

2017 中国机器人大赛比赛规则

四足仿生机器人项目

铁人三项项目

2017 中国机器人大赛四足仿生机器人项目技术委员会

2017 年 5 月 31 日

目 录

一、项目简介	1
二、技术委员会	2
三、赛项说明	2
3.1 越野环节	2
3.2 竞速环节	4
3.3 抗冲击环节	6
四、比赛场地及器材	8
4.1 比赛场地材质及整体尺寸	8
4.2 灯光	9
4.3 路线图	9
4.4 辅助提示	10
五、机器人要求	14
5.1 重量及体积要求	14
5.2 控制要求	14
5.3 数量要求	14
5.4 其他要求	15
六、评分标准	15
6.1 越野环节评分标准	15
6.2 竞速环节评分标准	17
6.3 抗冲击环节评分标准	17

七、赛程赛制	18
7.1 领队会议	18
7.2 点名、核查、集中摆放	18
7.3 准备、出发	18
八、其它	19

一、项目简介

此项比赛为四足仿生机器人运动性能挑战赛，通过比赛来考评四足仿生机器人的综合运动性能。要求四足仿生机器人完成上台阶、跨沟壑、下台阶、上下高台、上下斜坡等越野项目、直道竞速项目及侧向抗冲击项目。此项比赛目的在于引导参赛队研究、设计具有优秀硬件与软件系统的四足仿生机器人，特别是在仿生机构设计、关节驱动设计、感知伺服运动规划、平衡控制与抗扰动等关键技术方面的研究；培养参赛队员的硬件设计能力、编程能力、算法设计能力以及任务规划与优化能力，考查参赛机器人的运动性能、机动性能、运动协调性、稳定性、平衡性、图像识别及定位能力，以及复杂地形适应能力。

1. 任务规划与优化能力

在规定的时间内有选择的经过各类障碍物、赛道，顺利到达终点，需要有一定的任务规划与优化能力。

2. 平衡性

考查四足仿生机器人平衡控制与抗扰动等关键技术水平，测试抗扰动及保持平衡性。

3. 图像识别及定位能力

考查四足仿生机器人辨别数字、字母、形状的能力，机器人视觉及定位能力。

4. 复杂地形适应能力

考查四足仿生机器人能否自主运动，适应不同类型的复杂地形。

二、技术委员会

负责人：李贻斌，山东大学，liyb@sdu.edu.cn

成 员：熊 蓉，浙江大学

马宏绪，国防科技大学

王 硕，中国科学院自动化研究所

范 永，山东优宝特智能机器人有限公司

三、赛项说明

此比赛为四足仿生机器人铁人三项比赛，参赛四足仿生机器人通过越野、竞速、抗冲击三个环节，来考评机器人的综合性能。比赛中三个环节依次进行，越野环节只有一次机会，竞速、抗冲击环节各有三次机会。三个比赛环节要求使用同一台四足仿生机器人。

温馨提示：考虑到抗冲击环节会对四足仿生机器人某些部件有一定的破坏性，参赛队可在比赛前向裁判员申请，自行拆除部分易损坏器件，时间不得超过 5 分钟。

3.1 越野环节

参赛四足仿生机器人依次爬上台阶、跨越沟壑、爬下台阶、爬上高台、爬下高台、爬上斜坡、爬下斜坡。台阶、沟壑尺寸如图 1 所示，高台尺寸如图 2 所示，斜坡尺寸如图 3 所示。

