

目录

1. 概述.....	2
2. 年龄组别定义.....	3
3. 队伍的职责.....	3
4. 比赛文件及规则等级.....	4
5. 比赛介绍及比赛场地.....	4
6. 车辆工程文件.....	6
7. 资格赛及决赛.....	7
8. 比赛规则.....	13
9. 计分.....	15
10. 车辆材料及规定.....	16
11. 比赛形式及规则.....	18
12. 比赛赛台及设备.....	19
13. 问答.....	21
14. 词汇表.....	22
附件 A. 解释性方案	22
附录 B. 国家/区域赛的比赛场地	35
附录 C. 评估车辆文档的建议	36
附录 D: 最小机电组件	37

请注意，在赛季期间，WRO 官网的问答版块会对规则进行澄清或补充。这些答案被视为规则的补充。

您可以在此页面上找到 WRO 2022 问答版块：

<https://wro-association.org/competition/questions-answers/>

重要提示：

本规则可用于世界各地的 WRO 活动，也是国际赛的评比基础。每个国家的 WRO 组委会有权利对各个国家的比赛进行适当的调整以符合当地的环境。所有参加当地 WRO 比赛的队伍都应遵守各地组委会发布的总则。

1. 概述

介绍

参加 WRO 未来工程师的队伍需要关注工程过程的所有部分。队伍可以通过记录流程和创建公共 GitHub 存储库获得加分。具体的挑战将每 3-4 年改变一次。

在自动驾驶挑战赛中，车辆需要在每轮随机变化的场地上自动驾驶。

专注的领域

每个 WRO 项目都特别关注机器人的学习。在 WRO 未来工程师项目中，学生将专注于以下领域的发展：

- 使用计算机视觉和传感器融合来估计场地和车辆本身的状态。
- 使用开源硬件（如机电组件和控制器）搭建车辆。
- 具有不同于差速驱动（例如转向）的运动部件和运动学的机器人的行动规划和控制。
- 制定解决任务的最佳策略，包括任务解决的稳定性。
- 团队合作、沟通、解决问题、项目管理、创造力。

对于有兴趣参与这一项目的队伍，国际组委会已经创建了入门指南，详细解释了车辆要求、可能的技术解决方案和错误。在这里，学生可以开始了解如何为本次比赛设置车辆。请看这里的入门指南！

<https://world-robot-olympiad-association.github.io/future-engineers-gs/>

提升了学习的重要性

WRO 希望激发全世界学生进入 STEM 相关领域的学习和探究，我们希望学生在参加竞赛时通过有趣的学习经历培养他们的技能，因此我们将以下方面作为 WRO 的核心和关键：

- ❖ 老师、家长或其他成人可以帮助、指导或启发队伍，但是不能搭建机器人或编写程序。
- ❖ 队伍、教练和裁判都认可和接受 WRO 的指导原则和道德准则，从而确保为所有人带去公平和有益的比赛体验。
- ❖ 比赛当天，要靠所有队伍、教练和裁判一起维护一个有趣而公平的活动。

更多有关 WRO 道德准则的信息，请点击

<https://wro-association.org/wp-content/uploads/2021/08/WRO-Guiding-Principles-and-Ethics-Code-2022.pdf>

2. 年龄组别定义

- 2.1. 每支队伍由 2-3 名学生组成
- 2.2. 每支队伍由 1 名教练指导
- 2.3. 1 名队员和 1 名教练不能组成一支队伍参赛
- 2.4. 同一个赛季中，一支队伍只能参加一个比赛项目
- 2.5. 1 名学生只能加入 1 支队伍
- 2.6. 国际比赛中教练员的最小年龄为 18 岁
- 2.7. 1 名教练可以指导多支队伍
- 2.8. 本项目的队员年龄要求为 14-19 岁（2022 赛季：2003-2008 年出生）
- 2.9. 所标示的最大年龄代表参赛者在比赛当年的年龄，而非比赛当天的年龄

3. 队伍的职责

- 3.1. 队伍应公平竞争，尊重其他队伍、教练、裁判以及赛事组织人员。参加 WRO 竞赛，队伍和教练都应接受 WRO 的道德准则 <https://wro-association.org/wp-content/uploads/2021/08/WRO-Guiding-Principles-and-Ethics-Code-2022.pdf>
- 3.2. 每支队伍的教练都需要签署 WRO 道德准则。组委会将决定如何收集队伍的道德准则声明。
- 3.3. 车辆及其结构（如适用）的编码只能由队员完成。教练的任务是在组织上陪同队员，并在出现问题或问题时提前向他们提供支持，但不是自己进行车辆编程及其构造（如适用）。这适用于比赛日和准备日。
- 3.4. 比赛开始后，队伍不允许通过任何方式与场外的人员进行交流。如果有必要交流，应获得裁判的允许，并在裁判的监督下进行交流。
- 3.5. 队员不能携带手机或其他通信设备进去比赛场地使用。
- 3.6. 禁止破坏或篡改比赛场地/桌子、材料或其他队伍的车辆。
- 3.7. 不得使用与 (a.) 与在线销售或发布的解决方案相同或过于相似或 (b.) 与竞赛中的其他解决方案相同或过于相似的解决方案（硬件和/或软件），并且明显不是队伍自己的作品。这包括来自同一机构和/或国家/地区的队伍的解决方案。由于比赛可以使用制造好的车辆，所以检查时不会检查车辆是否有剽窃现象。
- 3.8. 如果对规则 3.3 和 3.7 有怀疑，队伍将接受审查，审查结果可能是 3.9 中提到的任何后果。在适当的情况下，规则 3.9.4 可用于阻止接受调查的队伍进入下一个比赛阶段，即使该队伍可能在已确定存在违规行为的比赛阶段中获胜。
- 3.9. 如果违反了本文件中提到的任何规则，裁判可以决定以下一种或多种后果进行处罚。在做出决定之前，可能会针对队伍或个别队伍成员进行问辩，以了解有关可能违反规则的更多信息。问辩可以包括有关车辆或程序的问题。
 - 3.9.1. 违规队伍可能被取消一轮或多轮的比赛资格。然后参考 9.10.
 - 3.9.2. 违规队伍可能被扣除一轮或多轮比赛得分的 50%
 - 3.9.3. 违规队伍可能被取消晋级下一场比赛的资格
 - 3.9.4. 违规队伍可能被取消参加全国赛或国际的晋级资格
 - 3.9.5. 违规队伍可能被完全取消参赛资格

4. 比赛文件及规则等级

- 4.1. WRO 每年都会发布新的总则，包括对无人驾驶的介绍，并适用于所有的 WRO 国际性赛事。
- 4.2. 在一个赛季中，WRO 会发布额外的问答信息，阐释、延伸或重新定义比赛的总则和细则。队伍应在比赛前阅读这些问答信息。
- 4.3. 由于各国家组织者的调整不同，比赛总则及问答信息也会有所不同。各队伍要了解本国使用的规则。所有国际性的 WRO 活动都需要使用本文件内容。晋级国际赛的队伍需要了解国际赛与本国比赛的规则区别。比赛当天，会按以下规则等级进行执裁：
 - 4.3.1. 本文件的赛事总则提供了项目的规则基础。
 - 4.3.2. 问答版块的信息可以覆盖总则和细则文件。
 - 4.3.3. 比赛中，裁判对任何决定拥有最终解释权。

5. 比赛介绍及比赛场地

本赛季的自动驾驶车辆挑战赛是时间挑战赛：赛道上不会有多辆车辆同时出现。相反，每次尝试一辆车将尝试通过完全自动驾驶几圈来达到最佳时间。交通标志指示车辆必须遵循的车道一侧行驶。需保持在车道右侧行驶的交通标志是一根红色的柱子。需保持在车道左侧的交通标志是一根绿色的柱子。

车辆必须行驶三圈。车辆不得移动或撞倒交通标志。

在赛道上车辆行驶的方向（顺时针或逆时针）在不同的比赛中会有所不同。比赛前（隔离时间后）抽签随机决定车辆的起始位置以及交通标志的数量和位置。

下图是带有比赛障碍物的场地图：

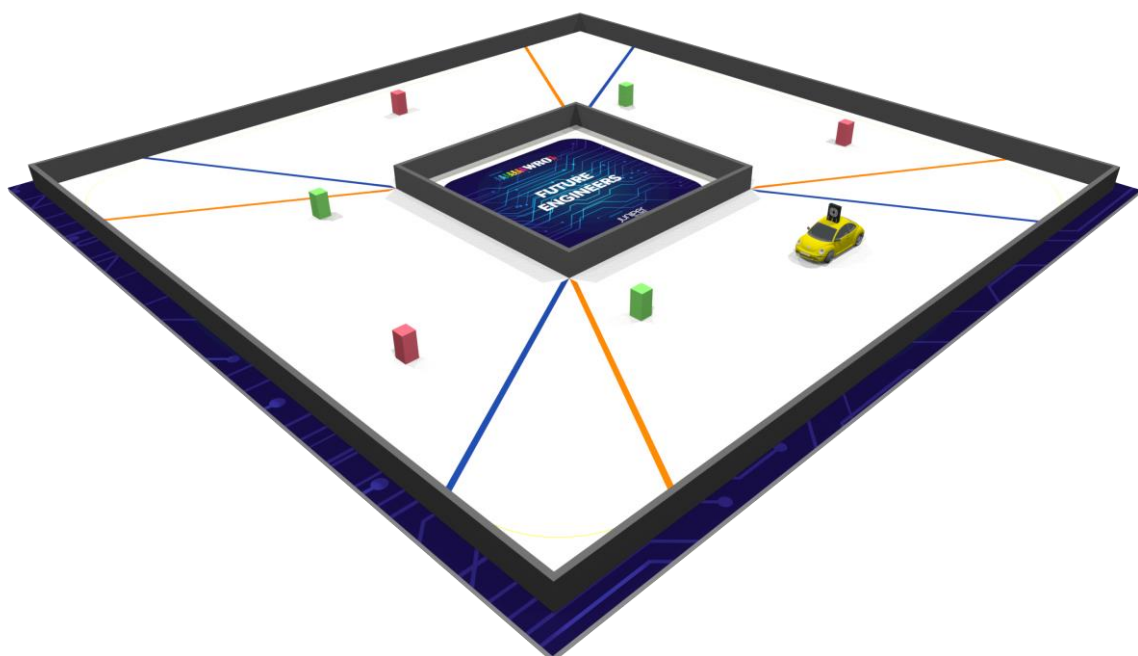


图 1. 比赛场地

比赛场地代表一条赛道，在这里设置了交通标志（由彩色障碍物-支柱表示）。

赛道由八个部分组成：四个转弯路段和四个直行路段。在图 2 中，转弯路段用红色虚线标记。直行路段用蓝色虚线标记。

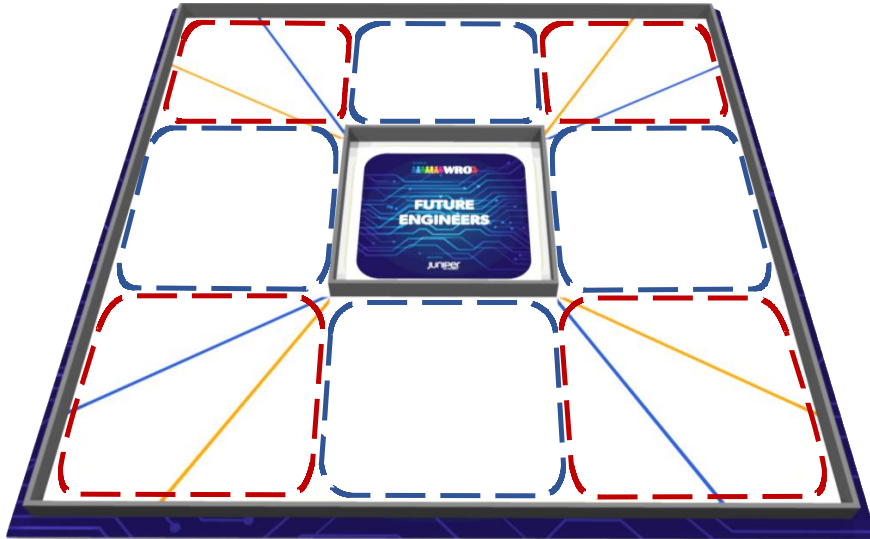


图 2. 比赛场地上的不同区域

每个直行路段里有 6 个区域。该段内的六个内部区域用于设置车辆的起始位置。4 个 T 形交叉口和 2 个 X 形交叉口用于定位交通标志。可以设置交通标志的地方称为交通标志的位置。

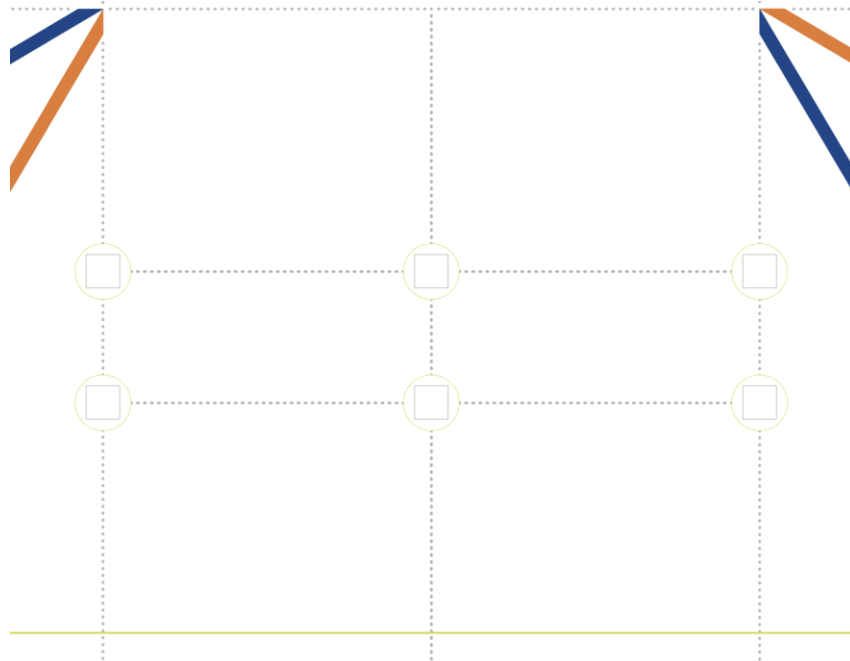


图 3. 直行路段的区域以及交通标志位置

6. 车辆工程文件

真正的工程是学习或创造解决方案，并与社区分享，使整个想法更进一步。除了设计和编程的车辆，队伍被要求提供在线工件介绍他们的工程进展和最终结果。

每支队伍必须提供：

- 两张队伍照片：一张正式的照片和一张包含所有队伍成员的有趣照片。
- 6 张车辆照片（车辆的四个面以及顶部和底部）
- 显示车辆自动驾驶的 YouTube 网址（应该是公开的或可通过链接访问）。视频中存在驾驶演示的部分必须至少有 30 秒的长度。
- JPEG、PNG 或 PDF 格式的机电元件示意图，说明车辆中使用的所有元件（电子元件和电机）以及它们如何相互连接。
- 链接到 GitHub 公共存储库，其中包含为参加比赛而编程的所有组件的代码。该存储库还可能包括 3D 打印机、激光切割机和 CNC 机器用于生产车辆元件的模型文件。提交历史至少应包含 3 次提交——第一次不迟于比赛前 2 个月——它必须包含不少于最终代码量的 1/5。

