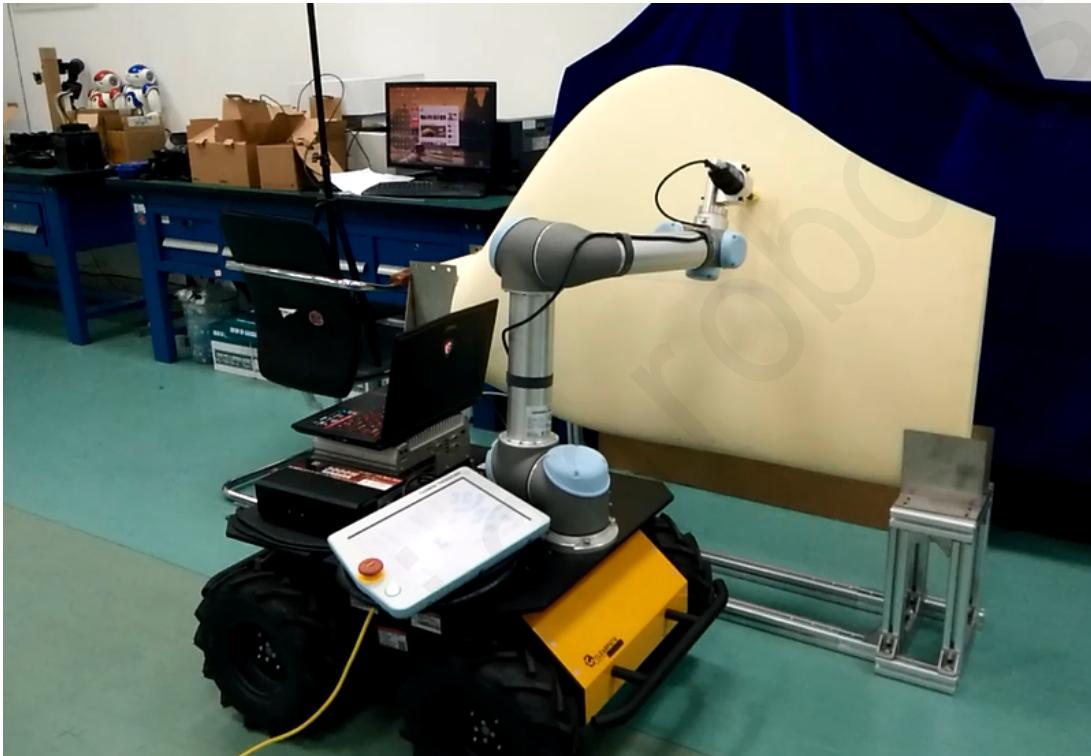


# 室内外移动机械臂平台方案

Solution of Indoor And Outdoor Mobile Manipulator Platform

方案名称:室内外移动机械臂平台方案



武汉京天电器有限公司

WUHAN JINGTIAN ELECTRICAL CO., LIMITED

2020年02月19日

## 1、介绍 INTRODUCTION

### 1.1 方案目的 Purpose of this document

本文包含移动双臂平台应用介绍。

通过对Clearpath Husky UGV 和 Universal Robots UR5机械臂的优化布置与系统整合，实现更加智能通用的机器人柔性任务解决方案，例如：危险物品排爆、货物搬运、产品分拣，以及替代人到危险位置勘察，同时也可用于教学科研，包括人机协调（Human Robot Interaction），机器人学习(Robot Learning)，柔顺操作(Compliant Manipulation)，远程遥控操作(Remote operation)双臂协作(manipulate Cooperation)，机器人抓取(Robotic Grasping)以及多模态协作装配等(Multi-Modal Collaborative Assembly)等。

### 1.2 硬件设备列表 HARDWARE EQUIPMENT

本方案资源扩展性强，可根据不同需求进行合理搭配，  
详细信息可咨询我公司销售或技术人员。

序号	型号	数量	厂商	选项
1	Husky A200	1	Clearpath	必选
2	UR5	1	Universal Robots	必须
3	UM7 惯导	1	Pololu	必选
4	工控机	1	MAXTANG	必选
5	触控屏幕	1	Asus	可选
6	语音控制单元	1	百度	可选
7	Vlp16	1	Velodyne	可选
8	双目相机 ZED	1	Stereolabs (3500)	可选
9	深度相机 RealsenseD435	1	Intel	可选
10	2 指夹抓	1	ROBOTIS	可选

