

第 1 章 赛事准备

随着机器人教育的普及，队员可参与的赛事越来越多，教师需要掌握的技术和准备的工作也越来越多。无论在学校还是在教育机构，教师经常担任“多面手”的角色，同一名教师有时会兼任不同赛项的教练员，有时会负责管理多支队伍。教师既要精通技术，又要负责组建竞赛队伍、组织队员训练、了解队员心理、做好队员赛前减压等一系列工作。本章将对参赛队伍的备赛工作流程进行梳理，具体包括赛事注册、器材准备、团队组建、操作手选择、竞赛策略制订、结构设计和任务规划。

1.1 赛事注册

提到参加比赛，大家首先会关注报名方式、参赛费用、竞赛主题、赛事规则、选择器材等相关信息。

但是参加比赛首先应了解的是竞赛项目对学员年龄的要求。有些竞赛虽然分为多个年龄组别，但竞赛规则是相同的，如 FLL 竞赛；有些竞赛同样分为多个年龄组别，但使用的竞赛规则是不同的，如世界青少年机器人奥林匹克竞赛（World Robot Olympiad, WRO）常规赛。在报名前先要关注竞赛组别、参赛队员年龄要求等相关信息，再关注赛事规则和赛事主题等，每一种比赛都有相对应的要求与限制。

报名须知如下所述。

1. 根据赛事要求组建团队

- （1）明确参赛年龄。参赛年龄应具体到竞赛当月，若队员年龄超出限制范围，则需咨询是否可以参赛。
- （2）明确队伍人数要求。机器人竞赛多属于团队项目，赛前需详细咨询队伍参赛人数的上限与下限。
- （3）明确参赛名额。赛前参赛单位需咨询赛事主办方参赛队伍名额上限。

2. 完成参赛报名

根据赛事主办方的要求，提交教练员及参赛队员详细资料，如姓名、性别、联系方式、电子邮箱、照片、身份证信息、家长联系方式等。若报名需要在网上提交信息，则需详细核对报名信息后再提交，因为有些信息一旦提交就不能修改。

3. 关注更新信息

要随时关注赛事主办方网站、公众号等官方渠道的更新信息。

1.2 器材准备

在设计机器人时，要根据赛事的特点准备竞赛所需的器材。例如，竞赛是否需要现场搭建机器人？在竞赛过程中能否更换机器人结构？能否采用第三方设备进行比赛？让我们带着问题，来选择竞赛所需器材。

1. 是否需要现场搭建机器人

涉及现场搭建的赛事需根据任务特点、现场搭建时间等因素设计机器人结构，在保证结构稳定性的基础上，应尽量设计较为简洁的机器人结构，尽量减少所使用的零件种类和数量，以便于队员搭建，如 WRO 常规赛。

2. 能否更换机器人结构

若能在场地中更换任务结构，则需将场地中任务的数量、任务的复杂程度和时间的限制作为设计结构的考量标准。若场地中任务物品较多，则可设计不同的结构框架，在完成不同任务时为机器人进行更换。同时可以考虑使用机器人结构完成定位，此时所需的结构零件就会较多，应根据任务需求提前准备，如 FLL 竞赛。

3. 能否采用第三方设备

首先需要参考赛事规则中可用设备清单，因为根据赛事任务需求，有些必须选用第三方设备，有些可选第三方设备。有些竞赛因任务需要，需采购 HiTechnic 指南针传感器，以及 HiTechnic 红外传感器等第三方设备，如 WRO 足球赛（国际赛）。还有些为了提高检测精度，而有选择性地增加第三方传感器，如 WRO 常规赛可选

择 HiTechnic 颜色传感器。

1.3 团队组建

机器人竞赛大多是团队协作项目，组建团队首先需要考虑竞赛队伍人数要求，再根据队员能力情况及个人兴趣偏好进行人员分工。合理的分工可以激发队员的创造力，竞赛好比一个项目，每个队员都各司其职，各展所长，在做好自己喜欢的事情，内心得到最大程度满足的同时，为团队做出贡献。

因赛事不同，需要参赛队员完成的工作也不尽相同，团队中所设定的职责源于竞赛项目的需求，在此不针对某个赛事进行分析，以下针对赛事中常见的工作内容对队员进行职责安排。

1. 团队管理者

任何一个组织都离不开领导和决策者。同样，竞赛队伍也需要一个队长来督促和管理整个团队，当教练员不在时队长可代替教练员，带领队员共同完成任务，及时处理赛场突发事件。

2. 项目研究人员

项目研究人员需要根据规则要求，制作具有创意性、实操性的项目演示文稿，并记录所有项目研究过程。

3. 技术报告人员

技术报告人员需要根据规则要求，记录机器人的设计过程，描述结构设计的思路及有特点的程序，并介绍解决方案，展示完成任务的效果，形成技术报告。

4. 结构设计人员

结构设计人员主要负责机器人结构的修改及加固，以避免结构安装错误。

结构部分在整个比赛中至关重要，在比赛中需要考验机器人结构设计的稳定性和技巧性，车身整体的比例、重心都会影响机器人的性能，双人负责会更快地完成改动，一名队员负责结构搭建，另一名队员负责结构排查和零件寻找。

