

浙江省第七届大学生机器人竞赛

装配机器人比赛规则

1、比赛内容简介

在工厂自动化生产过程中，装配工作是需要机器人完成的一项主要任务。本比赛项目模拟现代工厂的一种物料自动装配操作，考察参赛选手在多关节运动系统、机器视觉、机器人控制软件编程、控制电路设计制作、设备安装调试方面的综合能力水平。本项目的详细规则如下。

2、比赛任务及场地图

2.1 比赛任务简介

比赛场地上有多个不同形状的零件和待装配体圆台上的 8 个待装配工位。零件放置在传送带上，传送带和待装配体圆台可以控制以一定速度运行，要求参赛机器人在规定比赛时间内，将传送带上出现的零件装配到待装配体圆台上对应的待装配工位零件孔里面。比赛结束时，根据场上已经安装成功的零件个数以及完成的动作计算得分。

2.2 比赛场地布局

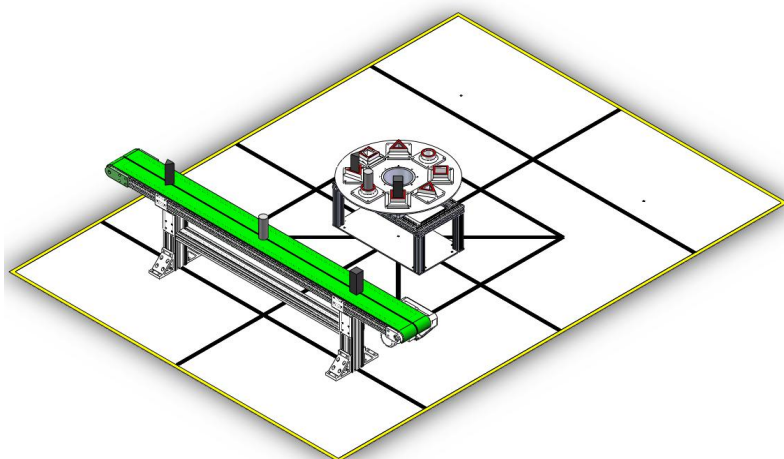


图 1 装配项目比赛场地示意图

2.2.1 场地布局

比赛场地地面是在水泥地面或瓷砖地面上铺设 2000×3000 mm 的浅灰色 PVC 地板革，贴有黑色引导线，引导黑线宽度约为 25mm。

在场地里面包含 1 个取料传送带（图中传送带为示意图，细节以现场实物为准），1 个待装配体圆台，共有 3 种规格零件。场地布局俯视图如图 2 所示。待装配体圆台处于比赛场地正中心位置。场地里面各设备材料以铝板为主，具体每部分尺寸详细介绍参考 2.3 介绍。待装配体初始位置如图 2 所示，待装配工位上没有零件。

2.2.2 场地路线尺寸

装配机器人比赛场地路线尺寸参见图 3，最终比赛的实际场地路线尺寸允许存在±3mm 的误差。场地最外围贴有黄色边界线。取料传送带和待装配体圆台位置存在±2mm 的误差。