### 1.3 方案技术指标 GENERAL TECHNICAL INDICATORS OF THE SCHEME

此项不含各传感器和夹爪技术参数指标。

序号	项目	参数
1	UGV 负载	最大 75KG
2	锂电池容量	DC24V20AH

3	持续工作时长	4-8 小时
4	最大移动速度	1.0 m/s
5	最大爬坡角度	45°
6	末端最大速度	1 m/s
7	手臂负载	5 kg
8	单臂工作范围	850 mm
9	可重复精度	±0.03 mm

## 2、方案描述 PROPOSAL DESCRIPTION

### 2.1 总体介绍

该方案主要硬件包括：1 台 HUSKY 移动平台车、1 台 UR5 机械臂以及各种传感器视觉系统等，通过自主搭配满足演示移动抓取物体等需求。

#### 移动操纵组件

##### UR5 机械手

通用机器人UR5工业机器人臂的有效载荷为5公斤，延伸长度为0.85米，6个自由度。UR5在机器人操作系统中得到了很好的支持。用户可以安装自己的末端效应器来完成各种研究和机器人操作应用。

##### 顶板

迷你iTX电脑，  
带有游戏手柄，  
岸电升级  
备用电池

##### 双指85

##### 机器人夹持器

双指机器人85mm行程夹持器具  
有3种夹持模式：平行夹持、包围  
夹持和内夹持。夹持器由机器  
人操作系统支持，可以完全控制  
手指的位置、速度和力量。手腕  
可选择使用力扭矩传感器。该装  
置很容易与UR5集成。



#### ➤ 概述

将 1 台 UR5 机械臂置于 Husky 机器人合适位置，通过对 UR5 机械臂电源输入端和安全检测回路的改造，实现利用 Husky 内置大容量电池（48VDC）进行供电，逆变器将 Husky 的电源直接给 UR5 供电。UR5 的控制柜里面用的是两个交流转直流的稳压电源，可以换成两个直流转直流的稳压电源。实现移动机械臂抓取物体等功能，该方案无需外部电缆，行动方便，通过无线 WIFI 控制。

## 2.2 详细设计

### ➤ 基座设计

在 HUSKY 上设计合适 UR5 固定的卡槽，以方便安装 1 台 UR5 机械臂。Husky 基座上固定 UR5 的控制柜和相关传感器，如视觉摄像头等。

### ➤ 电气接口

直接从 HUSKY 内部引出 12VDC 和 48VDC 电源，接入 UR5 控制箱对应电源入口；UR5 与 HUSKY 通过网口或者通用 I/O 口进行必要的信息交互。

