

GENERAL RULES

VERSION: JANUARY 15TH 2026



FUTURE ENGINEERS

A SELF-DRIVING
CAR CHALLENGE

AGE GROUPS:
14-22

WRO® 2026 SELF-DRIVING CARS

WRO international premium partner



WRO international gold partner



目錄

1. 賽事資訊	3
2. 隊伍成員與組別年齡定義	5
3. 職責與隊伍份內工作	5
4. 競賽描述與規則階級	6
5. 競賽說明與競賽場地	7
6. 特殊規則	9
7. 在 Github 的工程技術文件	10
8. 挑戰回合.....	11
9. 比賽規則.....	17
10. 計分.....	21
11. 車輛材料與規定.....	23
12. 比賽形式與規則.....	25
13. 競賽桌台與設備	26
14. 詞彙表	29
附錄 A: 詳述比賽中可能發生的情況	30
附錄 B: 區賽 / 全國賽場地	42
附錄 C: 工程文件的評估建議	43
附錄 D: 最基礎的機電組件	51

2025 跟 2026 規則的差異處

6.	2026 將採用特殊規則。
7.	關於截止日期和文件評估的說明。
8. & 10.	從停車場出發的機器人在完成一整輪比賽後才能獲得積分。
12.11.	在多日比賽中，機器人應該留在比賽場地內。
A.3.	關於三回合比賽後離開出發區的說明。
C.	新的評分標準和更多關於文件的資訊。

規則中的重大變更和新增的部分以黃色底色來做標記。上列表列出中大改變的地方。

請注意在賽季期間，WRO 官方 Q&A 可能會對規則進行澄清或補充。答案被視為對規則的補充。你可在透過以下連結找到 WRO 2026 Q&A: <https://wro-association.org/competition/questions-answers/>

重要提示：在全國錦標賽中使用本文件

本規則文件適用於世界各地的所有 WRO 賽事。它是國際 WRO 活動的評判基礎。對於一個國家的全國性比賽，WRO 會員國代表有權對這些國際規則進行修改，以使其適應當地情況。所有參加全國 WRO 比賽的團隊都應遵循其會員國代表提供的通用規則。

1. 賽事資訊

簡介

在 WRO 未來工程師賽項中，隊伍需要專注於工程過程的所有細節。通過記錄流程和建立 GitHub 資料庫獲得工程技術文件分數。每年的挑戰將會有 20%~30% 的變化。具體的挑戰將每 4-5 年改變一次。

在汽車自動駕駛挑戰中，車輛需要在每回合隨機變化的跑酷道路上自主駕駛。

學習焦點

每個 WRO 類別和競賽都有著重的機器人學習焦點。在 WRO 未來工程師類別，學生將專注於以下領域的發展：

- 使用視覺辨識和感測器結合來調整跑酷的狀態和車輛動態。
- 使用開源硬體如市售電子組件和控制器開發可用的車輛。
- 具有不同運動部件和運動學的機器人動作規劃與控制差速驅動（例如，轉向）。
- 制定解決任務的最佳策略，包括任務解決的穩定性。
- 團隊合作、溝通、解決問題、項目管理、創造力。
- 展現過程和設計策略的工程日誌

對於有興趣參與此類別的隊伍，我們建立了入門指南，解釋了有關車輛要求、可能的技術解決方案和賽事更正等訊息。在這裡，學生可以開始了解如何為這場比賽設置車輛。

學習是最重要的一件事

WRO 希望激勵世界各地的學生學習 STEM 相關科目，我們希望學生透過比賽進行有趣的學習來發展他們的技能。這就是為什麼以下方面是我們所有競賽項目的關鍵：

- ❖ 教師、家長或其他成年人可以幫助、指導和激勵隊伍，但不允許組裝或攔寫 / 編輯程式。
- ❖ 隊伍、教練和評委接受 WRO 的指導原則和道德規範，這應該使我們所有人都體認到公平和學習如何參與競賽。
- ❖ 在比賽日，隊伍和教練應尊重裁判公平競爭的最終決定。

您可以在此處找到有關 WRO 道德規範的更多訊息：

<https://wro-association.org/wp-content/uploads/WRO-Guiding-Principles-and-Ethics-Code-2026.pdf>

2. 隊伍成員與組別年齡定義

- 2.1. 一支隊伍由 2 或 3 名學生組成。
- 2.2. 一支隊伍由 1 名教練指導。
- 2.3. 1 名隊員和 1 名教練不被視為隊伍，無法參加。
- 2.4. 一支隊伍在一個賽季中只能參加一個 WRO 類別。
- 2.5. 任何學生只能參加一個團隊。
- 2.6. 國際賽事教練的最低年齡為 18 歲。
- 2.7. 教練可以指導多支隊伍。
- 2.8. 參加此組別的學生年齡應為 14-22 歲。(2026 賽季：出生年介於 2004-2012)
- 2.9. 最大年齡限制依據參加者報名當年賽季時的年齡，而不是他/她在比賽當天的年齡。

3. 職責與隊伍份內工作

- 3.1. 隊伍應該公平競爭並尊重隊伍、教練、裁判和比賽主辦單位。通過參加 WRO 比賽，隊伍和教練接受 WRO 指導原則，該指導原則可在以下網址找到：<https://wro-association.org/wp-content/uploads/WRO-Guiding-Principles-and-Ethics-Code-2026.pdf>
- 3.2. 每支隊伍和教練都需要簽署 WRO 道德規範。比賽主辦方將定義如何收集和簽署道德規範。
- 3.3. 車輛的結構和程式只能由隊伍完成。教練的任務是有組織地陪伴隊伍，並在遇到問題時提前提供支持，而不是自己進行機器人的組裝和編程，這適用於比賽當天和準備工作期間。
- 3.4. 於比賽進行時的區域，隊伍不得與比賽以外的人進行任何形式的交流。如果需要交流，裁判可以允許團隊成員在裁判的監督下與其他人交流。
- 3.5. 隊伍成員不得攜帶和使用手機或任何其他通訊設備進入比賽區域。
- 3.6. 嚴禁破壞或篡改比賽場地/桌台、材料或其他隊伍車輛。
- 3.7. 不允許使用 (a.) 與對外銷售或發布的解決方案過於相似或完全相同的解決方案，或 (b.) 與比賽中的其他解決方案相同或過於相似，或顯然不是隊伍自行完成的車輛，這也包括來自同一機構和/或國家團隊的解決方案。由於此賽項可使用被量造的車輛 / 套件，因此不會檢查車輛的結構是否存在抄襲。
- 3.8. 如果有違反規則 3.3 和 3.7 的疑慮，該隊伍將服從調查和 3.9 中提到的任何後果都可以適用。在此情況下，規則 3.9.4 可能被採用並且不允許該團隊進入下一場比賽，即使該隊伍有機會以可能不是來自他們自己的解決方案贏得比賽。

- 3.9. 如果本文提到的任何規則被破壞或違反，裁判可以決定執行以下一項或多項判決。在此之前，可能會採訪隊伍或個別隊員，以了解有關可能違反規則的更多訊息。這可能包括有關車輛或程式的問題。
- 3.9.1. 隊伍可能不允許參加一回合或更多回合比賽。
 - 3.9.2. 隊伍在一回合或多回合中得分最多可降低 50%。
 - 3.9.3. 隊伍可能沒有資格參加下一輪比賽。
 - 3.9.4. 隊伍可能沒有資格參加全國賽/國際決賽。
 - 3.9.5. 隊伍可能會立即被完全取消比賽資格。

注意：在此強調過往比賽中一些反覆出現且導致處罰的違規行為。請記住以下幾點，以避免比賽期間因調整而造成不必要的延誤並避免受到處罰：

- 驅動系統：驅動輪必須物理連接，例如透過變速箱，而不是單側分別使用一組馬達（請參閱規則 11.3 和 11.5）。
- 啟動程序：機器人必須依照規則中規定的啟動程序：一個按鈕打開機器人並按下另一個按鈕來啟動程式。不允許進行其他動作（請參閱規則 9.10 和 9.11）。
- GitHub 儲存庫：GitHub 儲存庫必須於賽後保持在線並可公開存取至少一年。如果不符合此要求，則該儲存庫將由 WRO 協會重新發布（請參閱第 7 章）。
- 獨立機器人開發：每個團隊必須獨立開發機器人（請參閱章節 3）。不允許聯合開發機器人並進行微小調整以使其乍看起來有所不同。此類機器人仍將被歸類為相同。這種行為被視為故意欺騙，並違反了道德準則。

4. 競賽描述與規則階級

- 4.1. 每年，WRO 都會針對特定年齡組發布新的比賽任務和該類別新版本的通則。這些規則是所有國際 WRO 賽事的基礎。
- 4.2. 在賽季中，WRO 可能會發布額外的問答 (Q&A) 澄清、詳述或重新定義比賽和通則中的規則。參賽隊伍應在賽前閱讀這些問答。
- 4.3. 比賽規則、通則和問答可能因會員國代表因應當地情況進行調整而異。團隊需要了解適用於其國家/地區的規則。對於任何國際 WRO 活動，只有 WRO 發布的訊息才是有效的。有資格參加任何國際 WRO 賽事的隊伍應了解其當地規則可能存在的差異。
- 4.4. 在比賽日，以下規則遵循順序為：
 - 4.4.1. 通則為該類比賽的規則基礎。
 - 4.4.2. 問答 (Q&As) 權重高於比賽規則和通則。
 - 4.4.3. 比賽當天的裁判對任何決定都有最終決定權。

5. 競賽說明與競賽場地

本汽車自動駕駛挑戰賽是採用「計分計時競賽」，賽道上不會同時有多輛汽車。每次比賽只有一個隊伍及一輛汽車，由汽車完全自動駕駛依規定的圈數 / 任務，來達到最佳分數及時間，這兩個挑戰如下。

賽道挑戰：汽車必須在賽道上完成 3 圈，並隨機放置內部軌道牆。

障礙物挑戰：汽車必須在賽道上完成 3 圈，並隨機放置綠色以及紅色的交通標誌，汽車必須遵守相關規範，如有交通標誌規範，必須行駛規定的車道。**交通標誌是紅色的柱子，汽車必須行駛柱子之右側車道；交通標誌是綠色的柱子，汽車必須行駛柱子之左側車道，**汽車不可觸碰交通標誌。在汽車完成三圈的行駛後，汽車必須找到一個停車場來進行平行停車。

汽車必須沿著規定方向行駛，行駛方向將現場隨機決定（順時針或逆時針）。在不同的挑戰倫次中會有所不同，在比賽開始前(檢查時間後)，將隨機決定汽車的起始路段以及交通標誌的數量和位置。下列該圖片顯示了帶有比賽物件的場地圖。

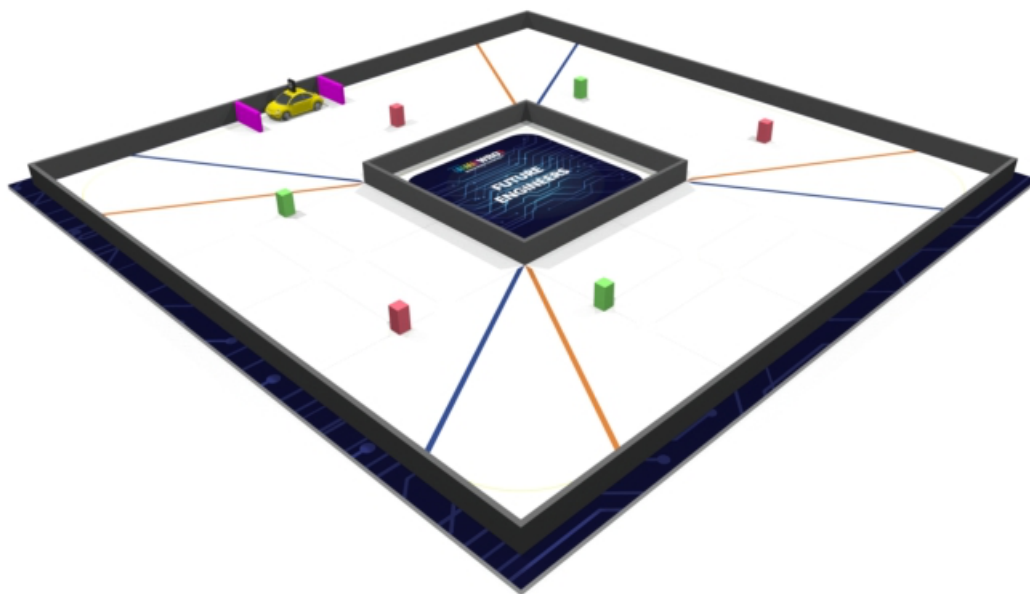


圖 1. 競賽場地及物件

比賽場地由內牆及外牆圍出一個賽道，賽道上可能設置交通標誌（彩色柱狀障礙物表示）。

賽道由 8 個區塊組成：4 個轉彎路段（紅色虛線）及 4 個直線路段（藍色虛線）。

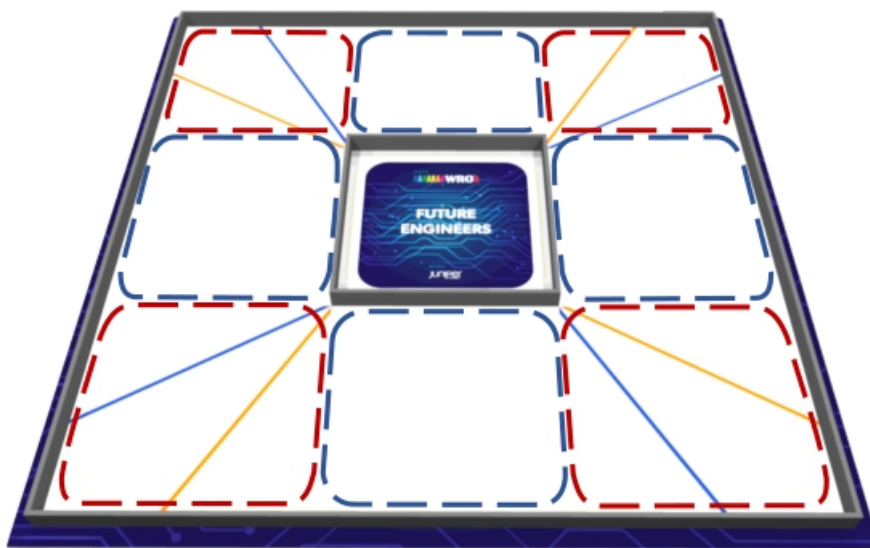


圖 2. 競賽場地路段

每一個直線路段分成 6 小格，是汽車的**起始位置**。如下圖 6 個小圓圈中有 4 個虛線 T 字型及 2 個 X 字型，是放置交通標誌，稱之為「交通標誌位置」。

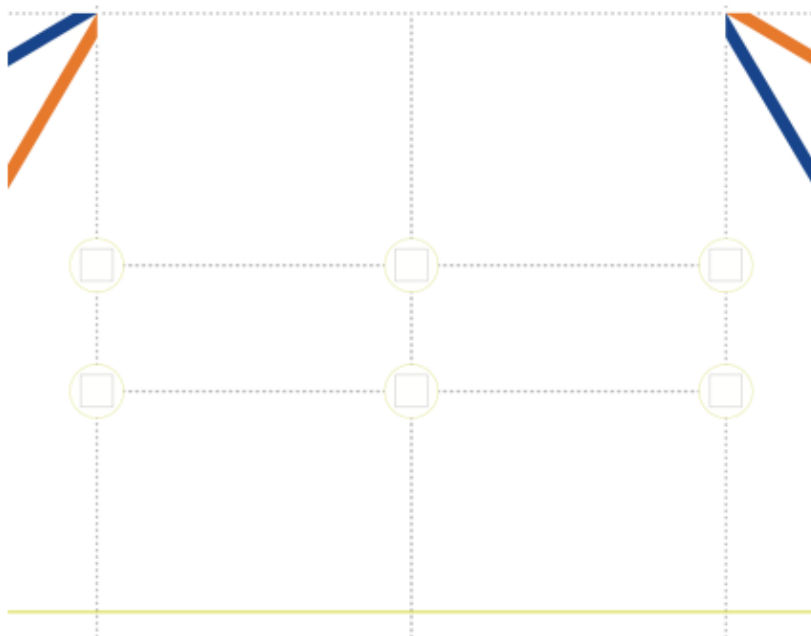


圖 3. 直線路段的區域和交通標誌座位

在障礙物挑戰中，停車場位於出發區直線路段上。停車場的寬度是 20 公分，長度是可變的且算法為： $1.5 \times$ 機器人的長度

停車場是由兩個 20 公分 x 2 公分 x 10 公分的洋紅色木條限制住，右邊的元素放置在虛線右側，左邊的位子定義為如下圖所示。

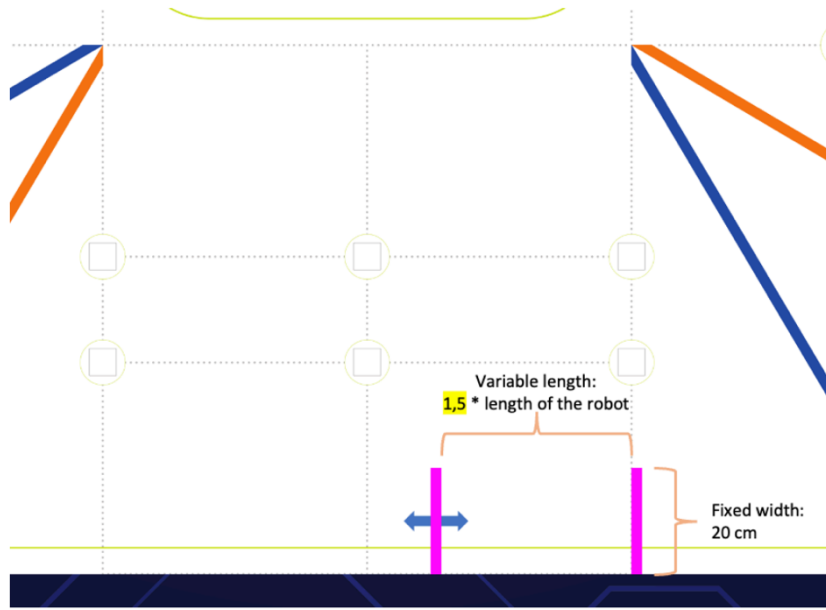


圖 4. 停車場的定義

6. 特殊規則 (台灣此賽項不採用)