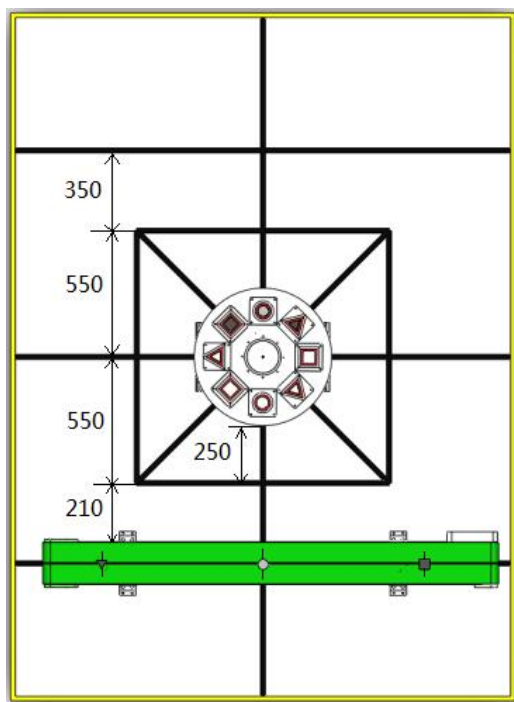


图 2 比赛场地布局俯视图（单位: mm）

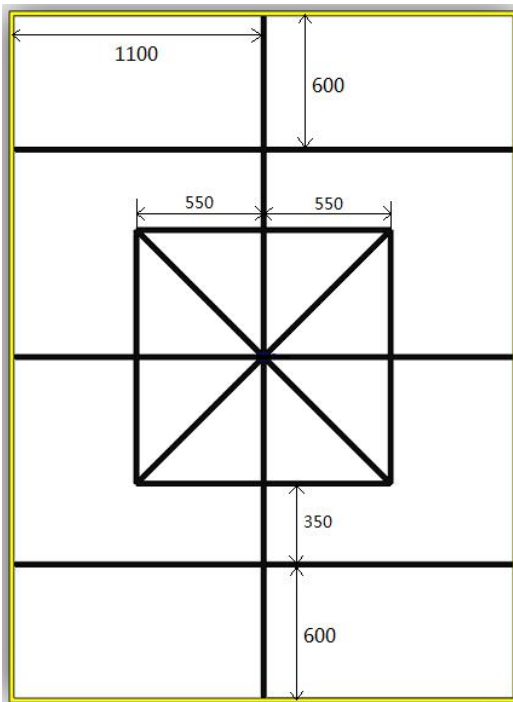


图 3 比赛场地尺寸图（单位: mm）

图 2 和图 3 中距离尺寸一般标注为两个引导线的中心距。

2.3 比赛场地道具

2.3.1 机器人工作区域

机器人可以处于场地中的任何位置，比赛过程中机器人任何部分不允许超出场地黄色边界限定的区域范围；比赛中机器人不得改变传送带和待装配体的所处位置。

2.3.2 取料传送带

在场地里面有一个取料传送带，传送带为一般工业常用输送带，传送带采用绿色 PVC 布材料，传送带长度 1800mm，带宽 200mm，框架采用标准铝型材，台面外沿宽度 280mm，传送带顶层边框距离地面高度 450mm，传送带表面距离地面 440mm。取料传送带是被放置在场地上对应位置黑色引导线正上方。零件物料在传送带上每间隔 610mm 摆放，传送带上有十字交叉细线示意。传送带尺寸允许存在 $\pm 3\text{mm}$ 的误差。

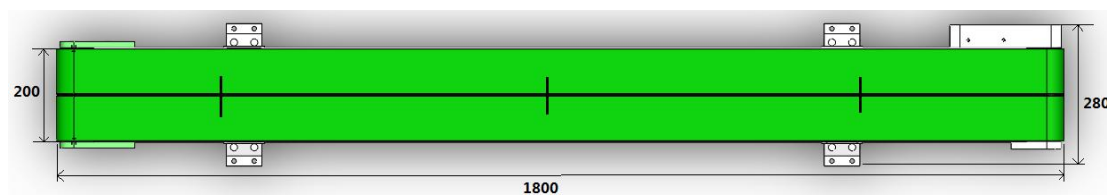


图 4 取料传送带的俯视图（单位: mm）

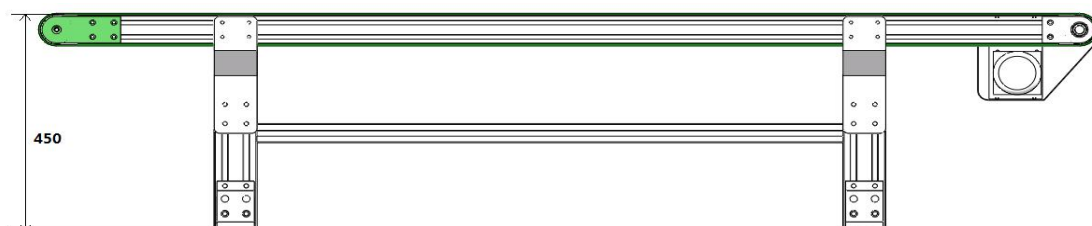


图 5 取料传送带的侧视图（单位: mm）

取料传送带通过 220V/60W 电机控制运行，电机配有可调速控制盒，运行速度在 1-6 米

/分钟之间调节，可以通过控制盒旋钮进行手动调节，比赛开始前由参赛队员调试设定，传送带运行时速度不得低于 1 米/分钟，比赛过程中不得再调节修改。传送带上配有 12V 继电器模块，比赛中机器人可以通过 12V 继电器模块控制取料传送带启动或停止。

2.3.3 零件

比赛中需要抓取和装配的零件分为三种类型：圆柱体状、立方体状、三角柱体状。每种零件的数量有多个，具体参考比赛赛制规定。比赛中提供每种零件的三维图纸。三种零件尺寸允许存在 $\pm 1\text{mm}$ 的误差，在比赛中每个零件表面可能会存在灰尘等污染变脏。

