

2018 中国机器人大赛比赛规则

农业机器人 果园喷药机器人项目

2018 中国机器人大赛农业机器人项目技术委员会

2018 年 5 月 18 日

目录

一、项目简介.....	1
二、技术委员会.....	2
三、赛项说明.....	2
四、比赛场地及器材.....	6
五、机器人要求.....	7
六、评分标准.....	7
七、赛程赛制.....	10

一、项目简介

农业服务机器人工作在野外或非规则环境中，针对作业对象的差异性、作业环境的非结构特点、作业动作的复杂性、操作对象与价格的特殊性等特点，国内外的专家学者，开展了很多相关研究，研究出丰富多彩、特点各异的农业服务机器人，应用于耕作、平地、播种、育苗、移栽、嫁接、除草、喷药、中耕、开沟、施肥、灌溉、修剪、采摘、收获和农产品分级等方面。其研究内容，包涵机器人运动底盘及其控制系统，作业机械臂及其控制系统，机器人导航、定位系统，机器人路径规划，机械臂作业目标定位算法，机械臂作业路径规划算法，作业误差分析与补偿算法研究，机器人智能控制，多机器人协作作业，机器人自诊断，多机器人管理等内容。所以，农业服务机器人种类繁多，应用对象和涉及学科广，对机械机构和控制系统的环境适应能力，要求比较高，但对成本很敏感。

随着经济、社会的进一步发展，社会对农业服务机器人的需求会越来越大。为激发广大科技工作者、大学生的研究热情，中国服务机器人大赛开设了农业服务机器人项目。希望通过此项目的比赛，培养智能农业机械装备的科研后备力量，逐步解决农业自动化过程中的实际问题，增强高端农业机械的竞争力，引导农业服务机器人技术向实际应用方向发展，引领广大学生、学者投身到农业服务机器人的研发中来。

目前，农业服务机器人竞赛项目，分为果蔬采摘机器人和果园喷药机器人两个子项目。果园喷药机器人子项目中，机器人需要完成定点对靶喷药，针对各种树形的果树，自动喷药、精准喷药、变量喷药、喷杆高度自动调整等工作。

截止 2015 年末，我国园林水果种植面积 1281.67 万公顷，其中，苹果、柑橘、梨、桃、香蕉和葡萄，这 6 种水果的产量，占到园林水果总产量的 80%，是我国水果产业中的大宗品种。

病虫害防治是果园管理中最重要，也是最费时的一项作业，据统计，果树在一年生长期中，至少需要施药 8~15 次，约占果园总作业量的 30%。目前，我国的果园施药机械，大部分仍采用手动或机载喷药，其中，手动喷药机械所占比例比较大，施药方式以“大雾量、雨淋式”喷雾为主，农药利用率低，浪费严重，污染环境。机载喷药机械的施药方式是连续喷药，有较宽的株距时，存在无效喷药，目前，采用靶标探测技术，喷药机械可判断是否存在靶标植株，是否喷药，将连续喷药转化为间歇喷药；针对作业过程中不同的药量需求，喷药机械需要进行变量喷药；针对树形高低的不同，喷药过程中，喷杆需要自动调整高度。

为提高果园自动化喷药作业的精准度，国内外的学者、专家，开展了很多研究，包括喷药机器人本体研究，运动轨迹控制、导航定位技术、树形识别技术、定向风送技术、静电喷雾技术、自动对靶技术、定向仿形控制技术、变量施药控

制技术、喷杆高度调节系统等，但目前，还没有很成熟的，适合国内园林果园农艺的喷药机器人，对果园喷药机器人的深入研究和应用，具有重要意义。

果园喷药机器人子项目的比赛中，机器人需要自主完成自动对靶喷药、精准喷药、变量喷药、喷杆高度自动调整等工作。

技术难点：比赛场景模拟园林果园的喷药场合，部分行程没有引导线，需要解决自主导航、音视频交流、对靶喷药、精准喷药、变量喷药、喷杆高度自动调整等功能，每完成一个喷药要求，获得不同的分数，在规定的时间内，按各队计分分数高低，排列名次。

