

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

MM1 机电一体化数字孪生技术应用

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“机电一体化数字孪生技术”为应用背景，要求充分利用赛项平台的硬件和软件资源，进行三维仿真模型的 PLC 程序调试，自主设计一个具有数字化机电工程应用价值或具有数字化机电教学实验/实训使用价值的系统。通过系统分析、创新设计和现场实施，考察参赛选手工程应用及创新能力。

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

机电一体化数字孪生技术，在研发阶段的应用可提高设计的准确性，并验证产品在真实环境中的性能，能确保产品高效、高质量和低成本的生产。利用数字孪生可以加快产品导入的时间，提高产品设计的质量、降低产品的生产成本和提高产品的交付速度。研发阶段的数字孪生是一个高度协同的过程，通过数字化手段构建起来的虚拟生产线，将产品本身的数字信息同生产设备、生产过程等其他形态的数字信息高度集成。

随着大数据、云计算、BIM/3D、VR/AR、人工智能、5G 高速宽带通信、信息安全、边缘计算、传感器等技术的迅速发展，以及中国制造 2025 战略理念的逐步深入，机电一体化技术正朝着微型化、智能化、环保化、网络化的方向发展，演变成机电一体化数字孪生技术。数字孪生技术在高端制造业得到较为广泛的应用，并且越来越成为从工业到产业、从军事到民生各个领域的智慧新代表。作为第四次工业革命的通用目的技术和核心技术体系之一，数字孪生体也是仿真技术应用的巅峰。

在这样的技术背景下，本赛项以“THMDTK-3A 型 机电一体化数字仿真技术实训平台”为应用对象，利用该赛项平台的自动控制开发柜、二维送料部件、自动冲床机构、仓储部件等设备的硬件和软件资源，进行自动化实验平台与数字化虚拟样机的集成、同步、通讯控制，开展数字化虚拟样机与自动化实验平台的数据交换和仿真的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，锻炼教师综合机械、自动化、信息化、数字化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

本赛项平台是根据先进制造、智能制造装备、数字孪生技术应用要求，以前沿技术为导向，紧密结合工业生产领域中自动加工、信息化与数字化的功能和特点，并针对高等院校对机电设备应用和创新实验/实训教学的实际需要而专门研制的综合性数字化装置，涉及自动控制、机械工程、传感检测、信息处理、伺服驱动、步进驱动、变频控制、

人机交互、数字化等多种技术的综合应用。

(1) 平台结构

赛项平台主要包括自动控制开发柜、实践台、二维送料部件、自动冲床部件、仓储部件等，赛项平台如图 1 所示。



图 1 赛项平台

图中：

- 1) 自动控制开发柜：由PLC控制器、电气扩展单元、伺服电机控制器、步进电机控制器、变频器、执行部件接线端子等组成。
- 2) 实践台：包括控制区域和机械区域两部分。控制区域主要由控制面板、电源转换接口、控制按钮等组成；机械区域采用铸件台面，可在上面装配各种机械部件。
- 3) 二维送料部件：由底板、中滑板、滚珠丝杠副、直线导轨副等构成X-Y十字滑台结构，由交流伺服电机驱动，并安装有气动夹具、气动推料装置实现物料夹取功能。
- 4) 自动冲床部件：包括转塔部件、模具、自动冲压机构等。转塔部件包括上、下模盘两部分，由步进电机带动模具旋转，实现模具更换；模具包含方孔模、圆孔模、腰孔模三种模具和一套模具校棒；自动冲压机构通过气液增压缸动作完成对模具的冲压过程。
- 5) 仓储部件：由变频器通过交流电机驱动，起到存取物料、搬运物料等功能，毛坯料和工件可分开放置。
- 6) 赛项平台的输入电源为三相四线AC380V $\pm$ 10%，50Hz，功率容量<3kVA，具有过载保护、短路保护和漏电保护功能。