第二次不迟于赛前 1 个月，第三次不迟于赛前 1 天。存储库必须包含一个 README.md 文件，其中包含设计解决方案的英文简短描述（不少于 5000 个字符）。描述的目的是阐明代码由哪些模块组成，它们如何与车辆的机电组件相关，以及构建/编译/上传代码到车辆控制器的过程是什么。点击 <https://github.com/World-Robot-Olympiad-Association/wro2022-fe-template>. 查看 GitHub 范例。

提交车辆文档将获得额外加分。

7. 资格赛和决赛

有两种类型的比赛：资格赛和决赛。

国际赛将有 2 场资格赛和 2 场决赛。每场资格赛开始之前，检录时间之后，会投掷硬币决定车辆行驶方向。这同样适用于决赛。比赛期间，车辆必须移动的方向被定义为该轮比赛行驶方向。

资格赛

在资格赛中，赛道上不设置交通标志。

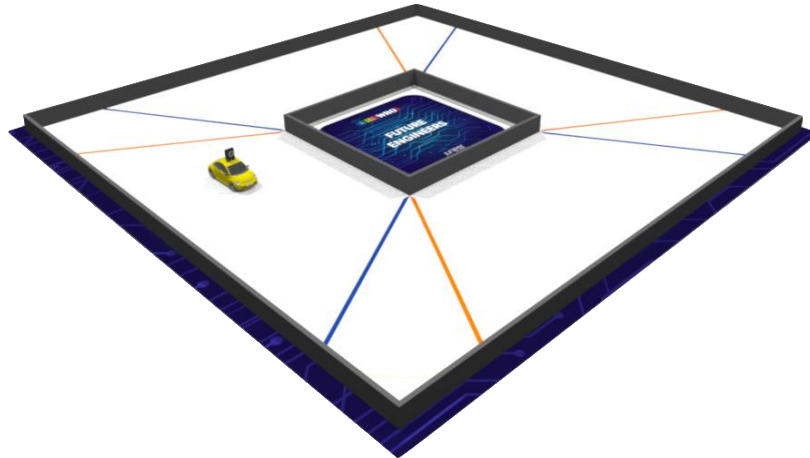


图 4. 资格赛的比赛场地

资格赛的赛道边界之间的距离可能是 1000 毫米或 600 毫米（国际决赛场地误差 ± 100 毫米）。

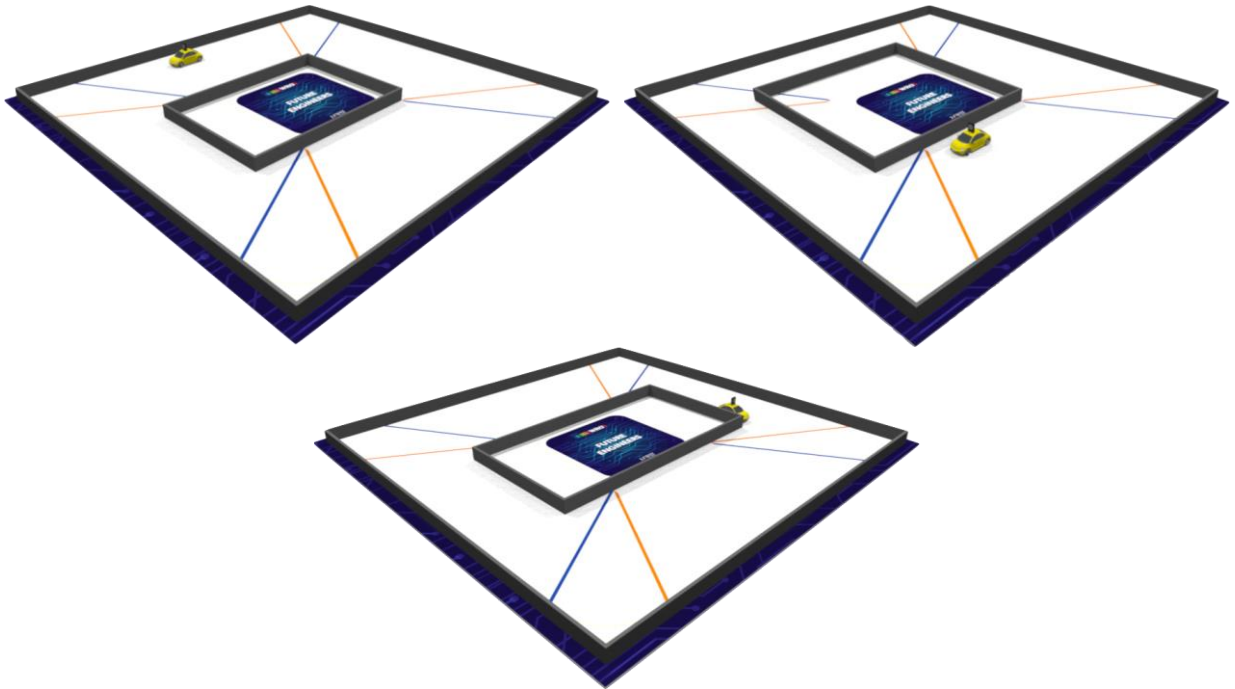


图 5. 资格赛比赛场地设置范例

在确定车辆的行驶方向后，可以使用以下程序来确定车辆起点和轨道边界之间的距离：

1. 掷硬币两次以确定起始路段。下图显示了哪个部分对应于哪种抛掷组合（例如，“反面&正面”表示第一次抛的结果是反面 tails，第二次是正面 heads）。

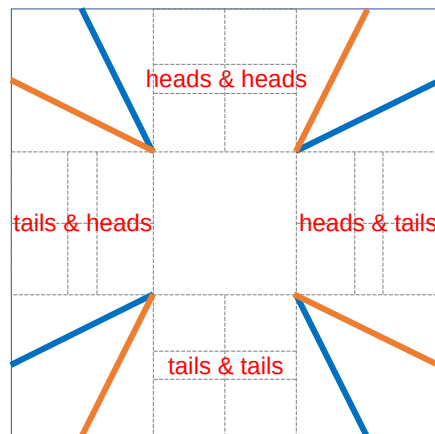


图 6. 投掷硬币决定起始位置

2. 掷硬币四次，以确定轨道边界之间的距离将减少的部分。第一次结果是确定起始路段，第二次是顺时针方向的下一路段，依此类推。正面表示宽阔的道路，反面表示狭窄的道路。

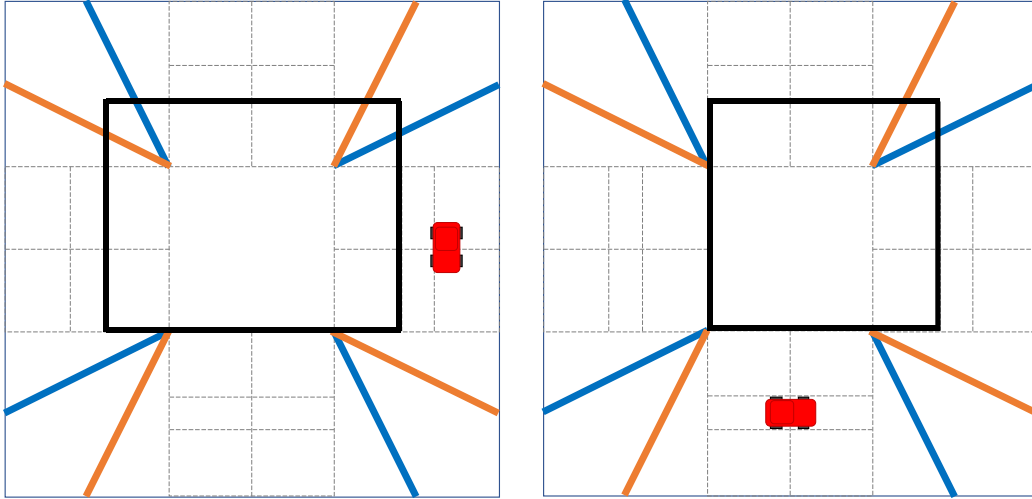


图 7. 左图是投币结果为“反-正-反-反”.
右图是投币结果为“正-正-反-反”

3. 掷骰子以确定确切的起始位置。左上区域为“1”，右下区域为“6”。如果该区域在边界墙内，则应再次投骰子。



图 8. 与骰子面对应的区域

此程序将在每场资格赛开始前，检录时间之后执行，因此每场比赛中车辆的起始位置和赛道边界之间的距离都不同。

决赛

在决赛中，红色及绿色的柱子将设置在赛道上作为交通标志。赛道边界之间的距离将始终为 1000 毫米（国际决赛误差为 ± 100 毫米）。

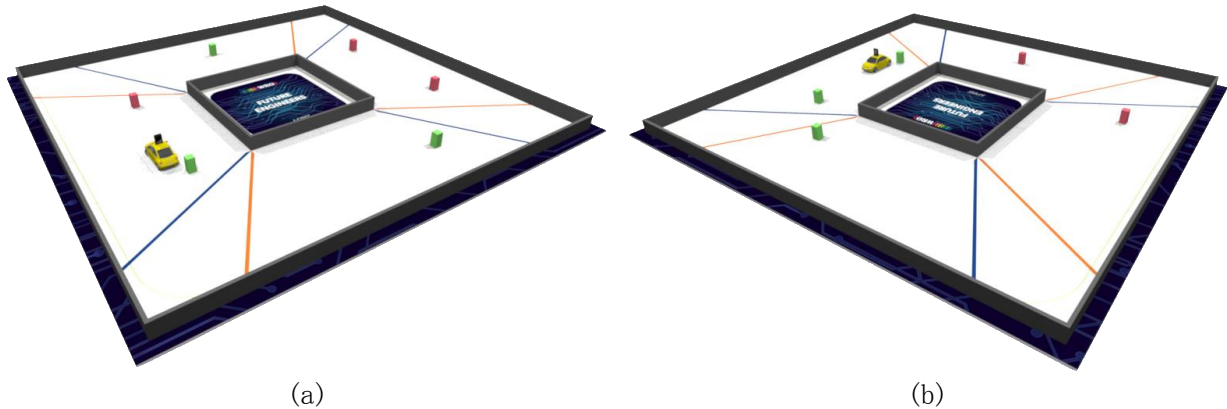


图 9. 决赛中场地的范例

车辆的起始位置和彩色柱子的位置可以通过以下程序选择（假设本轮比赛车辆的行驶方向已确定）：

1. 掷硬币两次以确定单个交通标志所在的部分。下图显示了哪个部分对应于哪种抛掷组合（例如“反面&正面”表示第一次抛的结果是反面 tails，第二次是正面 heads）。

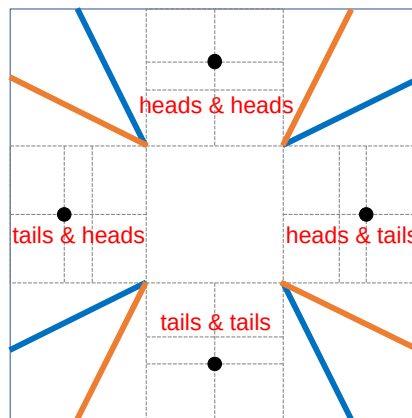


图 10. 投掷硬币来决定单个交通标志的位置

2. 投掷一次硬币决定上一环节确定的路段中的标志颜色。正面表示绿色，反面表示红色。
3. 如下图准备 36 张卡片，根据上一步确定的交通标志的颜色拿出其中的 9 号或 10 号卡片：如果上一步的结果是绿色，则拿出 9 号卡片，红色则拿出 10 号卡片。剩余 35 张卡片放在一个不透明的盒子里。从盒子中取出一张卡片——它将在上一步确定的部分之后确定下一个直行路段（考虑顺时针）交通标志的位置。卡片上的粗黑线表示比赛场地的内边界。不得将拿出的卡片放回到盒子里去。再拿第二张卡片——它将确定下一个直行路段域中交通标志的位置。对其余直行路段重复这些操作。