國際比賽的特殊規則會在國際總決賽之前公布，此規則可以新增/修改/更改現有的規則，隊伍們在賽前會有準備時間。

注意：特殊規則不常被使用，在 2026 年國際賽中將會使用特殊規則。

7. 工程技術文件

未來工程師組別報名隊伍須預先繳將工程技術文件作為初選依據，通過初選的隊伍始可參加台灣選拔賽（全國賽）之決賽。請隊伍提供 GitHub code，將連結貼於全國賽報名 Google 表單中，不需提交紙本資料給評審，內容中英文皆可。GitHub 內容可設定為私人（不公開），協會註冊的評審帳號，並以信件通知隊伍將評審帳號加入隊伍 GitHub 團隊成員（檢視報告用途）

真正的工程是關於建立一個解決方案，並與他人溝通或分享想法，使整個想法更進一步實踐。除了設計車輛和編寫程式外，團隊還必須提供顯示其工程進度、最終車輛設計和最終車輛程式的檔案。此文件必須上傳到 GitHub 公共儲存庫，並且必須在國際賽中提交紙本資料。有關檔案評分的詳細資訊，請參閱本檔案的附錄 C。對於國際賽，Github 上的所有資訊和文檔必須用英文完成。

每個團隊必須提供以下內容：

- 車輛移動性、動力和感測器以及障礙物管理的討論、資訊和動機。
- 車輛的照片（共 6 面：前後左右四面、俯視、仰視），以及一張團隊照片。
- YouTube 的 URL（應該是公開的或透過連結觀看的），顯示車輛自動駕駛。駕駛示範的影片長度必須至少有 30 秒。必須為每個挑戰提供一個影片（賽道挑戰、障礙物挑戰各一）。
- 將編輯好的程式及參賽相關文件資訊連結到 GitHub 公共雲端儲存庫並取得代碼，該儲存庫可能還包含以下文件：
 - 使用 3D 列印機或雷射切割機或 CNC 機器生產的零件相關資訊及說明。提交歷史紀錄應至少包含 3 次的提交紀錄。（國際賽規定）
 - 第一次提交時間，早於比賽開始前 2 個月-至少完成上述進度 1/5 以上。（國際賽規定）
 - 第二次提交時間，早於比賽開始前 1 個月。（國際賽規定）
 - 第三次提交時間，早於比賽開始前 2 週。（國際賽規定）

注意：本次提交主要用於文件的評估和評分。後續的更改可能不會計入評分。請確保此時所有重要資訊都已包含在代碼倉庫中。

該儲存庫必須包含 README.md 文件，該文件帶有所設計解決方案的簡短說明（不少於 5000 個字）。描述的目的是闡明代碼包含哪些模組，它們與汽車的機電組件有什麼關係，以及如何將代碼建立 / 編輯 / 上傳到汽車的控制器的過程是什麼。GitHub 公共雲端儲存庫格式可參考以下連結：<https://github.com/World-Robot-Olympiad-Association/wro2022-fe-template>

GitHub 程式碼庫連結必須在比賽開始前至少三週提供。具體日期和時間由主辦單位公佈。

- Github 必須設定為可公眾查看模式，且內容必須可見。
 - Github 和 hard Copy 上提供的程式碼必須詳細記錄並附有註釋代碼。評審可能無法存取團隊使用的特定程序。像是 EV3、Spike 或 Scratch。

註：紙本有兩個用途。一方面，當 GitHub 程式碼庫無法存取時（可能會導致扣分），可以使用紙本作為參考。另一方面，裁判會利用紙本在比賽期間追蹤所有參賽隊伍及其機器人。評分的主要依據是 GitHub 程式碼庫。

8. 挑戰回合

國際決賽將至少有 4 回合，2 回合為賽道挑戰賽，2 回合為障礙挑戰賽。每回合起始位置和軌道的布局將透過在檢查時間後扔硬幣來隨機選擇。車輛在挑戰期間必須移動的方向被定義為「回合行駛方向」。

賽道挑戰賽

在賽道挑戰賽中，賽道上不會放置交通標誌。

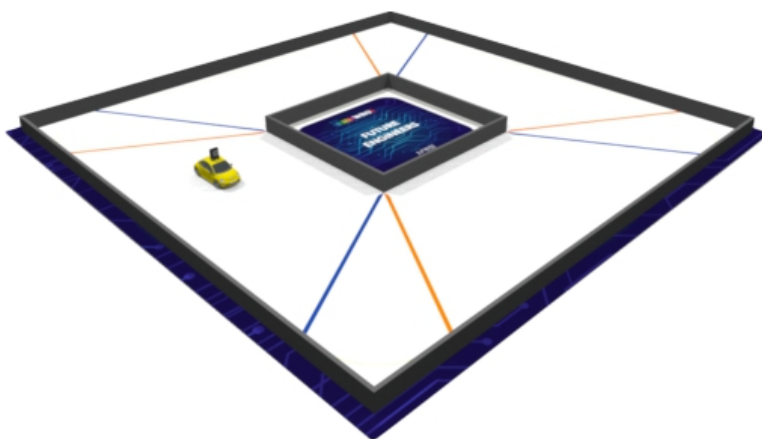


圖 5. 賽道挑戰賽的場地圖

賽道距離為 1000 公釐或 600 公釐 (國際決賽賽道 ± 100 公釐)。

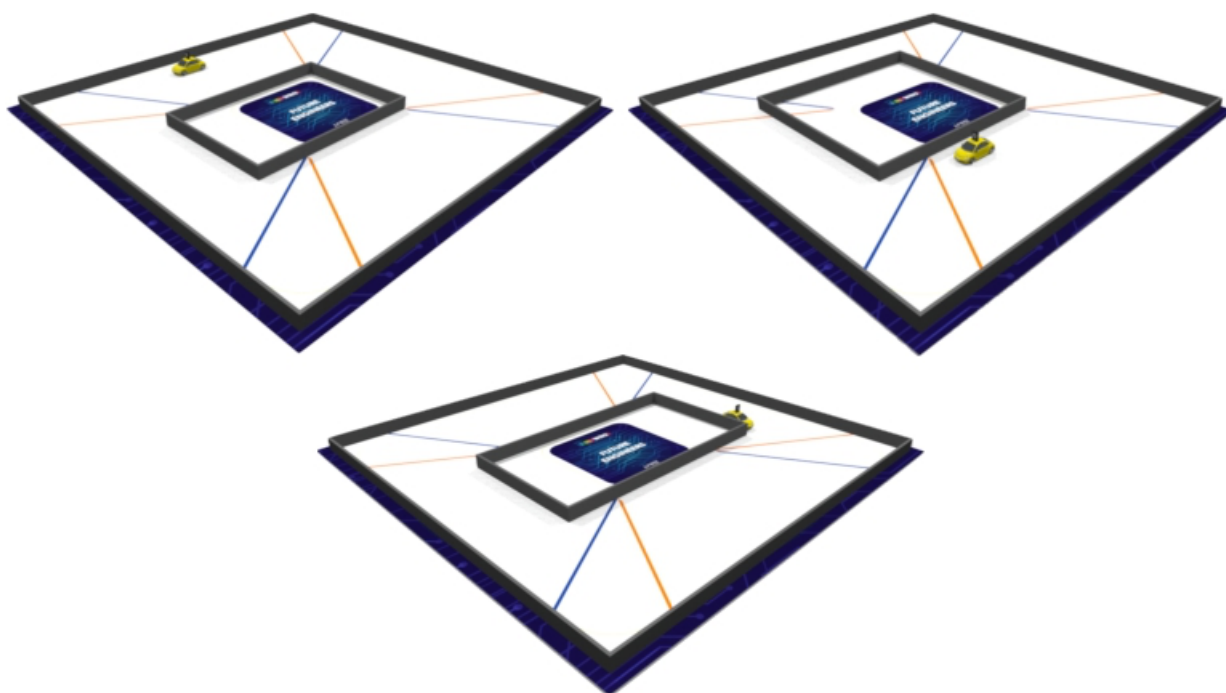


圖 6. 賽道挑戰回合賽場地圖範例

確定「**回合行駛方向**」之後，將使用如下步驟決定汽車的**起始點**及**賽道寬度**：

1. 步驟一：擲硬幣兩次決定從哪個直線路段作為汽車的起始路段。如下圖顯示硬幣可能出現的組合來決定起始路段。（組合例如：「字-頭像」表示第一次硬幣擲出字，第二次硬幣擲出頭像）。

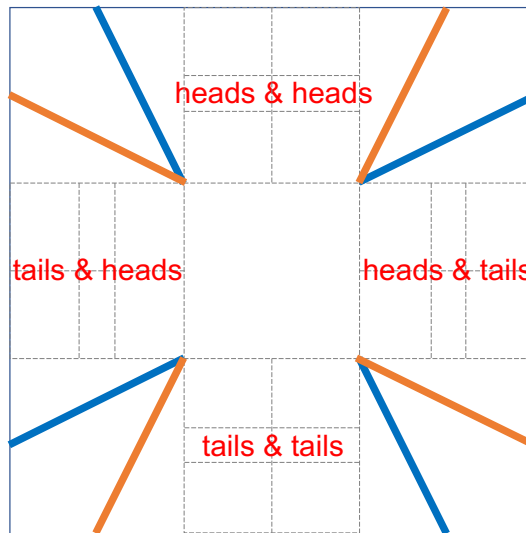


圖 7a. 決定起始區的組合

2. 步驟二：起始區確定完之後，再依序擲 4 次硬幣，第一次擲硬幣的結果決定**起始路段**的**賽道寬窄**，第二次擲硬幣將決定起始區下一區賽道的寬窄，**順時針方向**依此類推，**頭像**代表寬賽道，**字**代表窄賽道。

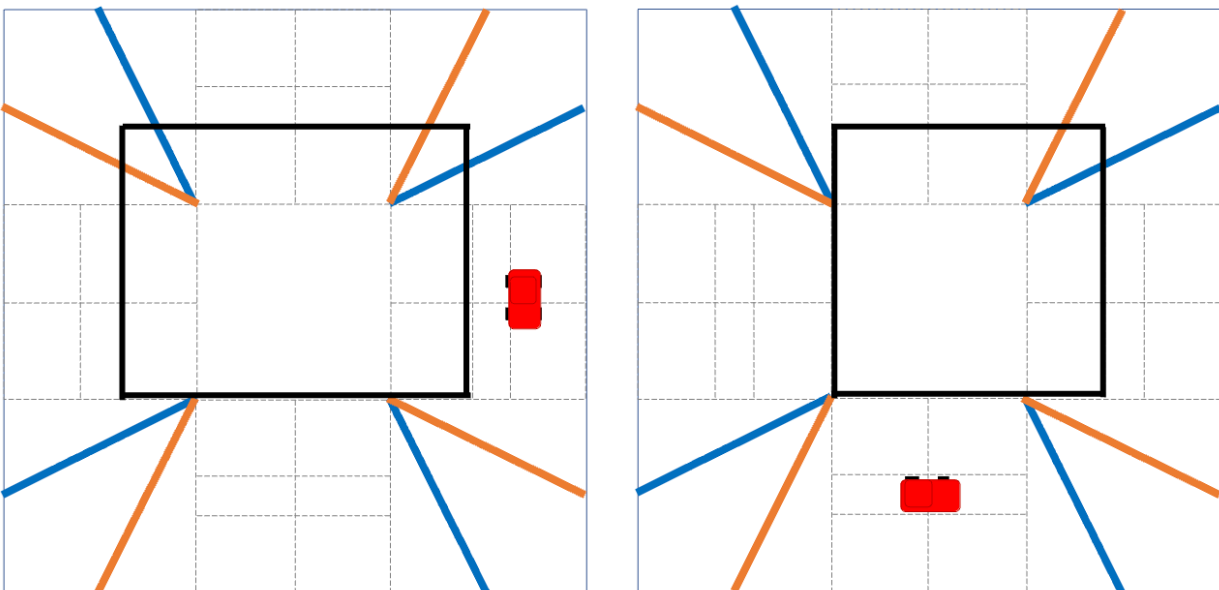


圖 7b. 擲硬幣 4 次，如左圖賽道代表“字(窄)-頭像(寬)-字(窄)-字(窄)”；
 如右圖賽道代表“頭像(寬)-頭像(寬)-字(窄)-字(窄)”

- 步驟三：用骰子的數字來決定汽車在起始路段的**起始位置**，如下圖表示左上格代號「1」右下格代號「6」。如果起始位置在內圍牆裡面，則重新擲骰子直到汽車的起始位置在賽道上（兩個圍牆之間）。



圖 7c. 骰子號碼對應的起始位置

以上步驟流程將在每輪賽道挑戰賽回合前的檢錄時間之後執行，因此每回合汽車的起始位置及賽道之間距離，會因為隨機結果而有所不同。

障礙挑戰賽

在障礙挑戰賽，賽道中將設置紅色及綠色支柱，視為**交通標誌**。此外還將設置兩個邊界並形成一個停車場。賽道之間的距離將維持 1000 ± 10 毫米。

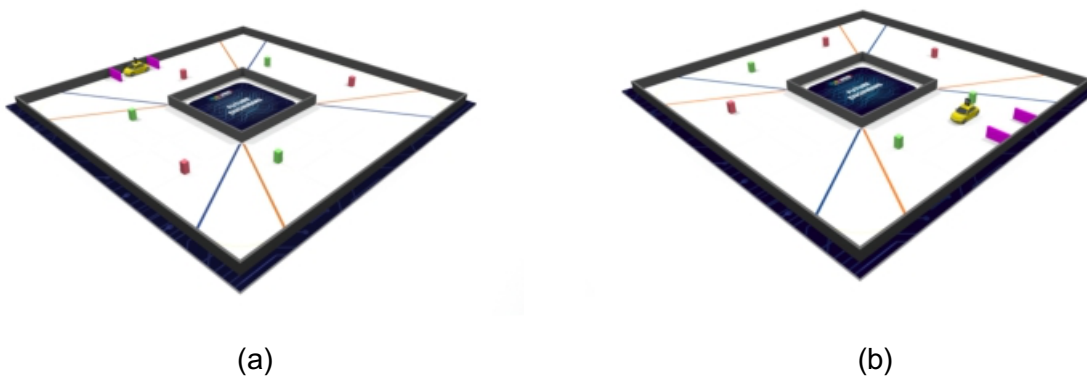


圖 8a. 障礙挑戰賽場地範例

下列步驟流程將決定汽車起始、交通標誌以及停車場的位置（假設回合行駛方向已經確定）：

- 步驟一：擲兩次硬幣確定起始交通標誌的區域。如下圖顯示硬幣可能出現的組合來決定起始交通標誌。（組合例如：「字-頭像」表示第一次硬幣擲出字，第二次硬幣擲出頭像）。