(1).圆柱体状零件：圆柱体状零件底面圆直径为 45mm，整个柱体长度 120mm，零件材质为实心白色 PE 棒材料。圆柱体状零件尺寸如图 6 所示。

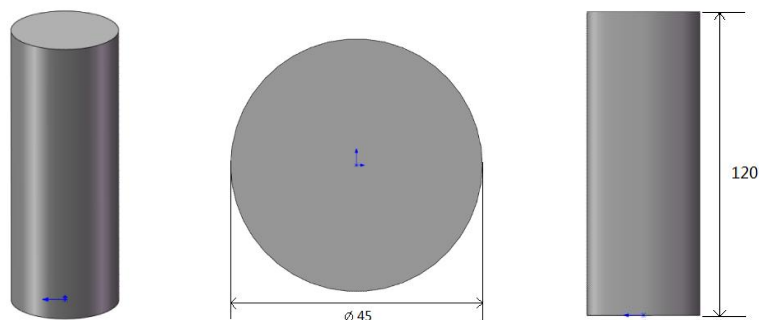


图 6 圆柱体状零件尺寸图（单位：mm）

(2).立方体状零件：立方体状零件底边正方形边长为 45mm，整个柱体长度 120mm，零件材质为白色 PA66 尼龙材料，表面为白色。立方体状零件尺寸如图 7 所示。

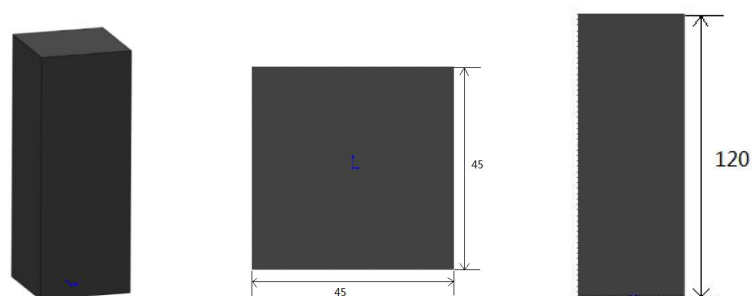


图 7 立方体状零件尺寸图（单位：mm）

(3).三角柱体状零件：三角柱体状零件的底面正三角形边长为 45mm，整个柱体长度 120mm，零件材质为 6061 铝，表面为铝本色。三角柱体状零件尺寸如图 8 所示。

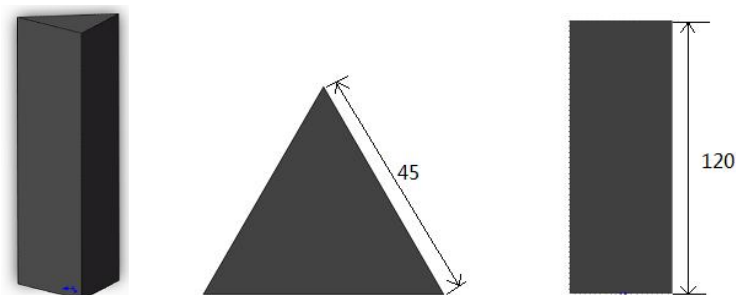


图 8 三角形柱体状零件尺寸图（单位：mm）

2.3.4 待装配体

在比赛场地中，待装配体圆台是在一个圆形铝板上布局 8 个不同形状的待装配工位。8 个待装配工位分别为圆形、方形、三角形。其中方形和三角形零件工位各 3 个，圆柱体形状

零件工位 2 个，8 个工位等间距依次间隔排布。待装配体圆台整体参考示意如图 9 所示，圆形铝板被固定在一个旋转平台上。圆形铝板上表面距离地面高度 350mm，圆形铝板厚度 6mm，待装配工位上沿距离圆形铝板表面的高度为 40mm。待装配体圆台侧视图如图 10 所示。