5. 程序设计人员

程序设计需要一名队员负责。该名队员需参与程序的设计与调整的全过程，避免因更换他人，导致程序不能运行或错误判断。

在有专人负责的情况下程序一般不会出现大的问题，唯一需要注意的是，及时对调整完的程序进行存储、备份，避免源文件丢失。在队伍成员较多的情况下最好有一名队员做辅助，起到提醒作用，若主要负责调整程序的队员因突发情况无法参加比赛，辅助队员可以及时替补编程空缺，保证比赛的顺利进行。

6. 信息记录人员

训练时，需要有队员对训练中出现的问题进行汇总，并从中制订有针对性的方案避免再次出现同样的问题。在训练时也需要有队员统计比赛用时，记录每次完成任务的时间。在训练时通过对每次模拟赛用时进行对比也是一个好方法，如比较以不同路线完成相同任务的用时、竞赛中更换结构的用时、摆放物品的用时、上一次操作与本次操作的用时。统计这些数据并分析制订新的竞赛策略，每次优化都能提高操作的稳定性并缩短任务完成时间，从而让队员获得更多的成就感。

7. 物资整理人员

在训练或比赛结束后需要注意两件事：①在训练或竞赛后需组织队员整理物资，清点机器人器材，以确保不丢失器材；②保持备赛区域的清洁，并鼓励团队所有队员保持这个习惯。

1.4 操作手选择

团队的每位队员都为备赛付出了努力，但竞赛时会限制上场队员的数量，如何在团队中选择操作手呢？在此有以下几条建议可供读者参考。

（1）在训练中，需不断强调团队协作的重要性。团队参与的比赛，会依照训练情况派出在训练中操作最稳定的队员代表全队上场进行比赛。

（2）在选择操作手时需要考虑队员的抗压能力、临场应变能力、对机器人的了解程度。

（3）需要参考平时训练表现，尽量让每一名队员都有上场锻炼的机会。但在没有把握的情况下，不建议向家长承诺队员一定能成为操作手。

(4) 参考赛制。例如，一个队伍中分为3组队员，按比赛经验的多少分为1、2、3组，依此类推。如果是取单轮最高分的比赛，第一轮中1组拿到了高分，那么后面轮次就会派2组、3组上场，从而练习多组操作手。

(5) 训练中，给予每名队员公平的训练机会。上场的机会也要靠自己的努力去争取。

(6) 在训练中树立队长威信，比赛中队长有权利决定上场比赛的操作手。

1.5 竞赛策略制订

取得高分是团队设计竞赛方案的目的，但要取得高分需要通过优化和提升竞赛策略、机器人性能、操作手熟练程度来实现。需要注意的是，不同时期的竞赛中所使用的竞赛策略会有所不同，需根据赛场情况及时调整策略方向，从而实现预期的效果，以下通过举例说明几种竞赛策略方向。

1. 根据时间制订竞赛策略

根据场上的发挥情况、竞赛中剩余时间制订竞赛策略。如在 FLL 竞赛中可以更换结构，若机器人在比赛时间结束前出错滞留在场地上，是否再取回机器人重新出发？需要考虑剩余时间及再出发完成任务的得分是否值得。

2. 根据赛制制订竞赛策略

很多竞赛的赛制是根据单轮最高分进行排名的，在此类比赛中，前几轮比赛要尽量追求稳定发挥，优先完成把握较大的任务。在前几轮拿到高分的前提下，再考虑完成把握较小的任务，比如临场宣布的附加任务。还可以考虑适当对机器人进行提速，如 FLL 竞赛、WRO 常规赛。

3. 根据任务制订竞赛策略

首先要根据难易程度和分数高低对任务进行排序，以保证队员在特殊情况下根据排序选择任务。

级别排序是对策略规划的一个重要的参考，先做分数高且难度适中的任务，确保基础分数，将训练中常出错的任务放在最后完成，以确保稳定的基础分数，如 FLL 竞赛。

在比赛中往往会根据任务模型的最终状态确定得分，或谁先完成或者最后完成其中一项会额外得到相应的奖励分，所以在正式比赛时也要考虑该任务什么时间做，在哪一次出发时做才能得到更高的分数，如 FLL 竞赛。

1.6 结构设计

1. 设计机器人尺寸

需根据具体任务设计机器人结构，考虑赛制是否有机器人尺寸限制，设计机器人时最少预留 1 个乐高单位的位置，留出容差量以便于在场地中调试。

2. 设计任务所需结构

在机器人测试中要考虑结构运动时的技巧性。在结构设计中，多种结构完成同样任务的案例有很多，但要根据任务特性，在相同环境下通过测试得出结果。例如，要完成抓取抬升任务，可使用的结构有平行四边形、齿条、传送带、旋转吸取等，此时就需要在相同环境下通过测试观察结构完成任务时的稳定性，最终选出适合的手臂，详见 2.2 节、2.3 节结构设计。