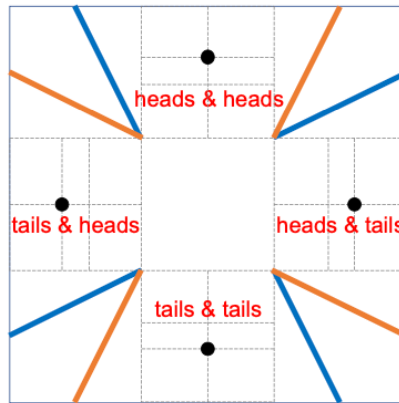


圖 8b. 決定起始交通標誌的組合

2. 步驟二：擲一次硬幣確定步驟一決定的交通標誌顏色。頭像表示綠色標誌，字代表紅色標誌。
3. 步驟三：準備如圖 8c 展示的 36 張卡片，根據步驟二抽籤結果（綠色標誌移除 9 號卡；紅色標誌移除 10 號卡）移除一張卡片，將剩餘的 35 張卡片放入不透明的盒子（或袋子中）。隨機抽出的第一張卡片，將決定上一步驟確定區域的下一個直線區域的的標誌形式。卡片上黑色粗線表示內圍牆，抽出的卡片不再放回盒子內。隨機抽出第二張卡片，將決定交通標誌在下一個直線區域的對應形式。順時針方向依此類推來完成剩下的位置。

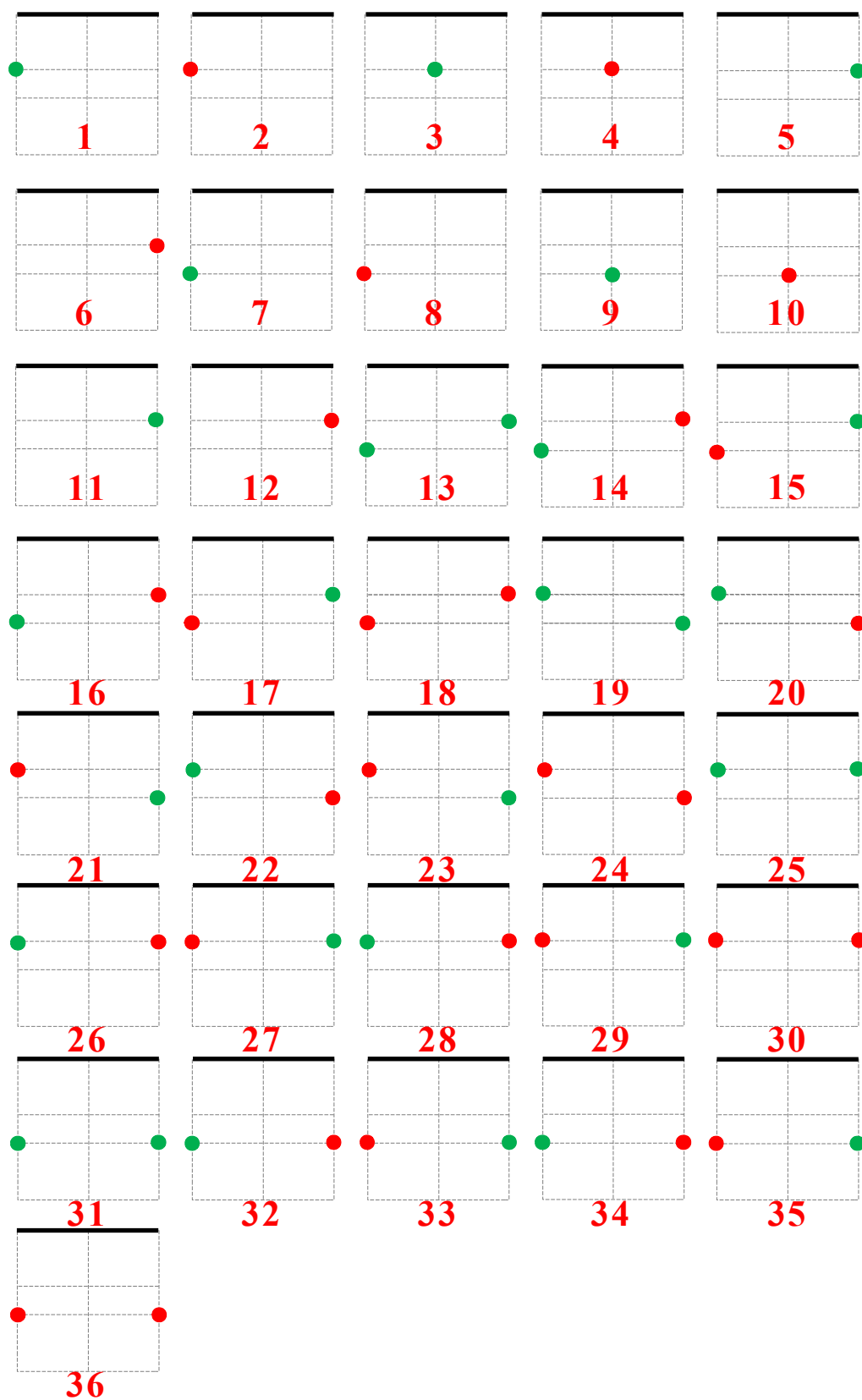


圖 8c. 交通標誌位置 (36 張卡片)

** 有些卡片重複是刻意的。

4. 步驟四：擲兩次硬幣決定汽車出發區，該區也同時是放置停車場的區域。

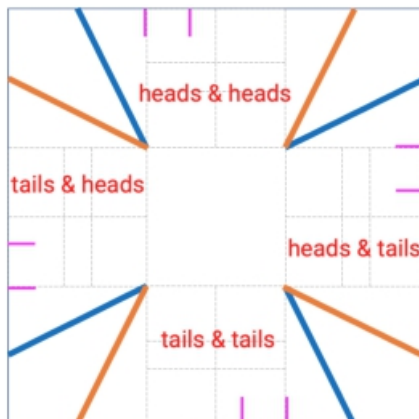


圖 8d. 擲骰子決定停車場設置位置

停車場設置後，該路段的所有交通標誌牌，將移至靠近內牆的位置。

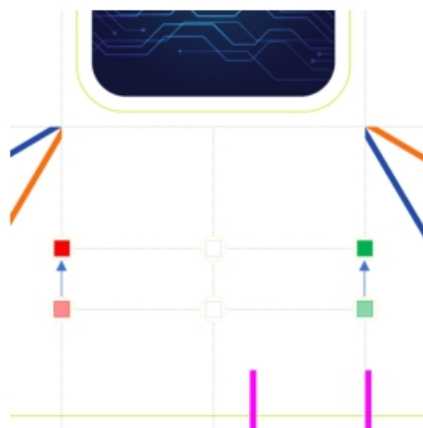


圖 8e. 擲骰子決定停車場設置位置

團隊決定是否要從停車場內或停車場上方的中間區域啟動機器人（見圖 8a）。從停車場出發將獲得額外積分。

9. 比賽規則

回合時間

- 9.1. 賽道挑戰賽每回合時間 3 分鐘。
- 9.2. 障礙物挑戰賽每回合時間 3 分鐘。

每回合開始之前

- 9.3. 隨機決定回合行駛方向。
- 9.4. 隨機決定汽車起始位置及場地配置。
- 9.5. 所有隊伍在同一個回合中，都使用相同的回合行駛方向、汽車起始位置及場地配置。

回合開始

- 9.6. 汽車放置於起始區且**完全關機**。
- 9.7. 汽車必須在規定的起始位置，且正投影須完全在規定的格子內。
- 9.8. 必須對車輛進行定向，轉向的兩個前輪需比其他兩個更傾向下一個轉角區。
- 9.9. 可進行物理調整，但不允許通過改變車輛零件的位置或方向或在車輛上進行任何感測器校準將數據輸入程式。經查驗屬實，將被取消該回合的資格。
- 9.10. 僅允許一個開關用來開啟車輛。
- 9.11. 車輛開啟後讓車輛應處於等待狀態。車輛只允許有一個啟動按鈕，按鈕可以在主控制器上或單獨安裝。在 EV3 上，只允許使用一個程式。必須按下運行按鈕才能啟動 EV3 上運行的最後一個程式，EV3 必須等待啟動按鈕被按下。EV3 上的啟動按鈕可以是觸碰感應器或向右的箭頭按鈕。SPIKE 機器人只能使用一號專案資料夾。必須遵循與 EV3 相同的程序。
- 9.12. 團隊有責任檢查賽道的布局並確保其符合正確的規定，裁判將詢問隊伍是否準備好。隊伍如果確認賽道無誤，請回答“是”。如果參賽隊伍在起跑後發現賽道布局不正確，則不允許重新起跑。
- 9.13. 聽到裁判倒數「3 2 1，開始」的「開」字時按壓按鈕，讓車輛出發，開始計時。車輛將根據<競賽規則>中規定的時間完成該輪比賽。
- 9.14. 按下啟動按鈕必須使車輛開始移動以嘗試挑戰回合。

附加條件：

- 9.15. 比賽期間，汽車不允許在比賽場地內留下任何零件或標記（如油漆）。如汽車違反了此規則，比賽將被停止，汽車必須由參賽隊員停止，分數將以零分計算，回合時間記為最大值。若裁判懷疑有這種情況，裁判有權檢查隊伍的程式碼。

每回合比賽中

- 9.16. 汽車必須依回合開始前抽籤決定的方向行駛。
- 9.17. 汽車大小不得超過 300x200 公釐，高度不可超過 300 公釐。
- 9.18. 汽車不允許移動圍牆（當圍牆不是固定時）。汽車若違反此規範，裁判將會請團隊一名隊員攔下汽車並將其停止，比賽分數為零分，時間記最大值。如果車輛碰到或撞到牆壁，並且牆壁沒有移動，車輛可以繼續執行，不會受到處罰。如果車輛碰撞或碰到牆壁，車輛因碰撞或碰撞而停止，可以進行維修，並將受到處罰，在賽道挑戰賽中，車輛不得觸碰外側邊界牆。
- 9.19. 當汽車遇到紅色的交通標誌，必須從右側通過（如下圖中的 (a)）；當汽車遇到綠色的交通標誌，必須從左側通過（如下圖中的 (b)）。附錄 A 第 5 節規定了錯誤方向通過交通信號燈以及對應計分方式。

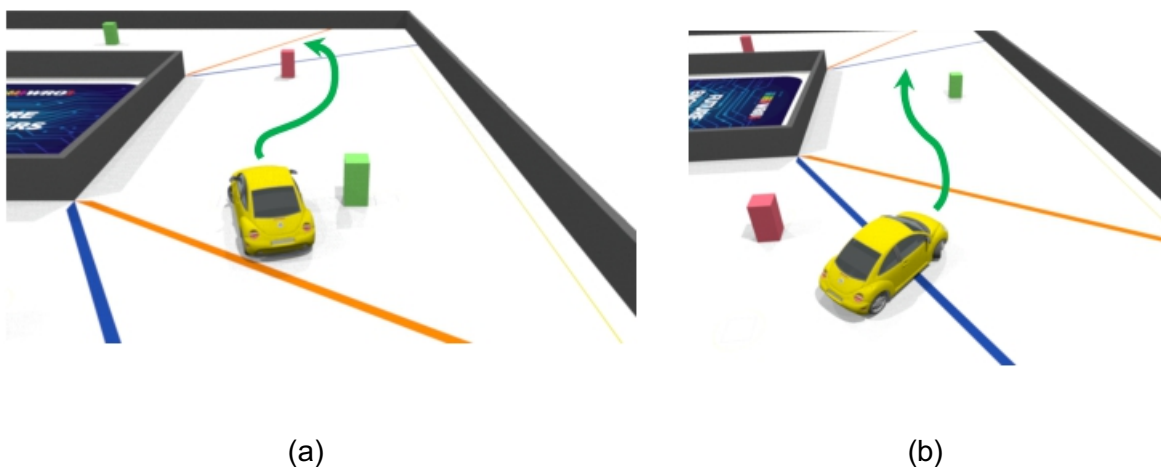


圖 9. 通過交通標誌的規範

- 9.20. 允許車輛觸碰、移動或撞倒交通標誌（彩色柱子），但交通標誌的正投影任何部位超出規範的圓圈，則認為該交通標誌已從初始位置移開或被撞倒。關於詳細訊息，請參考附錄 A，第 1 節。
- 9.21. 允許汽車在兩個區域朝反方向行駛：當下區域及與當下相鄰的區域。關於詳細訊息，請參考附錄說明。
- 9.22. 汽車必須回到起始區，以獲取更多的積分。備註：一旦汽車部分離開起始區，該區也將成為結束區。

9.23. 每回合隊伍將有一次機會可以請求維修汽車：隊伍需將汽車從場地中取出，並對其機械或電子零件做維修處理，完成修復後再放回取出區域的賽道中央位置，當車輛從場內移除時，允許關閉車輛，並在維修後放回場內時開啟。在這過程比賽時間仍然進行中不停止秒數。汽車停止可能是因為電子 / 機械問題或汽車撞到圍牆被卡住，因此當汽車停止時，隊伍才可以請求取得維修機會。

以下狀況將不授予維修機會：

- (1) 行駛中的汽車 - 定義汽車任何部位 5 秒內移動 50 毫米。
- (2) 汽車已開始行駛第三圈 (完全通過最後一圈之前的轉彎區域) 。

維修時不允許對汽車的任何控制器輸入程式或許輸入任何數據，違反此規定之隊伍將取消比賽資格：本場比賽分數將以零分計算，時間將登記為最大值。

比賽回合結束

9.24. 若發生以下情況，將結束回合比賽，且停止比賽時間：

9.24.1. 比賽時間到 (3 分鐘) 。

9.24.2. 在賽道挑戰賽中汽車跑完三圈之後，完全停止在結束區，且正投影完全在此區域內。

關於詳細訊息，請參考附錄 A，第 2 節。

備註 1：汽車必須自動停在結束區。如果團隊使用以下描述之一方是迫使結束比賽，則將不視為汽車自動停止在結束區。

備註 2：為了證明在結束區完全停止，汽車抵達規定區域 15 秒後不可繼續行駛。當汽車跑完三圈或回合結束時持續動作，導致裁判無法確定汽車是否 " 完全停止 " 在結束區，裁判將有權利不給予該隊伍停止在結束區的積分。

9.24.3. 在賽道挑戰賽中汽車跑完三圈之後，車輛通過終點區，其在底圖上的投影完全進入環形行駛方向上終點區旁的轉彎區內。有關更多詳細信息，請參閱附錄 A 第 3 節。車輛在與環形行駛方向相反的方向行駛時兩次穿過路段邊界。更多詳細資訊請參閱附錄 A 第 4 節。

9.24.4. 在障礙挑戰賽中汽車跑完三圈之後，車輛要停車，停在正確的區域內，或者停在停車場內。

9.24.5. 在障礙物挑戰賽：汽車用錯誤的方向通過交通標誌之判定方法。詳細訊息請參考附錄 A，第 5 節。

9.24.6. 在障礙物挑戰賽：汽車將交通標誌移出圓形範圍。

9.24.7. 在障礙物挑戰賽：汽車違反了停車場相關規範。

9.24.8. 經過 3 分鐘的維修時間，車輛的尺寸仍然超過了限制。

9.24.9. 競賽過程中，參賽隊伍尚未經過裁判允許，擅自觸碰汽車進行維修。

9.24.10. 競賽過程中，參賽隊伍尚未經過裁判允許，觸碰場地、底圖或圍牆。

- 9.24.11. 競賽過程中，參賽隊伍接觸到比賽道具。
- 9.24.12. 比賽的汽車跑出原本規定的賽道（移動圍牆）。
- 9.24.13. 比賽的汽車或參賽隊伍損壞場地或比賽道具。
- 9.25. 切記，團隊若執行上述的任一個規範，比賽將停止不再繼續。
- 9.26. 裁判會依據規則及公平性對比賽做出判決並擁有最終決定權，如果在任務過程中有任何不確定性，裁判將以較不利於隊伍的決定作為最終判決。

10. 計分

10.1. 分數將於每回合結束時計算。

10.2. 每回合最高分數為：

10.2.1. 賽道挑戰賽單一回合總分 30 分 (1.1 + 1.2 + 1.3)

10.2.2. 障礙物挑戰賽單一回合總分 62 分 (1.1 + 1.2 + 1.3 + 1.4 (或 1.5) 或 1.6(或 1.7) + 1.8 + 1.9)

10.2.3. 技術文件 30 分

10.2.4 最高得分 122 分 (分數佔比大約 75%車輛表現 + 25%技術文件)

	規定	積分	總分
1.	賽道挑戰賽跟障礙物挑戰賽		
1.1.	汽車依規定的回合行駛方向行進，每一個區域將給予對應的積分。從起始區位置開始算，結束區的停止位置及其後的位置皆不在此積分內。	1	24
1.2.	汽車行駛完整圈數。汽車沿著比賽規定的方向成功通過 8 個區域，起始區域包含在第一圈的 8 個區域中。圈數的定義：汽車完全離開最後一個轉彎區。只要依規定方向行駛，汽車本體方向不限制 (如移動時，車頭在後車尾在前) 亦可獲該積分。	1	3
1.3.	三圈結束後，汽車完全停止在結束區。	3	3
	障礙挑戰回合的額外積分		
	未完成 3 圈挑戰		
1.4.	汽車完成三圈之前，比賽已經停止，並且在汽車經過的賽道上，一個或多個交通標誌被移動或撞倒。車輛必須至少完成一輪才能獲得分數。	2	2
1.5.	汽車完成三圈之前，比賽已經停止，並且在汽車經過的賽道上，交通標誌沒有移動或撞倒。車輛必須至少完成一輪才能獲得分數。	4	4
	完成 3 圈挑戰		
1.6.	完成三圈後，一個或多個交通標誌被移動或撞倒。	8	8
1.7	完成三圈後，沒有交通標誌被移動或撞倒。	10	10
1.8.1	汽車由停車場內出發，並至少完成一圈	7	7
1.8.2	成功停車(完全在停車場內平行停車)	15	15
1.8.3	部分在停車場內或在停車場內非平行停車	7	7
2.	團隊因設備無法正常運作，將設備從場地移出維修，即使沒有維修成功。	該回合總積分 / 2	
3..	工程筆記和車輛文件，有關工程筆記評分的細目，請參閱附錄 C (注意：評分標準有重大變化) 。		30

