号：K-AI01。8 通道，可接入标准 2 线制和 4 线制信号。	1 件	
17		模拟量输出模块	型号：K-AO01。8 通道，最大输出范围 0~20mA 模拟信号。	1 件	
18		数字量输出模块	型号：K-DO01 和 K-DOR01。16 通道 24VDC 输出，每通道预留 4 个接线端子，可干触点输出或交直流继电器输出。	1 件	
19		DP/PA LINK 网桥通讯模块	型号：K-PA01。是 K 系列 DP PA 型连接器 (DP PA Link)，用来实现上位冗余 Profibus-DP 主站系统与下位非冗余 Profibus-PA 设备系统之间的网络转换。	1 件	
20		DP Y LINK 网桥通讯模块	型号：K-DP02。是 K 系列 DP Y 型连接器 (DP Y Link)，用来实现上位冗余 Profibus-DP 主站系统与下位非冗余 Profibus-DP 设备系统之间的网络转换。	1 件	

图 2 是该赛项平台过程控制开发柜的硬件结构图。

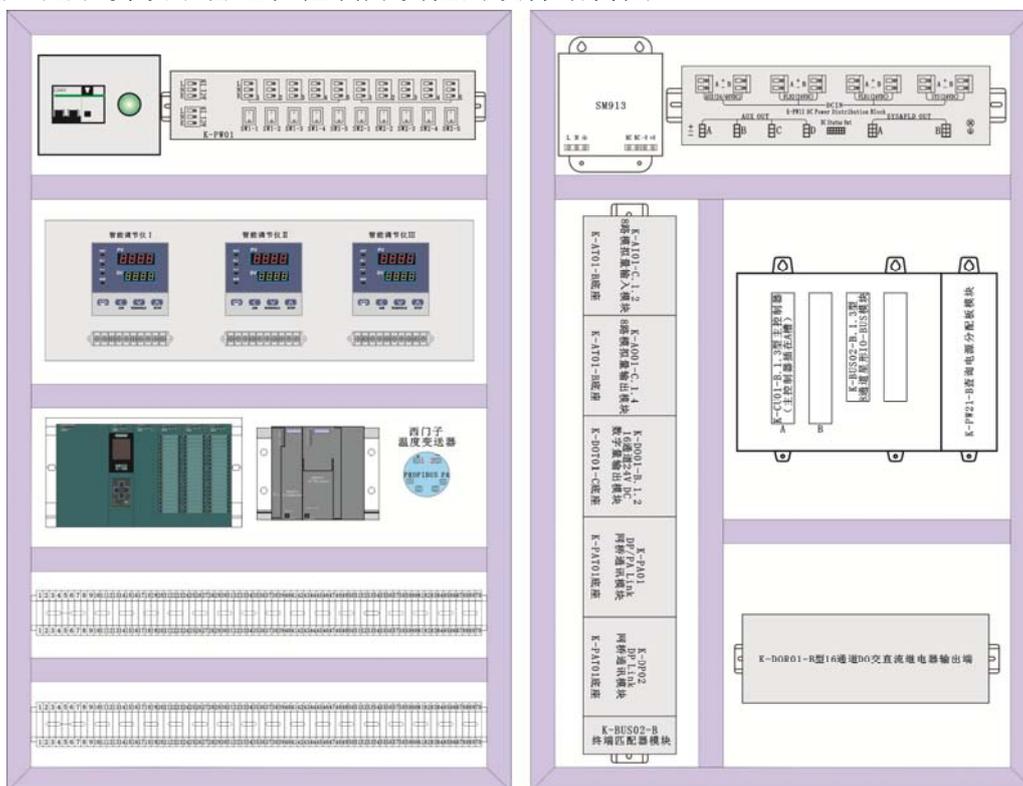


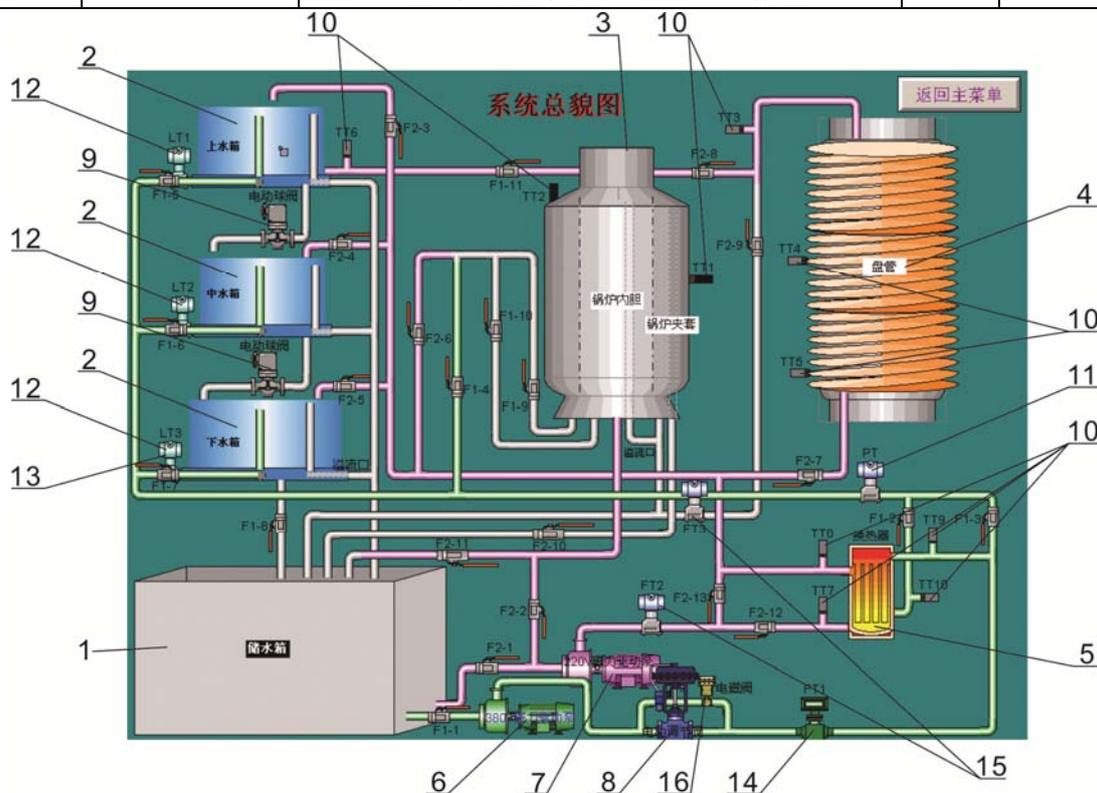
图 2 赛项平台控制屏硬件结构图

2) 过程控制对象系统

对象系统如图 3 所示，以不锈钢框架为主体，设计有 1 个储水箱、3 个有机玻璃液位水箱（上、中、下）、1 个带夹套不锈钢锅炉、1 根盘管、1 个板式换热器、1 台工频磁力驱动泵、1 台变频磁力驱动泵、1 只智能直行程电动调节阀、2 只电动调节球阀、1 只管道压力变送器、3 只扩散硅液位变送器、1 只 PA 总线液位变送器、10 只温度传感器、1 台电磁流量计、2 台涡轮流量计、1 只电磁阀和 1 套不锈钢复合管及阀门，主要部件参数如下：