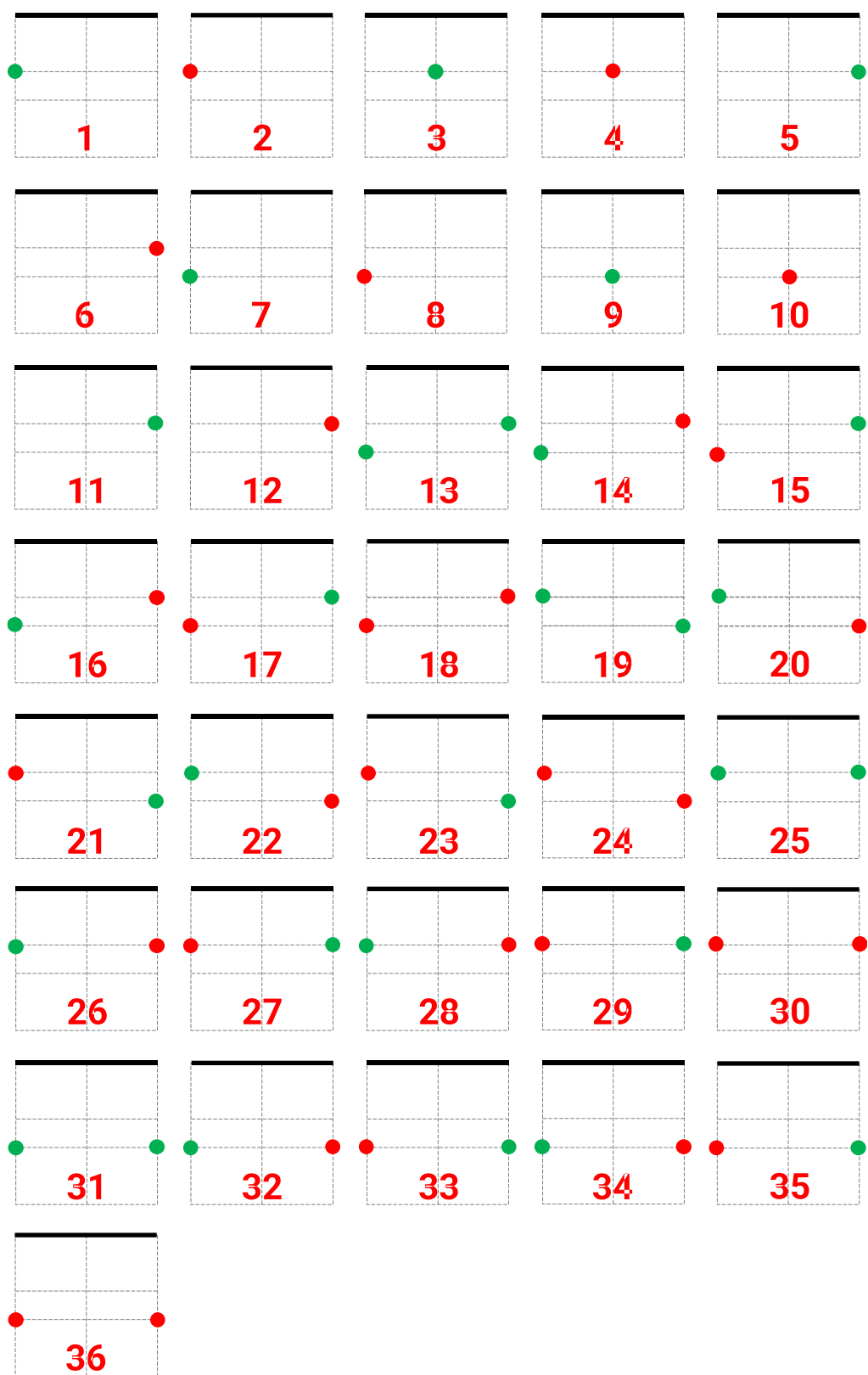


图 11. 36 张卡片代表交通标志的不同位置

例如，对于图 12 上的方案 (a)，在第一个直行路段掷出正面和正面，然后卡片抽出的顺序为：15, 1, 23。对于图 (b)，第一个路段的投币是反面和反面，卡片的顺序是：33、21、10。

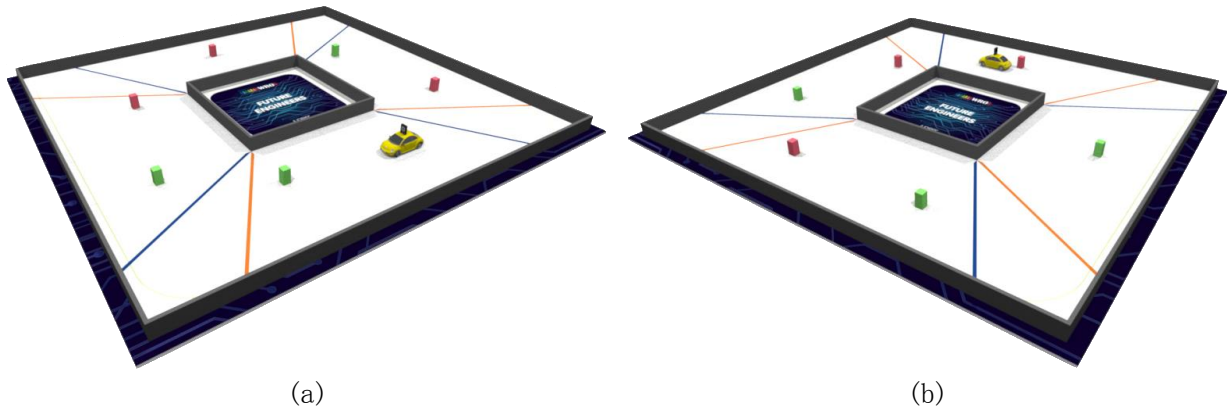


图 12. 决赛中交通标志的位置范例

4. 掷硬币两次以确定起始路段。此步骤与资格赛中确定起始区域相同。
5. 汽车的起始区域是从位于起始路段中间的两个区域中选择的。车辆从车辆前方不包含交通标志的区域启动。也可能出现交通标志位于车辆后方的情况。

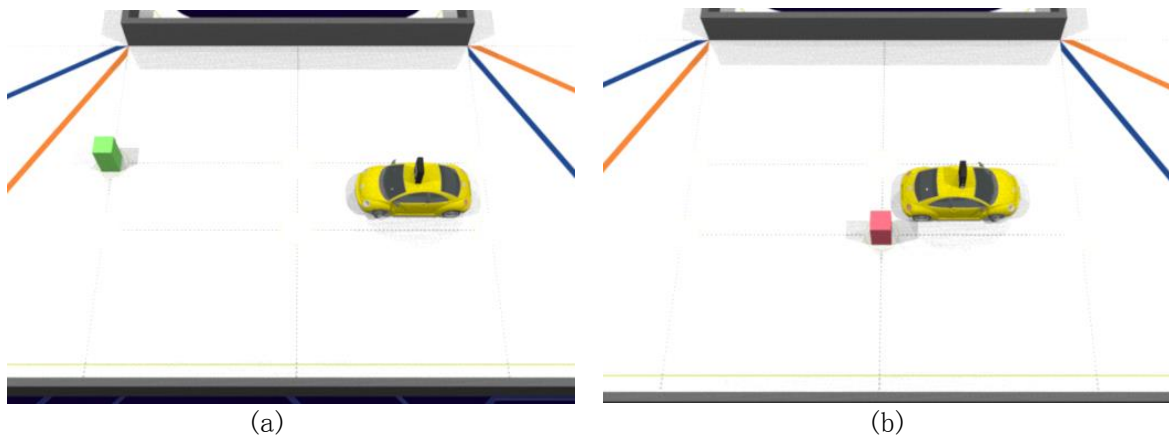


图 13. 根据障碍物的位置选择起始区域的位置。(a) 图中车辆的行驶方向为顺时针。(b) 图的行驶方向是逆时针。

8. 比赛规则

比赛计时

- 8.1. 每场资格赛的时长为三分钟。
- 8.2. 每场决赛的时长为三分钟。

起始配置

- 8.3. 在第一场比赛之前，隔离时间之后，赛道的行驶方向是随机选择的。
- 8.4. 每场比赛开始前，隔离时间后，如上所述确定车辆的起始位置和场地配置。
- 8.5. 在同一场比赛中，所有队伍的行驶方向、起始位置和场地配置保持不变。

比赛开始

- 8.6. 车辆放在起始位置时必须完全关闭。
- 8.7. 车辆位于起始位置时，车体上的所有部分在场地上的投影需要完全在该区域内。
- 8.8. 车辆的方向必须确保前轴上的两个车轮（裁判必须事先询问队伍哪个是前轴）位于比赛行驶方向上更靠近下一个转弯路段的位置，而其他两个车轮位于相反方向上更靠近转弯路段的位置。
- 8.9. 可以进行物理调整（这是准备时间的一部分）。但是，不允许通过改变车辆部件的位置或方向向程序输入数据，也不允许在车辆上进行任何传感器校准。不允许通过更改开关配置（如果有）来输入数据。如果队伍确实通过调整车辆输入数据，将被取消该场比赛的资格。
- 8.10. 然后打开车辆。仅允许使用两个开关打开车辆。例如，可以实现接通，以便首先通过一个开关接通所有子系统控制器（例如电机控制器），然后从第二个开关接通主 SBC/SMB。
- 8.11. 然后，车辆应处于等待状态。等待按下启动按钮。启动按钮可以位于主 SBC/SBM 或单独安装的按钮上。只允许一个启动按钮。
- 8.12. 裁判发出启动车辆的信号。然后按下启动按钮，开始尝试的时间。车辆将有足够的时间按照比赛规则完成比赛。
- 8.13. 按下开始按钮将启动车辆操作，以尝试比赛，车辆应开始移动。

额外零件

- 8.14. 不允许车辆在比赛场地上故意留下额外的零件或在比赛中故意留下不可去除的标记（例如油漆）。如果车辆违反此规则，比赛将被停止，并且车辆必须由该队伍的一名成员停车。这场比赛的得分将为零，时间标记将是最大的。如果裁判怀疑队伍违反此条规则，他们有权检查队伍的代码。

比赛期间

- 8.15. 车辆必须按照比赛开始前定义的该轮比赛行驶方向的方向行驶。

8. 16. 车辆的尺寸不能超过 300x200 mm，高度不超过 300 mm。
8. 17. 不允许车辆移动围墙（如果它们没有完全固定在场地上）。违反此规则的车辆将被其中一名队员拦下，这场比赛的得分为零，时间标记为最大。
8. 18. 车辆必须从红色柱子所代表的交通标志的右侧通过（图 13 中的图片（a）），从绿柱所代表的交通标志的左侧通过（图 13 中的图片（b））。

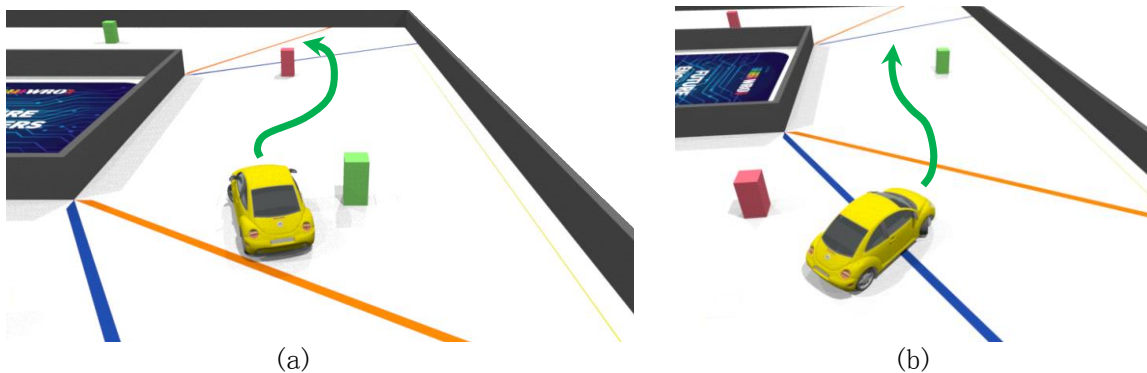


图 14. 通过交通标志的规则

8. 19. 车辆可以将交通标志（彩色柱子）移动或撞倒，只要交通标志的投影还在交通标志位置周围绘制的圆圈内。有关更多详细信息，请参阅附录 A，第 1 节。
8. 20. 车辆只允许向与规定行驶方向相反的方向行驶两个路段：改变方向的路段和相邻路段。
8. 21. 车辆必须在行驶三圈后返回起始路段才能获得额外积分。注意：一旦车辆部分离开起始路段，该路段也将成为结束路段。
8. 22. 每场比赛队伍可以请求一次进行维修操作：将车辆取出，修复机械或电子部件的问题，然后将车辆放回车辆被取出部分中央的轨道，比赛计时器不会停止。只有在车辆停止的情况下才能授予许可。停止的可能原因是电子/机械问题或因为车辆撞墙并被卡住。如果车辆的任何部件在 5 秒内行驶约 50 毫米，则不会为移动车辆授予许可。如果车辆已经开始第三圈（在最后一圈之前完全通过弯道部分），则不会授予许可。不允许在车辆的任何控制器上上传程序作为维修操作的一部分。不允许输入任何数据。违反这些规则的队伍将被取消本场比赛的资格：本场比赛的得分为零，时间标记为最大。

比赛结束：

8. 23. 如果出现以下任何一种情况，比赛结束并停止计时：

8. 23. 1. 计时结束。
8. 23. 2. 完成三圈行驶后，车辆停在结束路段，并且车辆在场地上的投影完全在该区域内。
有关更多详细信息，请参阅附录 A，第 2 节。

注 1：车辆必须自主停在结束路段。如果参赛队在车辆在结束区内时使用下述方法之一强行结束比赛，则这不会被视为自动停止，并且不会分配在结束区内的停车点。

注 2: 为证明在结束路段完全停止, 车辆不得在 15 秒后继续行驶。如果比赛结束后车辆继续行驶, 裁判可能会发现车辆的行为有歧义, 并且可能不会计算结束路段停车的分数。