- 10.3. 比賽結束時，裁判的碼表時間將被登記下來，將用於作為排序的一個依據。障礙物挑戰賽中，每回合隊伍的時間將是兩個碼表計時的平均值。當參賽隊伍被取消比賽資格，該比賽時間將登記為3分鐘。
- 10.4. 比賽結束時由裁判計算得分，團隊確認分數無異議後於記分表簽名。
- 10.5. 在賽道挑戰賽的排序，將以「最佳回合分數→次佳回合分數→最佳回合時間→次佳回合時間」為優先晉級障礙挑戰賽(賽道挑戰賽兩回合皆未得分者不會有參與障礙挑戰賽的資格)。
- 10.6. 所有隊伍都將會參賽兩次的挑戰回合。
- 10.7. 隊伍的總體比賽排名是根據每支隊伍在最佳賽道挑戰賽中獲得的積分、在最佳障礙挑戰回合中獲得的積分以及工程期刊和車輛檔案獲得的積分的總和來建立的。如果一支隊伍在兩個障礙挑戰回合中得分相同，那麼時間最快的回合將被選為最佳障礙挑戰回合。
- 10.8. 若兩隊仍平手，將以下列指標排名(列表中的第一項至最後一項依序為較高名次至較低名次):
 - 10.8.1. 賽道挑戰賽最佳回合分數 + 障礙挑戰賽最佳回合分數 + 技術文件分數的積分總和
 - 10.8.2. 障礙挑戰賽最佳回合分數
 - 10.8.3. 障礙挑戰賽最佳回合時間
 - 10.8.4. 障礙挑戰賽次佳回合分數
 - 10.8.5. 障礙挑戰賽次佳回合時間
 - 10.8.6. 技術文件分數
 - 10.8.7. 賽道挑戰賽最佳回合分數
 - 10.8.8. 賽道挑戰賽次佳回合分數
 - 10.8.9. 賽道挑戰賽最佳回合時間
 - 10.8.10. 賽道挑戰賽次佳回合時間

11. 車輛材料與規定

- 11.1. 汽車尺寸不允許超過 300x200 公釐，高度不允許超過 300 公釐。
- 11.2. 汽車的重量不允許超過 1.5 公斤。
- 11.3. 汽車必須是帶有一個驅動馬達和一個任意類型的轉向致動器的 4 輪車。它必須是前輪驅動 (https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel_drive)、後輪驅動(https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel_drive) 或四輪驅動(https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel_drive)。參賽隊伍不允許使用差動輪型汽車(https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_wheeled_robot)，使用此設計汽車之隊伍將被取消比賽資格。駕駛的定義--讓車輛向前和向後移動，轉向的定義--將車輛向左或向右轉。
- 11.4. 汽車不得使用任何類型的全向輪、萬向輪、腳輪或球型輪。
- 11.5. 不允許使用單側設置馬達電子差速器的形式（形式同差速輪式機器人）。
- 11.6. 汽車必須具有自主性，並自行完成「任務」。汽車行駛時，不允許使用任何有線或無線設備控制之。違反此規則之隊伍將被取消比賽資格。
- 11.7. 競賽過程中，不允許參賽者對行進中的汽車進行干擾或協助。包括比賽中不允許對汽車提供影像、音頻或將任何數據輸入汽車。違反此規則之隊伍將被取消資格。
- 11.8. 用於汽車的控制可以是微電腦(SBC) (https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer) or 或微控制(制)器(SBM) (https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_microcontroller)，品牌不限。
- 11.9. 允許汽車有一個或多個微電腦(SBC) / 微控制(制)器(SBM)。
- 11.10. 在比賽過程中，參賽隊伍的汽車不允許使用任何無線射頻 (RF)、藍芽 (Bluetooth)、無線網路 (Wi-Fi) 或任何無線相關種類的通訊設備，如果這些通訊功能是控制器內建的，請務必將此功能關閉。裁判有權利檢查汽車，確保隊伍已經關閉這些通訊功能。
- 11.11. 團隊可以使用任何感測器，品牌或數量不限制。視訊攝影機在此賽事屬於感測器的一種，智慧型手機可作為鏡頭並處理影像分析之用途。
- 11.12. 團隊可以使用任何 DC 馬達及伺服馬達 – 馬達的品牌及數量無限制。
- 11.13. 最多可以使用兩個馬達來使車輛向前或向後移動（即駕駛機器人，這些是駕駛馬達）。驅動馬達必須全部直接連線到轉動車輪的軸上，或透過齒輪系統間接連線。兩個驅動電機可能無法獨立連線到驅動輪上。
- 11.14. 團隊可以使用任何電子零件（單一或整組） – 對於零件類型，廠牌無限制。
- 11.15. 團隊可以使用任何液壓、氣壓設備或電池閥。
- 11.16. 任何品牌電池均可使用，數量不限制。

- 11.17. 汽車電控零件，必須使用有絕緣層包覆的線材連接，僅用金屬導線連接是不允許的。
- 11.18. 不限制團隊使用任何塑膠料 / 木材 / 金屬切割而成的成品，例如 3 D 列印的零件、木製零件或 CNC 車床製作的零件等。
- 11.19. 汽車的製作可以使用任何材料包或市售的套裝包皆不限制。
- 11.20. 團隊可以使用電工膠帶，鬆緊帶，任何形式的束線帶等，也允許使用黏著劑黏合材料。
- 11.21. 團隊應攜帶足夠的設備零件，如果發生任何設備故障或損毀，主辦單位不提供任何維護或更換。
- 11.22. 汽車可以預先組裝好。
- 11.23. 汽車所使用的程式不限制，任何能編輯汽車控制器的軟體皆可使用。
- 11.24. 參賽隊伍可將程式預先編輯好。
- 11.25. 參賽隊伍應該自行準備攜帶比賽當天可能會用到的設備、軟體、筆記型電腦、延長線及相關文件。
- 11.26. 比賽當天僅允許參賽隊伍使用一個汽車參賽，不允許攜帶備用汽車。

12. 比賽形式與規則

比賽

本文中將說明解釋如何在國際賽中進行該比賽，各國授權之主辦單位可依以下流程作為賽事參考。如果有尚未提到的流程、時間、細節，將由各國授權之主辦單位決定。

- 12.1. 比賽包含多個回合及設備組裝測試時間，在設備組裝測試時間之後至回合比賽開始之前，將會安排檢查隊伍的汽車是否符合比賽規範。
- 12.2. 參賽隊伍在組裝測試時間必須在大會規定的區域位置調整測試汽車，直到組裝測試時間停止，隊伍則需要將汽車放到指定的檢錄區。
- 12.3. 比賽當天，第一回合的組裝測試時間為 60 分鐘。
- 12.4. 在組裝回合開始之前，參賽隊伍不允許觸碰比賽場地及道具。
- 12.5. 在組裝測試時間，參賽選手可以在自己的位置進行練習、或者攜帶調整好的汽車在練習場地邊排隊等待練習、或者可以在比賽場地上進行測量，但不得干擾其他團隊的練習。允許團隊更改程式或對汽車的機械進行調整拆裝。
- 12.6. 組裝回合時間結束後，所有參賽隊伍汽車必須放到指定的檢錄區，準備進行汽車檢錄。所有的汽車控制器電源必須關閉。在這期間，未經裁判允許，隊伍不可對汽車進行任何修改、輸入程式參數等。
- 12.7. 通過檢錄的汽車才允許下場比賽。檢查包含汽車材料、結構設計等，都須符合上述的規範。
- 12.8. 尚未通過檢錄的隊伍，在檢錄階段僅有一次 3 分鐘的修改時間，未通過檢錄的隊伍需將修改的材料或相關器具帶至檢錄區，由裁判統一計時 3 分鐘給予檢錄不合格之隊伍修改汽車。
- 12.9. 修改過後的汽車，若仍無法通過檢錄，該回合不允許下場比賽。
- 12.10. 當團隊下場比賽時，請盡速準備且時間請勿超過 90 秒，超過的時間將會占用到比賽的 3 分鐘，意味著如果隊伍還沒準備好，但時間一到 90 秒，裁判將會倒數並按碼表計時。
- 12.11. 在多日比賽中，機器人必須在場地中過夜，不得帶回去。

13. 競賽桌台與設備

比賽桌台與場地

- 13.1. 場地底圖尺寸 3200 x 3200 公釐 (+/- 5 公釐)。底圖中內部的正方形賽道尺寸是 3000 x 3000 公釐 (+/- 5 公釐)。
- 13.2. 賽道的主要顏色是白色。
- 13.3. 賽道被高度 100 公釐的外牆包圍著。
- 13.4. 外圍牆的內部 (朝賽道的方向) 顏色是黑色。外圍牆外部顏色尚未定義 (將由各國主辦單位決定)。
- 13.5. 場地內部被高度 100 公釐的內牆包圍著。

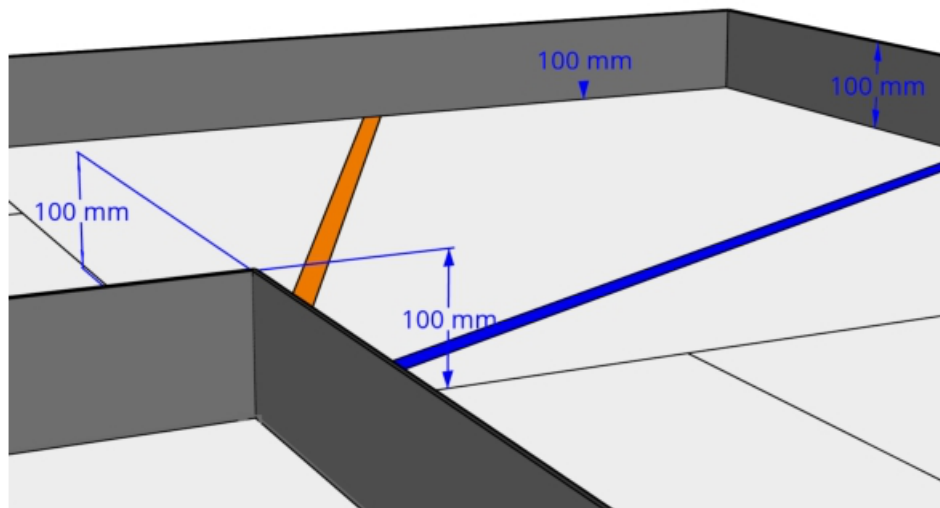


圖 10.內圍牆及外圍牆的高度尺寸

- 13.6. 內牆的外部 (朝賽道的方向)、外牆的內部 (朝賽道的方向)、及牆頂邊緣的顏色都是黑色。
- 13.7. 圍牆的厚度未定義。(將由各國主辦單位決定)
- 13.8. 外牆和內牆之間的距離將取決於上述方式設置。
- 13.9. 賽道上有橙色和藍色的線條。線的厚度約 20 公釐。橙色線顏色為印刷四分色模式 CMYK (0, 60, 100, 0)。藍色線則為 CMYK (100, 80, 0, 0)。
- 13.10. 場上有約為 1 公釐的虛線來限制汽車的起始區。虛線的顏色為 CMYK (0 0 0 30)。
- 13.11. 每個起始區的起始位置大小 200 x 500 公釐。
- 13.12. 場上正方形是交通標誌位置。正方形的線粗 1 公釐，線的顏色為 CMYK (0 0 0 30)。
- 13.13. 每個交通標誌的位置為 50x50 公釐。
- 13.14. 交通標誌位置周圍圓的線粗是 0.5 公釐，此圓是判斷交通標誌是否被移動。線條的顏色是 CMYK (20 0 100 0)。
- 13.15. 圓的直徑為 85 公釐。

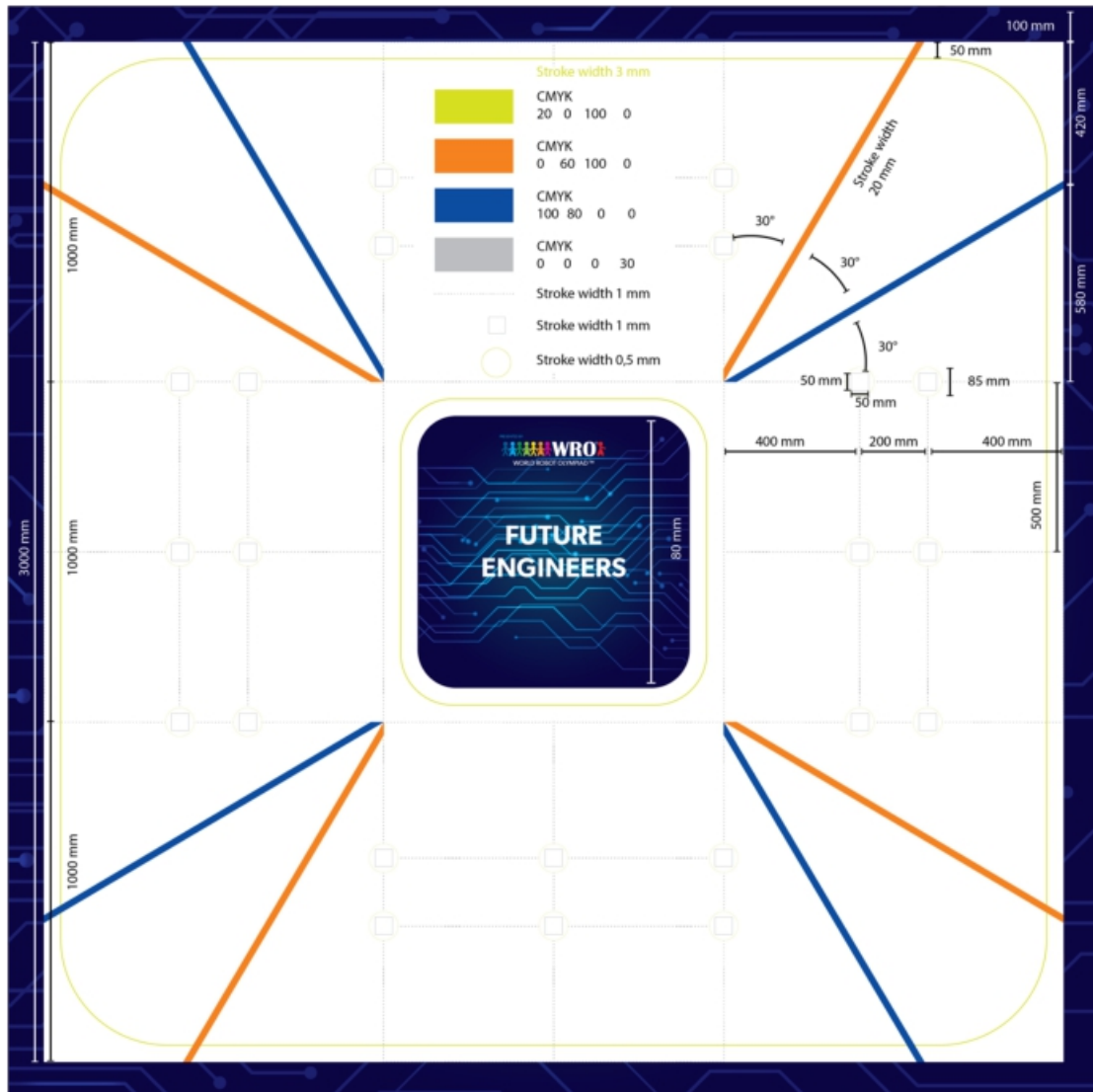


圖 11. 場地底圖尺寸

國際賽決賽的圍牆配置

- 13.16. 內牆將根據抽籤放置成正方形或矩形。外牆將固定為方形，在挑戰期間不會改變。
- 13.17. 牆壁的顏色將是黑色的。
- 13.18. 儘管組織者將盡一切努力使比賽底圖和標誌物件的顏色儘可能接近 CMYK 規範，但仍可能出現差異。在測試回合中，團隊將有機會根據場地和現場物體的顏色校準和微調他們的車輛。