二、技术委员会

负责人：，史颖刚，西北农林科技大学，syg9696@nwsuaf.edu.cn,15800819006

成 员：

田素博，沈阳农业大学

卢 伟，南京农业大学

支双双 西安工程大学

李 懿，西安航空学院

农业机器人竞赛领队、指导教师交流 QQ 群：187901569

农业机器人参赛学生经验交流，赛事发布 QQ 群：246050483

三、赛项说明

本赛项中，机器人要完成园林果园的喷药作业。场地为平整钢板，刷绿漆，周围有高 20CM 高的一体化木质围墙。机器人比赛场地，如图 1 所示。

在比赛过程中，机器人自主完成所有动作，不能被遥控。

机器人从起点区出发，经过 A 区、B 区、C 区、D 区，分别进行对靶喷药、固定树形喷药，变树形喷药。其中，喷药的靶标，模拟树形等喷药目标，打印在 A3 纸（297mm×420mm）上，用白板磁铁吸附在磁性软白板上，磁性软白板贴在用立柱支撑的木板上。

正式比赛中，每支队伍有两次上场机会。每次的比赛时间，限定为 10 分钟。

比赛前，每支队伍有 3 分钟准备时间，在该时间段内，参赛队员自己更换比赛靶标，摆放 A 区、B 区、C 区的靶标和树形，D 区的树形，由自愿者随机摆放。

果园喷药机器人的赛场中，按喷药的难易度区分，依次为 A 区、B 区、C 区、D 区，比赛成绩以分数高低计算。

A 区为对靶喷药，有 3 个对靶喷药作业点，在 A 区的中心线上，有机器人行走引导线。在机器人对靶喷药地点 A1、A2、A3，有喷药地点提示线。在 A1 点，要求机器人对下靶标喷药，在 A2 点，对下靶标和中靶标喷药，在 A3 点，对下靶标、中靶标和上靶标喷药。靶标图样，见图 2。