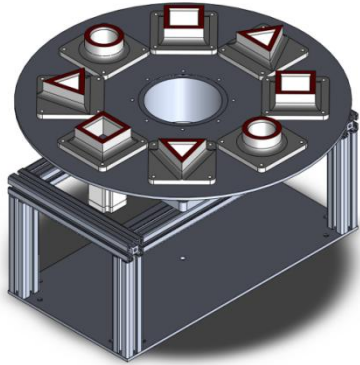


图 9 待装配体圆台整体图

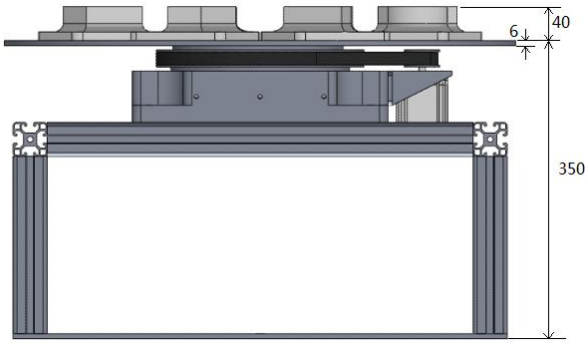


图 10 待装配体圆台侧视图（单位：mm）

(1). 待装配体圆形铝板：

待装配体的零件装配工位是固定在圆形铝板上，铝板厚度 6mm，直径 600mm，颜色为铝本色。铝板中心留有安装旋转机构的圆孔直径为 160mm。铝板尺寸图如图 11 所示。铝板上均匀分布 8 个带装配体工位的安装位，每个安装位是由 4 个正方形分布定位孔确定，定位孔间距 100mm。8 个装配体工位的中心处于铝板上距离中间圆心半径为 200mm 的圆周上，每个装配体工位间隔 45 度角等距分布。

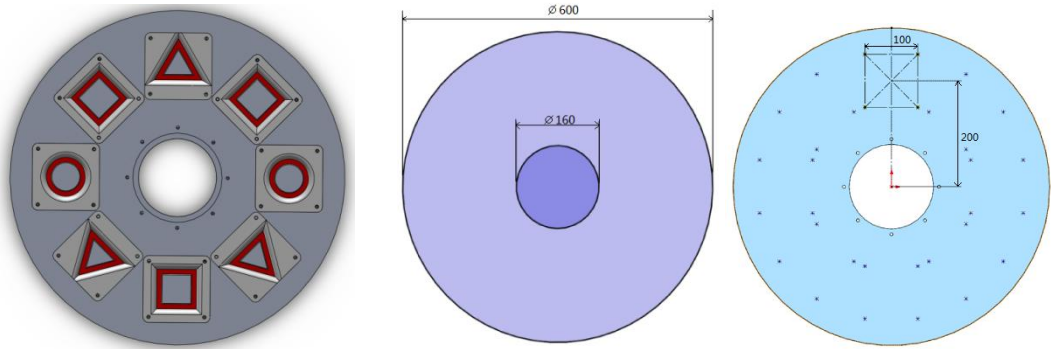


图 11 待装配体圆形铝板尺寸图

(2). 圆柱体状零件待装配工位：

在待装配体铝板上固定有 2 个圆柱体状零件待装配工位，两个工位尺寸相同。每个圆柱体状零件待装配工位中间圆孔直径 51mm，外圈柱体壁厚 10mm，工位高度 40mm，安装底座厚 10mm，四个定位孔间距 100mm。待装配工位用白色树脂 3D 打印制作。圆柱体状零件待装配体工位零件最上沿圆环颜色为红色。圆柱体状零件待装配体工位尺寸如图 12 所示。

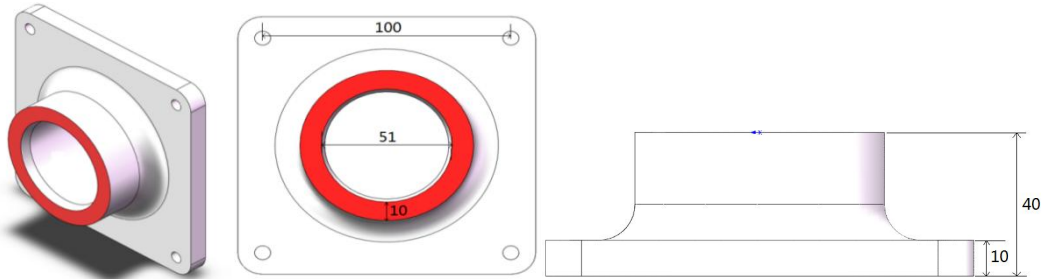


图 12 圆柱体状零件待装配体工位尺寸图

(3). 立方体状零件待装配工位：

在待装配体铝板上固定有 3 个立方体柱状零件待装配工位，两个工位尺寸相同。每个立方体状零件待装配工位中间正方形孔边长为 51mm，柱体壁厚 10mm，工位高度 40mm，安装底座厚度 10mm，四个定位孔间距 100mm。待装配工位用白色 PLA 树脂 3D 打印制作。立方体待装配体工位零件最上沿正方形环颜色为红色。立方体状零件待装配体工位尺寸如图 13 所示。