交通標誌

- 13.19. 長方體交通標誌，尺寸為 50x50x100 公釐。
- 13.20. 根據比賽前的隨機化過程，最多可能有：7 個紅色標誌和 7 個綠色標誌。
- 13.21. 紅色交通標誌顏色為 PANTONE 1795 C, RGB (238, 39, 55)。
- 13.22. 綠色交通標誌顏色為 PANTONE 802 C, RGB (68, 214, 44)。
- 13.23. 未定義交通標誌的材料（由各國主辦單位決定）。
- 13.24. 未定義交通標誌的重量（由各國主辦單位決定）。

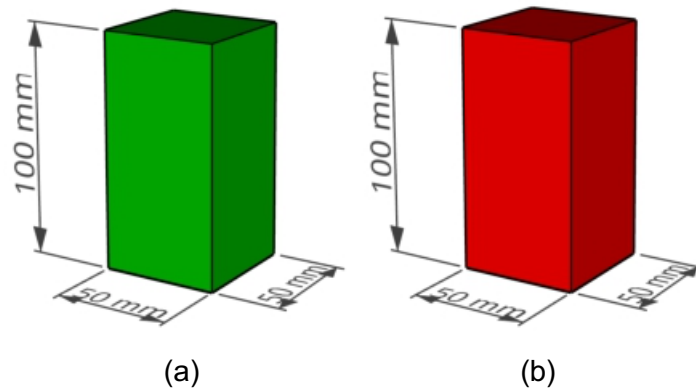


圖 12. 交通標誌尺寸

停車場

- 13.25. 每個停車場的界限都是一個尺寸為 200x20x100mm 的長方形
- 13.26. 每一輪障礙挑戰賽中的停車場都是由兩個停車場邊牆所組成
- 13.27. 停車場邊牆的顏色為洋紅色 RGB(255, 0, 255)
- 13.28. 停車場的材料沒有定義
- 13.29. 停車場的重量沒有定義。

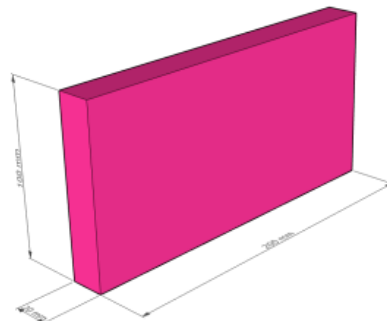


圖 13. 停車場邊牆的尺寸限制

14. 詞彙表

檢查時間	在檢查時間內，裁判會查看車輛並檢查測量結果（例如使用套量箱或捲尺）和其他技術要求。每次正式的回合之前都需要進行檢查。
教練	在過程中協助隊伍學習不同機器人方面、團隊合作、解決問題、時間管理等的人。教練的作用不是為隊伍贏得比賽，而是透過理解問題來教導和指導隊員並尋找解決競爭挑戰的方法。
比賽組織單位	比賽組織單位是主辦比賽讓隊伍參與比賽的組織。此單位可以是當地學校、舉辦全國總決賽的會員國代表或 WRO 主辦國與舉辦國際 WRO 總決賽的 WRO 協會。
競賽	競賽分為兩種類型：賽道挑戰賽和障礙挑戰賽。賽道挑戰賽表現最好的隊伍可晉級參加障礙挑戰賽。
競賽場地	車輛在其中導航的區域。該區域可能包含車輛根據比賽要求與之互動的物件。
GitHub repo	一個可以存放資源程式碼並作為程式管理的控制系統。存儲功能服務由 GitHub 提供 (https://github.com/)
回合	隊伍啟動一輛自動駕駛汽車完成比賽任務。比賽得分基於車輛在比賽場地上行駛的圈數。
練習時間	在練習時間，隊伍可以在場上測試車輛，也可以改裝機械結構或對車輛進行程式修改。
隊伍	在本規則中，隊伍一詞包括團隊的 2-3 名參與者（學生），而非指支持隊伍的教練。
車輛控制程式	一組（或多組）指令，用於車輛的微處理器/微控制器從傳感器讀取值並分析從而為車輛的電機提供指令以解決挑戰。
驅動馬達	馬達連線到車輪的軸上。這些馬達將使車輛向前或向後移動。
轉向馬達	引導車輛向左或向右方向的馬達。
WRO	在本規則中，WRO 代表 World Robot Olympiad Association Ltd.，這是一個在全球範圍內運行 WRO 並準備所有比賽和規則文件的非營利
駕駛方向	挑戰期間車輛必須移動的方向。這是透過隨機化來確定的。

附錄 A. 詳述比賽中可能發生的情況

1. 交通標誌移動或撞倒的定義

交通標誌判定如下：

- (a) – 沒有移動
- (b) – 移動
- (c) – 移動，但不會導致回合結束
- (d) – 撞倒，但不會導致回合結束
- (e) – 移動並導致回合結束
- (f) – 撞倒並導致回合結束

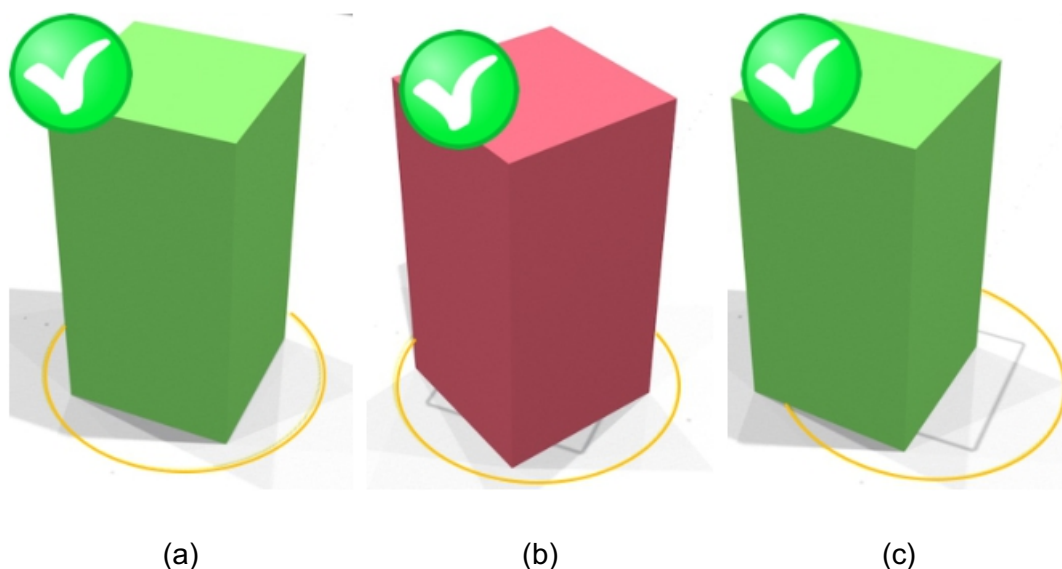
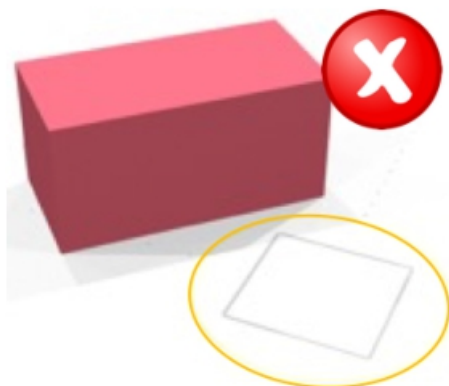


圖 14. a) 比賽時交通標誌的初始位置；b) 交通標誌移動，仍在圓圈內；
 c) 交通標誌部分在圓圈外，將視為交通標誌被移動





(f)

圖 15. d) 交通標誌撞倒且部分在圓圈外；e) 交通標誌移動且完全在圓圈外；
 f) 交通標誌撞倒且完全在圓圈外

2. 結束時停止在結束區（一開始的起始區）的得分條件

為了好識別汽車是否完全停在規定的區域，將以汽車的正投影判斷。當汽車停止後正投影部分在該區外，則汽車將視為部分在規定的區域外；反之，如果正投影完全在規定的區域內，則汽車將視為完整在規定的區域內。

當汽車停止不動超過 30 秒，裁判才會開始判斷汽車是否完全停止在規定區域內。

以下汽車停止的區域是符合規定（綠色打勾）

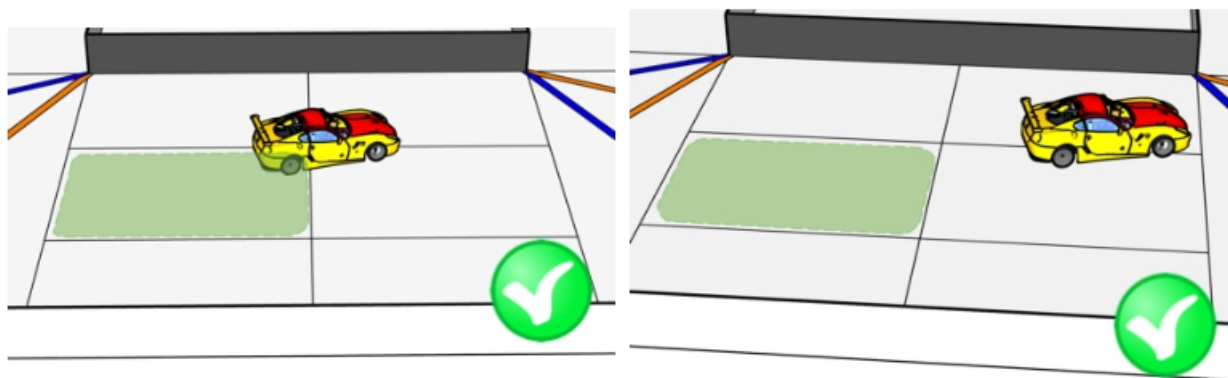


圖 16. 汽車停止，且完全停在結束區（亦為起始區）

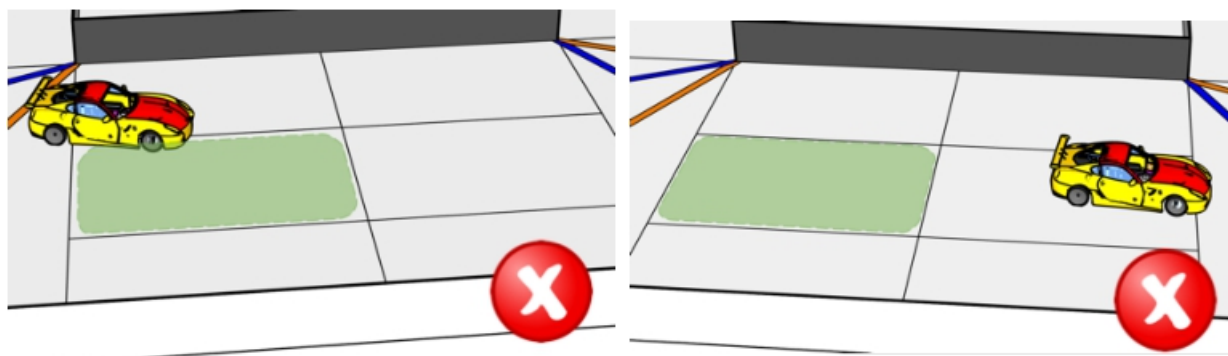
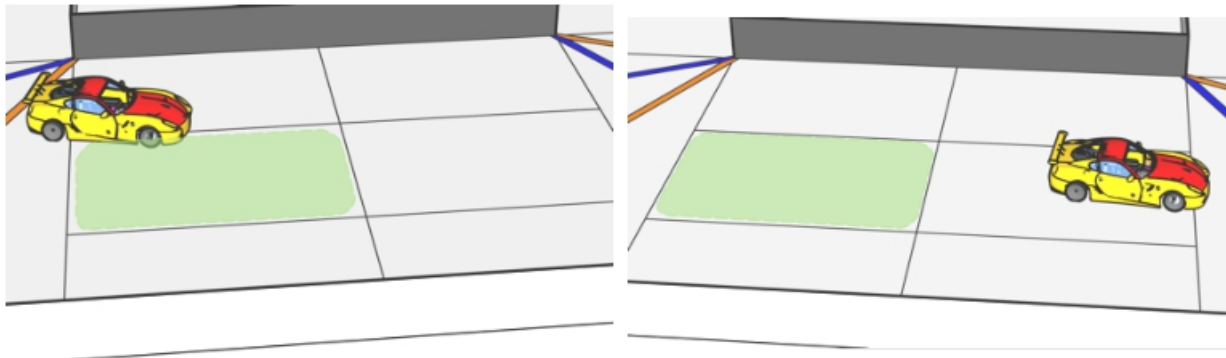


圖 17. 汽車停止，部分在規定的區域外

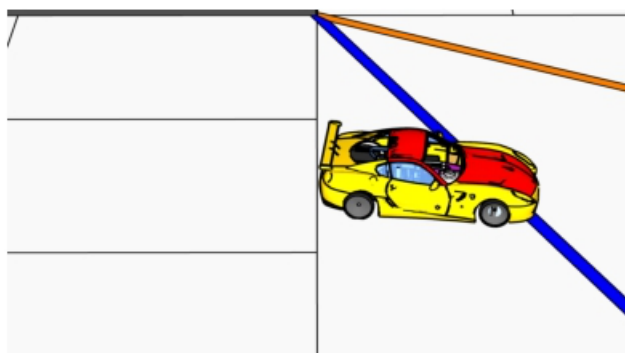
3. 當汽車完成 3 圈後「通過」起始 / 結束區

車輛行駛三圈後，裁判將在車輛通過起跑區後立即結束比賽：



(a) 汽車持續前進且正進入起始 / 結束區

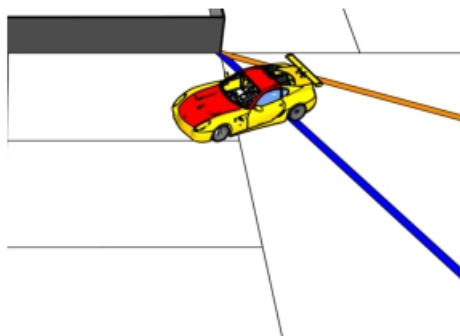
(b) 汽車持續前進且正離開起始 / 結束區



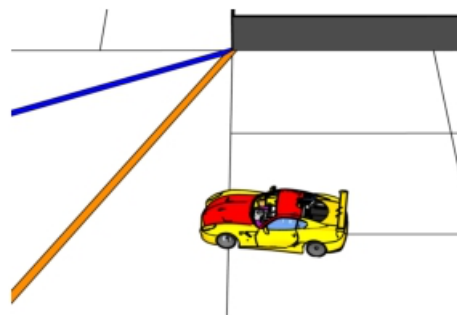
(c) 汽車已通過起始 / 結束區，裁判將停止時間結束比賽

圖 18. 汽車逆時針方向通過起始 / 結束區

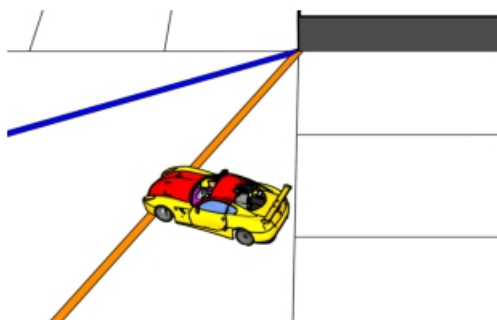
如果汽車在行進中，裁判將不會在(a) 和 (b) 階段停止計時。但是，當汽車完全進入轉彎區 (c)階段，裁判將停止秒數，比賽將結束。同樣應用在順時針。