- 8.23.3. 完成三圈后, 车辆通过结束路段, 使其在场地上的投影完全位于比赛行驶方向结束路段旁边的转弯路段内。有关更多详细信息, 请参阅附录 A 第 3 节。
- 8.23.4. 其中一个交通标志的投影完全在围绕交通标志位置的圆圈之外。有关更多详细信息, 请参阅附录 A 第 1 节。
- 8.23.5. 车辆在与比赛行驶方向相反的方向行驶时两次越过路段边界。有关更多详细信息, 请参阅附录 A 第 4 节。
- 8.23.6. 从错误的一侧通过交通标志后, 车辆完全越过从内边界到外边界以及该交通标志所在的线。有关更多详细信息, 请参阅附录 A 第 5 节。
- 8.23.7. 车辆的尺寸超出限制。
- 8.23.8. 任何队员在未经裁判许可维修的情况下接触车辆。
- 8.23.9. 任何队员在未经裁判许可维修的情况下触摸场地垫和墙壁。
- 8.23.10. 任何队伍成员接触场地比赛元素。
- 8.23.11. 车辆驶出赛道 (通过移动围墙) 或驶出比赛场地。
- 8.23.12. 车辆或队员损坏了场地或比赛元素。
- 8.24. 请注意, 根据上述规则, 队伍可以停止他们的尝试 (例如, 通过接触场地墙或执行上述任何规则)。但是, 他们将无法在停止后继续尝试, 比赛将结束。
- 8.25. 裁判们将根据规则和公平竞争做出决定。他们在比赛日有最终决定权。如果在任务完成过程中存在任何不确定性, 法官会将其决定偏向于情境中可用的最坏结果。

9. 计分

- 9.1. 每场比赛结束时将计算比赛得分。
- 9.2. 最高分数为:
 - 9.2.1. 资格赛最高分 31 分 (1.1+1.2+1.3)
 - 9.2.2. 决赛最高分得 39 分 (1.1+1.2+1.3+1.4 或 1.5)
 - 9.2.3. 车辆文档记录得 10 分

	要求	分值	总分
1.	车辆形式		
1.1.	车辆从比赛规定起始路段按照规定方向行驶。这适用于起始路段, 但不适用于结束路段和紧随其后的其他区。	1	24
1.2.	车辆行驶一整圈。按比赛行驶方向顺利通过了 8 个路段。起始路段包含在第一圈的八个部分中。如果车辆完全驶出一圈的最后 (转弯) 路段, 则该圈被视为完成。因此, 车辆可以在此之后开始向相反方向移动, 第一圈仍视为完成。	1	3
1.3.	完成三圈后, 车辆停在了结束路段。	4	4
	以下适用于决赛轮:		
	或者		

1. 4.	比赛在车辆跑完三圈之前就停止了，并且在车辆完全通过的那些路段上，交通标志没有移动并被撞倒。仅适用于决赛。	4	4
	或者		
1. 5.	三圈完成后，交通标志没有移动并被撞倒。仅适用于决赛。	8	8
1. 6.	队伍将机器人带出场地来执行修复操作，即使操作不成功。	队伍总分除以 2	
2.	车辆文档		
2. 1.	队伍照片	1	1
2. 2.	6 张车辆照片	1	1
2. 3.	URL YouTube 链接	2	2
2. 4.	机电元件示意图	4	4
2. 5.	GitHub 代码	2	2

9. 3. 裁判在比赛结束时记录队伍所用的时间，稍后将用于确定最佳比赛。对于决赛，使用两名裁判测量的平均值。如果队伍或车辆被取消比赛资格，则比赛的时间按最长时间（3 分钟）记录。
9. 4. 在每场比赛结束时，由裁判计算分数。如果队伍没有提出抗议，他们必须在比赛结束后核实并签署计分表。
9. 5. 队伍的资格赛排名基于每支队伍在他们成绩最好的资格赛中获得的分数。如果一支队伍在两场比赛中的得分相同，那么时间最少的比赛将被选为最佳出线比赛。
9. 6. 参加决赛的队伍数量可能会受到限制，并将根据资格赛后队伍的排名确定。如果数量有限，参加决赛的队伍数量将在比赛日公布。
9. 7. 队伍的整体比赛排名是根据每个队伍在最佳资格赛中获得的积分、在最佳决赛中获得的积分以及车辆文档中获得的积分来确定的。如果一支队伍在两场比赛中的得分相同，那么时间最少的比赛将被选为最佳决赛。
9. 8. 如果两个队伍之间存在平局，将根据以下结果确定排名（列表中的第一个是最高优先级，列表中的最后一个是最优先级）：
 9. 8. 1. 最佳资格赛中的分数、最佳决赛的分数以及在车辆文档的分数之和
 9. 8. 2. 最佳决赛的积分
 9. 8. 3. 最佳决赛的时间
 9. 8. 4. 次佳决赛的积分
 9. 8. 5. 次佳决赛的时间
 9. 8. 6. 车辆文档的积分
 9. 8. 7. 最佳资格赛的积分
 9. 8. 8. 次佳资格赛的积分
 9. 8. 9. 最佳资格赛的时间
 9. 8. 10. 次佳资格赛的时间

10. 车辆材料及规定

10. 1. 车辆尺寸不得超过 300x200 毫米，高度不得超过 300 毫米。
10. 2. 车辆重量不得超过 1.5 公斤。
10. 3. 车辆必须是带有一个驱动电机和一个任何类型的转向执行器的四轮车辆。它必须是前轮驱动

- (https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel_drive)、后轮驱动
(https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel_drive) 或四轮驱动
(https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel_drive)。不得使用差速轮式底座。车辆使用差速轮式底座 (https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_wheeled_robot) 的队伍将被取消资格。
- 10.4. 车辆不得使用任何一种全向轮、球脚轮或球面轮。
 - 10.5. 车辆必须是自动驾驶的，可以自行完成“任务”。车辆行驶时不允许使用任何无线电通信、遥控和有线控制系统。违反此规则的队伍将被取消资格。
 - 10.6. 参赛者不得在车辆运行（执行“任务”）时干扰或协助车辆。这包括通过在比赛期间向车辆提供视觉、音频或任何其他信号来将数据输入程序。违反此规则的队伍将被取消比赛资格。
 - 10.7. 用于车辆的控制器可以是单片机（SBC）(https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer) 或单板微控制器（SBM）(https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_microcontroller)，对品牌没有限制。
 - 10.8. 车辆上可以有多个 SBC/SBM。
 - 10.9. 比赛期间，参赛队不得在其车辆中使用任何类型的射频、蓝牙、Wi-Fi 或任何类型的无线通信组件。如果是内置在控制器上，则必须将其关闭，裁判可以检查代码和车辆，以确认它没有以任何方式使用。
 - 10.10. 队伍可以使用他们选择的任何传感器——对使用的传感器的品牌、功能或数量没有限制。相机被认为是传感器。
 - 10.11. 队伍可以使用他们选择的任何电机和舵机——对所使用的电机和舵机的品牌或数量没有限制。
 - 10.12. 队伍可以使用任何电子元件——没有类型、公司、数量或目的的限制。
 - 10.13. 队伍可以使用任何液压、气压设备或电磁阀。
 - 10.14. 队伍可以使用他们选择的任何电池——对所用电池的品牌、功能或数量没有限制。
 - 10.15. 车辆机电部件之间的通信只允许使用导线连接。
 - 10.16. 可以使用 3D 打印元素、用 CNC 机器准备的元素、从亚克力/木材/金属切割的元素或任何材料的任何元素 – 对用途没有限制。
 - 10.17. 以使用任何类型的硬件套件和任何材料制造车辆。对特定类型或特定建构系统没有限制。
 - 10.18. 可使用电工胶带、松紧带、电缆包、尼龙扎带（系带）等。任何粘合材料可用于任何目的。
 - 10.19. 参赛队应携带足够的备件。如发生任何事故或设备故障，WRO（和/或组委会）不负责维修或更换。
 - 10.20. 可以在比赛前完成组装车辆。
 - 10.21. 控制软件可以用任何编程语言编写——对特定语言没有限制。
 - 10.22. 参赛队可事先编写程序。
 - 10.23. 赛队应准备并携带比赛期间所需的所有设备、软件和手提电脑。
 - 10.24. 比赛当天，参赛队只允许拥有一辆车辆。不允许有备用车辆。

11. 比赛形式及规则

比赛

本文件解释说明了比赛将如何在国际决赛中进行。国家和地区比赛可以使用此模式或寻找其他模式。

- 11.1. 比赛由多场比赛组成，中间有维护时间。每次维修后，都会有车辆检录时间（也称为隔离时间），以审查机器人的要求。
- 11.2. 各队伍在维修期间必须在指定地点工作，直至检录时间，届时车辆必须放置在指定区域（隔离区）。
- 11.3. 比赛当天，首场比赛开始前至少有 60 分钟的维护时间。
- 11.4. 在宣布维护时间开始前，队伍不得接触指定比赛区。
- 11.5. 在维修期间，参赛选手可以在自己的准备区进行练习，也可以排着队在比赛场地上进行一场练习赛，也可以在不干扰其他队伍练习比赛的情况下在比赛场地内进行测量。队伍可以更改程序或调整车辆机械。
- 11.6. 维修期结束后，所有车辆必须放置在隔离区的检录台上进行预备审查（车辆检查）。车辆的所有控制器必须断电。在此之后，不得修改任何机械结构或程序。
- 11.7. 车辆经车辆检验合格后方可参加比赛。该检查涉及对车辆和所用材料的要求，如上节所述。
- 11.8. 如果车辆没有通过裁判的检查，裁判可以提供最多 3 分钟的时间来解决发现的问题。每个隔离时间段，裁判只能为队伍提供一次三分钟的时间。
- 11.9. 如果最终车辆没有通过裁判的车辆检查，该车辆不得用于比赛。
- 11.10. 一支队伍因参加某场比赛而被裁判召集后的准备时间不得超过 90 秒，一旦开始，单场比赛不得超过比赛规则规定的比赛时间。

12. 比赛赛台及设备

比赛赛台及场地

- 12.1. 场地垫的尺寸为 3200 x 3200 毫米 (+/- 5 毫米)。内部的正方形是赛道，尺寸为 3000 x 3000 毫米 (+/- 5 毫米)。
- 12.2. 赛道的主要颜色是白色。
- 12.3. 赛道被内高 100 毫米的（外）墙包围。
- 12.4. 外墙的内部颜色为黑色。墙壁的外部颜色没有定义。
- 12.5. 在轨道的内部还有一层额外的（内）墙，高度为 100 毫米。

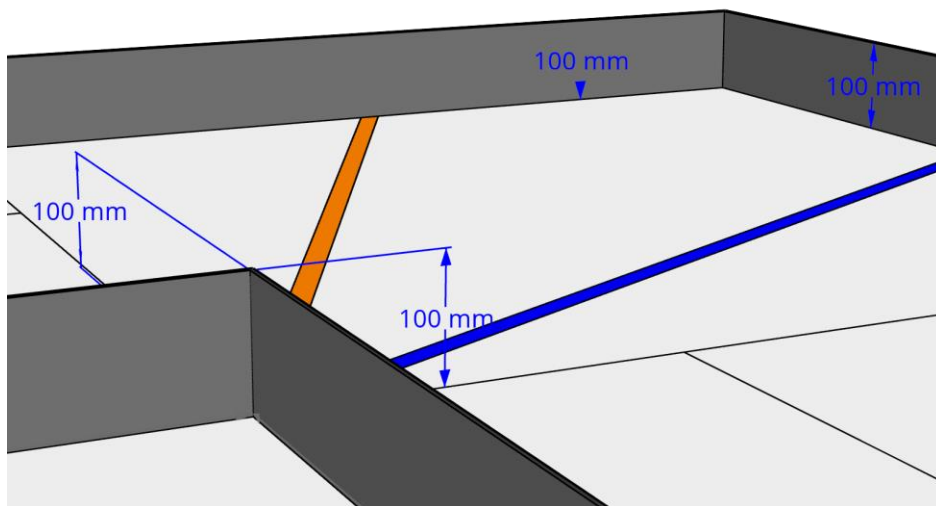


图 15. 内围墙及外围墙的高度

- 12.6. 内墙的外部颜色为黑色。墙壁的内部颜色是黑色。墙壁顶部边缘的颜色是黑色。
- 12.7. 外墙和内墙的厚度均未定义。
- 12.8. 外墙和内墙之间的距离取决于比赛类型，并在“比赛种类”部分中指定。
- 12.9. 赛道上有橙色和蓝色线条。线条的粗细为 20 毫米。橙色线条的颜色是 CMYK (0, 60, 100, 0)。蓝线的颜色是 CMYK (100, 80, 0, 0)。
- 12.10. 场地上有 1 毫米粗的虚线来界定车辆的起始区。虚线的颜色是 CMYK (0 0 0 30)。
- 12.11. 每个起始位置的大小为 200 x 500 毫米
- 12.12. 有方块来标识可以放置交通标志的地方。交通信号座的线条粗细为 1mm，线条颜色为 CMYK (0 0 0 30)。
- 12.13. 每个交通标志位置的尺寸为 50x50 毫米。
- 12.14. 评估交通标志是否移动的区域被指定为围绕相应交通标志位置的圆圈。圆线的粗细为 0.5mm。线条的颜色是 CMYK (20 0 100 0)。
- 12.15. 圆圈的直径是 85 mm。