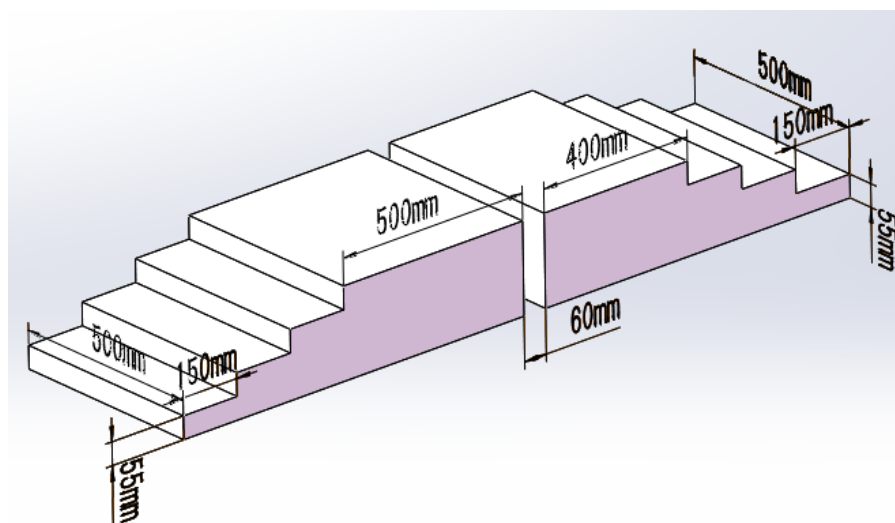


图 1 越野环节台阶、沟壑尺寸

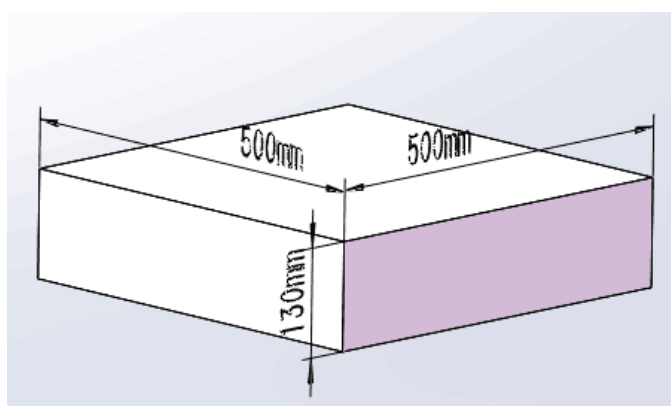


图 2 越野环节高台尺寸

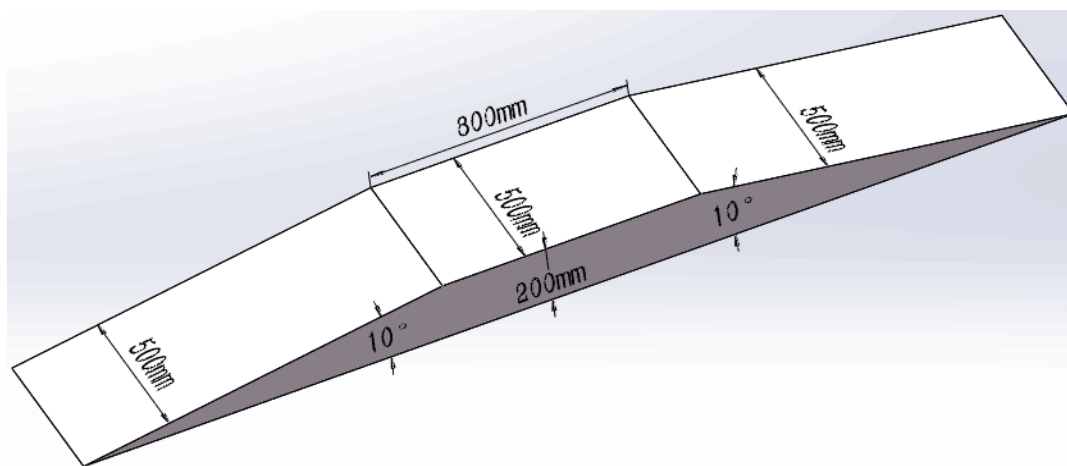


图 3 越野环节斜坡尺寸

越野环节场地尺寸如图 4、图 5 所示。比赛开始前，机器人须在准

备区做好充分准备。台阶所在的一侧为赛道的起始端，斜坡所在的一侧为赛道的结束端。起始端与结束端各有一根黑色标志线，标志线宽度 16mm，用于标识赛道的起始和结束。在起始线和终点线处各有一光电计时器，可以在垂直于地面 100-300mm 的高度进行调整，用于检测四足仿生机器人的通过，并记录时间，两处计时器确保高度一致。