3. 选择传感器

根据竞赛规则中可以使用传感器的数量，制订设计方案，并且根据场地任务选择必要的传感器种类，如机器人的定位方式、路线寻找方式、物品检测方式等。

1.7 任务规划

任务规划是指机器人通过最优的方式完成任务。可以通过优化机械结构，使其用更简洁、稳定的方式完成更多任务，或通过场地中的线条、颜色区域来设定机器人路线，为任务规划提供参考。

1. 按场地标识分类

在规划任务路线时，可以使用场地中的黑线、不同的颜色区域划分和场地标识来规划线路。各种赛事场地除尺寸大小不同外，场地纸上的颜色及其黑白线的数量也各不相同，这些因素会影响机器人的行驶路线。

(1) 在场地中会出现横向和纵向的黑线和彩色区域，这些地标为机器人起到了定位及引导的作用。例如，机器人直行时，以某一区域的场地纸区域颜色为定位标准，当检测到设定的颜色后开始执行后续的动作，这样出现在同一颜色区域内的多个任务可被分为一组。

(2) 在某些场地中会出现长距离的黑线，利用黑线可以使机器人更稳定地行驶到指定的位置，在比赛中大部分队伍会选择这种方式来完成任务。相比于单纯使用固定功率控制机器人运动，巡线会更精准，在一条黑线附近的多个任务可被分为一组。

2. 按手臂动作分类

分析任务时可将具有相似特点的任务归为一类，尝试使用一种结构完成这类任务，可以大概分为推、拉、抬、放、打等动作类型。结合当下任务，我们总结哪一类结构的使用率高，在搭建时会根据使用率来酌情制作手臂以达到任务目标。例如，用一个电机制作抓取并抬升装置，在执行任务时将大部分需要抓取并抬升的任务完成，这样可以减少电机端口的使用。

同时，从路线规划的角度上可以减少机器人出发的次数，记录一场比赛中机器人完成既定任务的出发次数，通过改进手臂多做几项任务，从而节省出发次数，留下更多的时间来让队员完成摆放或者更换手臂等工作。

因参加比赛的赛项不同，有些赛项并不需要考虑线路规划问题，如巡线类赛项，机器人只需直接沿黑线行走，很少需要做其他判断，也不需要搭建手臂来搬运或推送物品，这时只需调整机器人，使其在行驶过程中检测并躲避障碍物即可。

第2章 机器人结构设计

机器人的设计过程可以分为结构设计和程序设计两大部分。本章介绍的是乐高机器人在结构设计中的相关知识，其中包括动力传输、底盘设计、有电机手臂、无电机手臂、定位结构。在其中一些小节还会结合相关联的挑战活动，将知识点应用于挑战活动中，拓宽设计思路。本书中提供的答案仅供参考，相信大家能够发现更优的解决思路。同时，挑战活动实际上就是一个课题，可以作为一节课程，应用在教学活动中。

2.1 动力传输

在机器人竞赛中常会涉及一些结构较为复杂的机械臂，这些机械臂的运动方式多种多样，动力由电机通过传动机构传输到每个机械臂，可见传动机构对于一个机器人的重要性。

2.1.1 齿轮

齿轮传动是一种基础的传动方式，在竞赛中也十分常见。通过齿轮不仅能够改变轴旋转的速度和力量，而且能够在必要的位置通过垂直传动改变轴的旋转方向。下面主要介绍齿轮的种类及其传动方式、传动比和旋转方向的基本知识。

1. 齿轮的种类及其传动方式

如图 2-1 所示，在竞赛中常用的齿轮有以下几种：直齿轮、冠状齿轮、锥齿轮、双面锥齿轮、球状齿轮和离合齿轮。这些齿轮各有各的优势和劣势，在搭建时需要根据具体的需求选择组合。



图 2-1 齿轮

(1) 直齿轮

在乐高的各种齿轮中，直齿轮最为常见且种类繁多，但直齿轮只能在同一平面上使用，如图 2-2 所示。在进行传动的过程中，齿轮通过边缘的一圈齿相互啮合，带动下一个齿轮。直齿轮的传动精度较高，但是因为每两个齿轮之间会产生一定的误差，若安装多个齿轮，误差将被累积，所以齿轮并不适用于相距较远的两轴传动。



图 2-2 直齿轮

(2) 冠状齿轮

如图 2-3 所示，冠状齿轮与 24 齿直齿轮的形状较为相似，但边缘的齿形比较特殊，呈冠状稍稍向上凸起。因为形状的特殊性，冠状齿轮常用于垂直传动。由于冠状齿轮和 24 齿直齿轮的直径和大小都相同，冠状齿轮也可以当作 24 齿直齿轮使用。



图 2-3 冠状齿轮

(3) 锥齿轮

如图 2-4 所示，锥齿轮的边缘略微向内倾斜，只能够用于垂直传动，相比于冠状齿轮，锥齿轮的传动效率相对更高，也不容易出现卡齿的现象。锥齿轮只能够和锥齿轮一起使用。



图 2-4 锥齿轮

(4) 双面锥齿轮

如图 2-5 所示，双面锥齿轮既可以像直齿轮一样在同一平面上进行传动，又可以像锥齿轮一样进行垂直传