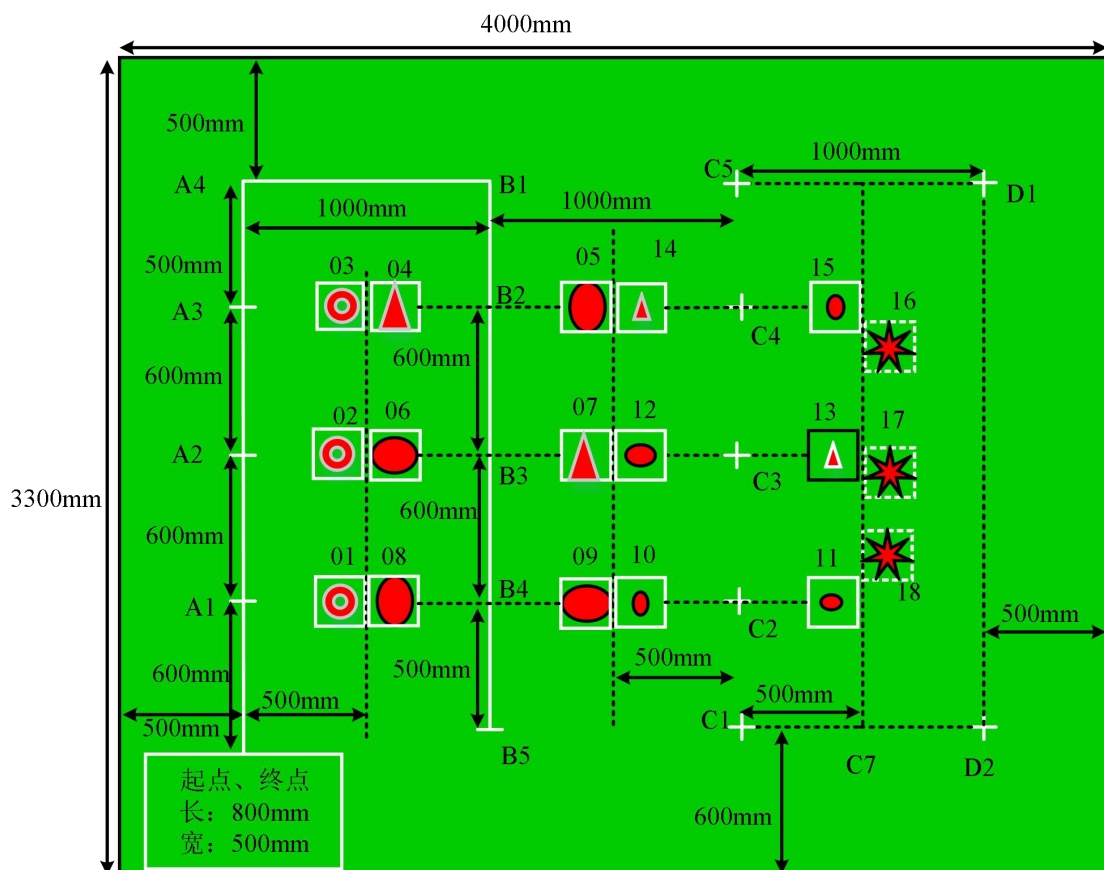


图 1 喷药机器人比赛场地

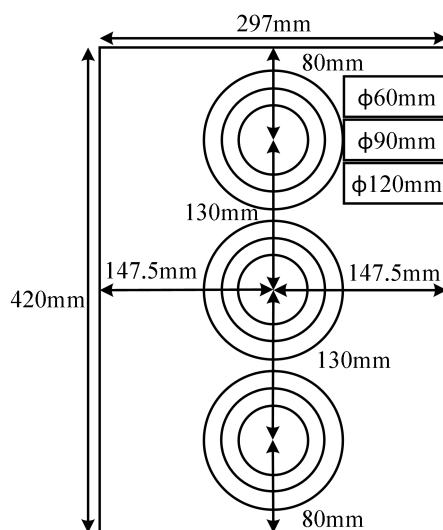


图 2 靶标图样

B 区为固定树形喷药，已告知树形结构，共有 3 种树形，分别为三角形树形、竖椭圆形树形、平椭圆形树形，每种树形两个靶，要求机器人分别对 6 个树形靶，进行喷药，不能喷在树形外边，在 B 区的中心线上，有机器人行走引导线，在喷药实施地点 B2、B3、B4，没有作业地点提示线。每种树形的不同部位，有不同的喷药要求。04、07 号靶的三角形树形，如图 3 所示，05、08 号靶的竖椭圆

形树形，如图 4 所示，06、09 号靶的平椭圆形树形，如图 5 所示。

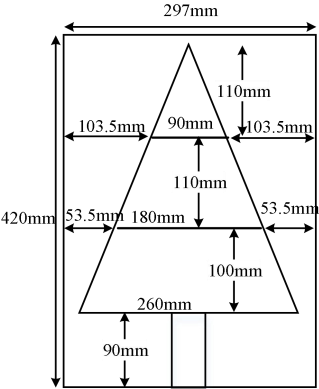


图 3 三角形树形 1

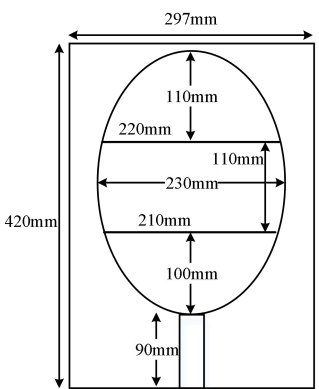


图 4 竖椭圆形树形 1

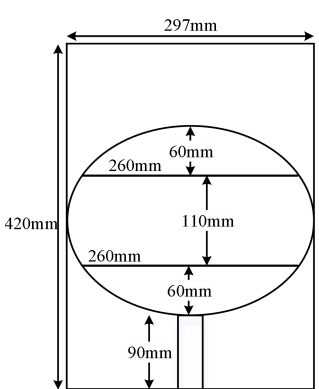


图 5 平椭圆形树形 1

C 区针对不同树龄的树形进行喷药，共有 3 种树形，其树形和 B 区的 3 种树形一致，但大小分别为 B 区树形的 90%和 80%，具体尺寸见图 6、图 7、图 8、图 9、图 10、图 11，要求不能将药喷在树形外边，每种树形的不同部位，有不同的喷药要求。