序号	设备名称	规格型号	数量	备注
1	不锈钢框架	钢架采用 304 不锈钢方钢焊接而成。	1 套	
2	储水箱	容积 152L。	1 套	
3	有机玻璃液位水箱	包括上、中、下 3 个液位水箱。上、中水箱尺寸均为：D=25cm，H=20cm；下水箱尺寸为：D=35cm，H=20cm。	1 套	
4	带夹套不锈钢锅炉	三相电加热管加热的常压锅炉(3kW)，包括加热层（锅炉内胆）和冷却层（锅炉夹套），内胆容积=14.2L；锅炉夹套容积=9.8L。	1 套	
5	盘管	模拟工业现场的管道输送和滞后环节，长 37 米（43 圈），管径 15mm，在盘管上有三个不同的温度检测点。	1 套	
6	板式换热器	采用不锈钢工业板式换热器 B3-27-30×3.0，通过对冷水流量和热水流量的控制，实现温度的定值控制和串级控制。	1 套	
7	工频磁力驱动泵	采用工频磁力驱动泵作为第一路供水系统，与电动调节阀配套组成工频支路，型号为 12CQ-8P，电压 380VAC，流量为 30 升/分，扬程为 12 米，功率为 180W。	1 台	
8	变频磁力驱动泵	采用变频磁力驱动泵作为第二路供水系统，由三菱 FR-D720S-0.4K-CHT 变频器控制。型号为 12CQ-8P，电压 220VAC，流量为 30 升/分，扬程为 12 米，功率为 180W。	1 台	
9	智能直行程电动调节阀	电源为单相 220V，控制信号为 4~20mADC	1 台	
10	电动调节球阀	采用两台电动调节球阀分别对上水箱、中水箱出水口的出水流量进行控制，球阀采用三片式结构，电源为单相 220V，控制信号为 DC4~20mA。	2 台	
11	Pt100 温度变送器	SBWZP-01，将热电阻信号转换成 4~20mA 直流电流信号。	10 只	
12	管道压力变送器	其量程为 0~200KP，输出标准 4-20mA 电流信号，精度为 0.5 级。	1 只	
13	扩散硅液位变送器	用来对上、中、下三个水箱的液位进行检测，量程为 0~5KP，输出标准 4-20mA 电流信号，精度为 0.5 级。	3 只	

14	PA 总线液位变送器	SIEMENS 带 PROFIBUS-PA 通讯接口的压力传感器，量程：0~1Bar，通过总线供电，不需要另外接工作电源。 订货号：7MF4034-1BA10-2AB1	1 台	
15	温度传感器	铂热电阻，分度号 Pt100	10 只	
16	电磁流量计	TGLDBE-15S-M2X100-1.5，流量范围：0~1.5m ³ /h，测量精度±0.5%，标准四线制接线，供电：220VAC，输出 4~20mA 标准信号。	1 台	
17	涡轮流量计	LWGY-10AI，采用标准二线制传输方式，工作时需提供 24V 直流电源。流量范围：0~1.2m ³ /h；精度：1.0%；输出：4~20mADC。	2 只	
18	电磁阀	电动常闭型，电源 AC220V，进出口管径 15mm，工作温度 -5~80℃。在本装置中作为一旁路，起到阶跃干扰的作用。	1 只	
19	耐震压力表	Y-100，0~0.25Mpa，用于检测泵出口压力	1 只	
20	三相调压模块	采用三相全隔离一体化交流移相调压器模块 LSA-TH3P40Y，可输入 0~5V、0~10V、4~20mA。	1 个	
21	隔离器	型号：YB5121A，变频器运行频率反馈，将 0-10V 电压信号转换为 4~20mADC 输出。	1 个	



1-储水箱、2-有机玻璃液位水箱、3-带夹套不锈钢锅炉、4-盘管、5-板式换热器、6-工频磁力驱动泵、7-变频磁力驱动泵、8-智能直行程电动调节阀、9-电动调节球阀、10-温度传感器、11-管道压力变送器、12-扩散硅液位变送器、13-PA 总线液位变送器、14-电磁流量计、15-涡轮流量计、16-电磁阀

图 3 赛项平台控制对象硬件结构图

3) 上位 PC 机

上位 PC 机系统由安装有组态软件和编程软件的计算机组成，用于组态工程设计和控制程序编写。

4) 赛项平台的输入电源为三相四线 AC380V±10%和单相三线 AC220V±10%，50Hz，功率容量<5kVA，具有过载保护、短路保护和漏电保护功能。

(2) 过程控制开发柜信号接口

1) 智能仪表控制系统信号接口(3 块智能仪表信号接口均相同)