(2) 平台主要配置技术参数

序号	名称		规格	数量	备注
1	自动控制开发柜	PLC 控制器	西门子 S7-1200 系列 主机，CPU 1214 DC/DC/DC，14 点输入/10 点输出，外加 SM 1223 数字量输入输出模块，16 点输入/16 点输出。	1 套	二选一
2			采用三菱第三代 3U 系列主机，FX3U-48MT，24 点输入/24 晶体管输出，外加数字量扩展模块 FX2N16EX，16 路输入	1 套	
3		触摸屏	北京昆仑通态触摸屏，10.2 英寸液晶显示，供电	1 套	

			电源 DC24V, 带网络接口、USB 接口、串口等		
4		伺服驱动	伺服电机驱动器采用东元 JSDEP-15A, 具备转矩、速度、位置、点对点定位及混合模式切换功能, 220V 级	1 套	
5		交流伺服电机	东元 JSMA-LC03ABK, 功率 400W, 配有 2500ppr 编码器	1 套	
6		变频器	变频器采用三菱 D700 系列 0.4KW 变频器, 单相电源 AC220V, 内置滤波器, V/F 开环控制, 调节方式 PAM 控制		
7		交流减速电机	交流减速电机采用精研 25W 80YS25GY22 电机, 并配有 80GK60H 减速机, 减速比 1:60		
8		步进电机及驱动模块	步进电机驱动器采用雷赛 M 系列, 两相, 电流: 1.0-4.2; 电压: DC (18-48); 细分: 2-128; 步进电机采用 57BYGH201QAA, 减速器减速比 1:30	1	
9		电气扩展模块	DC24V 红色、绿色指示灯、蜂鸣器各 1 只, 二位旋钮开关 1 只, 按钮 (不带灯) 2 只	1	
10		实践台	40mm 厚铸件平板台面	1	
11		二维送料部件	工作台外形尺寸: 659×555×239mm X 轴行程: 0-230mm Y 轴行程: 0-427mm 气动夹具行程: 3mm 夹具夹口高度调整范围: 128-135mm 驱动方式: X 轴、Y 轴均为伺服电机驱动 传动方式: X 轴、Y 轴均为同步带传动 滚珠丝杠螺母副: 公称直径 20mm; 导程 5mm; 右旋 直线导轨副: 一种长度 470mm、宽度 15mm; 一种长度 550mm、宽度 23mm 工作台面: 底板 490×260×22mm、中滑板 570×195×20mm、上滑座 167×86×70mm 轴承: 角接触轴承 (7202AC) 4 个、深沟球轴承 (6202-2RZ) 2 个 轴承座: 为保证丝杆高度可调故轴承座中心高度为两种, 一种高度为 45mm, 一种高度为 44 mm, 两种轴承座的厚度均为 35mm。 为保证设备的稳定性, 工作台面及轴承座全部要求采用精密铸造工艺, 材料为 HT250	1	
12	自动冲床部件	转塔部件	部件外形尺寸: 250×250×290mm 转塔数量: 2 个 上、下转塔距离: 10mm 工位数: 4 个 驱动方式: 步进电机驱动 传动方式: 链传动 (链轮 08B、链条 08B 单排链条)	1	

			上、下模盘定位方式：气缸定位 轴承：圆锥滚子轴承（32004、32907、32909） 各 2 个		
13		自动冲压机构	机构外形尺寸：411×233×620mm 冲压力度：0-1T 驱动方式：气液增压驱动 冲头高度调整范围：5-7mm 为保证设备的稳定性，自动冲床床身须采用精密铸造工艺，材料为 HT250	1	
14	仓储部件		机构外形尺寸：415×283×361mm 储存箱移动行程：0-165mm 提取方法：真空吸盘提取（PAFS-15×10 3 个） 最大放板数量：30 块 轴承：深沟球轴承（6004-2RZ）2 个 驱动方式：三菱变频器控制交流减速电机驱动 传动方式：同步带、蜗轮蜗杆和齿轮齿条	1	
15	气动模块		由气动三联件、电控阀底板、电控阀（4V11006B 5 个）、气缸等组成	1	

