

# 2022RoboCup 机器人世界杯中国赛比赛规则

## 救援机器人组项目

2022RoboCup 机器人世界杯中国赛  
救援机器人组项目技术委员会

2022 年 4 月 7 日

## 目 录

一、项目简介.....	1
二、技术委员会.....	2
三、规则更新概览.....	2
四、赛项说明.....	3
五、比赛场地及器材.....	5
六、机器人要求.....	8
七、赛程赛制.....	8
八、评分标准.....	12
九、附加说明.....	19

## 一、项目简介

救援机器人组比赛的目的是为促进城市搜救机器人技术的研究与发展，通过竞赛可以为救援机器人在复杂环境下运行提供性能客观评价标准。比赛中，各参赛队需要完成具有挑战性的任务，在完成的过程中充分展示其救援机器人性能（机动性，感知能力，定位建图能力，操作界面，远程操控性、自主能力等）。比赛是一个救援机器人技术进步展示的舞台，也是检验救援机器人系统的实验场。比赛的最终目标是将机器人用于真正的救援任务。

比赛任务是控制救援机器人在迷宫式的场地中搜救模拟的受困者，获胜队伍必须能够很好的完成若干任务。比赛总成绩将按照完成所有任务后的总分高低排出冠、亚、季军，另外设置三个单项挑战赛冠军:通过能力挑战赛、灵巧操作挑战赛以及自主能力挑战赛。

一座建筑物在地震中倒塌，突发事件处理救援队负责在事发地点组织救援，请求增派救援机器人协助搜救建筑物内的模拟受困者，以防余震造成的再次伤害。在建筑物入口处环境状态未被破坏，但是随着进入建筑物内部，毁坏程度将会逐步增加。救援机器人及其操作者的任务就是确定现场环境、寻找模拟受困者，并将获得的信息（模拟受困者位置和状态）标记在救援机器人所建立的现场地图上。

比赛主要考核的机器人性能包括以下几个方面：

- 能够通过危险，倒塌和杂乱的环境；

- 确定模拟受困者状态和模拟受困者位置；
- 自动建立环境地图；
- 机器人的自主运行能力；
- 机械臂灵巧操作能力。

提倡参赛队在比赛中展示机器人的其他性能，包括：

- 递送救援物资；
- 安置传感器及监控环境；
- 标示和计算到达模拟受困者距离最近的路径；
- 帮助模拟受困者脱离危险（比如提供对建筑结构的支撑或其它安全措施，帮助模拟受困者逃脱）。

## 二、技术委员会

负责人：张辉，国防科技大学，13973199630

成 员：许映秋，东南大学

黄英亮，西北工业大学

## 三、规则更新概览

- 遥控综合赛项任务更新。在真实的救援任务中，存在通过机器人给受困者运输救援物资的需求。为了更贴近真实的救援任务，遥控综合赛项新添了救援物资运输任务，机器人需将起点处的物资运输、放置到指定受困者所在区域。
- 通过能力挑战赛的窄道赛项增设遥控操作趟数上限。鼓励各

参赛队将更多时间精力用于提升和展示机器人的半自主与自主能力，提高机器人智能化水平。

- 比赛开始后参赛人员触碰机器人不再将之前所得分数清零（自主能力挑战赛仍保持清零规则），但会扣除部分剩余操作时间，并将机器人移回起始点。
- 能力检测结束后，参赛队员可选择将机器人手动搬运至比赛起点。

#### 四、赛项说明

- 参赛队伍最终提交的地图必须符合 GeoTIFF 格式，这是为了便于与真实场地的地图比对，以判断所建地图的质量和准确度。地图的准确度建议自动评分（如果可以做出合理的评分算法系统），否则根据技术委员会（TC）的讨论决定。
- 参赛队在本队比赛开始之前，必须准备好机器人和控制站，并在准备场地排队等待入场。
- 在比赛期间，每个参赛队只允许一个操作员在控制台，不得更换操作员，但不同场次允许参赛队有不同的操作员。
- 在比赛期间，不允许任何除了对应场次的裁判以外的人员与操作员交流。
- 所有的出发点都会位于场地边缘，并且朝向统一。初始方向可能会面朝墙壁。
- 进行能力检测时，除机械臂测试外，机器人的任一部位与能