序号	名称	说明	备注
1	1-5V 电压信号输入接口	智能仪表外部信号输入接口	
2	0.2-1V 电压信号输入接口		
3	热电阻信号输入接口		
4	热电偶输入信号接口		
5	4-20mA 调节输出接口	智能调节仪控制信号输出接口	
6	RS485 通讯端口	智能仪表 RS485 通讯接口	
7	其余空端子备用	

2) FCS 现场总线控制系统信号接口

序号	名称	说明	备注
1	AI0	S7-1500PLC 模拟量输入第一通道	4-20mA 输入
2	AI1	S7-1500PLC 模拟量输入第二通道	
3	AI2	S7-1500PLC 模拟量输入第三通道	
4	AI3	S7-1500PLC 模拟量输入第四通道	
5	AI4	S7-1500PLC 模拟量输入第五通道	
6	AI5	S7-1500PLC 模拟量输入第六通道	
7	AI6	S7-1500PLC 模拟量输入第七通道	
8	AI7	S7-1500PLC 模拟量输入第八通道	
9	A00	S7-1500PLC 模拟量输出第一通道	4-20mA 输出
10	A01	S7-1500PLC 模拟量输出第二通道	
11	A02	S7-1500PLC 模拟量输出第三通道	
12	A03	S7-1500PLC 模拟量输出第四通道	
13	L+	S7-1500PLC 电源模块对外输出 24V+	对外供电 DC24V
14	M	S7-1500PLC 电源模块对外输出 24V-	
15	D00	S7-1500PLC 数字量输出第一通道输出端	数字量输出
16	D01	S7-1500PLC 数字量输出第二通道输出端	
17	D02	S7-1500PLC 数字量输出第三通道输出端	
18	D03	S7-1500PLC 数字量输出第四通道输出端	
19	D04	S7-1500PLC 数字量输出第五通道输出端	
20	D05	S7-1500PLC 数字量输出第六通道输出端	

21	D06	S7-1500PLC 数字量输出第七通道输出端	
22	D07	S7-1500PLC 数字量输出第八通道输出端	
23	M	与电源模块 M 相通，为数字量输出公共端	
24	E	PA 温度变送器的热电阻信号输入公共端 E	PA 温度变送器
25	S	PA 温度变送器的热电阻信号输入端 S	
26	C	PA 温度变送器的热电阻信号输入端 C	
27	……	其余不用端子为备用端子	

3) DCS 控制系统信号接口

序号	端子标示	信号定义	备注
8 通道模拟量输入模块 K-AI01 端子底座 K-AT01 (n 为通道号, n=1……8)			
1	An	通道 n 电流输入正	通道 n
2	Bn	通道 n 四线制电流输入负	
3	Cn	通道 n 二线制外供电 24V+输出	
4	Dn	NC	
5	NC	NC	现场电源
6	NC	NC	
7	VT+	测试端 (现场电源+24V), 禁止接线	
8	VT-	测试端 (现场电源地), 禁止接线	
8 通道模拟量输出模块 K-AO01 端子底座 K-AT01 (n 为通道号, n=1……8)			
9	An	通道 n 电流输出正	通道 n
10	Bn	通道 n 电流输出负	
11	Cn	NC	
12	Dn	通道 n 电流测试端, 禁止接线	
13	NC	NC	现场电源
14	NC	NC	
15	VT+	测试端 (现场电源+24V), 禁止接线	
16	VT-	测试端 (现场电源地), 禁止接线	
16 通道 24VDC 数字量输出模块 K-DO01 端子底座			
17	24V+	现场电源输出正端	K-DO01 端子底座接线
18	24V-	现场电源输出负端	
19	V+	辅助电源输入正端 (使用时与 24V+短接)	
20	V-	辅助电源输入负端 (使用时与 24V-短接)	
继电器输出端子板 K-DOR01 (n 为通道号, n=1……16)			
21	On	通道 n 常开端	前 8 通道 数字量输出 (n=1……8)
22	Cn	通道 n 常闭端	
23	Pn	通道 n 公共端	