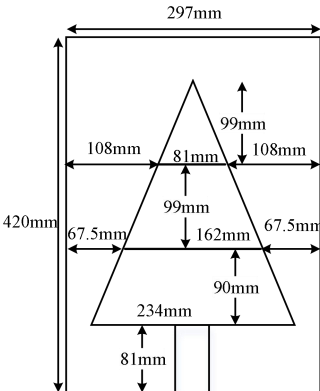


图 6 三角形树形 2

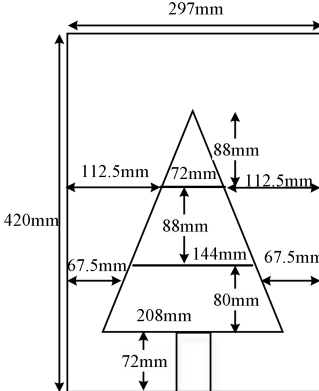


图 7 三角形树形 3

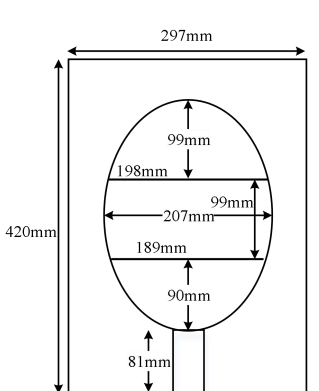
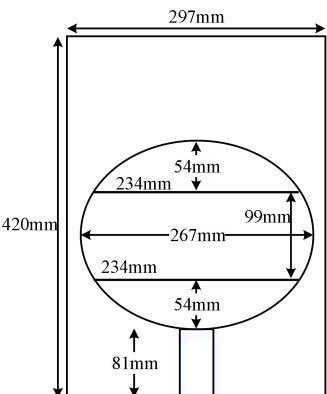
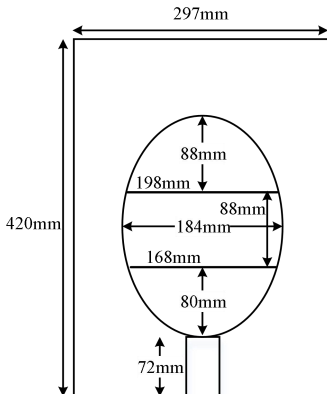


图 8 竖椭圆形树形 2



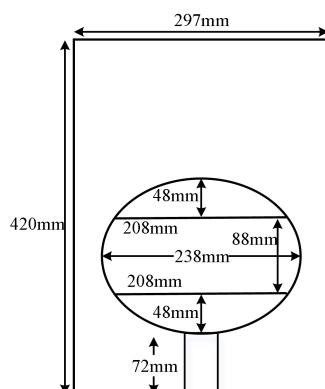


图 9 竖椭圆形树形 3

图 10 平椭圆形树形 2

图 11 平椭圆形树形 3

在 C 区的中心线上，没有机器人行走引导线，在喷药作业地点 C2、C3、C4，有作业地点提示标志，在 C 区的两端，有 C1 和 C5 的提示标志。虚线只是表示其方位，实际场地中不存在。其中 10 号靶和 15 号靶，为竖椭圆形树形，11 号靶和 12 号靶为平椭圆形树形，13 号靶和 14 号靶为三角形靶。10 号靶到 15 号靶的树形放置，为个竞赛团队自主放置，各个树形大小的具体安排，在竞赛报到时，应提前报备技术委员会，但树形位置不能动。

D 区有 3 个模拟树形，其树形和 B 区的 3 种树形一致，大小为 B 区树形的 70%，但树干的高度比 B 区的高，具体尺寸，见图 12、图 13、图 14，要求不能将药喷在树形外边，每种树形的不同部位，有不同的喷药要求。D 区没有机器人行走引导线，虚线只是表示其方位，实际场地中不存在。在 D 区的两端，有 D1 和 D2 的提示标志。16 号靶、17 号靶和 18 号靶的树形距离，由志愿者随机摆放，16 号靶、17 号靶和 18 号靶，没有固定摆放位置，但距离 D1D2 连线之间的距离，以及 C1C2C3C4C5 连线之间的距离，还在 500mm 左右，具体安排，以现场摆放为主。