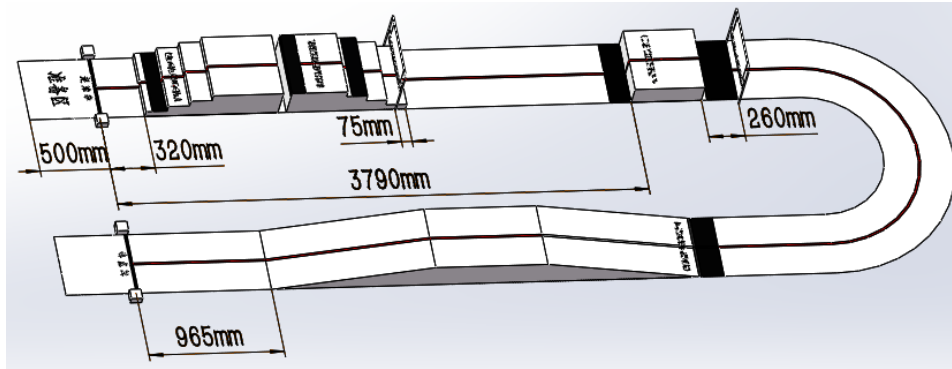


图 4 越野环节场地尺寸 1

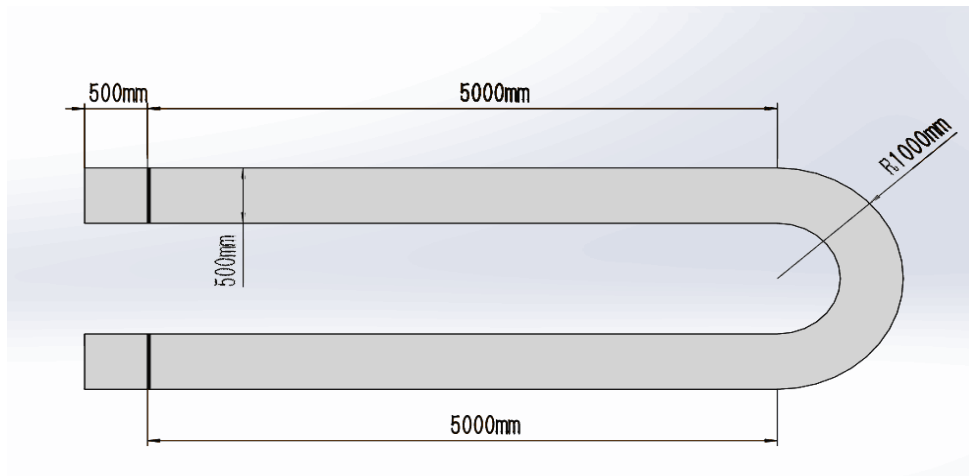


图 5 越野环节场地尺寸 2

3.2 竞速环节

赛道起跑线和终点线各有一光电计时器，可以在垂直于地面 100 - 300mm 的高度进行调整，用于检测机器人的通过，并记录时间。两处计

时器确保高度统一。机器人在准备区冲出起跑线时，光电计时器开始计时；当机器人到达终点线停止计时。

赛道终点线装有摄像机进行录像。当机器人触发起跑线处的计时器后，裁判助理打开摄像机开始录像。当机器人完全冲过终点线后，裁判助理关闭摄像机停止录像。赛道中间铺有一条中线，终点线标有刻度，四足仿生机器人在地面的竖直投影接触终点线时，使用终点线的刻度检测机器人的竖直投影偏离中线的最大距离，机器人在地面竖直投影的任何位置与刻度线及其延长线边缘有接触部分即算压线。具体位置由摄像机图像回放确定。每台四足仿生机器人有三次机会，取分数最高的一次作为该项目比赛成绩，具体计分方法见 6.2 节。

赛道长度 5000mm，宽度为 1200mm，颜色为白色，赛道中线宽 16mm，颜色为红色，如图 6 所示。终点处有沿垂直于赛道方向分布的刻度线，如图 7 所示。

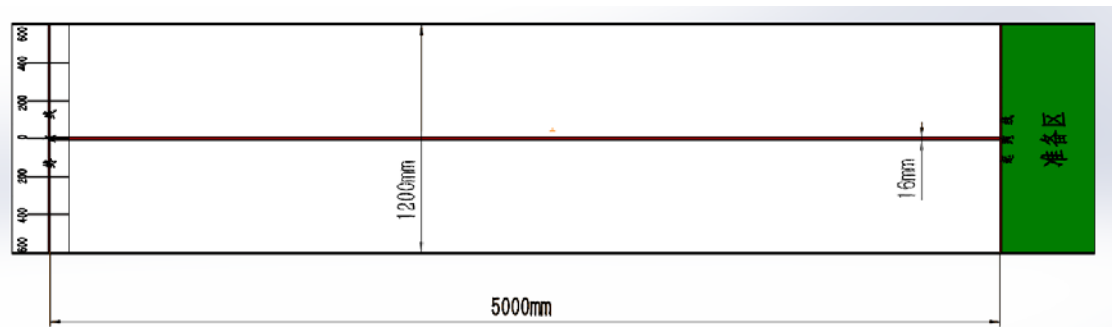


图 6 竞速环节场地尺寸

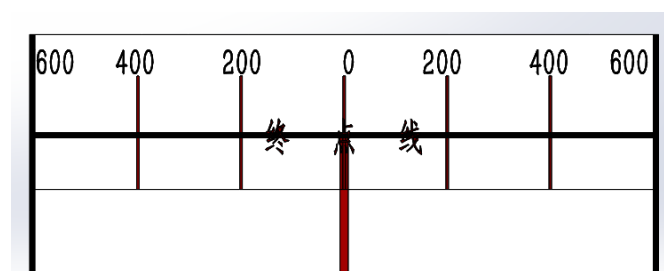


图 7 竞速环节赛道终点

3.3 抗冲击环节

四足仿生机器人须在如图 8 所示的支架下,接受来自不同高度的单摆撞击。其中摆锤是一个装满水的 1.5L 矿泉水瓶(瓶底为撞击面),使用直径为 3mm 粗的尼龙绳与支架连接,绳长 1500mm。尼龙绳顶端固定在一精益管横梁的中点,横梁两端连接在直径为 28mm 的精益管制作的支撑杆上。横梁与支撑杆使用精益管接头连接,如图 9 所示。两支撑杆间距 1000mm,横梁距离地面高度可以在 1500–1800mm 范围内调节。横梁正下方是一半径为 500mm 的圆形区域,圆心为横梁投影的中点。以圆心为零刻度,沿垂直于横梁投影方向有一标尺,用于标定摆锤距离。