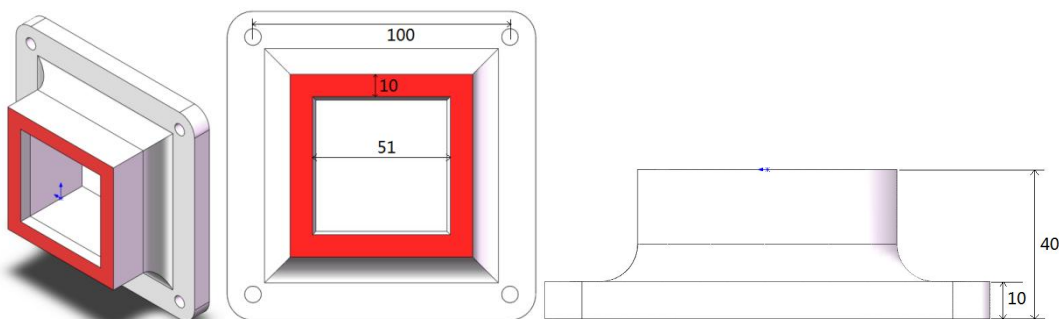


图 13 立方体状零件待装配体工位尺寸图

(4). 三角柱体状零件待装配工位：

在待装配体铝板上固定有 3 个三角柱体状零件待装配工位，两个工位尺寸相同。每个三角柱体状零件待装配工位中间正三角形孔边长为 51mm，柱体壁厚 10mm，工位高度 40mm，安装底座厚度 10mm，四个定位孔间距 100mm。待装配工位用白色 PLA 树脂 3D 打印制作。三角柱体待装配体工位零件最上沿三角形环颜色为红色。三角柱体状零件待装配体工位尺寸如图 14 所示。

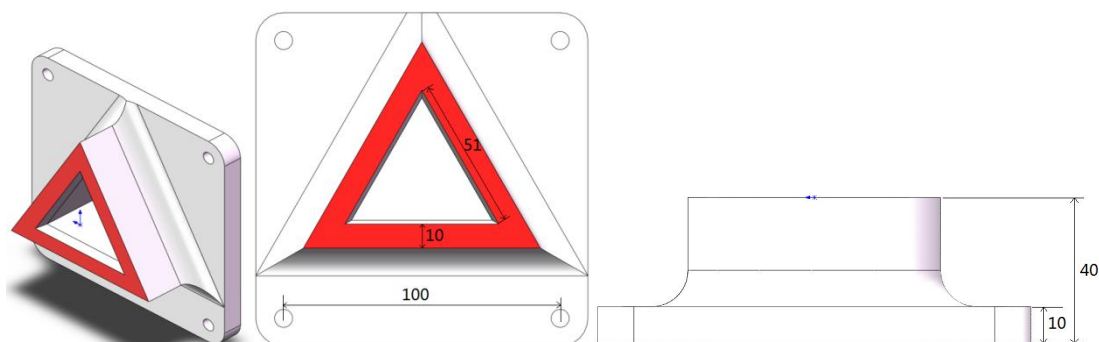


图 14 三角柱体状零件待装配体工位尺寸图

2.3.5 待装配体平台的旋转台

待装配体的圆形铝板是固定在一个旋转台上，旋转台由步进电机以及皮带轮传动机构带动旋转。步进电机为普通 57 型，配雷赛 DM556 型驱动器，皮带传动机构小同步轮齿数 30 齿，大同步轮齿数 150 齿，两个同步轮中心距 190mm。同步带宽 15mm。

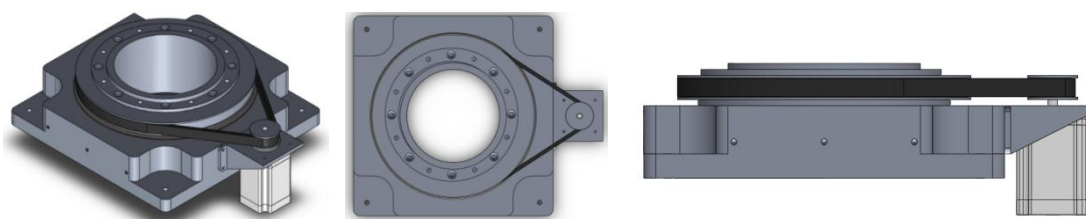


图 15 待装配体的旋转台示意图

3、比赛详细规则

3.1. 参赛机器人要求：

3.1.1. 装配机器人比赛项目必须由参赛队本队队员设计制作一台机器人参赛，不允许采用购置的工业机器人或桌面型机械臂产品或其他购置的成套机器人参赛。

3.1.2. 每个参赛队制作的机器人，核心板、PLC、计算机、驱动器、传感器、执行器件和其他零件可以购买，机器人控制电路板需自己设计制作，并在布线层印有该校名称和 2023 字样。购买其他带 CPU 的模块如树莓派、OPENMV、K210 等仅限于图像识别。