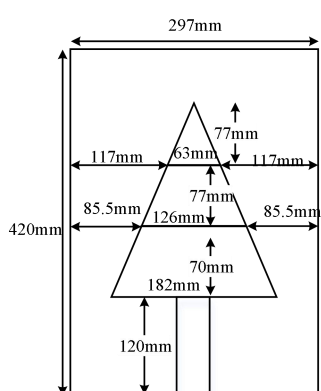


图 12 三角形树形 4

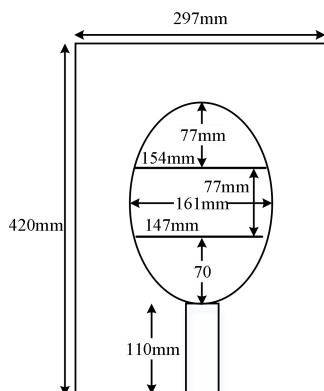


图 13 竖椭圆形树形 4

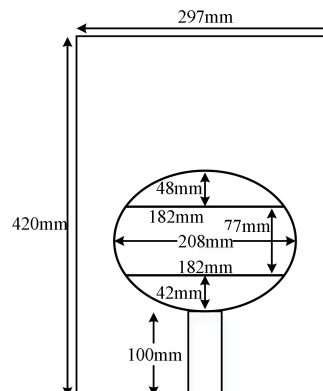


图 14 平椭圆形树形 4

C 区和 D 区的树形大小，按比例缩小，以及树干的高低调整，目的是驱动参赛学生，可以根据树形变化、树距变化，能迅速调整喷药策略。比如某种基本树形缩小 70%、80%、90%、……，但树干提高或降低 10mm、20mm、30mm、……，

组合后成为新的树形。每队的变形树形，要从三种基本树形中，每种变形三个，且大小、高低不能相同。

变形树形的喷药作业，要有好的效果，就要考虑车速控制，多个喷头的喷药时间控制与配合等问题。D 区的树形随机摆放，主要考评机器人对树形的自主探测，以及各个喷头在树形之间的喷药时间精准控制。

D 区树形随机摆放，目的是为了考察参赛机器人在非标准化果园中，在树距不确定情况下，喷药作业的可靠性。

机器人喷药作业的顺序，没有规定，最终成绩，以喷药过程中的累计总分，由大到小依次排定比赛名次。正式比赛中，每支机器人队伍，有两次上场比赛时间，每次上场比赛的时间，不得超过 10 分钟。

机器人在 D 区作业完成后，在返回终点的路上，必须经过 A1 点，但不能碰到其它靶标和树形靶。

比赛过程中不得给机器人充电。

机器人比赛过程中，队员不能进入比赛场地，队员一旦进入比赛场地，算人为干扰比赛，则参赛队伍的成绩累计，按队员进入比赛场地时间为止，后续得分不再累计。

四、比赛场地及器材

1) 图 1 是果园喷药机器人的比赛场景示意图，场景总面积为 4000mm×3300mm 的区域，地面为钢板，表面刷绿漆。图中白线为宽度 24mm，亚光纸条（双面胶），是机器人行走引导线，大部分地段无白线，黑色虚线部分没有任何引导线，只是为了辅助说明比赛场地的各个区域的方位和距离。

2) 参赛队伍请自带靶标、树形，但在比赛前，所有参赛队伍的领队，要上交各自队伍参赛时的靶标、树形，并对每个靶标、树形，进行编号，参加竞赛技术委员组织召开的赛前准备会议，所有领队对参赛的靶标、树形均无异议后，参赛队伍密封保存靶标、树形，在比赛当天启用。

3) 比赛区域中，悬挂靶标、树形的隔板，最下方离地面高 300mm，隔板大小为 297mm×420mm，隔板表面粘贴磁性软白板，请各队伍自带白板磁铁，在比赛前的准备时间内，将靶标和树形，吸附在磁性白板上，悬挂好果实。隔板的高度偏差、大小偏差，以现场为准，比赛过程中，靶标、树形在未喷药之前落地，不能人为捡拾靶标、树形，且该靶标和树形对应的得分部分，不计分；若靶标、树形，在正喷药之时落地，则该靶标和树形对应的得分部分，不计分；若靶标、树形，在喷药之后，比赛终止前落地，以现场数据记录为准。