每队有三次挑战机会,参赛队每次均可自行选择挑战距离。

每次挑战时,摆锤自然下垂。放置机器人时,保证躯干侧面在地面的垂直投影与摆锤撞击面在地面的垂直投影相切。调节摆锤支撑杆的高度,使得摆锤恰好与机器人躯干侧面接触。此时沿地面标尺正方向将摆锤拉起,使用“L”型挡板(如图 10 所示)来测量摆锤的几何中心的垂直投影点在标尺上的位置,标尺读数为撞击距离 x (单位 mm)。确定撞击距离后移除挡板,松开摆锤,若撞击后机器人倒下(有除了足端之外的支撑点则视为倒下)或其躯干任意部位与地面投影超出圆形测试区域边界,视为挑战失败。若机器人未倒下,且躯干任意部位与地面投影未超出圆形测试区域边界,则将机器人旋转 180° 后放置在原始位置,继续按相同的摆锤距离测试,若仍未倒下或超出边界,视为挑战成功。

在每次挑战中,四足仿生机器人腿部最上方关节距地面的距离不得小于腿长的 0.73 倍。

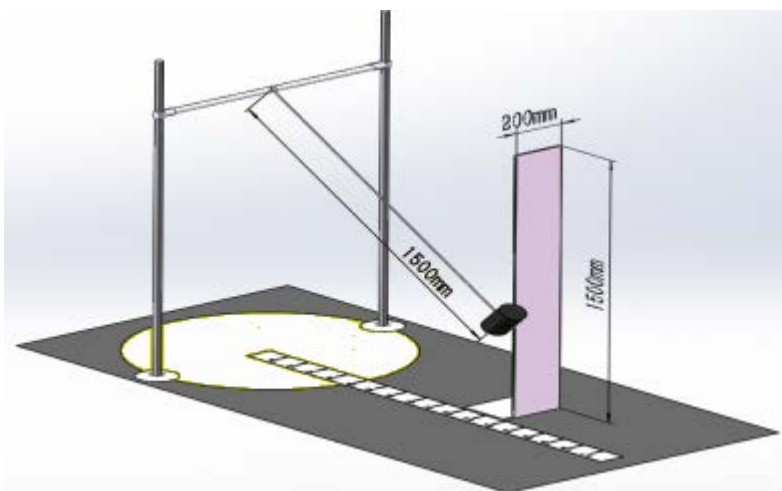


图 8 抗冲击环节测试单摆

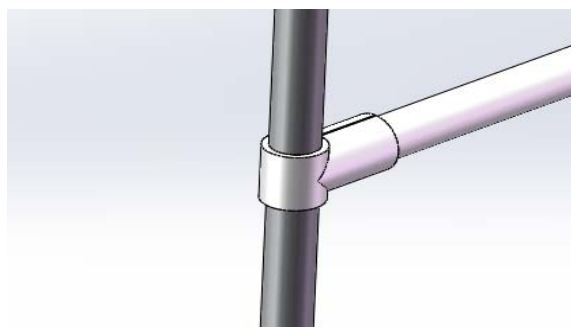


图 9 精益管接头

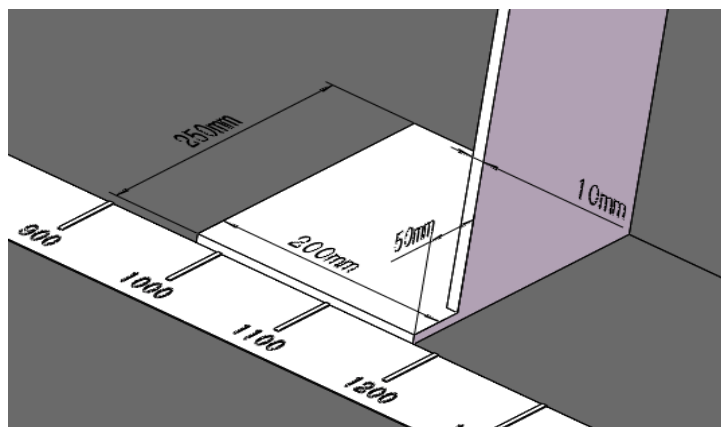


图 10 “L”型挡板

四、比赛场地及器材

4.1 比赛场地材质及整体尺寸

比赛场地如图 11、图 12 所示，大小为 7000mm*7000mm，在硬质平整地面搭建，表面铺设厚度为 1mm 的黑色化纤地毯。越野环节赛道宽度为 500mm，由白色无纺布铺设，赛道中间铺有 16mm 宽的红线。赛道中的楼梯、高台和斜坡为白色密度器材，挂有标志字符提示牌的字符支架也为白色密度器材。竞速环节的赛道由白色无纺布铺设，赛道中间铺有 16mm 宽的红线；抗冲击环节的圆形区域同样由白色无纺布铺设。三个环节场地之间用高 100mm 的白色密度板隔开。

