

中国机器人大赛暨 RoboCup 机器人世界杯中国赛

2024 年度赛事规则

(总决赛)

赛项：航天器设计与空间机器人

项目：自旋非合作目标在轨服务

航天器设计与空间机器人赛项技术委员会

2024 年 7 月

目 录

一、 项目背景	1
二、 资格认证要求	2
三、 参赛人员要求	3
四、 技术与竞赛组织讨论群	4
五、 比赛任务概述	5
六、 比赛场地及器材	6
6.1 比赛场地说明	6
6.2 场地器材说明	6
6.3 场地指标说明	6
七、 赛事规则要求与评分标准	9
7.1 赛事规则要求	9
7.2 评分标准	9
八、 机器人要求	12
九、 赛程赛制	13
9.1 领队会议	13
9.2 赛前检录	13
9.3 比赛流程	13
十、 附加说明	14
附件：参赛队伍资格认证模板	15

一、项目背景

在轨服务旨在为空间中有人或无人航天器提供维修、维护、变轨、碎片清除等服务，随着科技的进一步变革以及商业航天的蓬勃发展，在轨服务成为航天领域的一个重要分支，具备重大的发展潜力和应用空间。

本竞赛项目以在轨服务为任务背景，以空间机器人对自旋非合作目标跟随绕飞任务为比赛主题，空间机器人需在比赛场地内完成对自旋目标卫星的接近、绕飞、对接等动作。

本机器人竞赛项目的设计目的是引导参赛队研究、设计并制作具有优秀硬件与软件系统的空间机器人，逐步提高空间机器人多方面的能力与智能，如：

1. 目标运动预测能力：为了完成自旋非合作目标跟随绕飞任务，空间机器人需要对目标卫星的运动特性进行深入分析，包括自旋速度、姿态变化等，为后续的路径规划提供基础。同时还需要根据目标卫星的运动特性，具备一定的运动预测能力，对下一时刻的运动状态、位置、姿态等进行估计，有效地预测能够提升绕飞的精度及稳定性。

2. 相对导航能力：为了实现有效地绕飞及对接任务，需要设计有效的相对导航算法，确保空间机器人在接近目标卫星过程中保持正确的轨道及姿态。

3. 路径规划与优化能力：根据运动预测情况及空间机器人运动性能，规划出最优的接近及绕飞路径，并对路径规划结果进一步优化，提高绕飞逼近精度的同时保证安全性及稳定性。

4. 自主捕获与对接能力：针对自旋非合作目标卫星的运动特性，设计合理的捕获策略，在绕飞过程中，通过空间机器人与目标卫星的相对运动精确控制，实现对接任务的顺利完成。

5. 系统鲁棒性与容错能力：空间机器人在系统的设计及实现中需要考虑空间状态的各类不确定性，从而提高系统的鲁棒性，同时对于绕飞及逼近停靠过程中可能出现的故障或异常状态，设计一定的容错机制以及故障修复措施。

二、资格认证要求

1. 资格认证文档（见附件）在填写时，仔细阅读红色部分的填写详细要求，依规进行填写申报，填写完毕后，删除红色字迹；

2. 资格认证材料中必须包含第一部分，如果无法提供第二、三部分材料，须对情况予以说明；

3. 资格认证文档应是一份 PDF 文件，统一命名为：队伍编号_资格认证.pdf，并与比赛报到日期前 30 天以附件的形式发送邮件至：sdandsr@163.com，邮件主题：XX 队伍资格认证；

4. 资格认证材料由航天器设计及空间机器人项目技术委员会组织专家进行评审，若提交的原创性材料不合格或不按时提交认证文档者，将扣除比赛时该队总成绩的 20%（每轮）；

5. 技术委员会关注各参赛队队员的自我创新，不得复制抄袭。如有跨院校合作之情况，在合作的具体部分做出说明。未做声明的技术雷同，将被取消比赛资格；

三、参赛人员要求

1. 每支参赛队伍限使用 1 台空间机器人参加竞赛，赛前由技术委员会对各参赛队机器人进行核验。

2. 每支参赛队伍应有指导教师 1-3 人，参赛队员（学生）1-5 人。

3. 参赛队名称（以下简称队名）：队名只能由汉字、英文、数字三种类型单独或混合组成，长度 2-14 个字符（1 个汉字相当于 2 个字符）。队名是队伍的象征，用语要求文明、清晰、无歧义且无意识形态倾向。对于不合规定的队名，现场裁判有权取消该队伍的参赛资格。学校/院/系名称，通常不必体现在队名中。