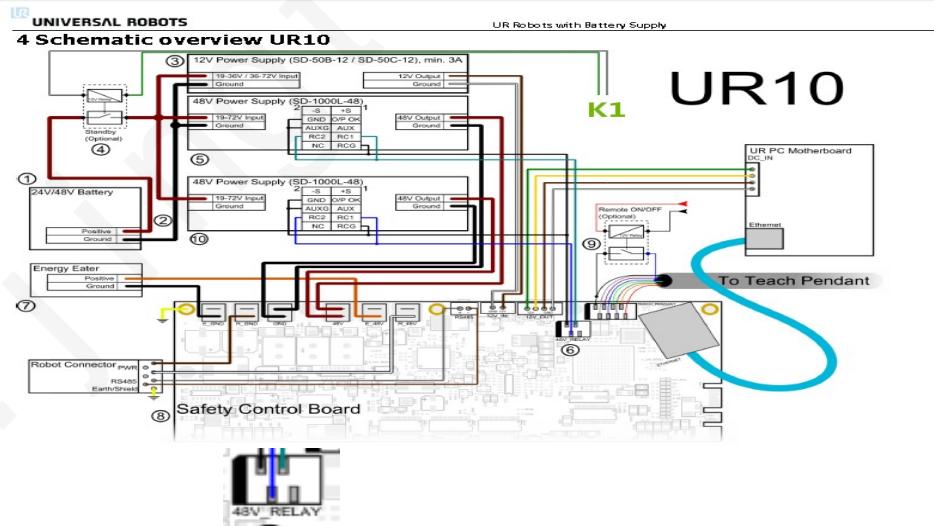
### ➤ 改造需要的材料：

Goods	Type	Brand
12V Power Supply	SD-50B-12	Mean Well
48V Power Supply	SD-1000L-48	Mean Well
48V Power Supply	SD-1000L-48	Mean Well
Inverter dc-to-ac	4000w\48v	