力检测板之间的距离不能小于 40cm。能力系数最低为 1。

- 任务之前，模拟受困者困者的位置都会公布给操作员和观众。模拟受困者的位置在每轮比赛之后都会改变，尽量做到在所有比赛结束后遍布区域中的每一个地方。
- 在比赛中，操作者或队长可以申请重启比赛。重启比赛会丢掉原先积累的分数以及所建的地图，并且不会重新计时，也不会暂停比赛。机器人必须在任务初始地点重新开始。
- 机器人可以使用无线的方式进行通信，但网络中继不允许放置在场内，且比赛期间不应随意移动。由于现场环境电磁信号嘈杂，比赛允许使用网线牵引的方式进行通信，但不允许任何通过网线干预机器人的行为。一旦被认定有干预机器人的行为，裁判有权重启比赛或判定参赛队本场得分无效。重启比赛的规则同上一条一致。
- 在机器人比赛期间，允许参赛队派一名保护人员进入场地保护机器人，但不允许人员有任何干预机器人的行为（包括触碰机器人、干预机器人自主动作或通过摄像头提示操作手等）。一旦被认定有干预机器人的行为，裁判有权重启比赛或判定参赛队本场得分无效。若机器人出现危险行为，保护人员有权主动触碰和保护机器人，并重启比赛。
- 参赛机器人破坏场地，如果在下一个任务之前，不得不对场地进行重修，那么就要对此参赛队进行额外处罚。
- 参赛机器人破坏场地，如果在下一个任务之前，不得不对场

地进行重修，那么就要对此参赛队进行额外处罚。

- 在自主能力挑战赛之外的比赛中，触碰机器人将不再清零之前所得分数，但每次触碰机器人后将进入 2 分钟的惩罚时间，并需将机器人移回出发点。在惩罚时间中，参赛队员可对机器人进行维修，若在 2 分钟内维修完毕，仍需等待惩罚时间结束后才能继续比赛；若维修时间超过 2 分钟，则在机器人返回起点后继续比赛。后续比赛中若再次出现触碰机器人的情况，则再次进入 2 分钟的惩罚时间。
- 能力检测结束后，不论是否超过规定的能力检测时间，参赛队员均可选择将机器人手动搬运至比赛起点。

## 五、比赛场地及器材

比赛场地分为主场地和挑战赛场。

(1) 主场地：主场地分为黄区，桔区，红区。黄区是迷宫地域，桔区是楼梯、斜坡、高台等组成的障碍区域，红区是在黄区场地基础上增加立方体地板组成的障碍。场地主要组成部件包括：

- 围墙；
- 楼梯（40-45 度，阶高 20CM，阶深 20-35CM）；
- 斜坡（45 度）；
- 狭窄地域（楼板下方有钟乳石结构）；
- 斜坡地板；
- 立方体地板；