(a) 汽車正進入起始 / 結束區



(b) 汽車持續前進且正離開起始 / 結束區



(c) 汽車已通過起始 / 結束區，裁判將停止時間結束比賽

圖 19. 汽車順時針通過起始 / 結束區

4. 朝相反的方向行駛

在比賽期間，僅允許汽車在朝回合行駛方向前進，但其中允許汽車在兩個區域可朝著相反方向行駛（汽車可能在倒退或逆向）：汽車之正投影當下的區域及與該區域相鄰的區域。

以下幾種情況說明：

情況 1：汽車開始朝相反方向行駛，並在鄰近的區域內停止後再持續朝規定方向行駛。

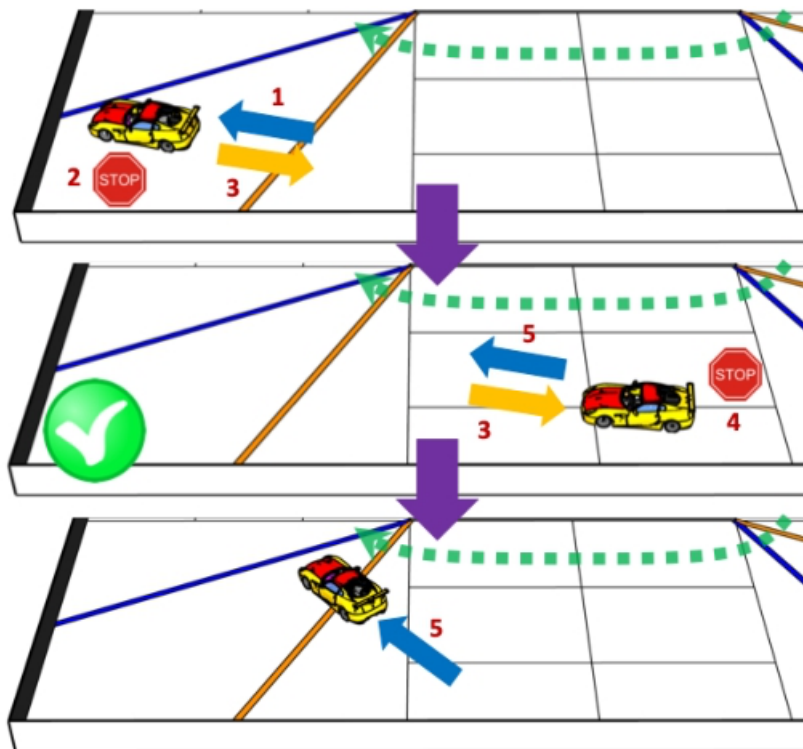


圖 20. 允許在規定的區域朝反方向行駛

如上圖 20，比賽回合行駛方向為順時針（由藍色箭頭為代表）：

- 階段 1：汽車抵達轉彎區，正投影完全在此區內。
- 階段 2：汽車停止了。

- 階段 3：汽車開始倒退。
- 階段 4：汽車停在相鄰的直線區，正投影完全在此區內且未越過下一個區域。
- 階段 5：汽車持續朝著規定的回合行駛方向行駛。

這種情況是允許的。

情況 2：汽車開始朝反方向前進，並停在兩個區域之間。

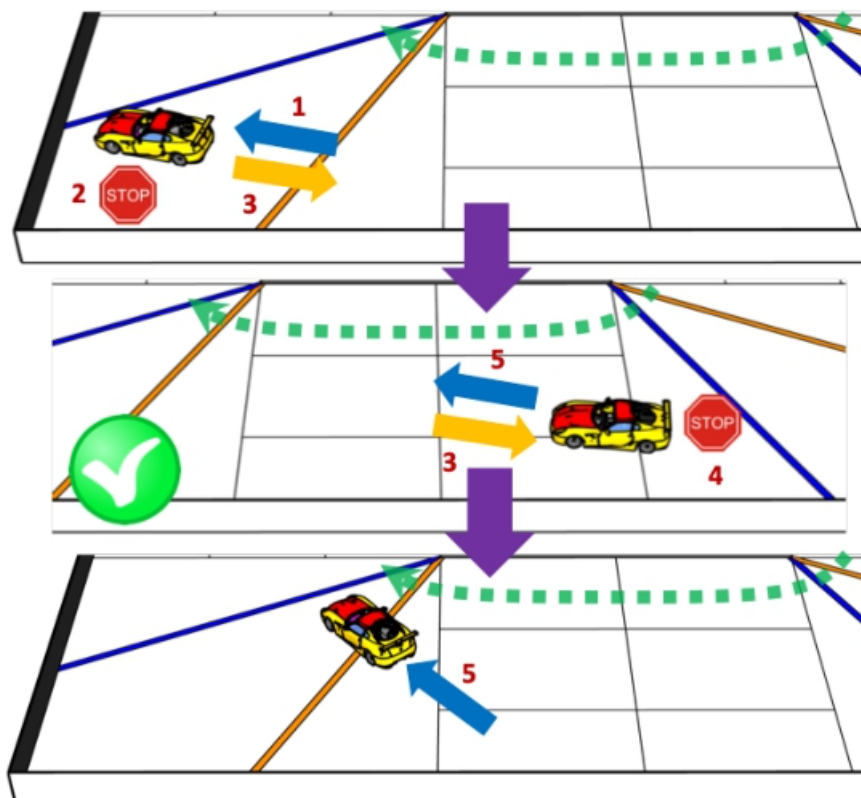


圖 21. 允許汽車停止在規定的區域與區域之交界處

如上圖，比賽回合行駛方向為順時針（由綠色虛線箭頭表示）：

- 階段 1：汽車抵達轉彎區，正投影完全在此區內。
- 階段 2：汽車停止了。
- 階段 3：汽車開始倒退。
- 階段 4：汽車停在相鄰區域與下一個區域之交界處。
- 階段 5：汽車持續朝著規定的回合行駛方向行駛。

這樣的情況也是允許的。

情況 3：汽車朝著相反方向行駛，且完全離開相鄰區域之外。

如果汽車朝反方向行駛，經過相鄰區域且汽車完全離開此區，並完全進入相鄰的下一個區域，則比賽將停止。

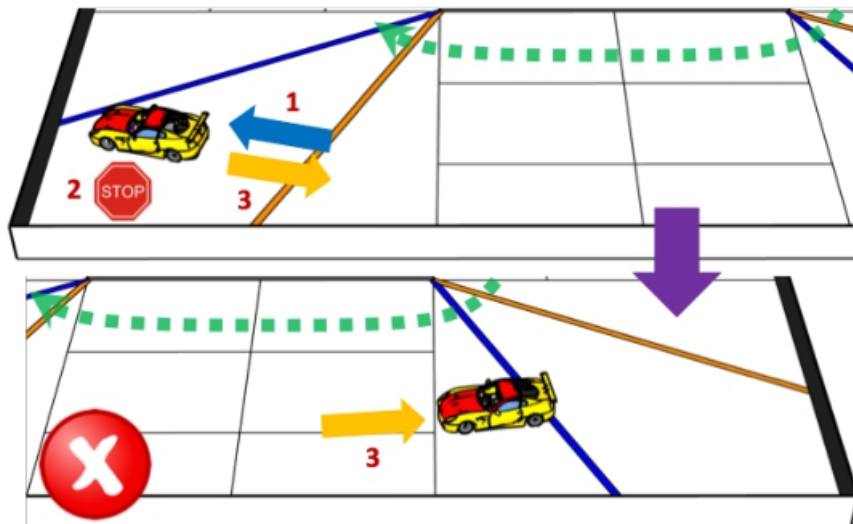


圖 22. 禁止反方向行駛的汽車完全離開相鄰區域。

如上圖：

- 階段 1: 汽車朝向比賽回合行駛方向順時針前進（由藍色箭頭為代表）。
- 階段 2: 汽車停止了。
- 階段 3: 汽車朝向反方向行駛，且橫跨了兩個區域，汽車離開了鄰近的區域。

情況 4：汽車在兩個區域的交界處改變方向。

當汽車在兩個區域的交界處改變方向，朝著反方向行駛時，則最遠僅能行駛到該區與前一個相鄰區的交界處。

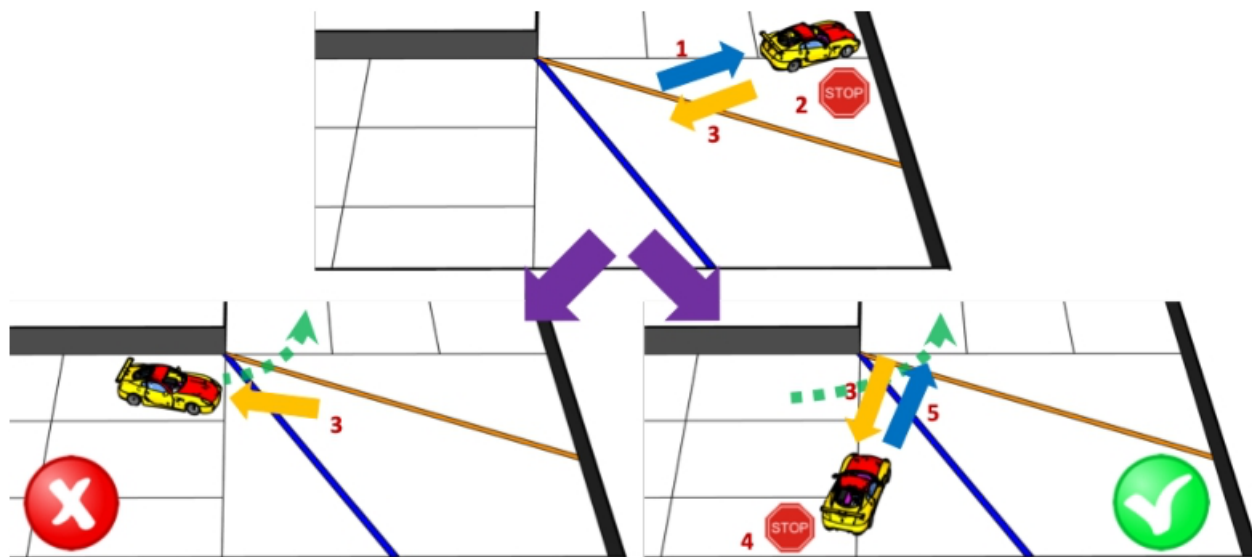


圖 23. 當汽車部分停在兩區的交界處，朝向反方向行駛最遠之距離

如上圖左側所示：

- 階段 1：汽車朝向比賽回合行駛方向時逆時針進（由綠色虛線箭頭為代表）。
- 階段 2：汽車 **停止在兩個區域的交界處**。
- 階段 3：汽車朝反方向行駛，且汽車離開原來的區域，完全進入鄰近的區域。

這種情況將導致比賽停止。

以下情況比賽將持續進行：

- 階段 1：汽車朝向比賽回合行駛方向時逆時針進（由綠色虛線箭頭為代表）
- 階段 2：汽車 **停止在兩個區域的交界處**。
- 階段 3：汽車朝著反方向移動。（如上圖右下）
- 階段 4：汽車停止在兩個區域交界處。
- 階段 5：汽車持續朝著規定的回合行駛方向行駛。

因為汽車的正投影仍部分在規定的區域內，因此比賽不會停止。

情況 5: 多次改變方向

汽車允許多次改變方向，但需要確定第一次所改變方向汽車所在的位置，並依據上述情況來判斷汽車允許朝反方向移動的最遠距離。

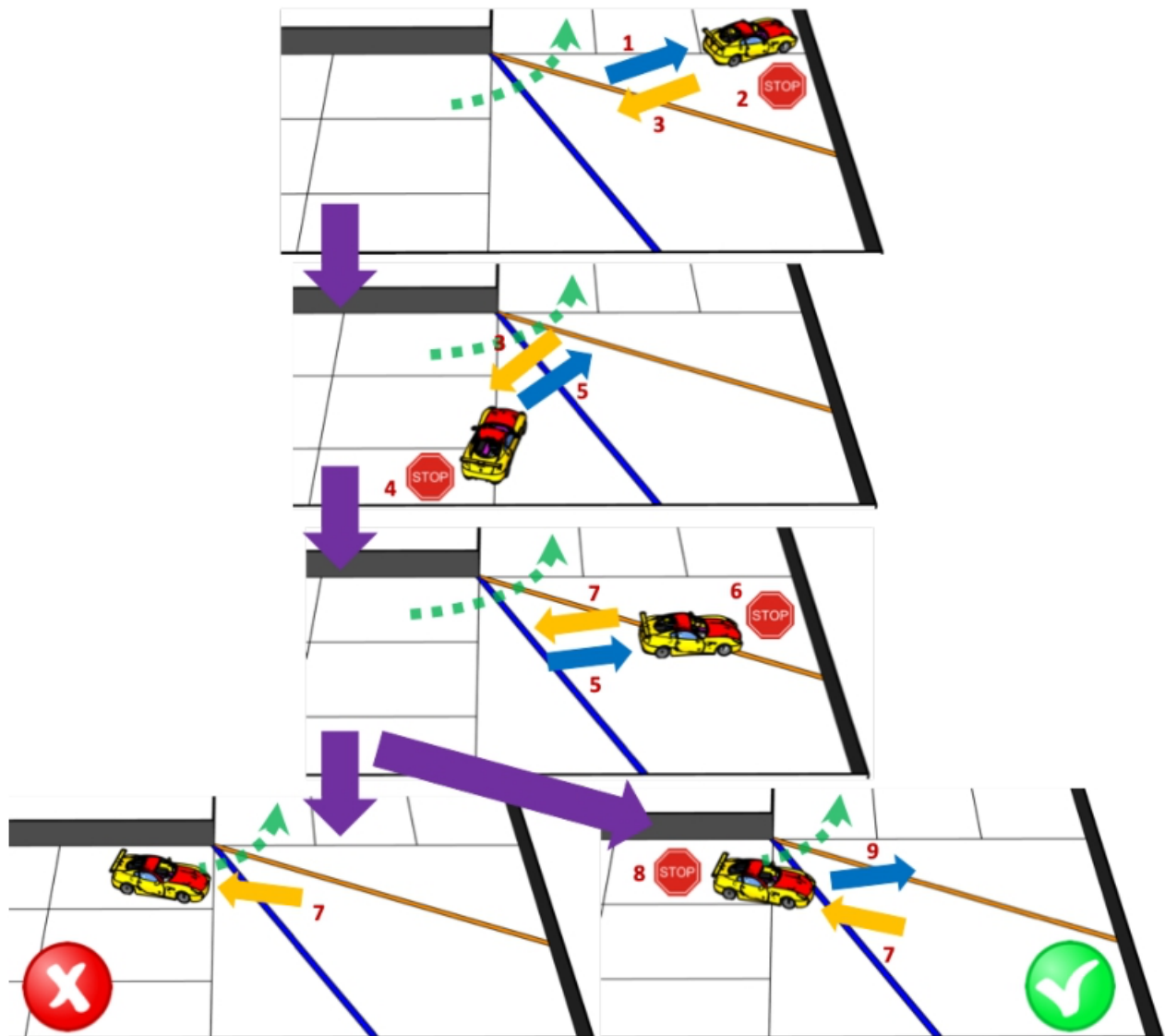


圖 24. 允許汽車在規定的區域內多次改變方向。

如上圖說明，允許汽車多次改變方向：

- 階段 1：汽車朝向比賽回合行駛方向時逆時針前進（由綠色虛線箭頭為代表）。
- 階段 2：汽車停止在兩區域界線之間並開始後退，視為第一次改變方向。
- 階段 3：汽車改變方向朝著反方向移動。
- 階段 4 和 5：汽車部分停在相鄰區域邊界上，然後延續正確的方向行駛。
- 階段 6 和 7：汽車再次停止在該區，又朝著反方向移動（第二次改變方向）。

- 如圖 24 左下圖，汽車完全離開鄰近區，則比賽將停止。（以第一次改變方向的位置判定汽車可朝反方向移動的最遠距離）
- 如圖 24 右下圖，汽車仍有部分在鄰近的區域內，符合規定，因此比賽將持續不會被停止。

情況 6：反方向通過交通標誌。

小提醒：情況 6 逆向通過交通標誌” 已經被刪除”