四、技术与竞赛组织讨论群

参赛队员与指导老师可以加入航天器与空间机器人项目群(QQ 群：991336043 联系电话：13718801721)进行学术讨论。群内实行实名管理（名片格式：院校-教师 or 学生-姓名，群内定期清理非竞赛相关人员）。请求加群时，需要注明参赛队伍及高校，否则可能不能入群。

五、比赛任务概述

对于自旋非合作在轨服务项目比赛任务，参赛队需设计并制作空间机器人，完成对目标卫星的捕捉、绕飞、逼近停靠、返航等任务，整个任务通过赛场统一的动捕设备提供目标星以及空间机器人的位姿信息用于判断任务完成情况。任务流程分以下四个阶段：

1. 目标星捕获：空间机器人需运动至目标星轨道范围内并保持一定时间；
2. 目标星绕飞：空间机器人在完成捕获任务后，与目标星保持一定的距离，跟随绕飞并保持一定时间；
3. 目标星逼近停靠：空间机器人在完成捕获、绕飞任务后，完成与目标星的逼近停靠任务；
4. 返航：在完成捕获、绕飞、停靠任务后，在规定时间内返回起始点。

关于比赛场地以及具体任务得分要求，参考本规则第七、八章节。

比赛期间，每支队伍必须指定一名成员为机器人操纵员，在紧急情况下可以接管机器人，一旦遥控接管则本次比赛后续项目不得分，遥控器须保持水平。

六、比赛场地及器材

6.1 比赛场地说明

1. 比赛场地，主要包括非合作目标卫星模型一台、提供目标卫星自旋运动的运动转台一套。
2. 运动状态测量设备一套。
3. Wifi 传输设备一套。
4. 40 寸显示器一台。

6.2 场地器材说明

1. 比赛场地中间设有一台稳固的转台（位置非固定，比赛现场随机设定），能够实现延垂直地面方向的单轴旋转，旋转速度能在一定范围进行调控，该转台搭载目标卫星，使其能够单轴自旋；
2. 运动状态测量设备（动捕设备）用于提供目标卫星以及空间机器人的运动状态、位置、姿态等信息，作为成绩评判的依据；
3. 转台具有适当的安装接口，且具备一定的承载能力，能够承载非合作目标卫星模型；
4. 非合作目标卫星外形参考真实公开卫星模型，外形效果逼真；
5. 非合作目标卫星刚度可靠，能够抵御一定程度的冲击；
6. 比赛场地搭载高精度外测设备，能够实现对空间机器人和非合作目标模型运动状态的测量；
7. 比赛场地周围应设有保护围栏，保证比赛过程中观众的安全和场地内设备的安全。

6.3 场地指标说明

1. 比赛场地中央转台的具备 $0\sim 10^\circ/\text{s}$ 的调控范围；
2. 转台转速的控制精度在 $0.1^\circ/\text{s}$ ；
3. 比赛场地和非合作目标卫星模型结构尺寸如图 1 所示，非合作目标卫星

模型由黄色的正方体本体和蓝色的太阳帆板构成；整个场地坐标系见图中定义；

4. 非合作目标卫星模型上星箭对接环尺寸如图 2 所示，星箭对接环的涂装为黑色；

5. 比赛场地外测设备位置测量精度优于 5mm,三轴姿态测量精度优于 4° ；

6. 比赛场地周围安全护栏高度不低于 1m；

7. 比赛场地为室内环境，光照强度一般在 500Lux~1000Lux 之间，但不能保证光线照明均匀，门窗可能有小股阳光射入；比赛的挑战之一就是要求机器人能够在不确定照明、阴影、散光等实际情况的环境中进行比赛；参赛者应意识到赛场管理人员难以保证比赛现场无人使用照相机和摄像机的辅助光源，设计制作中应采取措施尽量避免这些光源对机器人的影响，参赛者在比赛前有一定时间了解赛场的光线情况及测试标定机器人；

8. 轨道坐标系：指以目标卫星质心为原点构建的坐标系（本赛项目标星质心为穿过目标星回转轴垂直地面高度 1500mm 位置），沿场地 A 边看向场内，平行场地 A 边的为 X 轴，正方向向右；垂直于 A 边的为 Y 轴，正方向向前；垂直于场地地面向上为 Z 轴，正方向向上（如图所示）；

9. 对接坐标系，星箭对接环面圆心为原点的坐标系，沿对接环向内看，太阳能帆板所在直线方向为 x 轴，正方向向右；星箭对接环外面圆点垂直方向为 z 轴，正方向向外；垂直于 x、z 的是 y 轴，正方向向上（如图所示）；