- 装有模拟受困者和标签的有开口方向的箱子；
- 分割场地用的空纸箱。

(2) 挑战赛场地：挑战赛场地分为通过能力挑战赛场地和灵巧操作挑战赛场地。

a.通过能力测试场地：该场地由高架坡道，障碍楼梯和窄道三部分组成，分别如下图所示：

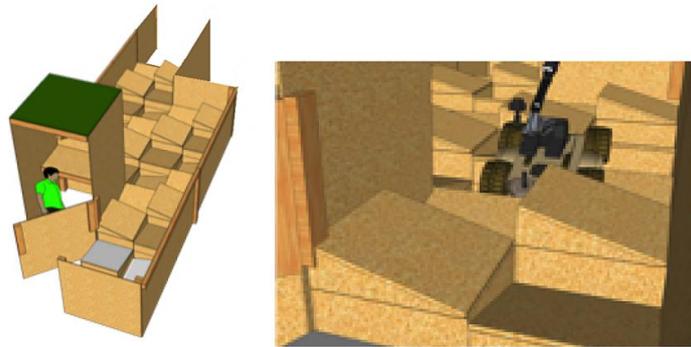


图 1 高架坡道示意图

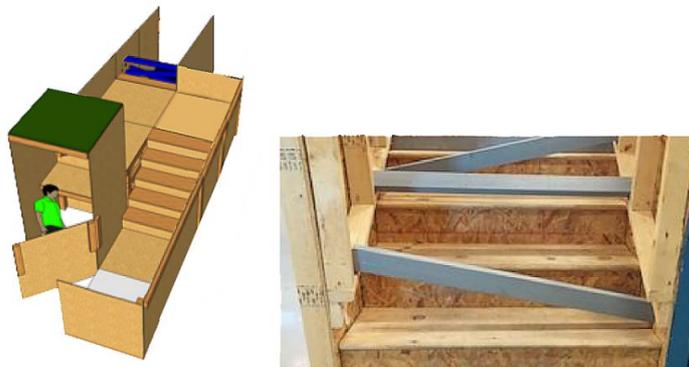


图 2 障碍楼梯示意图

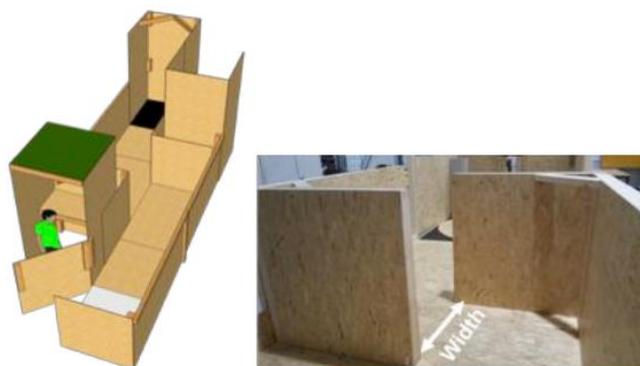


图 3 窄道示意图

b.灵巧操作测试场地：该场地也分为两个部分，即平行管道和全向管道组成，分别如下图所示：

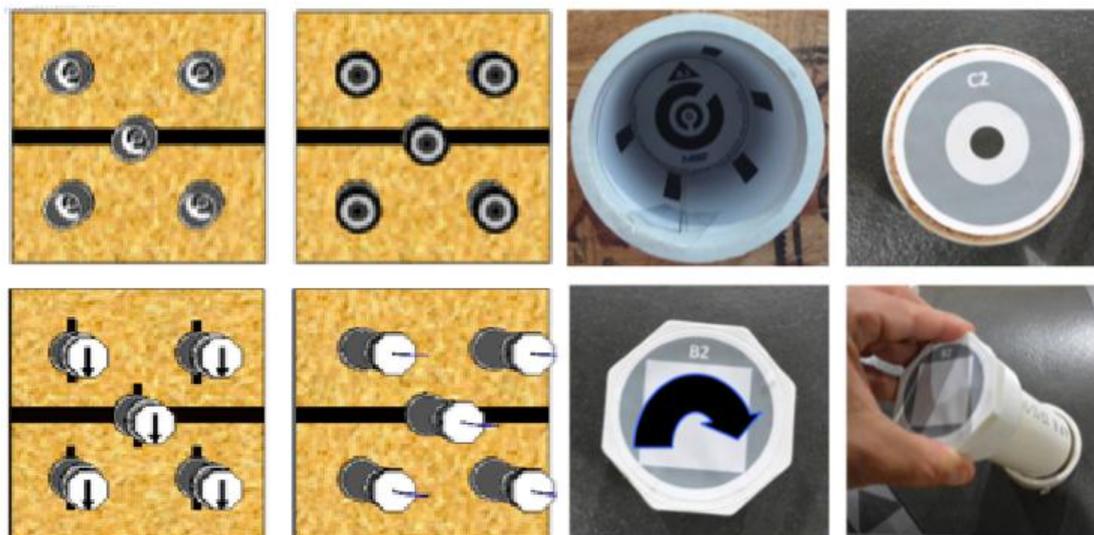


图 4 平行管道示意图



图 5 全向管道示意图

模拟的受困者可以放在以下任何的三种高度范围：0-50 CM，50-100 CM 和 100-150 CM。模拟受困者置于纸箱中的情况分三种：

- “陷阱（Trapped）” 模拟受困者放在顶部开口的箱内；
- “受困（Void）” 模拟受困者放在侧面打开的箱内；
- “掩埋（Entombed）” 模拟受困者放置在留有圆孔的箱内。

模拟受困者可确定的状态包括：

- 形态，外形（娃娃玩具，服装模特的假肢）；
- 声音（呼喊哭泣或说话）；
- 确定危险或生命的标志（二维码）；
- 热量；
- 动作；
- 二氧化碳；

## 六、机器人要求

救援机器人比赛的一个主要目的是鼓励团队将各项能力整合到一个机器人上。比赛也是为了衡量每个机器人的整体性能。每个团队将使用一个单一的机器人竞争奖项。机器人一经确定整个比赛过程中不得更换。

## 七、赛程赛制

整个比赛分为机器人救援遥控综合比赛和 3 项技术挑战赛。机器人救援综合比赛为遥控比赛。3 项技术挑战赛分别为自主能力挑战赛、通过能力挑战赛以及灵巧操作挑战赛。具体如下。