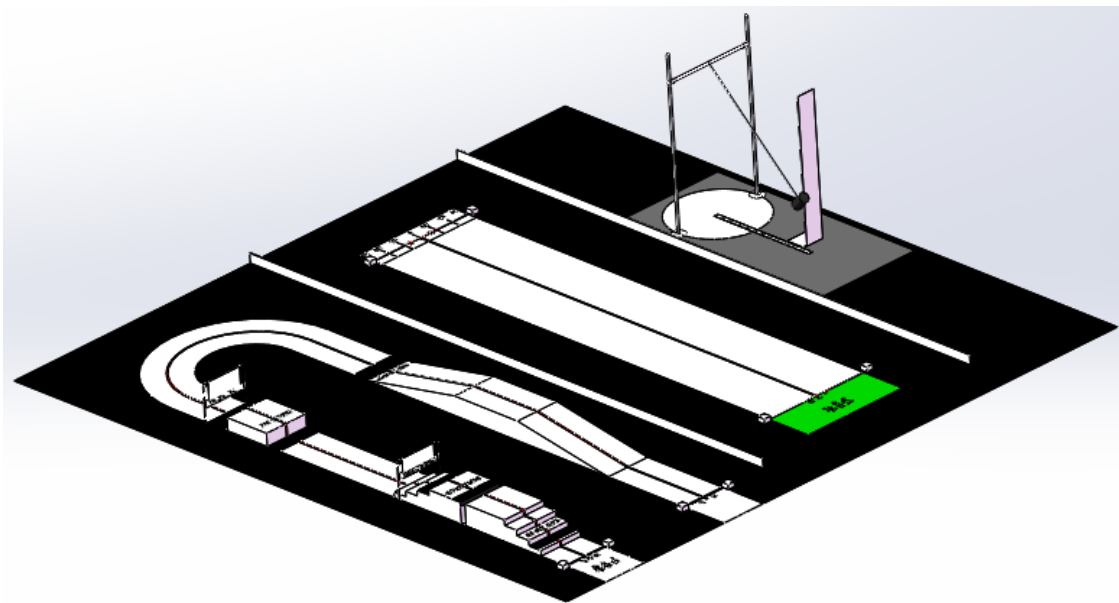


图 11 比赛场地俯瞰图

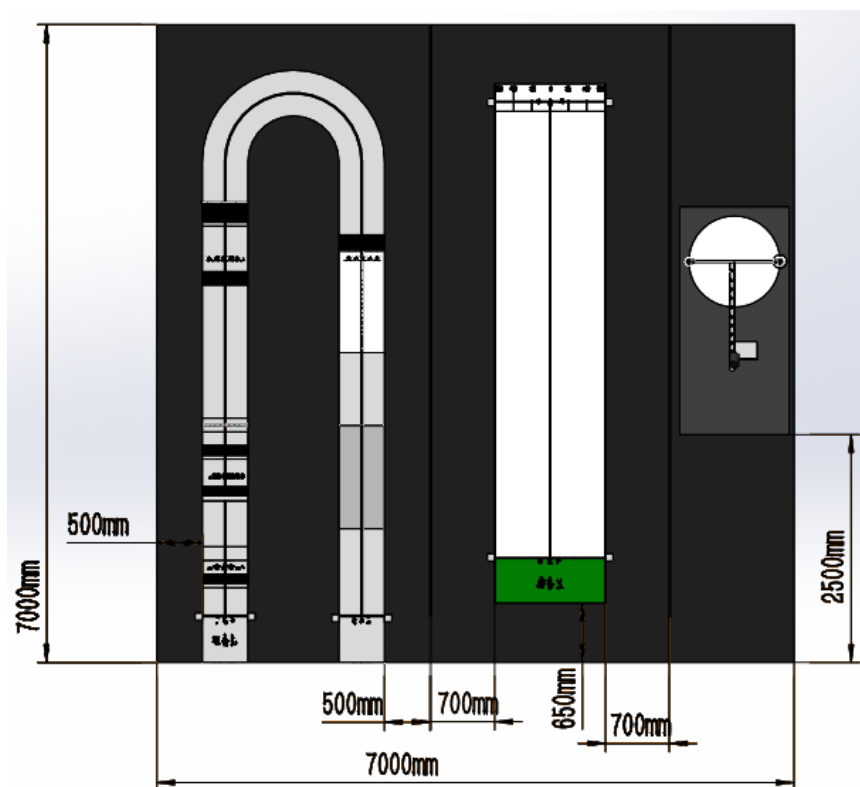


图 12 比赛场地整体尺寸

4.2 灯光

实际比赛场地的环境，不能保证光线照明均匀。比赛场地周围的照明等级为一般室内状况，无阳光直射。参赛者在比赛前有一定时间了解赛场的光线情况及标定机器人。

比赛的挑战之一就是要求机器人能够在一个不确定照明、阴影、散光等实际情况的环境中进行比赛，设计者应采取措施尽量避免这些光源对机器人的影响。

4.3 路线图

四足仿生机器人运动路线由直道、弯道、障碍物等组成，障碍物有

台阶、沟壑、高台和斜坡等。

本次比赛路线图详见赛项说明，无特殊情况不再做调整。

4.4 辅助提示

为了便于四足仿生机器人识别各处障碍地形，比赛场地中的一些地方设置了黑色区域（使用非反光材料）和字符标识。字符为黑色宋体，高度均为 50mm，字符间距 3mm。

4.4.1 上台阶

如图 13 所示，第一节台阶后 105mm 阶面涂成黑色，第二节台阶中间放置一排印有“CA”的 8 组提示字符。

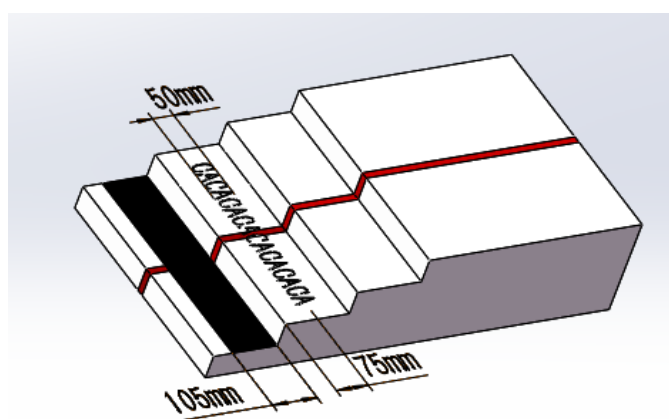


图 13 越野环节上台阶辅助提示图

4.4.2 跨沟壑

如图 14 所示，跨越的沟壑宽 60mm，沟壑后竖直面距上沿 45mm 区域内涂成黑色，沟壑后沿的起始端 100mm 区域内涂成黑色，距沟壑后沿的起始端 210mm 处放置一排印有“CB”的 8 组提示字符。