10. 每次比赛开始时，启动位置 X 与 x 正方向相同。

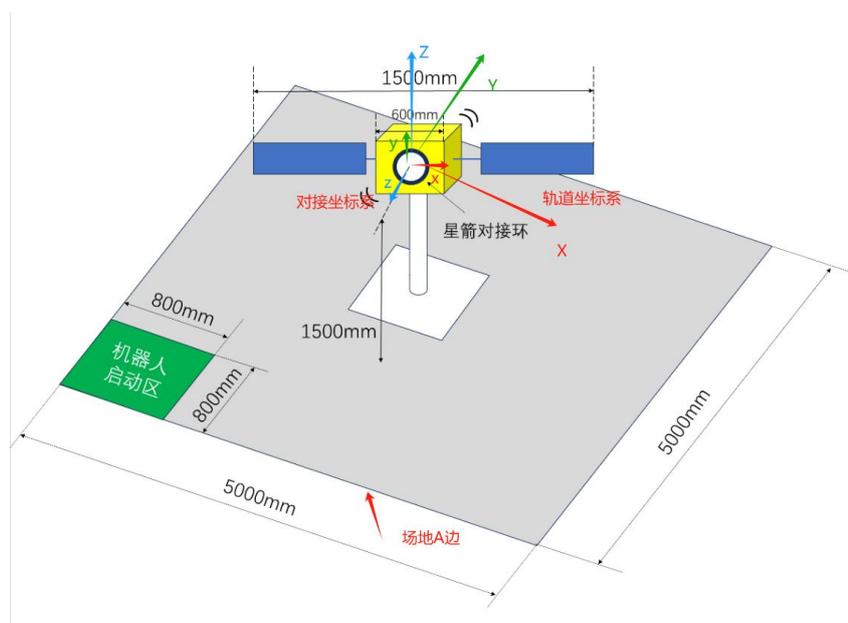


图 1 比赛场地尺寸示意图

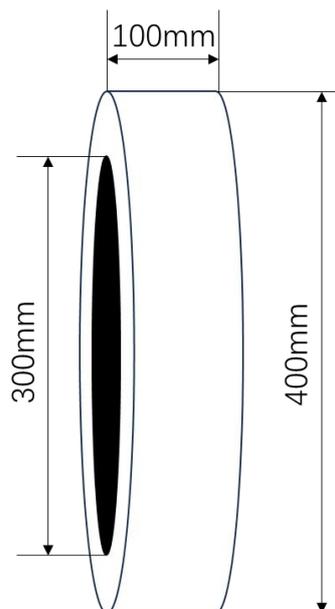


图 2 星箭对接环结构尺寸示意图

七、赛事规则要求与评分标准

7.1 赛事规则要求

每队每轮比赛有 2 次出发机会。每一次出发要求空间机器人在规定的任务时间（300 秒）内，根据场景与自身的能力完成相应任务，并回到出发地。

7.1.1 成绩排序

1. 每轮比赛所获总积分从大到小进行排名；
2. 若比赛中出现积分相同的队伍，用时较少的机器人排名在前。

7.1.2 计时方式

关于计时（赛场可能设有计时器，或由助理裁判手动计时）

1. 比赛时，参赛队做好起飞前准备并示意裁判开始启动后，开始计时；机器人返回启动区（机器人整体平稳停在启动区平台）时，停止计时。

2. 规定的时间到，机器人尚未完成任务，或尚未回到启动区平台时，立即停止比赛，停止计时。此前的累计得分有效。

3. 比赛中由于：

- (1) 机器人掉落地面；
- (2) 机器人冲撞设施、接触防护网；
- (3) 机器人出发后出现卡死或死机（停止不动 30 秒）；
- (4) 参赛队主动向裁判申请；

此时，裁判员可判决停止本次比赛，此前的累计得分和计时均有效。

7.2 评分标准

7.2.1 目标卫星捕获计分

空间机器人通过自身传感器感知环境信息，并导航运动至目标卫星所在轨道。当空间机器人的对接位置与目标卫星自旋中心所在在轨道坐标系的 Z 轴半径 500mm 以内，且距轨道坐标系原点 Z 轴 $0\text{mm} \pm 200\text{mm}$ 范围内，机器人通过自身扬声器播报“已到达目标星所在轨道”，裁判从播报后通过动捕设备提供的相对位置信息，若距离符合上述要求，开始计时，连续保持范围内超过 10s，视为捕获成功，可获得捕获成绩分数 20 分。