24	VI1-	辅助电源地_1	
25	On	通道 n 常开端	后 8 通道 数字量输出 (n=9……16)
26	Cn	通道 n 常闭端	
27	Pn	通道 n 公共端	
28	VI2-	辅助电源地_2	
29	VI1+	辅助电源_1	前 8 通道辅助 电源, 可外供
30	VI1-	辅助电源地_1	
31	VI2+	辅助电源_2	后 8 通道辅助 电源, 可外供
32	VI2-	辅助电源地_2	
K-PA01 DP/PA LINK 网桥通讯模块端子底座 K-PAT01			
33	D+	PA 信号正端	通过该模块可 实现 DCS 下挂 接工业级现场 PA 设备。
34	D-	PA 信号负端	
35	M	PA 信号等电位地	
36	PE	PA 总线电缆屏蔽接地	
K-DP02 DP Y LINK 网桥通讯模块 K-PAT01			
37	D+	DP 信号正端	通过该模块可 实现 DCS 下挂 接工业级现场 Profibus—DP 设备
38	D-	DP 信号负端	
39	M	DP 信号等电位地	
40	PE	DP 总线电缆屏蔽接地	

(3) 过程控制对象信号接口

1) 模拟量信号输出接口

序号	名称	说明	备注
1	上水箱液位信号 LT1	扩散硅压力变送器 0-2Kpa	两线制 4-20mA
2	中水箱液位信号 LT2	扩散硅压力变送器 0-2Kpa	两线制 4-20mA
3	下水箱液位信号 LT3	扩散硅压力变送器 0-2Kpa	两线制 4-20mA
4	工频泵支路流量信号 FT1	电磁式流量变送器 0-1.5m ³ /h	四线制 4-20mA
5	变频泵支路流量信号 FT2	涡轮式流量变送器 0-1.2 m ³ /h	两线制 4-20mA
6	盘管出口流量信号 FT3	涡轮式流量变送器 0-1.2 m ³ /h	两线制 4-20mA
7	工频泵支路管道静压信号 PT	扩散硅压力变送器 0-200Kpa	两线制 4-20mA
8	锅炉内胆温度信号 TT1	经温度变送器转换后的热电阻 信号, 量纲统一为 0-200℃。	两线制 4-20mA
9	锅炉夹套温度信号 TT2		
10	盘管出口温度信号 TT3		
11	盘管中间温度信号 TT4		
12	盘管进口温度信号 TT5		
13	上水箱出口温度信号 TT6		
14	换热器热水进口温度信号 TT7		

15	换热器热水出口温度信号 TT8		
16	换热器冷水进口温度信号 TT9		
17	换热器冷水出口温度信号 TT10		
18	下水箱介质温度信号 TT11		
19	变频器频率反馈信号接口 BFK	变频器频率反馈信号输出	四线制 4-20mA
20	锅炉内胆热电阻 PT100 信号	未经温变转换的热电阻信号	三线制热电阻

2) 模拟量信号输入接口

序号	名称	说明	备注
1	电动调节阀控制信号 DD1	执行器控制信号输入接口	两线制 4-20mA
2	上水箱出水电动球阀控制信号 DD2		
3	中水箱出水电动球阀控制信号 DD3		
4	变频器控制信号接口 BP		
5	调压模块控制信号接口 TY		

3) 数字量输入信号接口

序号	名称	说明	备注
1	D00	工频泵远程启/停控制信号接口	
2	D01	调压模块远程启/停控制信号接口	
3	D02	电磁阀远程启/停控制信号接口	
.....		其余空端子备用	

(4) 平台软件

序号	类型	软件名称	备注
1	PA 总线仪表配置软件	STEP7 V5.6/PDM	西门子
2	PLC 编程	TIA Portal Step 7 V15	西门子
3	PLC 监控组态软件	TIA Portal WinCC V15	西门子
4	组态软件	MACS6.5.X (含授权)	和利时
5	组态软件	力控 6.1	北京三维力控