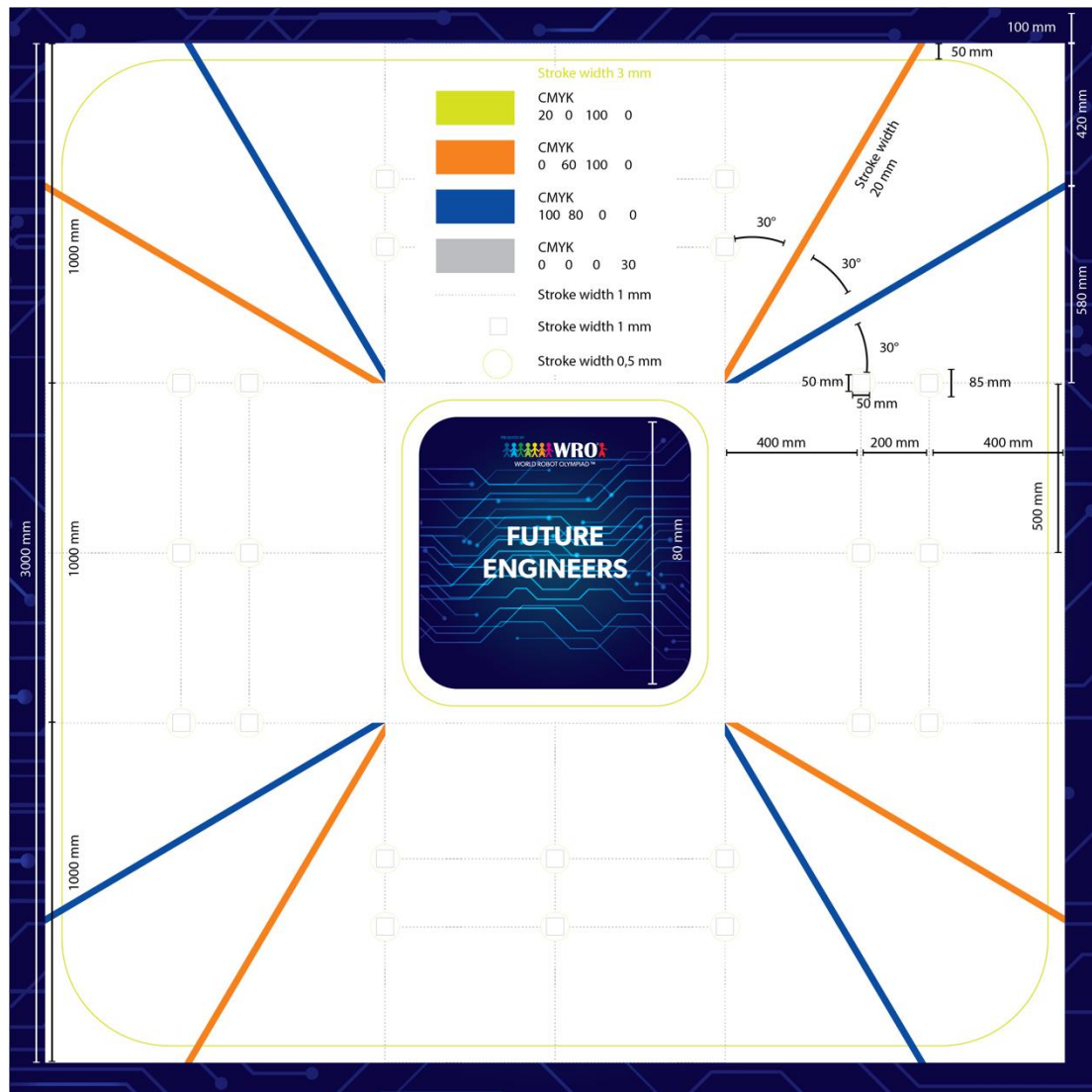


图 16. 地图尺寸

国际赛中围墙的配置

12.16. 在国际决赛中，由于制作的材质问题，墙壁被放置在场地上时可能不会平坦的：

12.16.1. 直行路段的墙壁之间的距离不会是一个常数，但外墙不会越过黄线，内墙将完全位于轨道的内部部分（正方形 1000 毫米 x 1000 毫米）内；

12.16.2. 墙角可以是圆角。

12.17. 墙壁的颜色将是黑色。



图 17. 国际赛中场地设置范例

交通标志

- 12.18. 每个交通标志都是一个尺寸为 50x50x100 毫米的平行六面体。
- 12.19. 根据每场比赛前的随机化过程，可能有：最多 7 个红色平行六面体和最多 7 个绿色平行六面体。
- 12.20. 红色交通标志的颜色是 PANTONE 1795 C, RGB (238, 39, 55)。
- 12.21. 绿色交通标志的颜色是 PANTONE 802 C, RGB (68, 214, 44)。
- 12.22. 未定义交通标志的材料。
- 12.23. 未定义交通标志的重量。

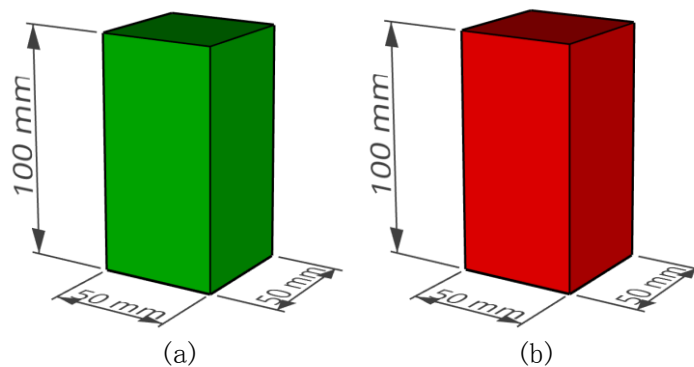


图 17. 交通标志的尺寸

13. 问答

问题：是否允许在车辆上使用连接到一个轴的两个电机（它不是一个不同的轴距）？

答复：规则第 10.3 规定，“车辆必须为四轮车辆，配备一个驱动电机和一个任何类型的转向执行。”因此，如果两个电机连接到一个轴上用于驾驶，则不允许。如果此方法用于转向，则可将其视为转向执行器。

14. 词汇表

检录时间	在检录时间段里，裁判会查看车辆的尺寸（例如使用立方体测量箱或折叠尺）和其他技术要求（例如是否只有一个程序，蓝牙关闭等）。每场比赛前都需要进行车辆检录。
教练	在参赛过程中协助队伍学习机器人的不同方面、队伍合作、解决问题、时间管理等成年人。教练的角色不是为队伍赢得比赛，而是引导他们识别问题并寻找解决挑战的方法。
竞赛组委会	赛事组委会是组织队伍参加比赛的实体。这可以是当地的学校、举办全国总决赛的国家组委会或与 WRO 协会一起举办 WRO 国际总决赛的主办国。
比赛类型	比赛分为两种类型：资格赛和决赛。资格赛结束后表现最好的队伍将参加决赛。
比赛场地	车辆必须比赛场地上行驶。根据竞赛要求，该区域可能包含车辆必须与之交互的物体。
GitHub repo	用于存储控制系统管理的程序源代码的存储器。存储由 GitHub 服务提供 (https://github.com/)
每场比赛	队伍的车辆通过自动驾驶完成比赛任务。比赛分数基于车辆在赛场上行驶的圈数。
练习时间	在练习时间中，队伍可以在场地上测试车辆，也可以更改车辆的机械结构或程序。
队伍	在本文档中，队伍一词包括队伍的 2-3 名参与者（学生），而不包括指导队伍的教练。
车辆控制程序	车辆微处理器/微控制器的一组（或多组）指令，用于从传感器读取值并分析此信息和车辆的先前状态，以便为车辆电机提供解决问题的命令。
WRO	在本文档中，WRO 代表 World Robot Olympiad Association Ltd.，这是一个在全球范围内运营 WRO 并准备所有比赛规则文档的非营利组织。

附件 A：解释性方案

1. 移动或撞倒交通标志的解释

在以下方案中，交通标志被视为：

- (a) - 未移动
- (b) - 未移动
- (c) - 移动了但比赛不停止
- (d) - 撞倒了但比赛不停止
- (e) - 移动了比赛将停止
- (f) - 撞倒了比赛将停止