7.2.2 目标卫星绕飞计分

在空间机器人捕获目标卫星成功后，即转入对目标卫星的绕飞任务。该阶段的目标是：实现空间机器人的对接位置与目标卫星对接坐标系原点在对接坐标系 z 轴方向上保持相距 300mm，在对接坐标系的 x 轴和 y 轴方向上保持相距 0mm。当空间机器人运动到该状态时，机器人通过自身扬声器播报“正在绕飞”，裁判从播报后开始计时，并通过动捕设备提供的相对位置信息判断任务完成情况，若空间机器人的对接位置与目标卫星对接坐标系原点之间的相对距离沿对接坐标系三轴方向的控制误差均在 $\pm 100\text{mm}$ 内，并保持连续绕飞 10s，视为绕飞成功，可获得绕飞成绩分数 30 分。

7.2.3 目标卫星逼近停靠计分

在空间机器人捕获目标卫星成功后，即转入对目标卫星的逼近停靠任务。该阶段的目标是：实现空间机器人的对接位置与目标卫星对接坐标系原点在对接坐标系的 z 轴方向上保持相距 50mm，在对接坐标系的 x 轴和 y 轴方向上保持相距 0mm。当空间机器人运动到该状态时，机器人通过自身扬声器播报“正在逼近停靠”，裁判从播报后开始计时，并通过动捕设备提供的相对位置信息判断任务完成情况，若空间机器人的对接位置与目标卫星对接坐标系原点之间的相对距离沿对接坐标系三轴方向的控制误差均在 $\pm 30\text{mm}$ 内，并保持连续绕飞 10s，视为绕飞成功，可获得绕飞成绩分数 40 分。

7.2.4 返回起始点计分

在空间机器人完成所有上述任务后，能够在规定任务时间内返回启动区平台并平稳落下，可获得返回起始点成绩分数 10 分。

7.2.5 定位信息获取扣分

在上述任务过程中，鼓励参赛队自主设计导航、控制、定位、感知等算法，对于室内定位功能，参赛队可以使用动捕设备反馈的空间机器人定位信息，机器人控制器需要具备一定的无线功能，可以通过无线局域网获取动捕装置反馈的定位信息；若参赛队不采用以上动捕外测提供的定位信息，通过机器人的自主定位模块（室内无 GPS、北斗信号）实现定位，完成 7.2.1--7.2.3 中的各个任务，每个任务分别加 10 分，完成返航任务加 5 分。

7.2.5 评分表

中国机器人大会成绩记录表：自旋非合作目标在轨服务赛项 第__轮

序号	学校 队名	目标卫星 捕获计分	目标卫星 绕飞计分	目标卫星 对接计分	返回起始 点积分	每次 总分	每次 耗时(秒)	总积分	2次累加 耗时	确认 签字
1	****大学 马可波罗 007									

- 1、计时，秒后保留 2 位；
- 2、请参赛队代表核实成绩后签字；
- 3、请助理裁判、裁判长核实表中各项信息，签名后提交。

助理裁判（签名）：_____ 裁判长（签名）：

八、机器人要求

机器人应为学生（研究生/本科生/专科生）设计制作的，应符合下列规范要求：

机器人	空间机器人自旋非合作目标在轨服务项目
整体结构	参赛队自行设计能完成的机器人设备。
动捕标定点	机器人平台应留有安装动捕 marker 球的位置，marker 球直径为 12mm 左右，个数 4 个左右，具体以现场部署为准。
外貌	鼓励装饰机器人，使得机器人具有自身特色的外形。
扬声器	要求：能够让裁判老师清晰听到播报内容（扬声器参考参数： $\geq 5W/4\Omega$ ）
关于检录	检录后，不得对机器人进行程序烧录、不得充电。
出发启动	裁判或授权队员示意开始后，机器人自动出发。
返回停机	机器人自动停机
安全	机器人不得伤害人，不得损坏场地与环境。机器人要求配置无线遥控装置，当出现机器人失控时，通过遥控装置使其安全着陆。

九、赛程赛制

9.1 领队会议

各赛队应须指派专人参加领队会议，若一校多队的可指派 1 人参加。不参加领队会议的赛队，将取消其比赛资格。领队会议内容包括：

1. 竞赛实施细则说明；
2. 根据实际参赛队伍数确定比赛分组、场地安排；
3. 建立竞赛临时 QQ 群，确认所有参赛队联系人都在群；
4. 其它与比赛相关的事宜。