3.1.3 每个队伍需在比赛现场向竞赛组委会提交本队机器人的技术方案资料（包括机器人设计方案书、硬件电路原理图和 PCB 图，软件程序源代码展示，队员组装调试机器人过程视频等）。必须在报到后参加竞赛组委会组织的现场答辩环节，对不符合自制要求的队伍取消比赛资格。自制要求指需符合以下三点：

- (1) .机器人整体结构自己设计制作，能提供全套总装图和零件加工图。
- (2) .机器人控制板自己设计制作，能提供完整详细原理图和 PCB 图。
- (3) .机器人中除操作系统之外的控制程序需参赛队员自己编写，官方库函数可以使用，但必须能展示到最后底层代码并参赛队员能够演示讲解。

3.1.4 所有参赛队不允许使用“遥控机器人（包含在比赛过程中通过远程方式给机器人传递信息）、能对现场人员的安全造成威胁的机器人、能对比赛场地造成损坏的机器人参加比赛，对此类机器人竞赛委员会有权取消该队伍的参赛资格。

3.1.5 每队机器人在开始启动之前在地面的垂直投影所包围闭合区域的面积尺寸不大于 450mm×450mm（供电电源线和信号线不计算在内）。工作电源可以采用电池供电，也可以使用现场提供 220V 电源。比赛中机器人不得使用气源和气动器件。

3.1.6 机器人传感器的使用，除机器人自身携带安装的传感器之外，可以在传送带上布局安装不超过 3 个传感器进行辅助控制。场地其他位置不允许安装传感器。传送带上仅限于安装传感器不得安装其他器件，不得对传送带运行造成破坏，比赛完成要参赛队进行拆除。旋转圆台上不允许进行安装改造。禁止使用带危险性传感器。传感器的使用范围仅限于黄色边界线限定的区域范围内。在黄色区域范围外可能存在人员走动等各种因素，比赛现场光照采用日光灯照明。

3.2 比赛场地设备的控制：

装配机器人比赛项目场地中取料传送带的运行速度可通过速度控制盒旋钮在 1-6 米/分钟之间手动调节，在比赛开始前调试阶段由参赛队员自行调节确定速度，比赛过程中机器人只能自主控制传送带的启停不能再进行速度调节。传送带的启停控制通过继电器控制盒进行控制，控制盒接线说明如下图 16 所示，机器人对控制盒提供 12V 工作电压，电流<300mA，机器人通过 D 端子的 12V 数字信号控制传送带启停，D 端子输入高电平 12V 传送带启动，D 端子输入低电平 0V 传送带停止。+V 和-端子需要由机器人提供 12V 工作电压。



图 16 传送带启停控制模块

装配机器人比赛项目场地中的待装配体旋转平台通过 24V 步进电机控制旋转，比赛中待装配体平台可以保持不动也可以旋转，机器人通过步进电机驱动器控制旋转平台的启停和旋转速度。步进电机驱动器采用雷赛 DM556 型，工作电压 24V。比赛时驱动器的电机端接线参赛队不得进行改动，控制端由各参赛队接入 3.3V 或 5V 电压的 PUL、DIR、EN 三种控制

信号。控制端接线以及驱动器 SW1-SW8 配置由参赛队员在调试阶段自行设置确认正确。比赛场地中旋转圆台供电可以是外接 220V 电源供电或者电池供电。

3.3 抽签

在预赛开始前各组选手派一名代表进行抽签,按照抽签的顺序决定各组的比赛场地及上场顺序。在每场比赛开始前,参赛队员代表进行抽签决定零件上料顺序。

3.4 比赛的调试准备:

每场比赛开始后,第一轮各队有 6 分钟调试准备时间,第二轮有 3 分钟调试准备时间。调试准备过程中考察参赛队员的设备接线及调试熟悉程度,如果出现接线错误导致传送带电机、旋转台电机、旋转台电机驱动器烧毁损坏等,扣除该队该场比赛最终得分 20 分。各队调试准备好后,应向裁判示意。调试准备时间到后,进入比赛正式开始计时,没有准备好的队伍可以继续调试,但比赛正式计时继续进行。