- 遥控综合比赛

救援机器人遥控综合比赛的比赛场地为主场地加单项挑战赛场，每支参赛队的比赛时间为 40 分钟，含 5 分钟的准备时间。场地中放置有若干能力检测板，每一个能力检测板包含 7 项能力系数：二维码检测、危险品标志检测、运动检测、机械臂抓取、机械臂触

碰、机械臂探测和机械臂旋转。在 35 分钟的比赛时间内，机器人需要在探索环境的同时，完成能力检测。机器人也可以舍弃能力检测，而只探索环境。此项目主要考察机器人在复杂环境中运行并搜索受困者的能力，允许操作手在控制台操控机器人。

- 自主能力挑战赛

比赛场地为主比赛场地，地面设置为缓斜坡，每支参赛队比赛时间为 40 分钟，含 5 分钟的准备时间，5 分钟能力检测时间。能力检测包含：二维码检测、热源检测、声音检测、二氧化碳检测、危险品标志检测、运动检测、机械臂抓取、机械臂触碰、机械臂探测和机械臂旋转十项系数。在 5 分钟能力检测时间内，如果参赛队完成测试可以直接开始比赛，剩余的能力检测时间不累加至比赛时间，即比赛时间仍为 30 分钟；若 5 分钟能力检测时间结束后，参赛队未完成所有测试，可以选择占用比赛时间继续进行能力检测，待完成后再开始比赛，也可以直接开始比赛，时间分配由操作员自行决定。在 30 分钟的比赛时间内，机器人在自主探索环境的同时，检测模拟受困者（二维码、人偶）并建立场景的二维栅格地图，并将二维码和人偶位置标注在地图中。在比赛结束后，参赛队需要提供带时间戳的地图供评分使用。此项目主要考察机器人的自主运行及自动检测受困者和识别二维码等能力，操作手启动机器人后不得在控制台对机器人进行任何操控。

- 通过能力挑战赛

比赛场地为通过能力单项挑战赛场，由三部分组成：

- 高架坡道：由具有一定高度的斜坡通道组成。
- 障碍楼梯：模拟房屋倒塌后楼梯的状况，即楼梯被障碍物所阻塞，在比赛场地即表现为呈不同角度的木杆杂乱地分布于楼梯中。
- 窄道：模拟机器人在救援环境中通过狭窄区域，窄道宽度为机器人对角线长度。