如果車輛仍依循行駛方向行進，則允許以倒車的方式行駛

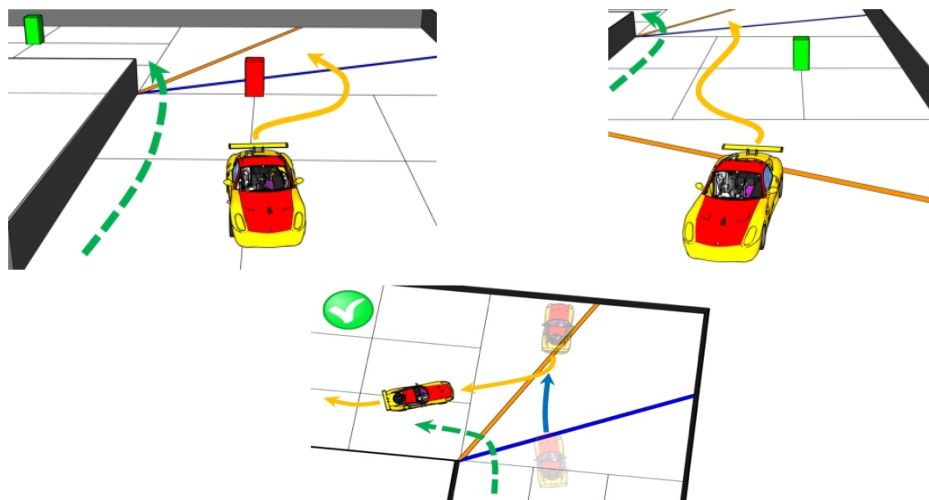


圖 25. 以倒車方式依循指定的行駛方向行進。

汽車倒著朝向指定方向行駛時，仍依上述規定，遇到紅色交通標誌從右側通過，遇到綠色交通標誌從左側通過。

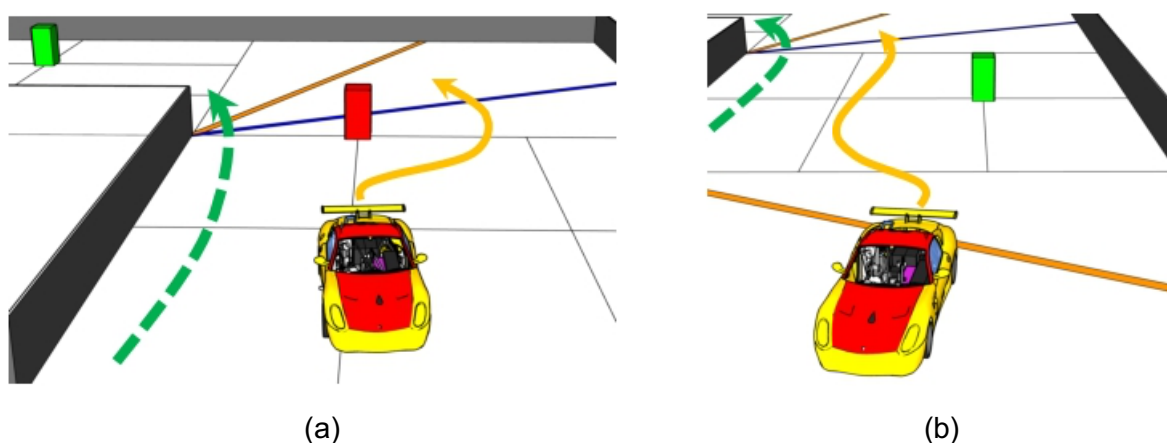


圖 26. 汽車倒著行駛通過交通標誌仍須依規定。

5. 錯誤的方向通過交通標誌

禁止汽車從錯誤的方向通過交通標誌，為了方便辨識汽車是否正確通過交通標誌，相關規範描述：

依交通標誌位置上的黑線（內牆到外牆的黑色直線）作為判定的界線，當汽車朝向交通標誌錯誤的方向行駛時，汽車正投影部分通過判定的界線，時間不會停止：

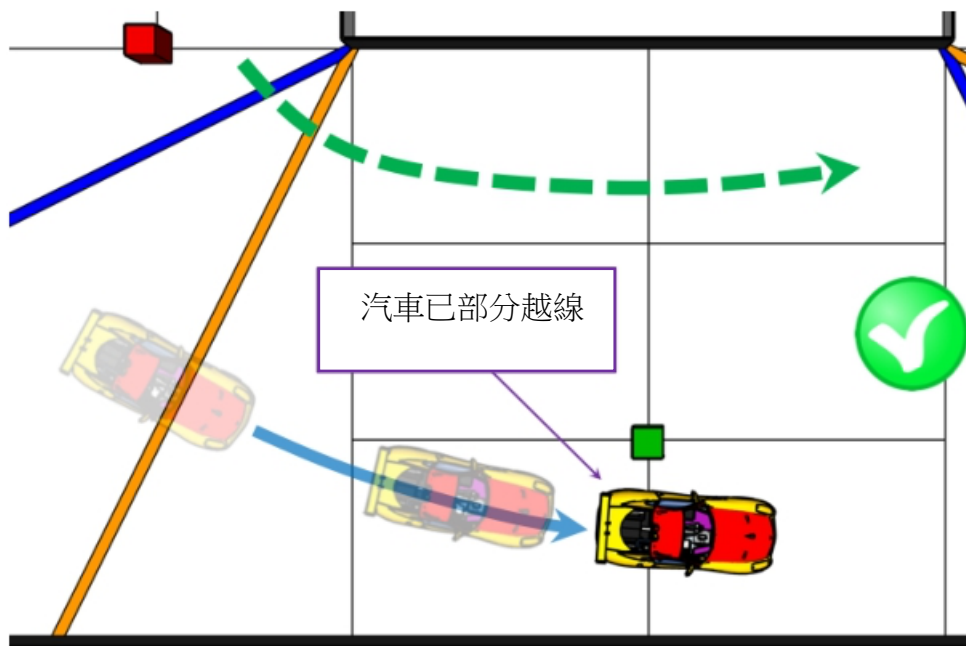


圖 27. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌（汽車部分通過）。

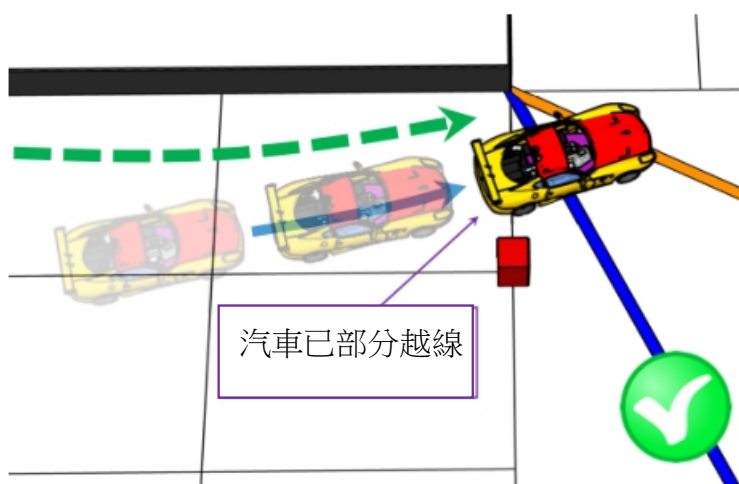


圖 28. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌（汽車部分過）。

汽車完全通過判定的界線，裁判將停止時間並結束比賽。

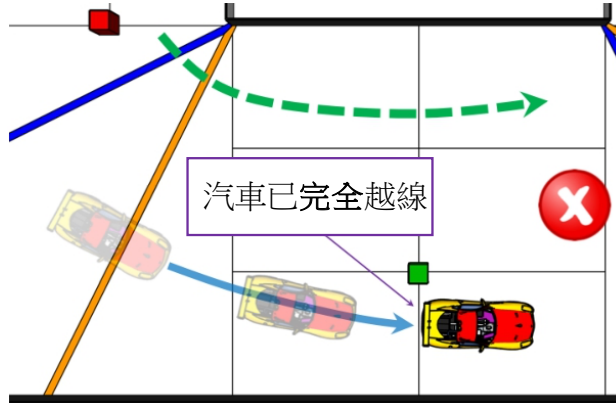


圖 29. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌 (汽車完全通過) 。

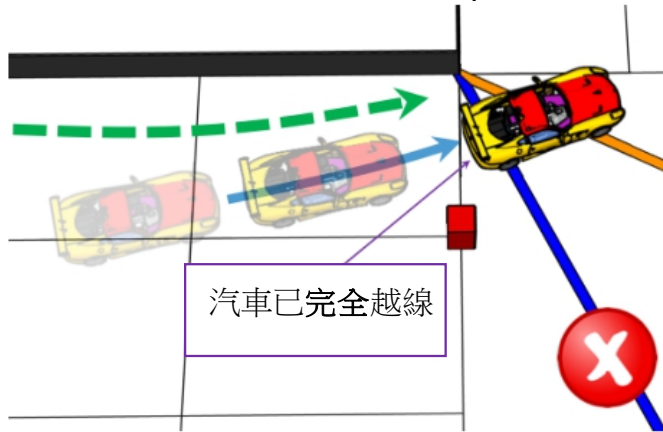


圖 30. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌 (汽車完全通過)

當汽車依規定方向倒著行駛，判定通過交通標誌的規範也是如此：

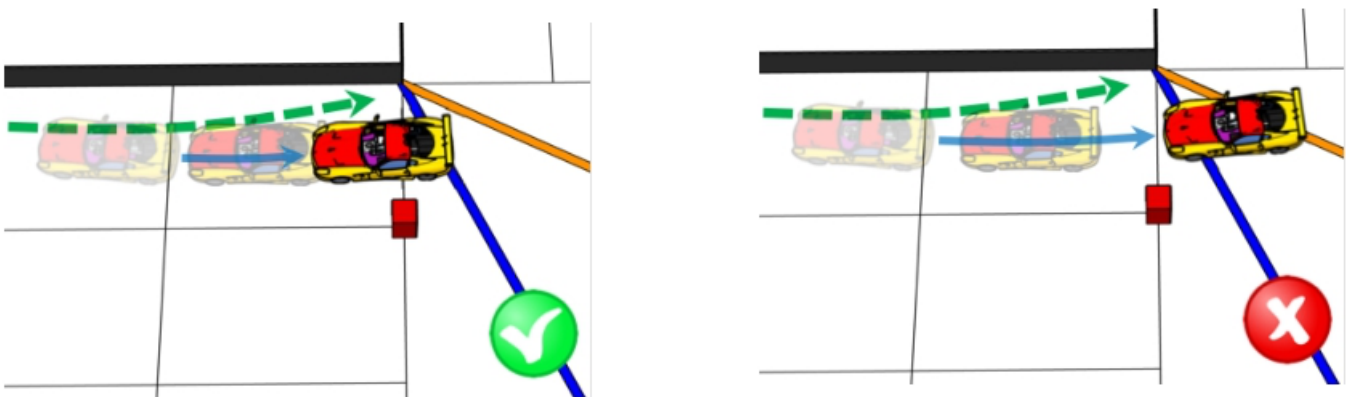
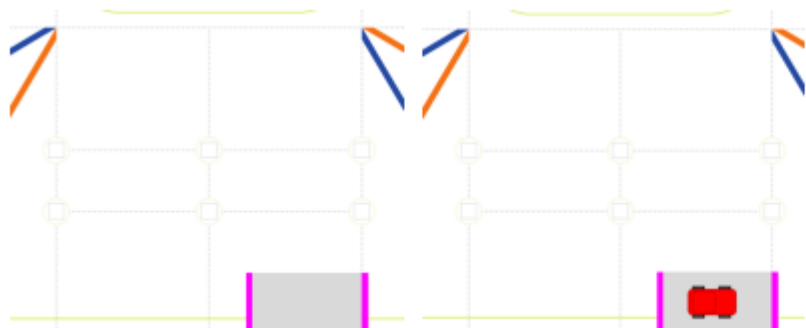


圖 31. 汽車倒著行駛通過交通標誌。

在障礙挑戰賽中，只有在正式比賽的三圈中才必須遵守交通標誌。在隨後前往停車場的路線上，可以根據需要向右或向左繞過交通標誌。但仍不允許移動交通標誌。

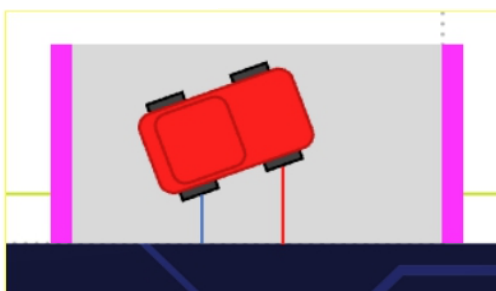
6.在停車場內停車

當機器人在場地上的正投影完全在停車場的兩個停車場邊牆之間的矩形內（灰底標示）且為平行停車，如果機器人一側的兩個輪子各自與牆壁的距離相差不超過 2 厘米，則認為機器人是平行的。



灰色區域為允許停車的區域

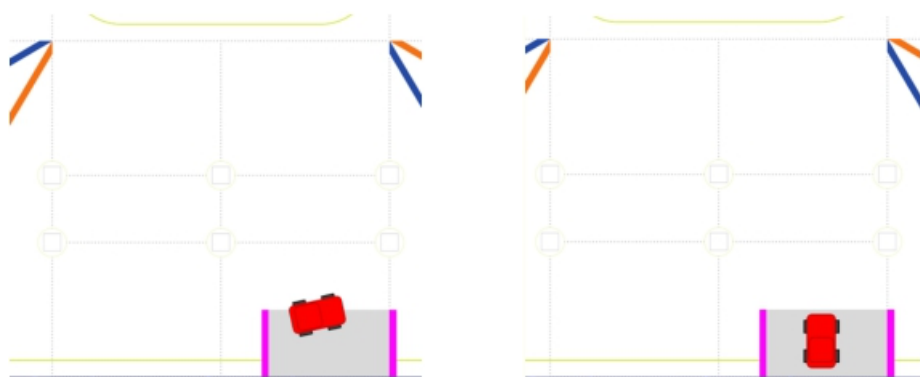
機器人完全進入並與外牆平行



如果不清楚機器人是否已經平行停放，測量單側的輪子與牆壁之間的距離。比較兩個輪子與牆面距離之間的差異，若大於 2 公分則機器人不視為平行停放。

圖 32. 汽車倒著行駛通過交通標誌。

當機器人在底圖上的投影僅部分位於停車場內時則被視為部分停放



部分停放

不符合平行停放

圖 33. 部分停放裝態

停車場限制為機器人不可接觸停車場。當它們被觸碰時，機器人必須停止，並且不會獲得停車分數。

附錄 B 內容無另行翻譯

Appendix B: Game field for national/regional finals

The main difference in the game field preparation for national/regional finals from the international final is how to build the interior wall, since the wall configuration depends on the randomization that happens before every qualification match.

Below is the recommendation that can be used to prepare segments of the interior wall.

First of all, this recommendation assumes that the material of the interior wall is wood/particleboard/MDF. Then, the wall consists of four parts: two long segments and two short segments and the thickness of every segment is the same. These segments are fixed together by using confirmat screws or dome screws and insert nuts. The height of the segments is 100 mm. The colour of the segments is black.

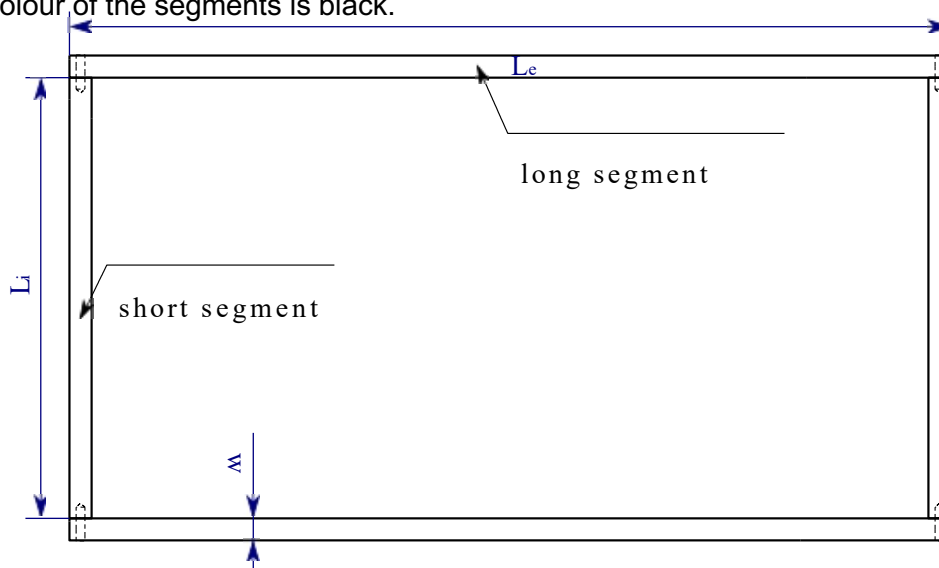


Figure 37. Scheme of segments used for the interior wall

So, all possible configurations of the inner wall could be achieved if the following sets of segments are prepared:

Long segments	Short segments
2 segments per 1000 mm	2 segments per (1000 - 2%) mm
2 segments per 1400 mm	2 segments per (1400 - 2%) mm
2 segments per 1800 mm	2 segments per (1800 - 2%) mm
	where "w" is the thickness of a segment

For example, if the segment thickness is 17 mm, the lengths of short segments will be 966 mm, 1299 mm and 1632 mm.

After the randomization prior to a match the corresponding combination of segments is fixed together by screws and located on the field. In order to make the construction harder to move by the vehicle, some weight could be located on the inner side of the wall's corners.