4) 比赛区域中，靶标和树形的支架放置地点，为边长 300mm 的正方形区域，正方形区域的边长，用宽度 24mm 的亚光纸条（双面胶），粘贴于场地上。靶标

和树形的支架放置在该正方形区域的中心地点，以现场摆放为准。

5) 起点和终点，为 800mm×500mm 的矩形区域。

场地摆放位置，可能会有 5% 的误差，以现场提供为准。

五、机器人要求

一支队伍只允许有一个机器人，机器人收缩后的垂直投影，长应不大于 770mm，宽不大于 470mm，比赛开始后，机器人从出发区进入比赛场地后，可展开喷管，展开后的机器人垂直投影，长应不大于 900mm，宽不大于 800mm。机器人在图 1 所示的场地上完成动作，不能破坏场地。机器人应带有喷药装置。

比赛过程中，机器人从出发区域出发后，都要经过 A1、A2、A3、A4、B1、B2、B3、B4、B5 点，返回时，每个机器人都要经过 A1 点。

比赛开始时，机器人应播报队伍基本信息，比赛结束时，机器人应播报喷药作业情况，如喷药几棵树，用时多少，采用何种控制算法等。

机器人完成部分任务，但未到比赛终止时间，可以回到终点，中途回到终点的机器人，不能再继续进行比赛，参赛队员应向裁判示意，该次比赛结束。但比赛过程中的计分累加，可以成为该次比赛有效分数。

在比赛过程中，机器人自行走出比赛区域，或者碰到靶标和树形靶，比赛立即终止，但在比赛终止之前的计分累加，可以成为该次比赛有效分数。

六、评分标准

1) A 区喷药作业时，01 号靶对下靶标进行点喷作业，02 号靶对下靶标和中靶标进行点喷作业，03 号靶对对下靶标、中靶标和上靶标进行点喷作业。01 号靶、02 号靶和 03 号靶上，总共有 9 个靶标，每个靶标有 3 个环形，药液喷到最中间的圆环区域里，计 5 分，药液喷到最中间的圆环与中间圆环之间的区域，计 3 分，药液喷到中间圆环与最外的圆环之间的区域，计 1 分，药液喷到最外的圆环之外的区域，计 0 分，没有药液喷到规定靶标，计零分；同时有多股药液喷到靶标上，按最外围的药液喷射区域计分。例如，机器人在对 01 号靶的下靶标喷药作业时，上、中、下三个靶标区域，都有药液，则按没有药液喷到规定靶标，或者按同时有多股药液喷到靶标上，按最外围的药液喷射区域计分，都为 0 分。

2) B 区喷药作业时，04 号和 07 号靶的三角形树形，要求，在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 1 次、2 次、3 次，每次点喷，计 2 分，每个三角形树形共 12 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则三角形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 4 分、8 分、12 分，每个三角形树形共 24 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过

20mm×20mm=400mm²，则该区域的连续喷药，不计分。

05 号和 08 号靶的竖椭圆形树形，要求，在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 2 次、3 次、2 次，每次点喷，计 2 分，每个竖椭圆形树形共 14 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则竖椭圆形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 8 分、8 分、8 分，每个竖椭圆形树形共 24 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 20mm×20mm=400mm²，则该区域的连续喷药，不计分。

06 号和 09 号靶的平椭圆形树形，要求在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 2 次、3 次、2 次，每次点喷，计 2 分，每个平椭圆形树形共 14 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则平椭圆形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 9 分、6 分、9 分，每个平椭圆形树形共 24 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 20mm×20mm=400mm²，则该区域的连续喷药，不计分。

3)C 区喷药作业时，13 号和 14 号靶的三角形树形，要求在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 1 次、2 次、3 次，每次点喷，计 3 分，每个三角形树形共 18 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则三角形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 6 分、10 分、14 分，每个三角形树形共 30 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 20mm×20mm=400mm²，则该区域的连续喷药，不计分。

10 号和 15 号靶的竖椭圆形树形，要求在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 2 次、3 次、2 次，每次点喷，计 3 分，每个竖椭圆形树形共 21 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则竖椭圆形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 10 分、10 分、10 分，每个竖椭圆形树形共 30 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 20mm×20mm=400mm²，则该区域的连续喷药，不计分。