每支参赛队的比赛时间为 20 分钟，其中包含 5 分钟准备，5 分钟能力检测，10 分钟通过能力测试。其中，在高架坡道通过能力挑战赛和窄道通过能力挑战赛中的通过能力测试时间内，机器人可以使用遥控、半自主方式和自主方式完成挑战，每完成一趟可分别获得 1 分、1.5 分和 2 分。半自主方式和自主方式在下文的评分细则中有对应举例说明。在三项挑战赛中，5 分钟能力检测包含：二维码检测、热源检测、声音检测、二氧化碳检测、危险品标志检测、运动检测、机械臂抓取、机械臂触碰、机械臂探测和机械臂旋转十项系数。在 5 分钟能力检测时间内，如果参赛队完成测试可以直接开始比赛，剩余的能力检测时间不累加至通过能力测试时间，即测试时间仍为 10 分钟；若 5 分钟能力检测时间结束后，参赛队未完成所有检测项目，可以选择占用通过能力测试时间继续进行能力检测，待完成后再开始比赛，也可以直接开始比赛，时间分配由操作员自行决定。

- 灵巧操作挑战赛

此挑战赛的比赛场地中由许多管道组成。管道的长度为 10cm

(4 英寸)，直径为 5cm (2 英寸)。抓取和旋转的盖子具有 8 个小面，大约 2cm (1 英寸) 宽。要求参赛队员使用机器人的机械臂来完成一系列操作，进行每支参赛队伍比赛时间为 20 分钟，5 分钟准备，5 分钟进行能力检测，10 分钟遥控。在 10 分钟遥控时间内，机器人可以使用遥控或半自主方式完成挑战，每完成一项可获得 1 分或 1.5 分。半自主方式在下文的评分细则中有对应举例说明。其中 5 分钟能力检测包含：二维码检测、热源检测、声音检测、二氧化碳检测、危险品标志检测、运动检测、机械臂抓取、机械臂触碰、机械臂探测和机械臂旋转十项系数。在 5 分钟能力检测时间内，如果参赛队完成测试可以直接开始比赛，剩余的能力检测时间不累加至遥控时间，即遥控时间仍为 10 分钟。若 5 分钟能力检测时间结束后，参赛队未完成所有测试，可以选择占用遥控时间继续进行能力检测，待完成后再开始比赛，也可以直接开始比赛，时间分配由操作员自行决定。

此挑战赛主要考察机器人机械臂的灵巧能力。测试在 10°缓斜坡的地形上进行。管道分为两大类型：

- 平行管道：探测，触摸，旋转和抓取总共 20 个平行安装的管道（安装在 4 个板上，每个板上有 5 个管道）。
- 全向管道：这是由平行管道进行变形所得，使每个管道的方向都不一致，任务包括探测，触摸，旋转，抓取。

四种灵巧操作如下：

- 探测：探测管中的 C 形目标。

- 触摸：触摸管道末端直径为 1 厘米的圆形目标。
- 旋转：抓住 5 厘米八角形管帽并旋转 180 度。
- 抓取：抓取 5 厘米八角形管帽，并从管中拿出，放入箱子。

## 八、评分标准

### 1、能力系数评分细则

除了遥控综合外，在每场比赛开始前，机器人都需要进行能力检测，所得分数进行累加，作为能力系数。能力检测分为以下 10 项，每项对应一个能力系数：

- 二维码检测（1 分）：框出二维码在图像中的位置并识别二维码内容
- 危险品标记检测（1 分）：同时框出 3 个及以上危险品标签在图像中的位置并正确识别标签类别
- 运动检测（1 分）：框出并跟踪运动物体
- 热源检测（1 分）：检测发热物体
- 声音传输（1 分）：操作手端与机器人端能相互传输声音
- 二氧化碳检测（1 分）：展示机器人对二氧化碳浓度变化检测能力
- 机械臂触碰（1 分）：触摸管道末端直径为 1 厘米的圆形目标
- 机械臂旋转（1 分）：抓住 5 厘米八角形管帽并旋转 180 度