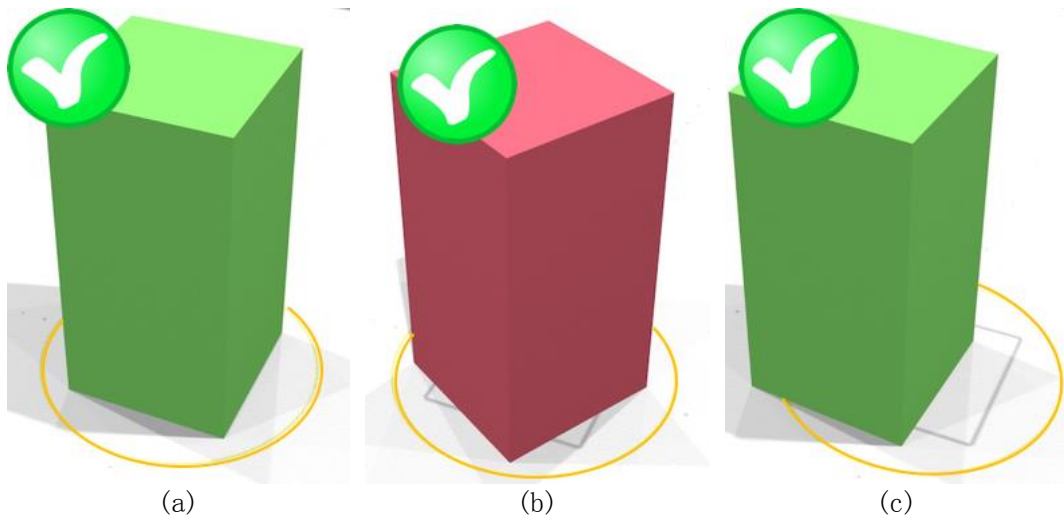


图 18. a) 比赛开始时交通标志的初始位置； b) 交通标志不在位置上，但仍在圆圈内； c) 交通标志部分在圆圈外被视为移动

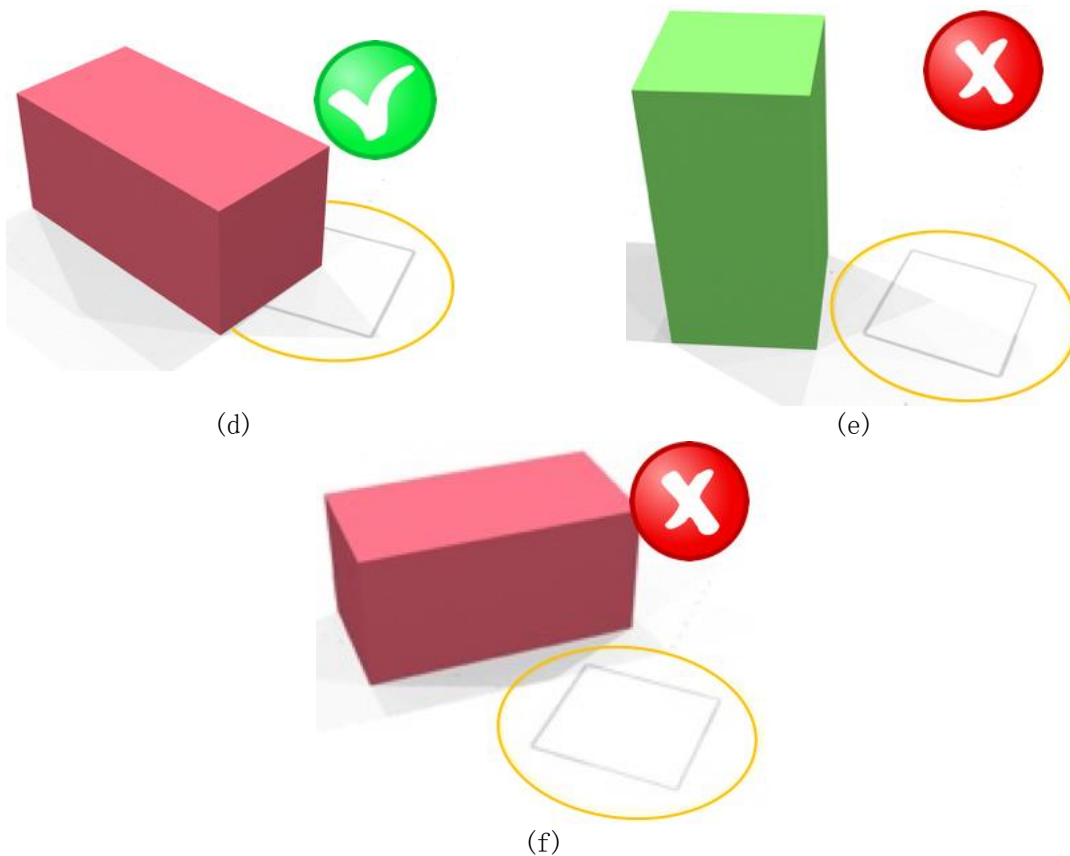


图 19. (d) - 撞倒了标志，部分在圆圈外； (e) - 交通标志完全被移出圆圈外； (f) - 交通标志被撞倒并完全在圆圈外面

2. 在结束路段（起始路段）得分的条件

为了方便识别车辆是否完全停在规定的区域，将以车辆的垂直投影判断。当车辆停止后垂直投影部分

在该区外，则车辆将视为部分在规定的区域外；反之，如果垂直投影完全在规定的区域内，则车辆将视为完全在规定的区域内。

当车辆停止不动超过 30 秒，裁判才会开始判断车辆是否完全停止在规定区域内。

以下车辆停止的区域是符合规定（绿色打勾）

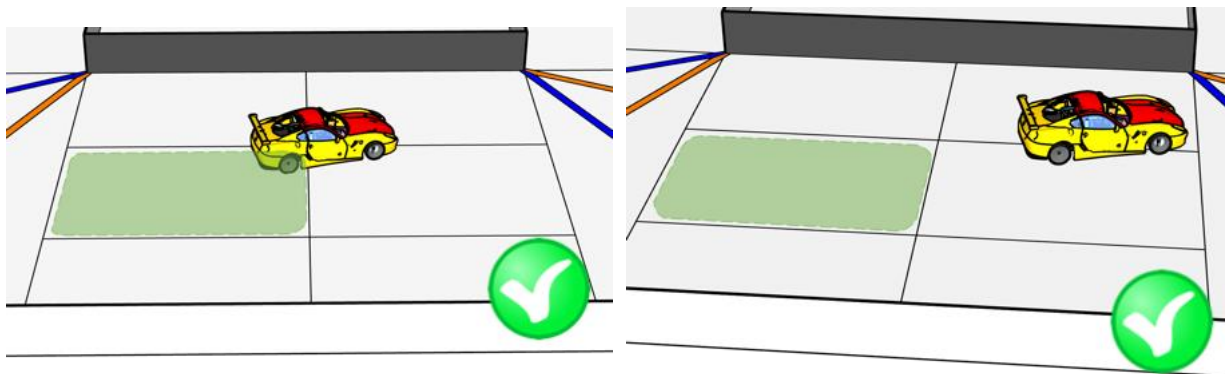


图 20. 车辆完全停止在起始路段内

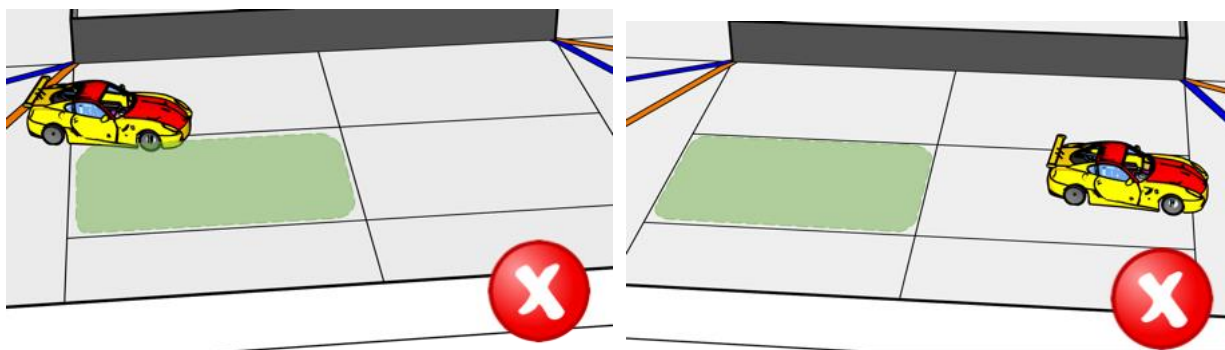
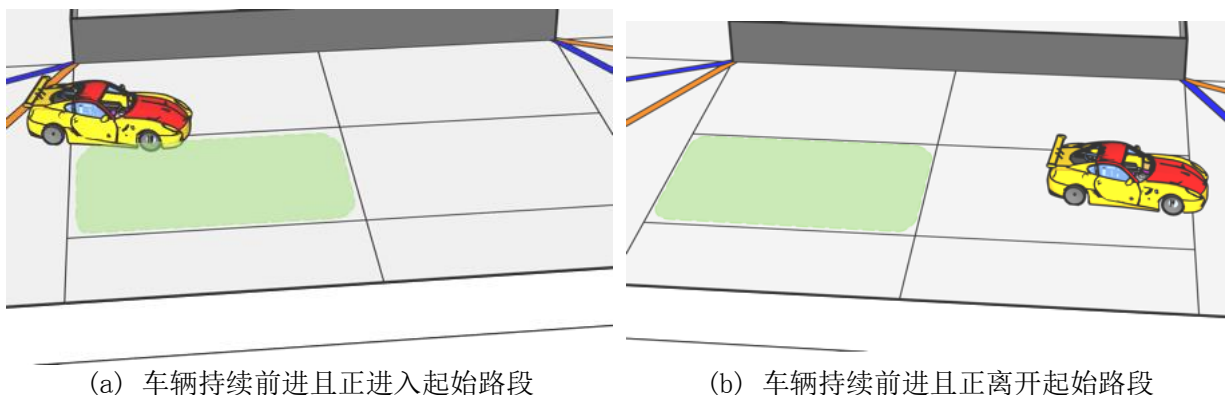


图 21. 车辆停在起始路段外

3. 当车辆完成 3 圈后「通过」起始路段

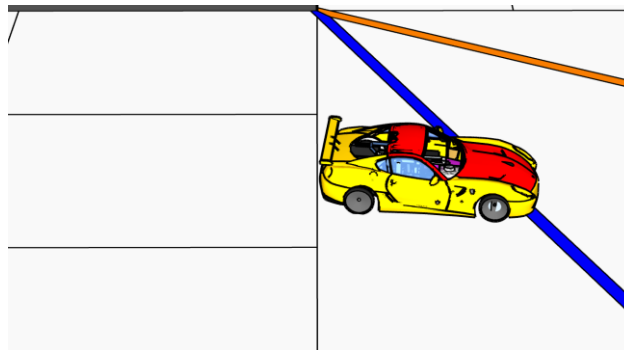
车辆行驶 3 圈后，车辆持续前进而通过起始路段，裁判将立即结束比赛。

以下为判断方式：



(a) 车辆持续前进且正进入起始路段

(b) 车辆持续前进且正离开起始路段

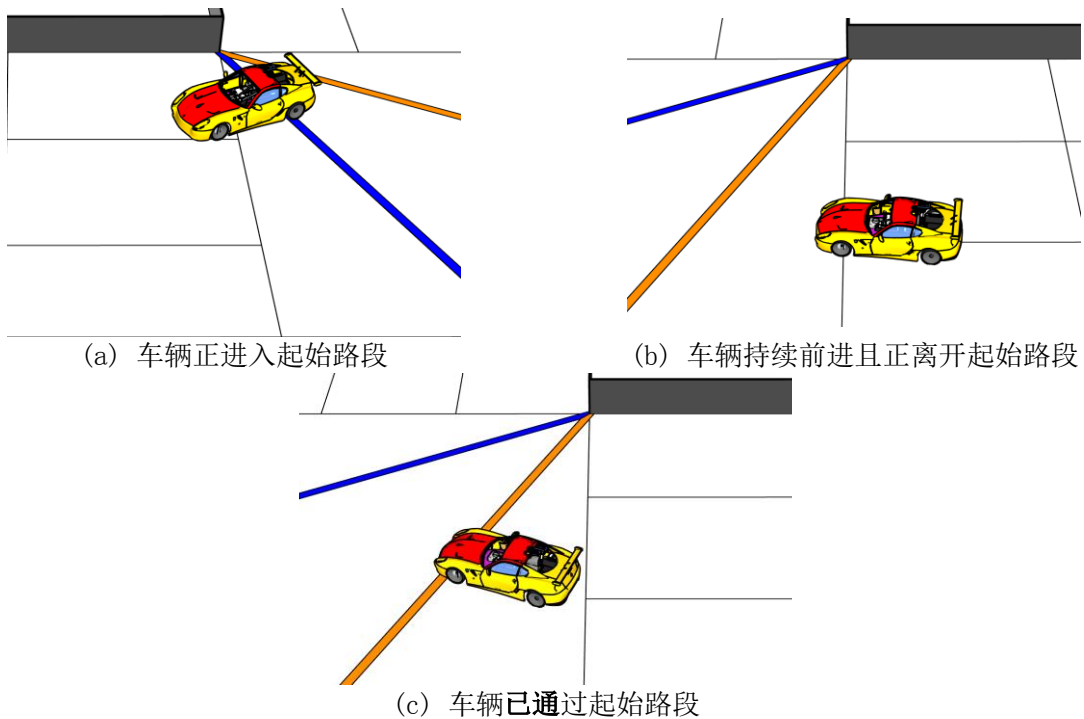


(c) 车辆已通过起始路段

图 22. 车辆逆时针方向通过起始 / 结束路段

如果**车辆在行进中**，裁判将不会在(a) 和 (b) 阶段停止计时。但是，当车辆完全进入转弯区 (c) 阶段，裁判将停止秒数，比赛将结束。

同样应用在顺时针。



(a) 车辆正进入起始路段

(b) 车辆持续前进且正离开起始路段

(c) 车辆已通过起始路段

图 23. 车辆顺时针通过起始 / 结束路段

4. 反方向行驶

比赛期间，车辆只允许在两个路段向与比赛行驶方向相反的方向行驶：改变方向的路段和相邻路段。

考虑以下集中情况：

情况 1： 车辆开始朝相反方向行驶，并在邻近的区域内停止后再持续朝规定方向行驶。

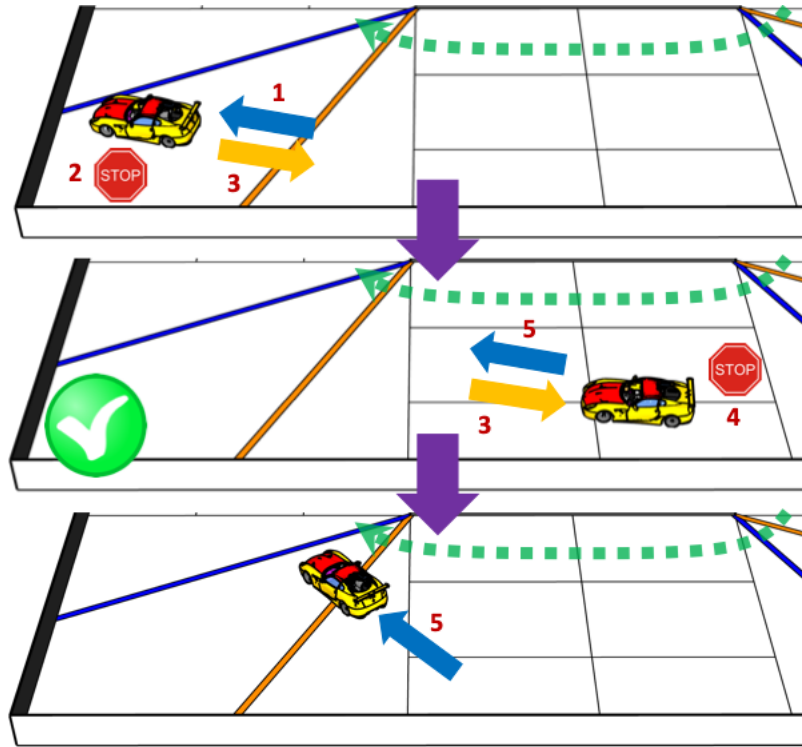


图 24. 在转弯路段允许向反方向行驶

在上图中，比赛行驶方向为顺时针（由靠近墙壁的绿色虚线箭头表示）：

- 阶段1：车辆抵达转弯路段，垂直投影完全在此区域内。
- 阶段2：车辆停止了。
- 阶段3：车辆开始倒退。
- 阶段4：车辆停在相邻的执行路段，垂直投影完全在此区内且未越过下一个区域。
- 阶段 5：车辆持续朝着规定的该轮比赛行驶方向行驶。

这些情况是允许的。

情况 2：车辆开始向相反方向行驶并停在两个路段之间的线上

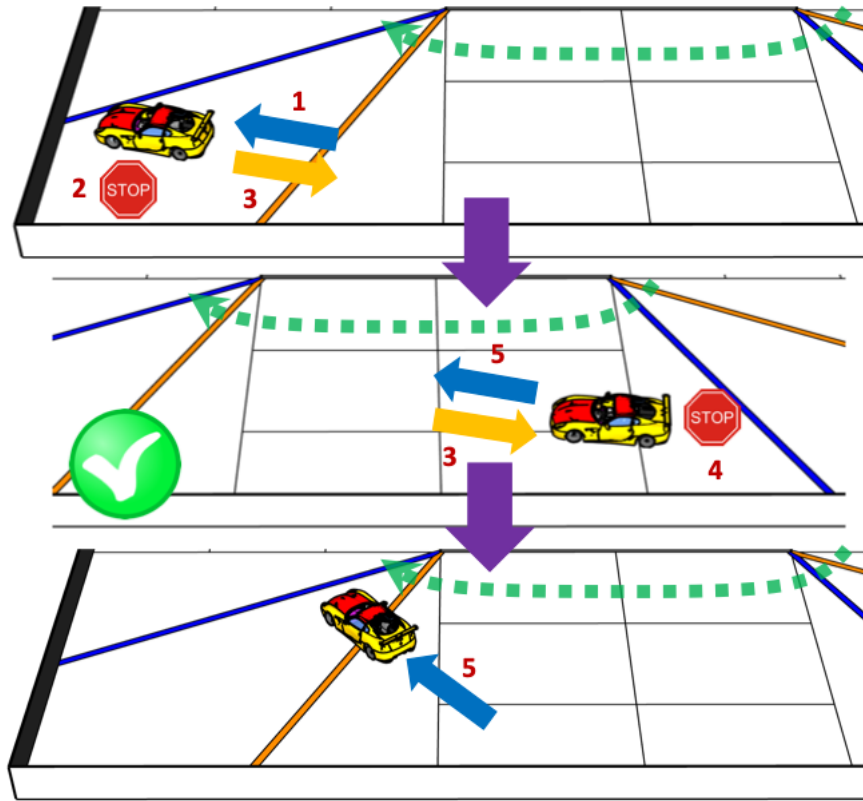


图 25. 车辆开始朝反方向前进，并停在两个区域之间。

在上图中，比赛行驶方向为顺时针（由靠近墙壁的绿色虚线箭头表示）：

- 阶段 1：车辆到达转弯路段
- 阶段 2：车辆停止了
- 阶段 3：车辆开始返回
- 阶段 4：车辆停在下一段与该段的边界处
- 阶段 5：继续沿该轮比赛行驶方向行驶。

这一系列操作也是允许的。

情况 3：车辆开始向相反方向行驶并完全移出相邻路段

如果车辆朝反方向行驶，经过相邻区域且车辆完全离开此区，并完全进入相邻的下一个区域，则比赛将停止。

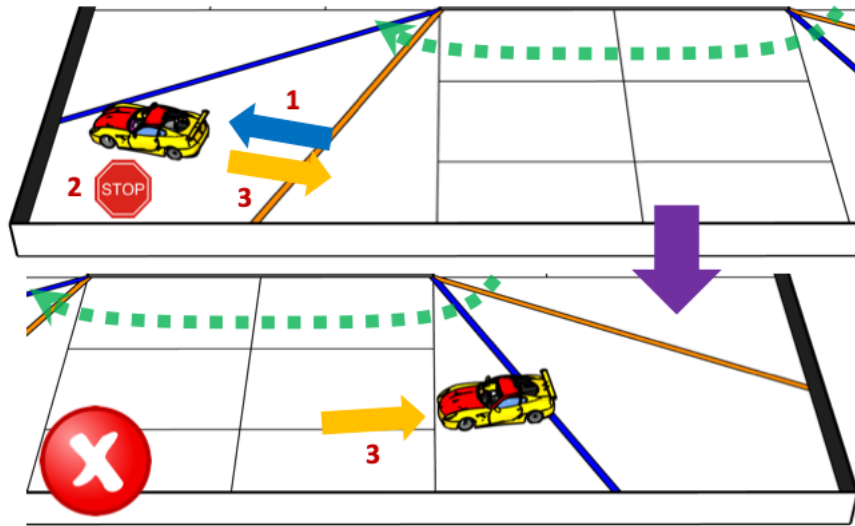


图 26. 不允许在相反方向行驶时完全移出相邻路段

在上图中：

- 阶段 1：车辆最初沿顺时针方向行驶（由靠近墙壁的绿色虚线箭头表示）
- 阶段 2：车辆停止了
- 阶段 3：开始向相反方向行驶并穿过两个路段，因此完全在相邻路段之外。