附件 C: 工程文件評估

C.1 工程筆記和 GitHub 程式庫的用途

工程筆記和 GitHub 程式庫共同構成了團隊在未來工程師類別中工程工作的主要文件。

他們的有四個主要用途：

1. 展示團隊的工程設計流程，而不僅僅是最終的機器人。
2. 使評審能夠評估設計決策和系統思維的品質。
3. 提供足夠的細節，讓團隊重現機器人。
4. 當各隊機器人在賽場上的表現相近時，作為區分優劣的依據。

評估並非基於視覺美感或長度，而是基於工程推理的清晰度和深度、測試和迭代的品質以及系統的可複現性。

所有年齡組（14 至 22 歲）均採用相同的評分標準。主辦單位可酌情頒發與年齡相關的單獨獎項（例如，青少年卓越獎、青年卓越獎、大學卓越獎），但比賽排名和文件評估均使用統一的評分標準。

C.2 文件評估概述

評審將使用五個標準評估檔案，每個標準採用四級評分制：

1. 移動性和機械設計
2. 電源和感應器架構
3. 軟體架構和障礙策略
4. 系統思維與工程決策
5. 可復現性和 GitHub 質量

每個標準可獲得的分數為 0、2、4、6 分：

0 = 未提供證據

2 = 證據有限

4 = 工程設計合格

6 = 工程設計精良，並有充分的理由

最高總分為 30 分。

參賽團隊必須提交以下兩項：

- 結構化的工程筆記（PDF 或類似格式）以及
- 一個組織良好的 GitHub 程式碼庫，其中包含程式碼、CAD 檔案、接線圖和其他技術文件。以下準則將用於評估工程文件和車輛文件。

評審將使用規則中規定的截止日期前提交的文件。團隊可以在截止日期後更新程式碼庫，但更新內容將不被納入評估範圍。

C.3 評判標準：評分表準與評分描述

C3.1 評分標準 (適用於所有評分標準)

分數標籤		描述
6	高階工程	決策、測試、權衡和系統性思考都充分且合理
4	合格工程	清晰、結構化且可重複的工程工作
2	證據有限	提供一些信息，但不完整或論證不足
0	無證據	缺失、不相關或無法評估

C3.2 詳細評分標準說明

標準 1：移動性和機械設計

等級說明

分數標籤	描述
6	包含扭力和速度的解釋、設計權衡以及組件選擇的原因。展示了影響機械設計並提升性能的測試或迭代過程。
4	對底盤、驅動和轉向進行了清晰的解釋。包含圖表。其他團隊可以復現此機械設計。
2	描述了機器人的外觀，但沒有解釋或圖表。
0	未提供任何資訊或資訊與移動性和機械設計無關。

評估內容：

底盤設計選擇

- 轉向與驅動機構
- 扭力和速度的合理性
- 機械穩定性和剛度
- 設計選擇的合理性

評估人員關注的內容：

- 團隊是否瞭解機械設計如何影響性能。
- 團隊是否清晰解釋了選擇特定驅動和轉向方案的原因。
- 團隊是否利用測試來改進機械設計。

標準 2：電源和感測器架構

等級說明

分數標籤	描述
6	包含電源預算、感測器權衡、基於現場幾何形狀的合理佈局、校準方法、故障點考慮以及為提高可靠性而進行的迭代證據。
4	提供接線圖。解釋了感測器的佈局和選擇。文檔可復現。
2	列出了電池和感測器，但沒有圖表或有意義的解釋。
0	未提供電源或感測器資訊。

評估內容：

- 電源系統架構
- 電流消耗的合理性與分配
- 感測器的選擇和位置
- 校準方法
- 接線圖

評估人員關注的重點：

- 團隊是否規畫了電源分配，而不僅僅是連接各個零件。
- 感測器選擇和位置的合理性。
- 對噪音、幹擾、陰影等類似問題的考量。

標準 3：軟體架構和障礙策略

等級說明

分數標籤	描述
6	狀態機及其原理 演算法合理（例如 PID 控制、電腦視覺方法、IMU 融合）。處理了邊界情況。描述了測試和調優過程，包括用於性能評估的指標。
4	提供了流程圖 模組和函數解釋清晰。障礙物邏輯描述清楚且可重複。
2	對軟體和障礙物策略進行了基本描述，但細節有限且結構不清晰。
0	程式碼直接貼上而沒有解釋，或無法從文件中理解策略。

評估內容：

- 程式碼模組化和結構
- 狀態機或控制流
- 車道跟隨與避障策略
- 所用演算法的解釋
- 基本程式碼文件和註釋

評估人員關注：

- 對軟體結構如何支援機器人行為的理解
- 清晰的車道跟隨、避障和側向服從策略
- 測試和調優的證據，而不僅僅是最終程式碼。

標準 4：系統思維與工程決策

等級說明

分數標籤	描述
6	明確識別約束條件。描述權衡取捨和迭代周期。討論風險和失效模式及緩解措施。文件包含基於資料或測試的「我們選擇 X 而不是 Y 的原因是...」的理由。
4	繪製子系統圖並解釋其交互作用。提及並討論了限制條件（基本層面）。
2	包含一些決策理由或描述，但不完整或流於表面。
0	決策過程不可見。文件描述了做了什麼，但沒有解釋原因。

評估內容：

- 各子系統如何協同運作（移動性、動力、感測器、軟體、框架）。
- 決策背後的工程原理。
- 限制條件和權衡取捨。
- 迭代和測試週期。
- 風險識別和緩解措施。

評估人員關注：

- 團隊是否將機器人視為一個系統，而非各個獨立部件。
- 在動力、重量、處理能力和時間等限制條件下做出的清晰決策。

標準 5：可復現性與 GitHub 質量

等級說明

分數標籤	描述
6	機器人完全可從文件中復現。GitHub 專案結構清晰，提交資訊有意義，測試工作流程和版本控制或發布說明文件齊全。
4	README 文件至少包含 5000 個字元。所需的提交已包含。CAD 檔案、程式碼和接線資訊均已包含。其他團隊可以付出合理的努力來復現該機器人。
2	存在程式碼庫，但結構混亂，文件缺失或不清晰，可復現性有限。
0	GitHub 缺失、損壞或不完整，以至於無法進行評估。

評估內容：

- GitHub 結構及清晰度
- 提交歷史（至少三個有意義的提交）
- README 文件的內容和結構
- 文件組織
- CAD 檔案、程式碼、接線圖及相關技術文件
- 機器人的可復現性

評估人員關注：

- 專業且易於使用的文件。
- 程式碼庫能夠反映工程流程，而不僅僅是最終的程式碼轉儲。

C.4 評分員快速參考頁

本小節旨在提供一份單頁概要，供評分員在評分時使用。

C.4.1：簡明評分標準概述

標準	0(無證據)	2 (證據有限)	4 (合格的工程)	6 (先進的工程)
移動性和機械設計	不提供機械信息	僅描述外觀。	機械設計清晰，包含圖表，可重現。	包括扭矩和速度的原理、權衡、測試和論證。
電源和感測器架構	無電源或感測器訊息。	僅提供組件清單。	接線圖、感測器位置和選擇說明（可重現）	功率預算、感測器權衡、位置論證、校準、故障處理。
軟體架構和障礙策略	無需解釋程式碼或策略	基本軟體描述	流程圖、模組說明、障礙邏輯、可重複性	演算法論證、狀態機、邊界情況、測試指標
系統思維與工程決策	沒有可見的決策過程	有些推理，但不完整	子系統映射及交互作用解釋	限制條件、權衡取舍、迭代、風險及緩解措施，並闡述「我們為什麼選擇X」的理由
可復現性和 GitHub 質量	儲存庫缺失或損壞	結構混亂，文件不完整	自述文件、CAD 圖、接線圖和程式碼，可重複	完全可復現，專業結構，提交記錄，測試流程，版本控制

C.4.2 建議的評估流程 (15 至 20 分鐘)

1. 開啟團隊的 GitHub 程式碼庫，找到 README 檔案和主資料夾。
2. 瀏覽工程日誌，找到符合五個評估標準的章節。
3. 針對每個評估標準，檢查是否有符合 0、2、4 和 6 級的證據。
4. 僅根據證據，為每個評估標準選擇一個分數（0、2、4 或 6）。
5. 避免根據國籍、年齡、語言或整體印象調整分數。
6. 如有需要，記錄分數和簡短評語。

語言品質不應影響評分，除非它妨礙評估者理解工程推理。

C.5 團隊檢查清單

團隊可以在提交文件之前使用此清單。

C.5.1 總則

- 我們有一個工程日誌，記錄了我們的工程工作流程，而不僅僅是組裝步驟。
- 我們有一個結構清晰、包含所有重要文件的 GitHub 程式碼庫。
- 我們的文件解釋了我們做出決策的原因，而不僅僅是我們做了什麼。

C.5.2 各標準

移動性和機械設計

- 我們是否解釋了選擇此底盤和驅動系統的原因？
- 我們是否提供了機械式佈局圖？
- 我們是否描述了任何改進設計的測試或變更？

電源和感測器架構

- 我們是否展示了電源供應器的分配與調節方式？
- 我們是否論證了感測器的選擇和位置？
- 是否至少包含一張接線圖和校準說明？

軟體架構和障礙物規避策略

- 我們是否展示了軟體的流程圖或狀態機？
- 我們是否解釋如何遵循車道並避開障礙物？
- 我們是否包含一些測試或調優的描述？

系統思維與工程決策

- 我們是否辨識出了諸如功率、重量、時間或處理能力等限制因素？
- 我們是否展示了至少一個設計權衡方案並解釋了我們的選擇？
- 我們是否展示了我們的設計是如何隨時間推移而變化的（版本 1、2、3）？

可復現性與 GitHub 質量

- 其他團隊能否根據我們的文件重新建構我們的機器人？
- 我們的 README 檔案是否解釋了系統的工作原理以及如何建構它？
- 我們是否至少有三個有意義的提交記錄，並且包含清晰的資訊？
- CAD 檔案、接線圖和程式碼檔案是否都位於程式碼庫中？

C.6 青年團隊術語表

本術語表旨在幫助 14 至 16 歲的團隊，但也適用於所有年齡層的團隊。

- 限制：必須在限制範圍內進行操作，例如最大重量、電池容量限制、預算或時間。
- 權衡：在兩者之間做出選擇，改進其中一項會降低另一項的性能（例如，提高速度但降低精度）。
- 扭矩：馬達產生的旋轉力。更高的扭矩有助於移動更重的負載或爬坡。
- 功率預算：估算機器人各部分所使用的電流和功率，以及電池和穩壓器是否能滿足需求。
- 狀態機：一種將機器人行為描述為一組「狀態」（例如，搜尋、沿著車道行駛、避開障礙物）的方法，並包含何時從一個狀態切換到另一個狀態的規則。
- 校準：調整感測器讀數或控制參數，使機器人能夠正確測量並如預期運作的過程。
- 雜訊：感測器讀數或訊號中不必要的波動，可能導致機器人行為不穩定。
- 迭代：重複「規劃、建置、測試、改進」的循環以獲得更優的設計。版本 1、2 和 3 即為迭代版本。
- 故障模式：機器人可能故障或性能不佳的情況，例如輪子失去抓地力或感測器被光線干擾。
- 可復現性：其他人能夠依照您的文件建構出表現相近的相同機器人。

C.7 例 6 / 4 / 2 / 0 各標準摘錄

這些範例簡短且簡化，但展示了四個層級之間的差異。

C.7.1 移動性和機械設計

• 6 級範例

「我們測試了兩種齒輪比：1:30 和 1:50。在 1:30 時，機器人速度更快，但無法在停止線前精確停止。在 1:50 時，加速較慢，但在急轉彎時保持了更好的控制。我們選擇 1:50 是因為在 20 次運行中，它將急轉彎時保持了更好的控制。我們選擇 1:50 是因為在 20 次運行中，它將圈速提高到 60% 一致性。」

• 4 級範例

「我們的機器人採用差速驅動，配備兩個 12V 直流電機和全向輪。底盤佈局和電機安裝方式如圖 3 所示。轉向是通過改變左右電機的轉速來實現的。軸距和輪距的尺寸圖見附錄 A。」

• 2 級範例

「我們的機器人擁有堅固的底盤，配備四個輪子和兩個馬達。它行駛性能良好，在賽道上也很穩定。」

• 0 級範例

「這是我們機器人的照片。」（無需進一步解釋。）

C.7.2 電源與感測器架構

• 6 級範例

「峰值加速度期間，驅動馬達的總電流約為 3.2 A，電子元件的總電流約為 0.8 A。因此，我們選擇了一個 5 A 的降壓穩壓器。我們測試了兩個攝像頭位置。第一個位置會受到頂燈的眩光影響，因此我們將攝像頭向上移動了 3 厘米，並向下傾斜了 10 度，這使得誤檢率降低了 40%」。

• 4 級範例

「圖 5 顯示了我們的接線圖。主 3 芯鋰聚合物電池為馬達提供 12 V 電源，並為樹莓派和感測器提供 5 V 穩壓器電源。我們在機器人前角使用了兩個飛行時間 (ToF) 感測器來檢測柱子，並解釋了它們的放置位置，以便覆蓋機器人的兩側。」

• 2 級範例

「我們使用鋰聚合物電池和幾個感測器：兩個超音波感測器、一個攝影機和一個慣性測量單元 (IMU)。我們將它們連接到配電板。」

• 0 級範例

未提及各部件的供電方式或感測器的放置位置。

C.7.3 軟體架構與障礙物策略

• 6 級範例

「我們的車道跟隨功能使用基於檢測到的車道中心橫向偏移量的比例控制器。我們嘗試過 bang-bang 控制，但它在彎道附近會產生振盪。圖 8 中的有限狀態機顯示了 LaneFollow (車道跟隨)、AvoidPillarLeft (左側立柱) 和 AvoidPillarRight (避開每立柱) 的干預次數。」

• 4 級範例

「圖 7 顯示了我們主程式的流程圖。我們首先檢測車道，計算轉向角，檢查立柱並相應地調整路徑。這些模組中的每一個都在單獨的 Python 模組中實現，我們將在正文中解釋這些模組。」

• 2 級範例

「我們編寫了讀取攝影機和感測器數據並控制馬達的程式碼。機器人在檢測到障礙物時會轉向避開。」

• 0 級範例

僅提供程式碼清單，沒有解釋程式碼的功能或機器人的行為方式。

C.7.4 系統思維與工程決策

• 6 級範例

「我們考慮了兩種架構：僅板載視覺和邊緣處理離開機器人的分離式系統。由於延遲和對無線通訊的依賴性，我們選擇了完全板載處理的架構，即使這會增加 CPU 負載。我們將幀速率從 30 幀/秒降低到 15 幀/秒，以使 CPU 佔用率保持在 70% 以下。

• 4 級範例

“我們的整體系統如圖 2 所示的框圖所示。驅動、感測、處理和電源子系統按圖所示連接。我們簡要解釋了它們如何相互作用以完成一圈。”

• 2 級範例

“我們在賽季期間做出了一些決策，例如更換馬達和移動感測器。我們描述了這些更改，但沒有詳細解釋原因。”

• 0 級範例

文件僅描述了最終設計，沒有提及選擇、權衡或問題。

C.7.5 可復現性和 GitHub 質量

• 6 級範例

「我們的 GitHub 頁面包含所有程式碼、CAD、STL 檔案和接線圖。README 檔案詳細解釋如何逐步組裝機器人。每次重大變更都記錄在提交資訊中，例如『新增了 PID 參數調整』和『改進了柱子偵測』。v1.0 版本對應區域賽，v2.0 版本對應最終的國際紀錄版本。」

• 4 級範例

“儲存庫包含完整的程式碼庫、3D 模型和接線圖。README 文件描述瞭如何安裝軟體和運行主程式。我們至少有三個提交記錄顯示了開發進度。”

• 2 級範例

“我們已將最終程式碼上傳到 GitHub。README 文件簡要描述了我們的機器人。”

• 0 級範例

缺少儲存庫、儲存庫為空或評審無法打開的儲存庫。

附錄 D 內容無另行翻譯

Appendix D: Minimal set of electromechanical components

The list below represents the list of equipment which can be used for electromechanical parts of the vehicle. This is suggestion rather than the requirements. Teams are on their own to follow these suggestions or not.

- a single board computer: it will be used for real time video processing, analysing sensor data, sending/managing signals to the motor controller.
- a single board microcontroller + a motor shield: this combination of equipment receives managing signals from the main SBC and operates with motors correspondingly.
- a wide-angle camera
- two distance sensors
- two light sensors
- servomotor: it controls steering
- DC-motor with gearbox: it controls the vehicle's velocity
- at least one encoder: it allows the vehicle to measure angular velocity of a DC motor
- IMU (inertial measurement unit) – this is usually a combination of gyroscope and accelerometer: it can be used to improve the vehicle navigation
- two batteries: one is for SBC and SBM, another is for motors
- a voltage stabilizer: it is required to provide adequate power supply for the SBC/SBM
- two switches to connect batteries to the power consumers: SBC/SBM, motors
- push button: it could be used as a trigger to start the match

An example vehicle configuration could be:

- Chassis from a Remote Controlled (RC) Car
- The main controller -- Raspberry Pi 3 (<https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-3-model-b-plus/>), and a MicroSD card to keep an operating system and programs.
- Camera module (<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>) with extra wide-angle lens
- The motor and sensor controller -- Arduino UNO (<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>) with a prototyping shield (<https://store.arduino.cc/proto-shield-rev3-uno-size>)
- DC Motor Controller (<https://www.robotshop.com/en/cytron-13a-5-30v-single-dc-motor-controller.html>)
- DC Motor to drive the vehicle (could be part of the chassis),
- Servo Motor for steering (could be part of the chassis)
- IMU sensor (<https://www.sparkfun.com/products/13762>)
- 2 Ultrasonic Distance Sensor (<https://www.sparkfun.com/products/15569>)
- 2 Analog Line sensors (<https://www.sparkfun.com/products/9473>)
- Rotary Encoder (<https://www.sparkfun.com/products/10790>)
- an external USB Battery with a hub to split the consumption between Raspberry Pi and Arduino
- additional battery applicable to power the DC motor (could be part of the chassis)