



IMMC 2025 Problem D (Greater China, Winter) (English 简体 繁體)

How humanoid robots complete the action of rope jumping?

Background

With the rapid development of artificial intelligence technology, the humanoid robots that once appeared only in science fiction films are now gradually turning from imagination into reality. The industries around the world believe that the robots would be the next direction of artificial intelligence technology, among which the development of humanoid robots is particularly exciting. In May 2024, the National and Local Co-Built Humanoid Robotics Innovation Center was inaugurated in Shanghai, which indicated the beginning of the national construction of an innovative ecosystem for the robot industry that integrates research and technical development, achievement incubation, talent cultivation, and platform support.

Scenarios

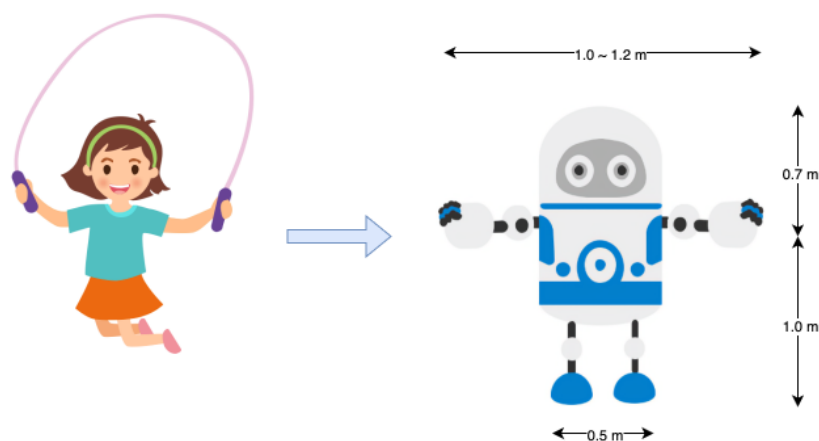


Figure 1. A humanoid robot learning to jump rope

As an ideal carrier of embodied intelligence, the next generation of “intelligent terminals” in the form of humanoid robots has arrived at a critical juncture for breakthrough development. Now, an artificial intelligence manufacturing company called Intelligent Mechanized Manufacturing Corporation (IMMC) invites high school student teams to conduct research on developing a rope jumping function for the company’s latest released humanoid robot, FlexRobot. When FlexRobot jumps, its feet exert force quickly to take off. The change in leg length can be ignored at the moment of takeoff, while the width of the legs remains constant during the jumping process. During completing the rope jumping action, the rope swinging movement is controlled by the electric motors in the robot arms, which can achieve a stable and constant rope swinging angular

velocity. Moreover, with the assistance of a gyroscope device, the height of the arms relative to the ground is kept unchanged during both the standing and takeoff processes. To prevent the rope from irregularly bouncing back after colliding with the ground, the FlexRobot is designed to make the lower end of the rope just pass through the ground level when jumping rope.

Tasks

1. Under the condition that the width between the two rope-swinging arms is fixed, try to establish an appropriate mathematical model to describe the trajectory shape of the rope movement.
2. The FlexRobot is designed to have a height of 1.70 m, with the rope-swinging arms at a height of 1.0 m above the ground. The width between the two rope-swinging arms ranges from 1.0 to 1.2 m (adjustable). The rope-swinging angular velocity is one circle per second, and the width of the legs during jumping is 0.5 m. Please calculate the range of the rope length, the magnitude of the initial velocity for each jump, and the range of the jumping time, based on the rope jumping requirements of the robot and the trajectory model of the rope movement.

Submission

Your team's solution paper should include a 1-page Summary Sheet. The body cannot exceed 20 pages for a maximum of 21 pages with the Summary Sheet inclusive. The appendices and references should appear at the end of the paper and do not count towards the 21 pages limit.

Special Note

The principles of *Honor System* of IMMC also applies to the use of LLMs (large language models) or generative AI tools. If a team uses any large language model or generative AI tool in completing the modeling tasks, from problem research, model development, programing to paper/report writing, the team must make honest, open and transparent disclosure, including making in-text citations and detailing relevant content in the "References" section. It should be recognized that although large language models or generative AI have the advantages of productivity tools, they also have obvious shortcomings and pose risks to users (such as AI-generated content containing AI hallucinations or possible plagiarism in the produced content). Whether or not using large language models or generative AI tools itself in the team's work has no impact on judges' evaluation; the judges seriously remind every team that if any AI tool would be used, use it responsibly, correctly, honestly, open and transparently.



