

# 面向运输代价最小化的鲁棒多步态四足机器人高效学习

王志成<sup>1,2</sup>, 赵欣<sup>3</sup>, Meng Yee (Michael) CHUAH<sup>2</sup>, Zhibin LI<sup>4</sup>, 吴俊<sup>1,5</sup>, 朱秋国<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>浙江大学智能系统与控制研究所, 中国杭州市, 310027

<sup>2</sup>新加坡科技研究局资讯通信研究院, 138642

<sup>3</sup>中国北方车辆研究所槐树岭国家重点实验室, 中国北京市, 100072

<sup>4</sup>伦敦大学学院计算机科学系, 英国伦敦市

<sup>5</sup>浙江大学工业控制技术国家重点实验室, 中国杭州市, 310027

**摘要:** 四足机器人能够使用多种步态节律进行移动, 每种步态在地形通过性和能量效率方面具有不同特点。通过在不同环境下主动切换调整步态, 四足机器人可以实现节能且适应性强的运动策略。本文探讨不同步态参数下基于强化学习的四足机器人运动策略的能量效率和地形通过能力, 提出一种训练—整合框架, 将习得的单步态运动策略整合为一个高效的多步态运动策略。所得到的控制策略实现了低成本的步态切换和可控的步态。实验结果表明, 该多技能策略在保持能量最优的同时, 能够实现平滑安全的步态过渡。

**关键词:** 强化学习; 运动; 运动学习; 能量效率

<https://doi.org/10.1631/FITEE.2401070>