- 机械臂抓取（1分）：抓取5厘米圆形管帽，并从管中拿出
- 机械臂探测（1分）：探测管中的英文字母以及黑纹条数

## 2. 遥控综合比赛的评分细则

### （1）受困者得分：

- 危险品标签（1分）
- 二维码（1分）
- 运动检测（1分）
- 受困者位置（1分）
- 机械臂抓取（1分）
- 机械臂触碰（1分）
- 机械臂探测（1分）
- 机械臂旋转（1分）

### （2）探索得分：

- 机器人每通过场景中的一个单元格记1分

### （3）救援物资运输得分：

- 机器人在不损坏物资（暂定为矿泉水）的前提下，将起点处的救援物资运输至指定的受困者所在单元格中，记5分（运输方式不限）；将物资放置在指定区域内，记5分，合计10分。

遥控综合比赛中，每支参赛队的比赛时间为40分钟，5分钟准备，35分钟比赛。最终成绩为受困者得分、探索得分和救援物资运

输得分的总和，如：机器人通过场地的 16 个格子，并完成 12 项能力检测和物资运输任务，则得 38 分。

遥控综合比赛成绩计入总成绩，不单独设奖。其评分表如下：

表 1 遥控综合比赛评分表

参赛队名称							
受困者得分	二维码	危险品检测	运动检测	机械臂抓取	机械臂触碰	机械臂探测	机械臂旋转
探索得分				运输得分			
总成绩							
操作手				裁判员			

### 3. 自主能力挑战赛的评分细则

#### (1) 受困者得分：

- 识别二维码并标记在地图中（1 分）
- 识别模拟受困者并标记在地图中（1 分）

#### (2) 建图得分：

- 机器人建立场景的二维栅格地图，每建立一个单元格记 1 分

#### (3) 扣分：

当这个区域中的物品需要重新放置或者一个受困者被机器人所伤害，每次扣 1 分。

自主能力挑战赛中，每支参赛队的比赛时间为 40 分钟，5 分钟准备，5 分钟能力检测，30 分钟比赛。最终成绩为受困者得分和建图得分的总和乘以能力系数，如：机器人检测出 8 个系数、建立的

场景地图包含场地的 16 个格子、并检测到 10 个二维码和模拟受困者并正确地标记在地图的对应位置，则得 208 分。

自主能力挑战赛成绩计入总成绩。自主比赛的评分表如下：

表 2 自主能力挑战赛评分表

参赛队名称											
能力测试	二维码	热源	声音	二氧化碳	标记检测	运动检测	机械臂抓取	机械臂触碰	机械臂探测	机械臂旋转	系数
比赛结果	建图质量			受困者个数							
	总成绩										
操作手						裁判员					

#### 4. 通过能力挑战赛的评分细则

通过能力挑战赛由三个场地组成，即高架坡道，障碍楼梯和窄道，前两个项目比赛时间为 20 分钟，其中 5 分钟准备，5 分钟进行能力检测，10 分钟比赛，过窄门项目中具有额外的 5 分钟进行半自主能力检测；

(1) 在高架坡道中，能力检测结束后，统计机器人所检测出系数的个数，如：最终检测出 8 个系数，则系数计为 8；在能力检测后的比赛中，则按所完成的趟数计分，如：跑完 9 趟则计 9 分。最终成绩为两项得分的乘积，如上述例子的最终成绩为 72 分。

(2) 在障碍楼梯中，能力检测结束后，统计机器人所检测出系数的个数，如：最终检测出 8 个系数，则系数计为 8；在能力检测后的比赛中，则按所完成的趟数计分，如：跑完 9 趟则计 9 分。最