11 号和 12 号靶的平椭圆形树形，要求在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 2 次、3 次、2 次，每次点喷，计 3 分，每个平椭圆形树形共 21 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则平椭圆形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 11 分、8 分、11 分，每个平椭圆形树形

共 30 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 $20\text{mm} \times 20\text{mm} = 400\text{mm}^2$ ，则该区域的连续喷药，不计分。

4) D 区喷药作业时，机器人能找到树形，并把药液喷在靶上，每个树形计 10 分，但机器人一进入 D 区就采用连续喷药策略，不管是否观测到树形，则该方法不计分；机器人采取盲喷策略，即隔一段时间或隔一段距离，就连续喷药一小段距离，该方法也不能被计分。

D 区的三角形树形，要求在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 1 次、2 次、3 次，每次点喷，计 4 分，共 24 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则三角形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 8 分、12 分、16 分，共 36 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 $20\text{mm} \times 20\text{mm} = 400\text{mm}^2$ ，则该区域的连续喷药，不计分。

D 区的竖椭圆形树形，要求在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 2 次、3 次、2 次，每次点喷，计 4 分，共 28 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则竖椭圆形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 12 分、12 分、12 分，共 36 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 $20\text{mm} \times 20\text{mm} = 400\text{mm}^2$ ，则该区域的连续喷药，不计分。

D 区的平椭圆形树形，要求在树形的上部区域、中部区域、下部区域，分别点喷 2 次、3 次、2 次，每次点喷，计 4 分，共 28 分，药液点喷到规定区域外，不计分；若是机器人在树形的三个区域，能够连续喷药，且连续喷药面积大于该区域的 50%，则平椭圆形树形的上部区域、中部区域、下部区域的连续喷药，分别计分计 13 分、10 分、13 分，共 36 分；若是机器人连续喷药时，药液喷到树形外的区域，超过 $20\text{mm} \times 20\text{mm} = 400\text{mm}^2$ ，则该区域的连续喷药，不计分。

5) 机器人从起点区出发，沿黑线导引线前行，边走边进行播报，加 2 分，语音信息中，能用清晰语音介绍比赛机器人队伍的学校、名称，比赛算法等信息，加 3 分，机器人回到终点后，采用语音播报喷药作业信息的队伍，加 2 分，能清晰播报出作业过程中，喷药作业的靶标、树形靶数量的队伍，加 5 分。机器人在 D 区检测树形时，每检测到一个树形，就用语音提示，如：“找到 D 区树形”等语音，并能对树形靶进行有效喷药，则每次加 5 分。语音播报必须由机器人自动播报，不能由机器人自动播报语音的队伍，该项不加分。

6) 机器人从起点出发后，能依次经过 A1、A2、A3、A4、B1、B5 点，则每经过一个点，加 1 分。机器人返回终点的路上，经过 A1 点，加 3 分。

7) 机器人放入起点区出发时，机器人任何部位的垂直投影，全在白色内框，

得 10 分；机器人在内框的垂直投影面积大于 70%，得 5 分，小于 70%，得 0 分；

参赛机器人在比赛终了，回到终点，机器人任何部位的垂直投影，全部落在白色内框，得 20 分；机器人投影，部分在内框，得 10 分；机器人投影，不在内框，得 0 分；该方法得分，只取最高分，不累计。

8) 比赛开始 10 分钟后，即比赛时间截止后，采摘机器人没有回到终点，该支机器人队伍扣 10 分。

七、赛程赛制

(1) 比赛共举行一轮，每队两次上场机会，放弃一次比赛机会，该次成绩以 0 分计。最终的得分，**取 2 次得分之和**。

(2) 比赛名次按得分高低排，得分高的名次靠前，排名并列的机器人，按照比赛用时进行排名，用时少的排名在前。

(3) 一个机器人只能供一个队比赛。

(4) 机器人每次比赛时间不能超过 12 分钟。超过 12 分钟即判定比赛结束。

(5) 比赛正式开始前 15 分钟内，各支队伍参加比赛的机器人，需存放到裁判组指定区域，每支队伍有 3 分钟的准备时间，比赛结束后，参赛选手将机器人放入裁判组指定的另一区域。待所有比赛结束，参赛选手才可以把自己队伍的机器人取走。