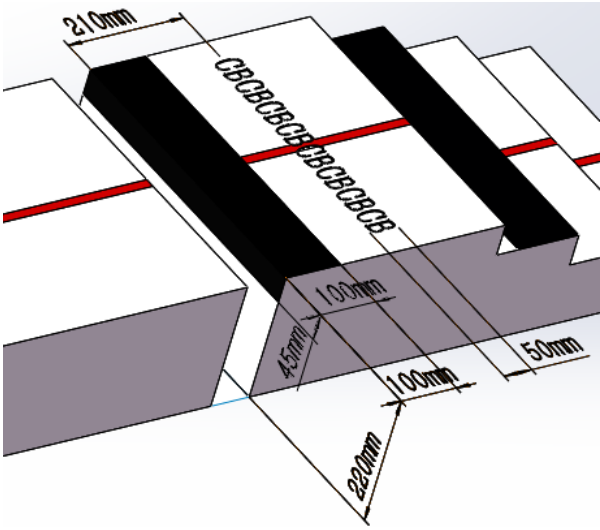


图 14 越野环节跨沟壑辅助提示图

4.4.3 下台阶

如图 15、图 16 所示，第三节台阶的前 110mm 阶面涂成黑色，第一节台阶的中间处，装有字符支架，悬挂一排印有“CD”的 8 组提示字符，字符中心与地面竖直距离为 220mm。悬挂字符为柔性件，且不影响四足仿生机器人通过。

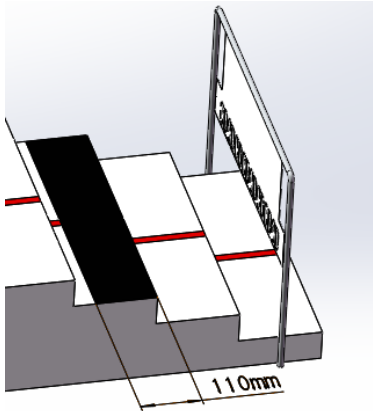


图 15 越野环节下台阶辅助提示图 1

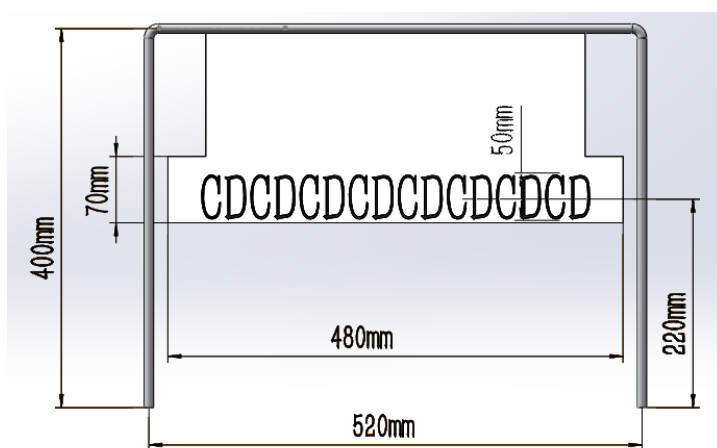


图 16 越野环节下台阶辅助提示图 2

4.4.4 上高台

如图 17 所示，把高台前侧赛道前 150mm 区域内涂成黑色，高台水平面上距边缘 140mm 处贴有一排印有“CE”的 8 组提示字符。

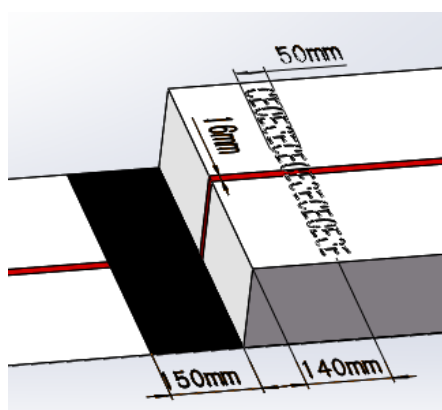


图 17 越野环节上高台辅助提示图

4.4.5 下高台

如图 18、图 19 所示，在高台后侧跑道 40mm 处，把宽 220mm 的区域内涂成黑色。在高台后侧 260mm 处装有字符支架，悬挂一排印有“CG”的 8 组提示字符，字符中心与地面竖直距离为 175mm。悬挂字符为柔性件，且不影响四足仿生机器人通过。