情况 4: 车辆两个路段之间的边界上改变了方向

当车辆在两个区域的交界处改变方向，朝着反方向行驶时，则最远仅能行驶到该区与前一个相邻区的交界处。

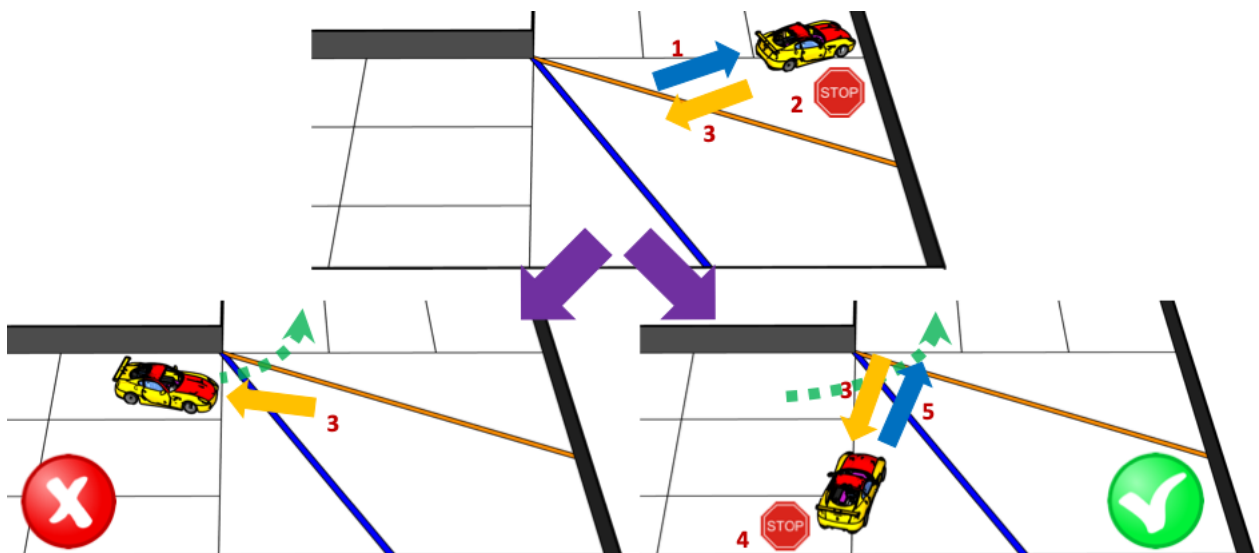


图 27. 车辆部分停在该路段时向相反方向行驶的最远路段

在上图的左侧，考虑了以下场景的最终结果：

- 阶段 1：车辆最初驶过逆时针方向（由靠近墙壁的绿色虚线箭头反映）
- 阶段 2：停在两段之间的线上——比赛行驶方向的前段被认为是改变方向的段
- 阶段 3：它继续向相反方向行驶并完全通过与改变方向的路段相邻的路段。

此类行为将导致比赛立即停止。

比赛可以继续的情况为：

- 阶段 1：车辆最初按逆时针方向行驶（由靠近墙壁的绿色虚线箭头反映）
- 阶段 2：停在两段之间的线上——比赛行驶方向的前段被认为是改变方向的段
- 阶段 3：车辆改变了方向并开始向相反的方向移动
- 阶段 4：车辆停在两个路段的交界处
- 阶段 5：继续逆时针行驶

由于车辆的投影仍有部分位于相邻区域，因此比赛并未停止。

情况 5：多次改变方向

车辆允许多次改变方向，但需要确定第一次所改变方向车辆所在的位置，并依据上述情况来判断车辆允许朝反方向移动的最远距离。

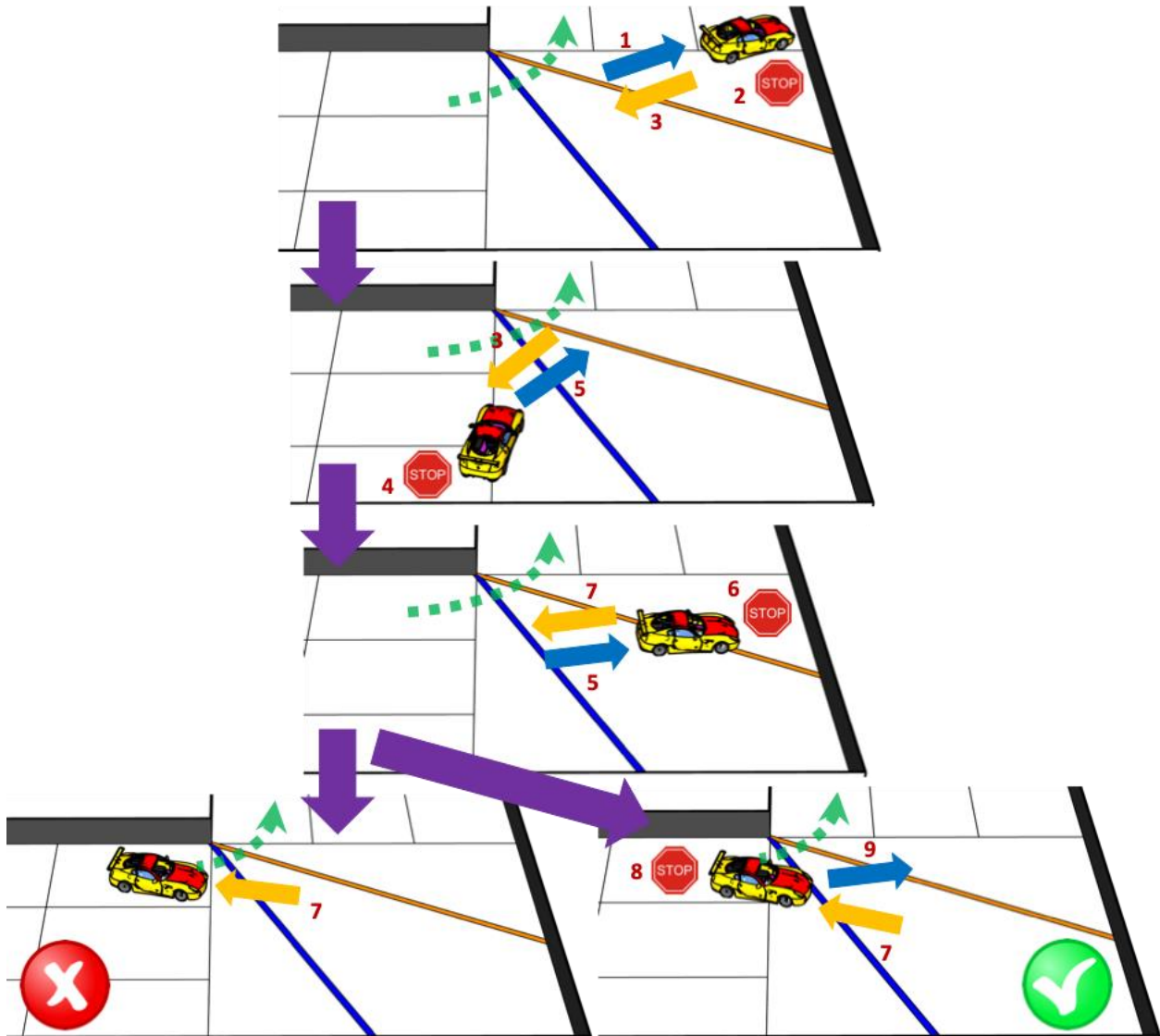


图 28. 允许根据最接近结束路段的部分多次改变方向

如上图说明，允许车辆多次改变方向的情况下：

- 阶段 1：车辆朝向比赛回合行驶方向时逆时针前进（由蓝色箭头为代表）。
- 阶段 2：车辆停止在两区域界线之间并开始后退，视为第一次改变方向。
- 阶段 3：车辆改变方向朝着反方向移动。
- 阶段 4 和 5：车辆部分停在相邻区域边界上，然后延续正确的方向行驶。
- 阶段 6 和 7：车辆再次停止在该区，又朝着反方向移动（第二次改变方向）。
- 如图 28 下左图，车辆完全离开邻近区，则比赛将停止。（以第一次改变方向的位置判定车辆可朝反方向移动的最远距离）
- 如图 28 右下图，车辆仍有部分在邻近的区域内，符合规定，因此比赛将持续不会被停止。