终成绩为两项得分的乘积，如上述例子的最终成绩为 72 分。

(3) 在窄道中，能力检测结束后，统计机器人所检测出系数的个数，如：最终检测出 8 个系数，则系数计为 8；在能力检测后的比赛中，则按所完成的趟数计分，其中人工操作模式的趟数上限为 25 趟，半自主和自主模式不限。如：跑完 9 趟则计 9 分。最终成绩为两项得分的乘积，如上述例子的最终成绩为 72 分。

注：比赛前需裁判评定机器人是否具有半自主和自主能力。

半自主功能示例：航点导航，即人为给定导航点后，机器人自主运行至该导航点；自适应摆臂，即自主调节摆臂姿态以达到帮助机器人翻越障碍物的目的。

自主功能示例：算法运行后全程不需要再进行人工操作，由机器人自行完成通过能力测试。

三项挑战赛的评分表如下：

表 3 高架坡道挑战赛评分表

参赛队名称												
能力测试	二维码	热源	声音	二氧化碳	标记检测	运动检测	机械臂抓取	机械臂触碰	机械臂探测	机械臂旋转	系数	
次数							总成绩					
操作手							裁判员					

表 4 障碍楼梯挑战赛评分表

参赛队名称											
能力测试	二维码	热源	声音	二氧化碳	标记检测	运动检测	机械臂抓取	机械臂触碰	机械臂探测	机械臂旋转	系数
次数						总成绩					
操作手						裁判员					

表 5 窄道挑战赛评分表

参赛队名称											
能力测试	二维码	热源	声音	二氧化碳	标记检测	运动检测	机械臂抓取	机械臂触碰	机械臂探测	机械臂旋转	系数
次数						总成绩					
操作手						裁判员					

最终通过能力挑战赛的成绩为高架坡道的得分、障碍楼梯的得分、窄道的得分之和计入总成绩。

### 5. 灵巧操作挑战赛

比赛时长 25 分钟，5 分钟准备，5 分钟能力检测，10 分钟是为遥控部分，5 分钟半自主。

灵巧操作挑战赛中，在能力检测结束后，统计机器人所检测出系数的个数，如：若最终检测出 8 个系数，则系数项计为 8；在能力检测后的比赛中，依据前述的方法所完成管道操作的个数来计分

(包括半自主)，如：完成 20 个管道的操作则计 20 分。最终成绩也是两项的乘积，依上述例子则成绩为 160 分。

注：比赛前需裁判评定机器人的机械臂是否具有半自主能力。

半自主功能示例：带有碰撞检测的机械臂逆运动学求解，即机械臂末端控制。

灵巧操作挑战赛成绩计入总成绩，并设置灵巧操作挑战赛单项冠军。评分表如下：

表 6 灵巧操作挑战赛评分表

参赛队名称											
能力测试	二维码	热源	声音	二氧化碳	标记检测	运动检测	机械臂抓取	机械臂触碰	机械臂探测	机械臂旋转	系数
次数						总成绩					
操作手						裁判员					

## 6. 救援机器人总成绩

所有四个项目比赛结束后的分数将以最高分折合成百分制，如：通过能力挑战赛排在第一的参赛队成绩为 160 分，则最后以 100 分计入总成绩；第二名为 120 分，则最终以 75 分计入总成绩，以此类推。每个队伍均有一次补赛机会，可以从四个类别的比赛中任意选择，每支参赛队每个项目只取最高成绩计入总成绩和进行单项的评选。

将根据总成绩评选救援机器人组比赛的总奖项。

## 九、附加说明

1、比赛中所用二维码与危险品标志可在通过以下链接获取：

<https://pan.baidu.com/s/1jfR6MmFt7FNBssbIR2ySMg?pwd=lkj4>

2、比赛交流 QQ 群：1150847361。

3、本规则参考 RoboCup2022 救援机器人国际赛规则制定。