（2）控制对象接口功能参数

1) 操作按钮部分

序号	传感器/执行部件	PLC 信号地址分配		备注
		西门子 PLC	三菱 PLC	
1	暂停按钮	I0.0	X0	
2	启动按钮	I0.1	X1	
3	复位按钮	I0.2	X2	
4	手自动切换开关	I0.3	X3	
5	急停按钮	I0.4	X4	
6	X轴正按钮	I1.5	X15	
7	X轴负按钮	I2.0	X16	
8	Y轴正按钮	I2.1	X17	
9	Y轴负按钮	I2.2	X20	

2) 二维送料部件部分

序号	传感器/执行部件	PLC 信号地址分配		备注
		西门子 PLC	三菱 PLC	
1	X轴左极限传感器	I0.6	X7	
2	X轴右极限传感器	I0.7	X10	
3	X轴原点传感器	I1.0	X11	

4	Y轴左极限传感器		I1.1	X12	
5	Y轴右极限传感器		I1.2	X13	
6	Y轴原点传感器		I1.3	X14	
7	夹料检测传感器		I3.0	X26	
8	夹爪夹紧到位传感器		I3.1	X27	
9	推料气缸到位传感器1		I3.6	X34	
10	推料气缸到位传感器2		I3.7	X35	
11	X轴伺服驱动	脉冲信号	Q0.0	Y000	
12		方向信号	Q0.2	Y003	
13	Y轴伺服驱动	脉冲信号	Q0.1	Y001	
14		方向信号	Q0.7	Y004	
15	夹紧气缸电磁阀		Q1.1	Y011	
16	推料气缸电磁阀		Q2.2	Y014	

3) 自动冲床机构部分

序号	传感器/执行部件	PLC 信号地址分配		备注
		西门子 PLC	三菱 PLC	
1	转塔步进电机原点开关	I0.5	X5	
2	定位气缸缸1到位传感器	I3.2	X30	
3	定位气缸缸2到位传感器	I3.3	X31	
4	冲压缸原点传感器	I3.4	X32	
5	冲压缸到位传感器	I3.5	X33	
6	转塔步进电机脉冲	Q0.3	Y002	
7	定位气缸电磁阀	Q2.0	Y012	
8	冲压缸电磁阀	Q2.1	Y013	

4) 仓储部件

序号	传感器/执行部件	PLC 信号地址分配		备注
		西门子 PLC	三菱 PLC	
1	料仓物料检测传感器	I1.4	X6	
2	仓储上极限传感器	I2.3	X21	
3	仓储原点检测传感器	I2.4	X22	
4	成品下料位置检测传感器	I2.5	X23	
5	仓储下极限传感器	I2.6	X24	
6	取料位置检测开关	I2.7	X25	
7	变频器	低速信号	Q0.4	Y005

8		电机正转	Q0.5	Y006	
9		电机反转	Q0.6	Y007	
10	真空吸盘电磁阀		Q1.0	Y010	

5) 触摸屏参考地址

三菱触摸屏工程中间点分配表			
输入地址	名称	输出地址	名称
M10	暂停	M80	暂停指示
M11	启动	M81	启动指示
M12	复位	M82	复位指示
西门子触摸屏工程中间点分配表			
输入地址	名称	输出地址	名称
M10.0	暂停	M18.0	暂停指示
M10.1	启动	M18.1	启动指示
M10.2	复位	M18.2	复位指示

(3) 平台软件

序号	系统及软件名称	版本号	备注
1	西门子S7-1200 PLC编程软件	TIA Portal V13	
2	三菱FX3U PLC编程软件	GX works2 Version1.77F	
3	MCGS触摸屏工程制作软件	嵌入版 7.7.1.1_V1.4	
4	Office办公软件	Office 2007 (Word/Excel)	