9.2 赛前检录

每轮比赛开始时间前 20 分钟进行赛前检录，检录的主要工作有：

1. 各赛队检录答到；
2. 机器人核验关键尺寸、机器人重量并拍照；
3. 所有机器人集中摆放于比赛场内指定位置，不得再进行程序烧录、充电与维护。

4. 赛前检录时，连续 3 次呼叫未到，助理裁判进行计时，每迟到 1 分钟扣除总积分 30 分。

9.3 比赛流程

1. 预备：裁判或裁判授权发出预备信号，机器人由参赛队员从集中摆放区放入出发平台，准备开始；

2. 出发：参赛队做好起飞前准备并示意裁判开始启动后，开始计时，比赛开始；

3. 返回：一轮比赛中的非正常二次出发：若机器人在第一次任务时无法成功返回起始点，由本队队员取回并复位，放回起止平台，根据预备与出发要求，机器人进行第二次任务，不得做任何其它调整机器人的动作。机器人在第二次任务时无法正常返回起始点，本轮比赛结束。

十、附加说明

通常，裁判由组织委员会老师出任。如遇他们时间冲突等原因无法担任时，由技术委员会选择其它老师替代。各级竞赛中，决赛裁判实行回避制度。

对裁判工作有不同意见，请及时尽量与裁判现场沟通；仍然不满意的，可以向技术委员会提交书面投诉及相关证据、申请仲裁。特别注意：

- 1) 同意进场开始比赛的，不得在赛后以赛场设施等问题为由进行投诉；
- 2) 在成绩单上签字后，不得再对已确认成绩提出质疑。

参赛机器人必须是自主机器人，通过遥控器控制决定其行动，不得通过线缆与任何其他器材（包括电源）连接。除此之外，场外队员或者其他人员除规定外禁止人工遥控或采用外部计算机遥控机器人。一经发现将立刻取消比赛资格并通过大赛组委会通报批评。

附件：参赛队伍资格认证模板

2024 中国机器人大赛自旋非合作目标在轨服务项目

参赛队伍资格认证

第一部分：必须提交材料

1、队伍信息

(以队伍为单位填写以下表格时，需一队一表。)

队伍编号		队伍名称	
学校		指导教师	
队员 1 照片	队员 2 照片	机器人照片 (用于本队竞赛的机器人照片)	
姓名:	姓名:		
专业:	专业:		
队员 3 照片	队员 4 照片	队员 5 照片	
姓名:	姓名:	姓名:	
专业:	专业:	专业:	

2、参赛机器人展示

(外观照片 4 张：主视、侧视、俯视以及斜视 45° 视图)

斜视 45° 视图	主视
侧视	俯视

3、机器人原创性材料

① 机器人结构设计简介

(附结构设计图纸 2 张：总装图、关键零部件图)

总装配图	关键零部件图
------	--------

② 机器人电路硬件介绍

(自主搭接电路原理图。如有控制系统、驱动系统、传感器系统部分有自制队，请提供 PCB 板的工程截图。)

搭接电路原理图	主控、驱动或传感器系统 PCB 板工程截图 (如此部分自制则提供)
---------	--------------------------------------

③ 机器人程序调试界面截图 1 张

机器人程序调试界面截图

④ 参赛团队机器人制作过程

(提供参赛机器人制作过程与装配过程照片 2 张)

制作过程	装配过程
------	------

⑤ 机器人调试过程

(提供参赛机器人调试过程照片 2 张)

机器人调试过程 1	机器人调试过程 2
-----------	-----------

⑥ 未来空间机器人项目设想 (参赛队对未来空间机器人规则的设计, 可包括场地、机器人结构、道具样式等)

--

第二部分： 过往参赛证明（非必要提交。如第一次参赛，请做说明）

近 5 年（即 2019-2023 年）参加中国自动化学会组织的中国机器人大赛的获奖情况。

过往参赛一览表（可续表）

序号	年份	竞赛名称	竞赛子项目	获奖情况
1	2019	2019 中国机器人大赛	机器人 XXX	一等奖

过往参赛证书附表（按照上表顺序进行佐证附图，可续表）

证书附图	
------	--

第三部分： 贡献证明材料（非必要提交。如第一次参赛，请做说明）

近 5 年（2019--2023）来团队或团队成员公开发表的与本项目空间机器人技术相关的论文（标题页）、申请的专利（证书）与软件著作权证书等。

竞赛贡献一览表（可续表）

序号	年份	论文、专利等名称

贡献证明材料附表（按照上表顺序进行佐证附图，可续表）

证书附图	
------	--