调试时间内,参赛选手必须有秩序、有条理地调试机器人,不得通过任何方式接受指导教师或其他非本队队员的指导。不遵守秩序的参赛队伍会受到扣分,严重的被取消参赛资格。参赛队伍可根据现场环境搭建、修改机器人的结构和编写程序。机器人的任何部分及其在地面的垂直投影不能超出比赛地图指定黄色区域范围。调试时间结束后,听从裁判指令开始比赛。正式调试开始 2 分钟内未到场的参赛队伍将被视为弃权;

3.4 比赛机器人的启动:

(1) 在比赛开始后,机器人处于上电复位状态,尺寸不能超出规定范围,场地传送带和旋转圆台处于通电等待状态;

(2) 此时由参赛队员抽签,决定零件顺序等。

(3) 在裁判发出“3、2、1、开始”命令后,比赛时间倒计时开始,参赛队员按下机器人唯一启动按钮,机器人开始在场内完全自主自动运行,不能借助任何形式的场外设施或设备。

(4) 在参赛队员按下启动按钮 10 秒后,如果机器人没有启动,认为该次启动失败,可以选择再次启动一次机器人并计为该队一次重启。

(5) 机器人一旦启动,就只能受机器人自带的程序控制。除重启的情况外,参赛选手不得接触机器人。

(6) 重启时,参赛队员只能对机器人操作,不得对传送带、旋转圆台以及场地上物料零件进行操作。

(7) 启动后的机器人运行过程中如果将所携带零件抛出比赛场地任何位置,除裁判和工作人员之外的任何人不得接触。如果零件与机器人接触,不得移动该零件,其它在不影响机器人运作情况下由裁判进行判断并移除零件。

(8) 当机器人在比赛中启动后 1 分钟内出现故障不能正常完成比赛任务时,可向裁判申请唯一的重启机会,并由裁判决定申请是否通过。重启时已完成的零件任务得分归零,旋转台零件移除,计时不停止继续计时。重启时,参赛队员只能对机器人操作,不得对传送带、旋转圆台以及厂上物料零件进行操作。每支参赛队伍仅有一次重启机会。

3.5 比赛中的零件上料规则:

装配机器人比赛的零件是在传送带上以黑色引导线为中心的位置随机摆放,每个零件摆放间隔有 610mm。零件摆放姿态如图 1 所示,每个零件摆放位置和姿态会有 $\pm 2\text{mm}$ 误差。

零件的摆放顺序是从 1-6 这六种情况中随机选择一种,是本场比赛队伍完成准备工作后,开始启动机器人之前抽签决定。1-6 数字对应的零件依次摆放顺序如下表所示。

表 1 零件抽签对应顺序表

抽签数字	第一个零件	第二个零件	第三个零件
1	圆柱体	立方柱体	三角柱体

2	圆柱体	三角柱体	立方柱体
3	立方柱体	圆柱体	三角柱体
4	立方柱体	三角柱体	圆柱体
4	三角柱体	圆柱体	立方柱体
6	三角柱体	立方柱体	圆柱体

零件的摆放上料是由比赛工作人员进行，摆放顺序按照比赛前抽签顺序摆放零件，并按照固定间隔摆放上料，一直到本场比赛结束。比赛开始前传送带上按照选定顺序从左到右摆放 3 个零件，比赛开始后，当传送带运行后出现了新的空白放料位置后由工作人员进行上料，传送带没运动没出现新的零件位置时不进行下一个零件上料动作。传送带的运行与停止由机器人通过有线方式控制。

3.6 比赛计分规则：

比赛计分规则：

1. 每个机器人完成以下动作，得到相应分值：

序号	机器人动作	得分
1	机器人成功将零件从取料传送带抓取并离开取料传送带的竖直投影区域	每个零件记 1 分
2	机器人成功将零件运送到待装配体的对应工位上方，并且零件与待装配体上对应工位孔发生了接触。	每个零件记 5 分
3	成功将零件安装到待装配体圆盘的该零件对应形状工位孔内，零件底面和圆台上表面完全接触。	每个零件记 44 分
4	机器人将零件运送到错误的待装配体工位上方，并且零件与错误待装配体工位孔发生了接触后松开没有成功装配。	每个零件记 -5 分
5	机器人将零件安装到错误待装配体工位孔内，零件底面和圆台上表面完全接触。	每个零件记 -30 分

2. 比赛结束后，根据机器人完成的每个步骤零件个数计算得分，并记录所花时间。
3. 预赛时，机器人完成待装配台 8 个零件工位安装任务后，获得预赛单场最高得分 400 分，该场比赛结束。
4. 决赛时，机器人完成待装配台 8 个零件工位安装任务后，可以将待装配体工位零件清空，继续进行零件装配任务，直到比赛时间用完。