情况 6：反方向通过交通标志

需要注意的是，当车辆在相反方向行驶时，通过交通标志的规则是相反的——红色柱子必须从左边通过，绿色柱子必须从右边通过。

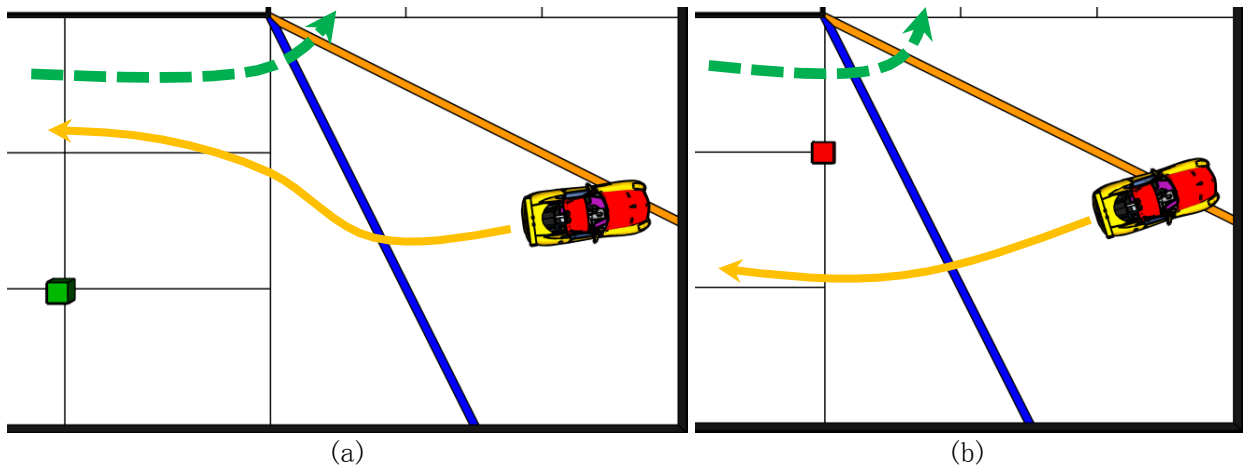


图 29. 向相反方向行驶时通过交通标志的倒置规则：a) 绿色柱必须从右侧通过，b) 红色柱必须从左侧通过

情况 7：倒着行驶

如果车辆沿比赛行驶方向行驶，则允许从后向行驶。

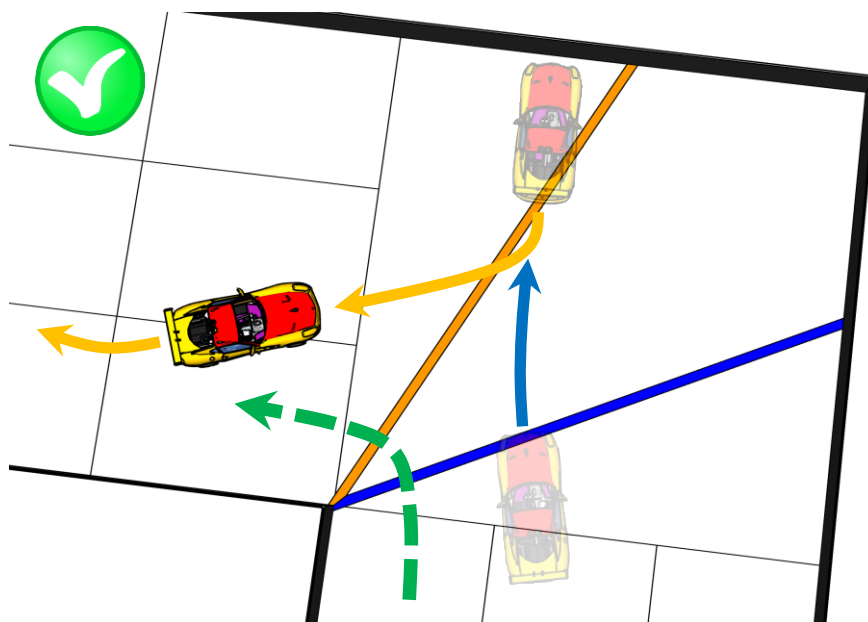


图 30. 按规定方向倒着行驶

在这个方向上，车辆通过交通标志的规则以相同的方式应用于车辆——红色柱必须从右侧通过，绿色柱必须从左侧通过。

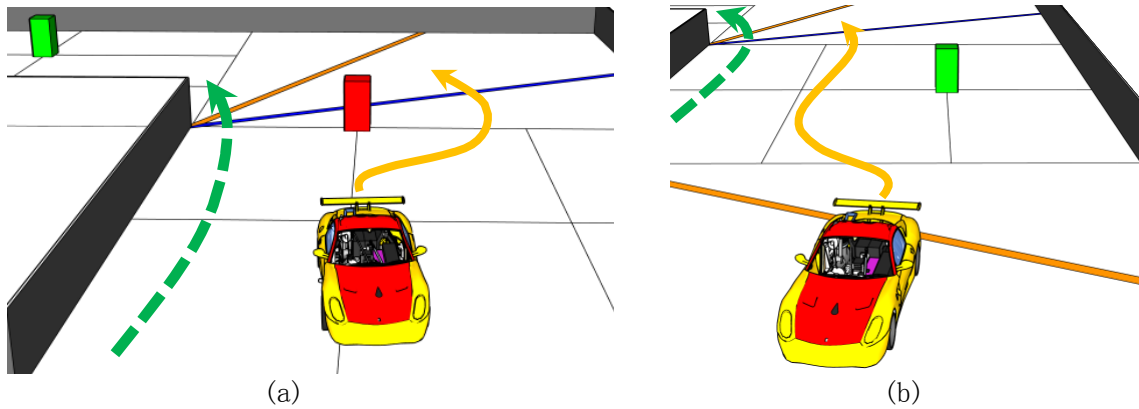


图 31. 倒着行驶时通过交通标志的规则

5. 从错误的一侧通过交通标志

虽然不允许从错误的一侧通过交通标志，但存在一个阈值，车辆可以使用该阈值来识别故障状态并修复行为。

如果车辆开始错误地通过交通标志，而且车辆没有完全通过从内墙到外墙（后来，-半径）和交通标志所在的线，时间将不会停止。

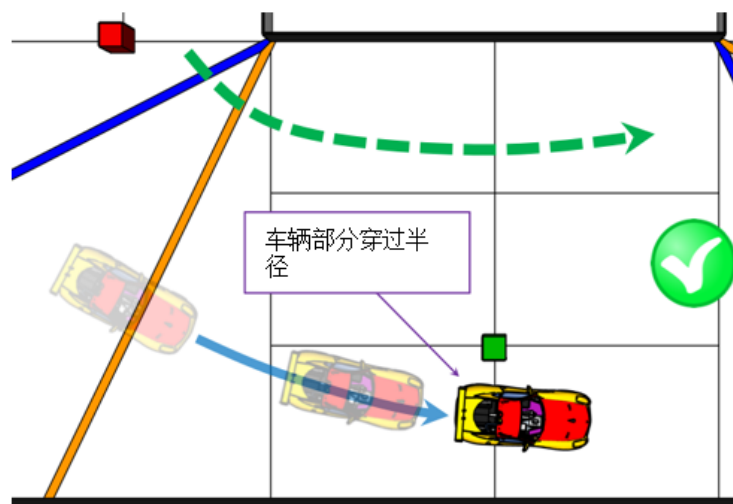


图 32. 车辆从绿柱右侧行驶时未通过半径

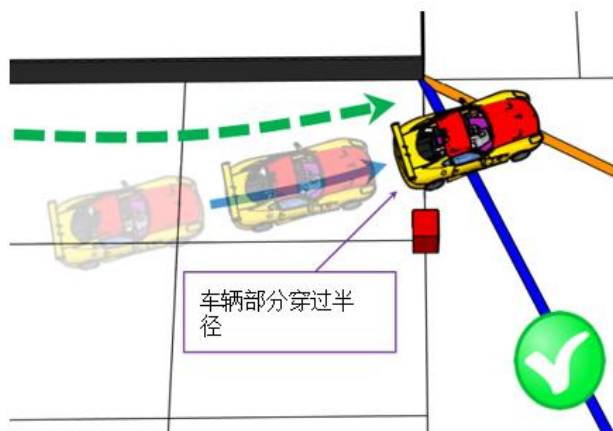


图 33. 车辆从红柱右侧行驶时未通过半径

一旦车辆完全越过半径，裁判将停止比赛

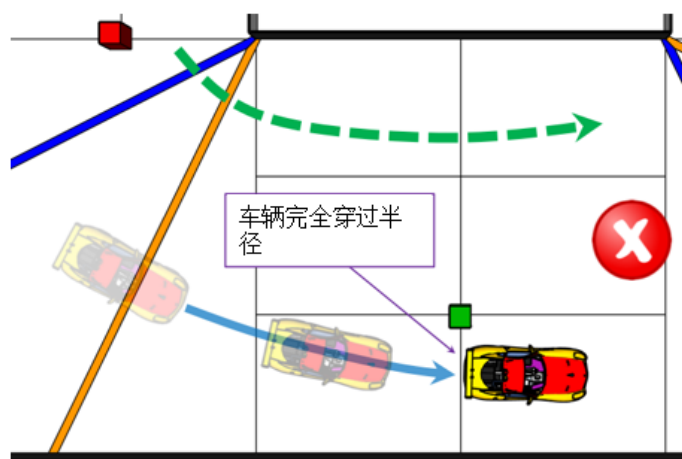


图 34. 车辆从绿柱右侧完全越过半径

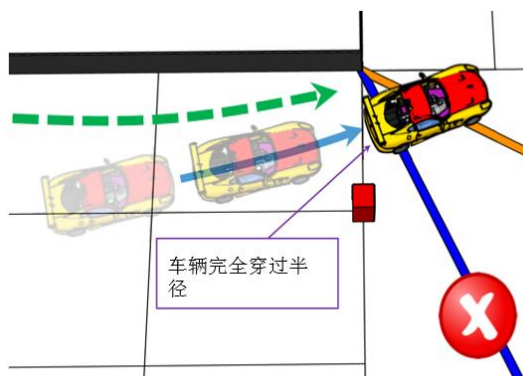


图 35. 车辆从红柱左侧完全越过半径

同样适用于车辆在比赛行驶方向倒着行驶的情况

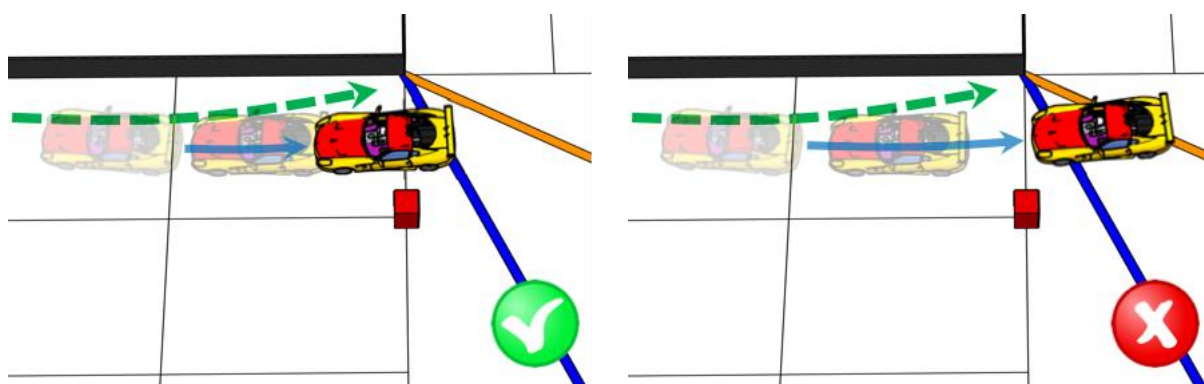


图 36. 车辆倒着行驶时穿过半径

附录 B. 国家/区域赛的比赛场地

国家/地区决赛的比赛场地准备与国际决赛的主要区别在于如何建造内墙，因为墙的配置取决于每次资格赛前进行的随机设置。

以下是可用于准备内墙部分的建议。

首先，这个建议假设内墙的材料是木材/刨花板/MDF。那么，墙由四部分组成：两个长段和两个短段，每段的厚度相同。这些通过使用确认螺钉或圆顶螺钉和插入螺母固定在一起。每段的高度为 100 毫米。每段的颜色为黑色。

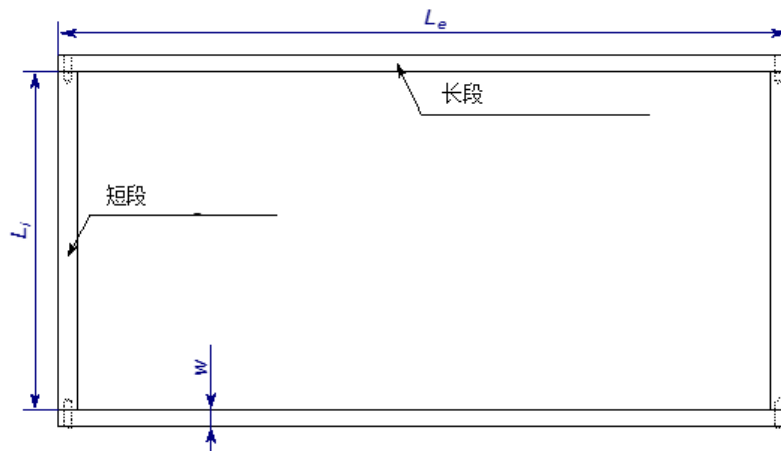


图 37. 内墙的分段设置

因此，准备以下墙壁段可以实现内壁的所有可能配置：

长段	短段
2 个长 1000 mm 的段	2 个长 $(1000 - 2w)$ mm 的段
2 个长 1400 mm 的段	2 个长 $(1400 - 2w)$ mm 的段
2 个长 1800 mm 的段	2 个长 $(1800 - 2w)$ mm 的段
<i>w 代表一个段的厚度</i>	

例如，如果段的厚度为 17 毫米，则短段的长度将为 966 毫米、1299 毫米和 1632 毫米。

在比赛前随机化之后，相应的段组合通过螺钉固定在一起并位于场地上。为了使车辆更难移动内墙，可以在墙角的内侧放置一些重物。

附录 C. 评估车辆文档的建议

对于 WRO 挑战，文档审查是一个全新的过程，所以提供有助于为评分表中的相应项目分配分数的标准是有意义的。

以下是评分项目列表和每个项目的建议标准：

评分项	最高分	评分标准
团队照片	1	0 分 - 没有照片或只提供一张照片（不论正式或搞笑的照片） 1 分 - 两张照片都存在并且质量很好
6 张车辆照片	1	0 分 - 提供的照片不足或照片从错误的角度拍摄，或者这不是车辆的照片，或者照片的质量不允许调查车辆部件的位置及其结构。 1 分 - 每个角度提供一张照片，并且照片质量很好
URL YouTube 链接	2	0 分 - 未提供视频或视频无法访问，或视频质量低且不清晰与照片中的车辆相同，或视频中的驾驶时间少于 30 秒 1 分 - 视频质量很好，只显示了以下任务之一的驾驶时间：在没有交通标志的情况下驾驶或在有交通标志的情况下驾驶。 2 分 - 视频提供了参与者对车辆的简短介绍，驾驶期间使用了真实的比赛场地（或非常相似的场地），完整地展示了这两个任务的解决方案
机电元件示意图	4	0 分 - 未提供图表或未采用所描述的格式，因此无法查看 1 分 - 提供了图表，它展示了主要组件及其连接逻辑 2 分 - 准备一张或几张图表，涵盖车辆中使用的所有部件，图表的连接逻辑清晰 3 分 - 使用工业标准制作了一张或几张图表，但存在明显的问题。很可能在图表的帮助下无法重现真实设备，因为它不包含足够的信息 4 分 - 张或几张图表是使用工业标准制作的，没有明显问题，根据图表复制真实设备似乎很容易
GitHub 编码	2	0 分 - 未提供 GitHub 存储库链接或无法访问，或存储库内容不符合要求： - 提交历史至少包含 3 次提交：第一次不迟于比赛前 2 个月——必须包含不少于最终代码量的 1/5，第二次不迟于 1 次 比赛前一个月，第三次不迟于比赛前 1 天 - 存储库必须包含一个 README.md 文件，其中包含设计解决方案的英文简短描述（不少于 5000 个字符） 1 分 - Github 存储库上的代码符合上述要求。README.md 文件提供了对 存储库内容的基本理解（该文件至少包含 5000 个字符）。 2 分 - 代码结构良好且文档齐全，在比赛期间将在设备上也使用相同的代码。除了提供的描述外，README.md 文件可以用作指南来构建/编译程序并将程序上传到车辆的任何控制器。

执行车辆文档评估的过程可以按如下进行：

1. 至少有三名评委对文件进行评估。
2. 每位评委熟悉车辆文档，并根据描述的标准对每个评分项目进行评估。评委不得跳过任何计分项目。目前不允许评委之间进行讨论。对项目的评价是基于评委对标准的理解以及他对相应标准如何反映在文件中的感觉——而不是几个队伍之间提供的文件材料的比较。
3. 每个评分项目的平均值根据评委的分数计算。

4. 所有平均得分项目的总和是队伍的车辆文件的得分。

附录 D: 最小机电组件

下面的列表表示可用于车辆机电部件的设备列表。这是建议而不是要求。队伍自行决定是否遵循这些建议。

- 单片机：它将用于实时视频处理、分析传感器数据、向电机控制器发送/管理信号。
- 单板微控制器 + 电机屏蔽：这种设备组合接收来自自主 SBC 的管理信号并与电机相应地运行。
- 广角摄像头
- 两个距离传感器
- 两个光传感器
- 伺服电机：控制转向
- 带变速箱的直流电机：控制车辆的速度
- 至少一个编码器：允许车辆测量直流电机的角速度
- IMU（惯性测量单元）——这通常是陀螺仪和加速度计的组合：可用于改进车辆导航
- 两块电池：一块用于 SBC 和 SBM，另一块用于电机
- 稳压器：需要为 SBC/SBM 提供足够的电源
- 两个开关将电池连接到电力消费者：SBC/SBM、电机
- 按钮：它可以用作开始比赛的触发器

车辆配置范例：

- 遥控 (RC) 车辆的底盘
- 主控制器——Raspberry Pi 3 (<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>)，以及用于保存操作系统和程序的 MicroSD 卡。
- 带超广角镜头的相机模块 (<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>)
- 电机和传感器控制器——Arduino UNO (<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>) 带有原型开发板 ([https://store.arduino.cc/proto-shield-rev3-uno- 尺寸](https://store.arduino.cc/proto-shield-rev3-uno-尺寸))
- 直流电机控制器 (<https://www.robotshop.com/en/cytron-13a-5-30v-single-dc-motor-controller.html>)
- 驱动车辆的直流电机（可以是底盘的一部分），
- 用于转向的伺服电机（可以是底盘的一部分）
- IMU 传感器 (<https://www.sparkfun.com/products/13762>)
- 2 个超声波距离传感器 (<https://www.sparkfun.com/products/15569>)
- 2 个模拟线路传感器 (<https://www.sparkfun.com/products/9453>)
- 旋转编码器 (<https://www.sparkfun.com/products/10790>)