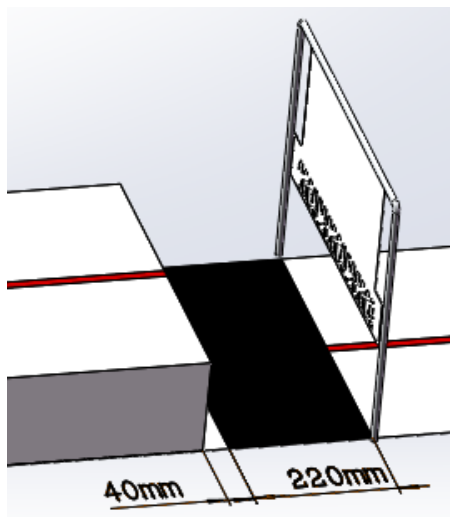


图 18 越野环节下高台辅助提示图 1

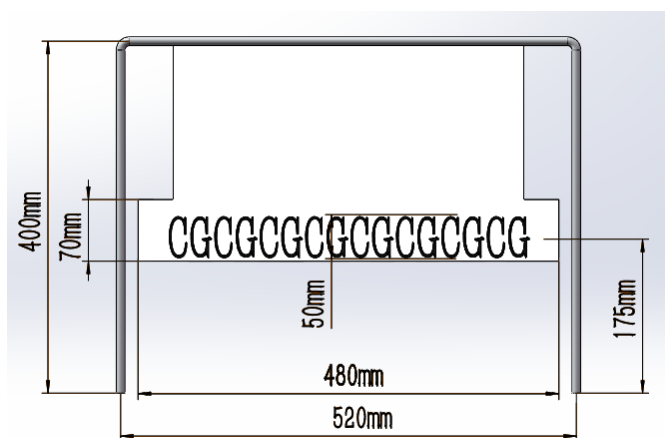


图 19 越野环节下高台辅助提示图 2

4.4.6 上斜坡

如图 20 所示，把斜坡跑道前 160mm 区域内涂成黑色，斜坡起始处 20mm 宽的坡面涂成黑色，在坡面起始 100mm 处贴有一排印有“CH”的 8 组提示字符。

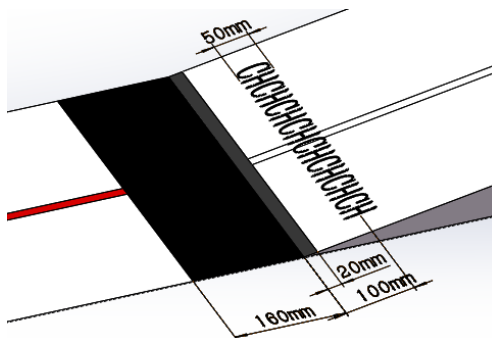


图 20 越野环节上斜坡辅助提示图

五、机器人要求

5.1 重量及体积要求

单台四足仿生机器人重量不得超过 3.0 公斤。四足仿生机器人四条腿竖直站立时，其体积小于长 45 厘米× 宽 35 厘米× 高 26 厘米，且腿长小于 20 厘米，机器人正常行走时，躯干高度不小于 10 厘米。

5.2 控制要求

四足仿生机器人每条腿至少有两个主动自由度。每台四足仿生机器人本体必须搭载独立的电源，在各个环节规则许可的情况下，允许使用遥控的方式或直接手动干预的方式对参赛机器人进行人为控制，但会依据相应规则进行扣分。

5.3 数量要求

每支参赛队伍使用 1 台四足仿生机器人。

5.4 其他要求

参赛者不得蓄意损坏比赛场地。

注意：不符合以上要求的，直接取消比赛资格。

六、评分标准

此比赛一共 300 分，越野环节、竞速环节与抗冲击环节各占 100 分。总得分为三个环节得分的累加值。

6.1 越野环节评分标准

评分项目共有 9 个，分别是上台阶、跨沟壑、下台阶、上高台、下高台、上斜坡、下斜坡、全程耗时和赛道行走情况。比赛的成绩为各个项目得分的累加值，满分 100 分。

四足仿生机器人放在起点的黑线前，出发遮挡到计时感应线时，开始计时；抵达终点黑线处，遮挡到计时感应线时，停止计时。机器人尚未到达终点，但时间已到，停止计时。比赛总时间为 20 分钟。超时则停止比赛，按已完成的项目计分。各个项目评分标准见表 1：