IMMC 2025 中华赛 D 题（冬季赛）（English 简体 繁体）

人形机器人如何完成跳绳动作？

背景

随着人工智能技术的快速发展，那些过去仅在科幻影片中出现的人形机器人，现在正逐步从想象变为现实。不少国内外业界认为，人工智能的下一波浪潮将是机器人，其中人形机器人的发展尤为令人兴奋。2024 年 5 月，国家地方共建人形机器人创新中心在上海揭牌，开启了国家对机器人产业以技术研发、成果孵化、人才培育、平台支撑为一体的创新生态建设。

情境

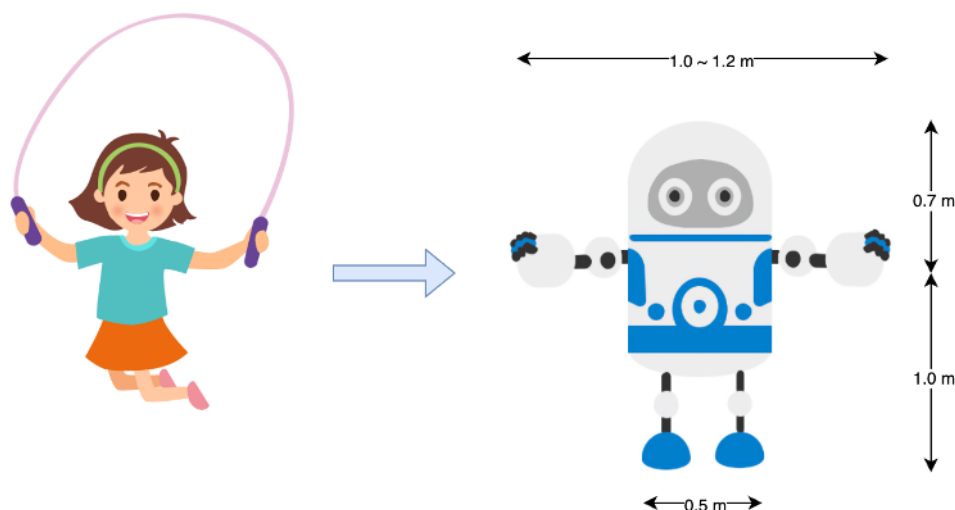


图 1. 人形机器人学习人类跳绳

人形机器人作为具身智能的理想载体，下一代“智能终端”已来到突破性发展的时间节点。现在有一家名为 Intelligent Mechanized Manufacturing Corporation (IMMC) 的人工智能制造企业邀请中学生队伍为企业最新设计的人形机器人 FlexRobot 开发跳绳功能开展课题研究。FlexRobot 在起跳时，脚部迅速施力起跳，腿长的变化在跳起瞬间可忽略不计，而腿部宽度在跳起过程中保持不变；在完成跳绳动作过程中，摇绳运动由手臂电动马达控制，可实现稳定不变的摇绳角速度，并且通过陀螺仪装置使得站立时和起跳过程中的手臂相对地面高度保持不变。为了不让绳子碰撞到地面之后发生不规则反弹，FlexRobot 在跳绳时设计为使绳子的下端刚好通过地面。

任务

1. 对于两只摇绳手臂之间宽度固定的情况下，建立合适的数学模型描述绳子运动的轨迹形状。
2. 如果 FlexRobot 的身高设计为 1.70 m，手臂摇绳离地面高度为 1.0 m，两只手臂摇绳之间的宽度为 1.0~1.2 m(可调节)，摇绳角速度为每秒一周，跳跃时腿部宽度为 0.5 m，请根据机器人的跳绳要求和绳子的运动轨迹模型，求出绳子的长度范围为多少，以及每次起跳的初速度大小和起跳时间的范围？

提交

你的团队所提交的论文应包含 1 页摘要，其正文不可超过 20 页，包括摘要则最多不超过 21 页。附录和参考文献应置于正文之后，不计入 21 页之限。

特别说明

IMMC“诚信赛制”的原则同样适用于大语言模型或生成式 AI 工具的使用。如果团队在完成建模任务过程中有使用任何大语言模型或生成式 AI 工具，从问题研究、模型开发、程序编写到论文写作等建模工作的方方面面，团队必须诚实和公开透明地做披露，包括做出文内标注和在“参考文献”部分详细列出相关内容。应认识到大语言模型或生成式 AI 虽具有生产力工具的优势，亦具有明显的不足，并对使用者构成风险（例如 AI 生成的内容存在 AI 幻觉，也可能构成剽窃）。团队使用或不使用大语言模型或生成式 AI 工具本身，对评审没有影响；评委严肃地提醒团队，若果有任何 AI 工具的使用，都应当是负责任、正确、诚实和公开透明的使用。