3.7 比赛结束规则：

参赛队伍代表听裁判的口令启动本队的机器人并开始计时。比赛过程中发生以下情况之一即认为该队结束本场比赛：（1）比赛规定时间到；（2）机器人停止后不能行动，参赛队员示意结束比赛；（3）预赛中机器人全部完成 8 个零件的装配任务；（4）机器人有部分机构运行时处于赛场外围黄色边框区域之外。（5）参赛队队员举手示意确认结束本场比赛。

3.8. 犯规扣分和取消比赛资格

- （1）未准时到场的参赛队，如果正式调试开始 3 分钟后仍未到场，该队将被取消比赛资格；
- （2）比赛开始时第 1 次误启动将受到裁判员的警告，机器人回到起始状态再次启动，计时重新开始。第 2 次误启动将被扣除该场最终得分 20 分，第 3 次误启动将被取消本场比赛资格，得分记为 0 分。
- （3）机器自动运行过程中，参赛队员擅自接触赛场内的机器人是违规行为，将直接被取消

本场比赛资格，得分记为 0 分；

(4) 比赛过程中，参赛队员不得以言语挑衅、暴力威胁、肢体动作等方式干预比赛，情节严重者直接被取消比赛资格；

(5) 比赛过程中参赛选手不服从裁判员的指示，该参赛队伍将被取消比赛资格。

(6) 比赛过程中参赛选手在未经裁判员允许的情况下，私自与指导教师或其他非本队队员联系，该参赛队伍将被取消比赛资格。

4、比赛赛制

4.1 赛前检查

在比赛开始前，参赛队将接受竞赛委员会裁判组的“资格审查”，对于审查出违反竞赛规则 3.1 条款要求的机器人，取消本队的参赛资格。

4.2 比赛赛制

该项目比赛分预赛和决赛两个阶段进行。

预赛：各队根据事先抽签顺序依次上场比赛。预赛时每队有两次比赛机会，第一次比赛调试时间 6 分钟，比赛时间 3 分钟；第一次比赛结束后马上开始第二次比赛，第二次比赛调试时间 3 分钟，比赛时间 3 分钟。在两次比赛里都各有一次重启机会。

两次比赛完成后，将所得比分和时间累加，优先根据本队得分高低，其次根据完成装配任务所花时间，依次排出各队名次。根据预赛成绩排名取总参赛队伍前 40% 队伍参加决赛。成绩和时间综合排名相同的队伍可以要求再比赛一次。

决赛：根据预赛成绩排名确定的决赛名单，每队按照预赛排名低名次在前的顺序上场比赛。决赛时旋转圆台上各待装配工位的位置布局和装配任务会有所不同，在比赛开始前进行公布。决赛时每队有两次比赛机会，第一次比赛调试时间 10 分钟，比赛时间 3 分钟；第一次比赛结束后马上开始第二次比赛，第二次比赛调试时间 3 分钟，比赛时间 4 分钟。在两次比赛里都各有一次重启机会。记录每队得分高低，以及完成装配任务所花时间。两次比赛结束后所得比分和时间累加。按照总决赛得分高低，其次按照总决赛比赛的“累积剩余时间”多少来决定该项目总决赛排名和奖项分布，其中该赛项同一所学校一等奖获奖队伍数不超过两队，出现超过两支时，按照该校三支队伍成绩排名取前两队评一等奖，另一队评二等奖，一等奖名额顺延至下一队。

5、其他参赛事项

5.1 由浙江省同一所大学的在校大学生组成的代表队，且每队的成员人数最多为 3 名，并制作一台机器人参加比赛。

5.2 比赛使用的机器人设备由参赛队伍自行携带，比赛队伍之间不得相互借用机器人。一旦发现，取消相关两队比赛资格并由竞赛委员会做出相关处罚。

5.3 实际制作的场地及相关设备与本规则公布的相比，几何尺寸有一定误差；比赛一段时间后，场地有磨损等等。赛场采用日常照明，参赛选手可以标定传感器，但是大赛组委会不保证现场光照绝对不变。随着比赛的进行，现场的照明情况可能发生变化，对这些变化和未知光线的实际影响，参赛选手应自行适应或克服。

5.4 比赛现场提供标准 220V 电源接口。

5.5 在准备竞赛过程中，如发现问题，竞赛组织委员会将及时修正规则，并通知参赛队伍。本规则未尽事宜由浙江省第七届大学生机器人竞赛组织委员会解释。

浙江省大学生机器人竞赛委员会秘书处
浙江省第七届大学生机器人竞赛组委会