表 1 各项目评分标准

评分项目	分数分配	评分说明
上台阶	20	通过得满分。直接放弃此项目，得分为零，并罚时 6 分钟。
过沟壑	10	通过得满分。直接放弃此项目，得分为零，并罚时 3 分钟。
下台阶	10	通过得满分。直接放弃此项目，得分为零，并罚时 3 分钟。
上高台	20	通过得满分。直接放弃此项目，得分为零，并罚时 4 分钟。
下高台	5	通过得满分。直接放弃此项目，得分为零，并罚时 3 分钟。
上斜坡	10	通过得满分。直接放弃此项目，得分为零，并罚时 4 分钟。
下斜坡	5	通过得满分。直接放弃此项目，得分为零，并罚时 2 分钟。
全程耗时	10	用时最短者得满分，后面每慢 1 分钟，扣 2 分，不足 1 分钟

		按 1 分钟计算，扣完为止。
赛道行走情况	10	比赛过程中每连续超出赛道 3 秒钟，扣 2 分，扣完为止。

注意：

1. 四足仿生机器人无法正常行动时，先提出遥控干预申请或手动干预申请。在裁判人员许可下，遥控机器人行动或直接动手干预。比赛有三次遥控干预和三次手动干预机会，每次遥控干预时间不得多于 10 秒钟，每次手动干预时间不得多于 20 秒钟。每次遥控干预，在该赛项的得分上扣除 2 分；每次手动干预，在该赛项的得分上扣除 5 分，扣完为止。手动干预时只允许沿垂直于赛道的方向移动或转动机器人，不允许改变机器人与终点间所剩赛道的有效距离。手动干预时，除开关电源外，不允许通过点击机器人上的按钮或通过其它电气控制方式控制机器人。

2. 四足仿生机器人在参赛过程中，躯干（不包含头、颈和尾）的竖直投影超出赛道即视为机器人超出赛道。

3. 机器人无法正常行动分为两种情况：超出赛道和无法有效移动。机器人超出赛道 5 秒以内不视为无法正常行动，不接受干预申请；机器人在赛道上无法有效移动 5 秒以内不视为无法正常行动，不接受干预申请。

4. 当尝试后发现无法通过某个项目准备放弃时，该项目所用时间若小于直接放弃该项目的罚时时间，则所用时间按直接放弃的罚时时间计算，否则按实际用时计算。

6.2 竞速环节评分标准

比赛结束后，用时最短者得分为 100 分，其他机器人每慢 0.01 秒扣 0.2 分，扣完为止。若 30 秒机器人仍未完成比赛，则本次机会不记成绩。此成绩为初步成绩。

根据比赛用时得出初步成绩后，需要进行偏离扣分：参考录像，四足仿生机器人在地面的竖直投影接触终点线时，测量机器人竖直投影偏离中线的最大距离。若偏离距离在 $\pm 200\text{mm}$ 之内，不扣分；若偏离距离在 $\pm (200-400\text{mm})$ 之内，扣 10 分；若偏离距离在 $\pm (400-600\text{mm})$ 之内，扣 20 分；若偏离距离超出 $\pm 600\text{mm}$ ，则直接扣 100 分。

比赛的最终成绩为在初步成绩的基础上经过偏离扣分后的得分，初步成绩扣完为止，最终成绩不为负。

每台四足仿生机器人有三次机会，取分数最高的一次比赛成绩作为此环节成绩。

注意：

此环节每次挑战的比赛的过程中不允许以任何形式干预机器人，机器人无法正常行动时可以向裁判申请放弃此次机会。裁判允许后，可以取回机器人，如果仍有剩余机会，可以进行下次挑战。

6.3 抗冲击环节评分标准

三次挑战全部结束后，取每支参赛队的最大撞击距离为有效成绩。根据勾股定理，计算竖直方向有效距离 $h = 1500 - \sqrt{1500^2 - x^2}$ 。

所有四足仿生机器人有效距离 h 的最大值记为 H ，此环节的最终成

绩记为： $100*[1-(H-h)/H]$ 。

注意：

此环节每次挑战的比赛的过程中不允许以任何形式干预机器人。

七、赛程赛制

7.1 领队会议

比赛前，召开领队会议：

1. 推选裁判、裁判助理；
2. 发放“机器人信息牌”；
3. 确定比赛分组及场地安排；
4. 其他事宜。

7.2 点名、核查、集中摆放

比赛开始前 15 分钟，开始点名、量尺寸、称重、拍照，所有四足仿生机器人集中摆放于比赛场内指定位置，不得再进行充电与维护。

比赛开始后，每迟到 1 分钟扣 10 分。迟到 10 分钟则取消比赛资格。

机器人应佩戴统一发放的“机器人信息牌”。信息牌上包括：编号、学校、机器人姓名、队员、指导老师等信息。

7.3 准备、出发

裁判发出预备信号，四足仿生机器人由参赛队员摆放进入准备区。

机器人通过起点的黑线并触发光电计时器时，计时设备自动开始计时。

八、其它

1. 实际制作的场地及相关设备与本规则公布的相比，难免有一定误差：长度不同，交叉角度不同，赛道直线有所弯曲，场地表面及粘贴引导线有拼接缝隙、不平整，颜色有所偏差，场地有所磨损等等。

2. 本规则以大赛组委会公布的版本为准。比赛现场出现的问题，由本项目技术委员会协商解决。

3. 本规则如与大赛组委会的其它规定不一致，以大赛组委会规定为准。