IMMC 2025 中華賽 D 題（冬季賽）（English 簡體 繁體）

人形機器人如何完成跳繩動作？

背景

隨著人工智能技術的快速發展，那些過去僅在科幻影片中出現的人形機器人，現在正逐步從想象變為現實。不少國內外業界認為，人工智能的下一波浪潮將是機器人，其中人形機器人的發展尤為令人興奮。2024 年 5 月，國家地方共建人形機器人創新中心在上海揭牌，開啟了國家對機器人產業以技術研發、成果孵化、人才培育、平臺支撐為一體的創新生態建設。

情境

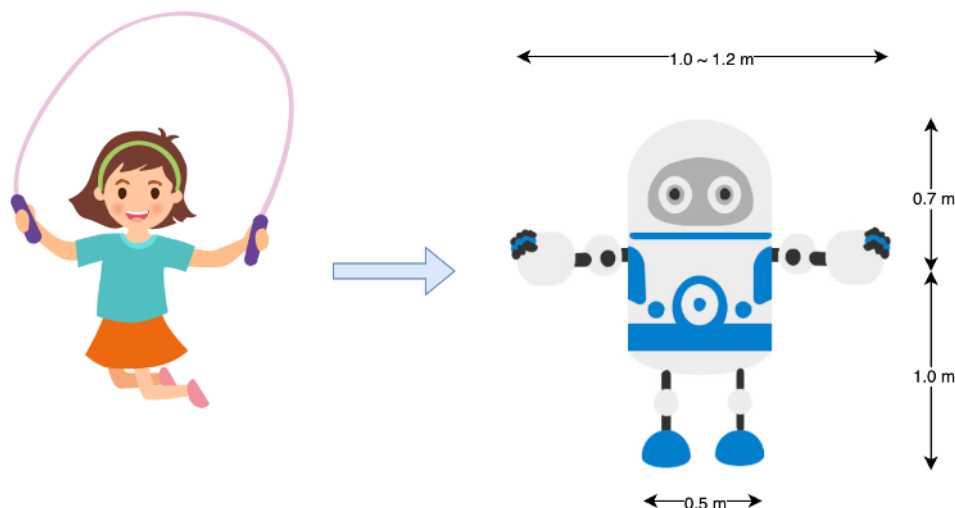


图 1. 人形機器人學習人類跳繩

人形機器人作為具身智能的理想載體，下一代“智能終端”已來到突破性發展的時間節點。現在有一家名為 Intelligent Mechanized Manufacturing Corporation (IMMC) 的人工智能制造企業邀請中學生隊伍為該企業最新設計的人形機器人 FlexRobot 開發跳繩功能開展課題研究。FlexRobot 在起跳時，腳部迅速施力起跳，腿長的變化在跳起瞬間可忽略不計，而腿部寬度在跳起過程中保持不變；在完成跳繩動作過程中，搖繩運動由手臂電動馬達控制，可實現穩定不變的搖繩角速度，並且通過陀螺儀裝置使得站立時和起跳過程中的手臂相對地面高度保持不變。為了不讓繩子碰撞到地面之後發生不規則反彈，FlexRobot 在跳繩時設計為使繩子的下端剛好通過地面。

任务

1. 對於兩只搖繩手臂之間寬度固定的情況下，建立合適的數學模型描述繩子運動的軌跡形狀。
2. 如果 FlexRobot 的身高設計為 1.70 m，手臂搖繩離地面高度為 1.0 m，兩只手臂搖繩之間的寬度為 1.0~1.2 m (可調節)，搖繩角速度為每秒一周，跳躍時腿部寬度為 0.5 m，請根據機器人的跳繩要求和繩子的運動軌跡模型，求出繩子的長度範圍為多少，以及每次起跳的初速度大小和起跳時間的範圍？

提交

你的團隊所提交的論文應包含 1 頁摘要，其正文不可超過 20 頁，包括摘要則最多不超過 21 頁。附錄和參考文獻應置於正文之後，不計入 21 頁之限。

特別說明

IMMC “誠信賽制”的原則同樣適用於大語言模型或生成式 AI 工具的使用。如果團隊在完成建模任務過程中有使用任何大語言模型或生成式 AI 工具，從問題研究、模型開發、程序編寫到論文寫作等建模工作的方方面面，團隊必須誠實和公開透明地做披露，包括做出文內標註和在“參考文獻”部分詳細列出相關內容。應認識到大語言模型或生成式 AI 虽具有生產力工具的優勢，亦具有明顯的不足，並對使用者構成風險（例如 AI 生成的內容存在 AI 幻覺，也可能構成剽竊）。團隊使用或不使用大語言模型或生成式 AI 工具本身，對評審沒有影響；評委嚴肅地提醒團隊，若果有任何 AI 工具的使用，都應當是負責任、正確、誠實和公開透明的使用。