### ➤ 传感器接口

各传感器均采用以太网（Ethernet）接口（也可单独定制接口）内的路由器即可，电源也由 HUSKY 提供。该部分为选配，可根据实际需求定制。

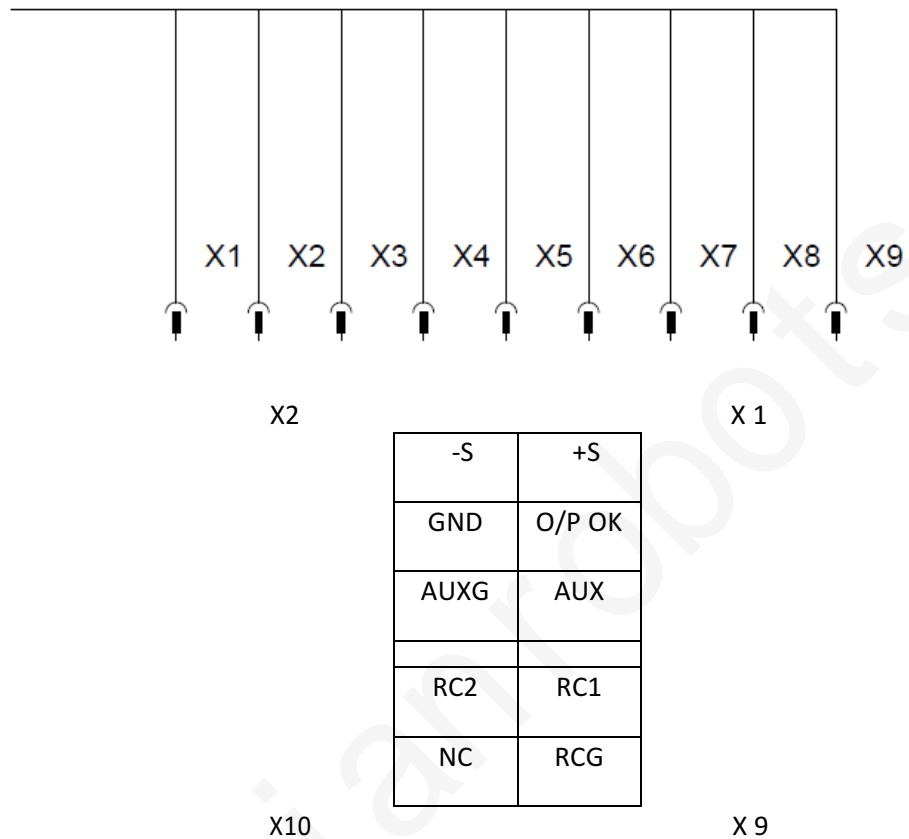
### ➤ 硬件连接：



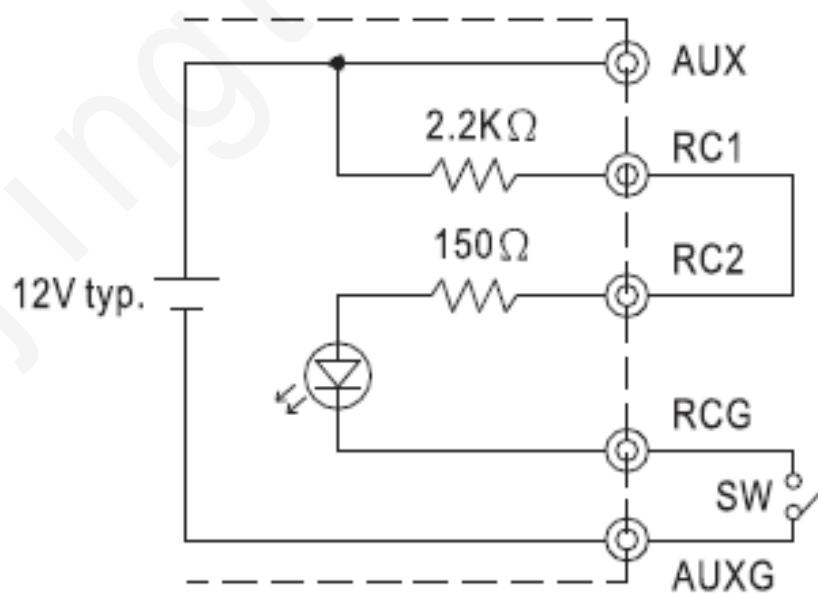
- 1: 黑线是接地线
- 2: 蓝线是第一个 48V 电源供应控制信号线。
- 3: 绿线是第二个 48V 电源供应控制信号线（如果是 UR5 则没有该线）。

➤ 安全板 48VRELAY 连接 48V 电源供应器图示

48V Power Supply



➤ 48V 电源内部电路



## 2.3 软件方案

### 1. 基础软件包

基础软件包是基于 ROS 的开源软件包，对各个传感器均有较好的支持。在 ROS 中可以对整个移动机械臂平台，可在 RVIZ 中对整个移动机械臂系统进行运动规划与控制，可在 Gazebo 中对移动机械臂系统进行仿真，可以基于 WIFI 对移动机械臂系统进行远程控制，也可通过 IO 模块进行通信对接。

### 2. 扩展软件包

该软件包将 UR5 和 HUSKY 以及各传感器，执行机构等通过 ROS 开源机器人操作系统有机结合，使系统各部分协同工作，包含各种驱动包，内部通信包、各部分演示 demo 以及整个系统的典型应用 demo（智能抓取等）。系统中 HUSKY 和 UR5 部分软件均有原厂提供详细的技术支持，另外扩展软件包可根据用户需求进行定制。具体如下：

驱动包：力传感器驱动包

激光雷达传感器驱动包

视觉系统驱动包

机械臂驱动包

通信包：HUSKY 任务发布包

HUSKY+UR5 信息发布包

仿真通信包

Demo：UR5 智能抓取 demo

视觉处理 demo

HUSKY 任务发布 demo

HUSKY+UR5 协作 demo

## ✓ 用户概览

国际：麻省理工学院、滑铁卢大学、卡内基梅隆大学、乔治亚理工学院……

国内：清华大学、北京大学、香港理工大学、武汉大学、华中科技大学、上海交通大学、东南大学、中南大学、中科院沈阳自动化研究所、广东工业大学……

## 2.4 通用步骤示例

- a) 保持机械臂的安全状态，通过控制手柄操作机器人，完成对区域环境的学习，并建立环境地图；
- b) 分析应用实例，并合理分解步骤，确定 HUSKY 和 UR5 的交互模式及交接逻辑；
- c) 在 ROS 中对系统进行编程与仿真测试，在此用户可定制自己的机器人区域行走程序；
- d) 通过 MoveIt！编写机械臂操作程序并仿真验证安全性；
- e) 确认 HUSKY 和 UR5 动作逻辑正确性。

注：示例任务基于基本软件包编辑，本方案基于 ROS 系统，所以示例步骤可作为常规系统任务发布，对于有对该系统深入了解的客户，通过我公司扩展软件包可方便进行学习研究，打造自己的任务编辑系统，更科学合理的分配任务。更详细的操作，以及任务发布 demo 需查看具体手册或咨询我司技术人员。

## 3、方案说明和结果 APPLICATION NOTICE AND RESULT

### 3.1 方案说明

本方案硬件需求简单，接口开放，对接方便，具体实施快捷，适合快速改造上手。通过以上分析，以及我公司实际经验得知，本方案稳定性强，科研价值突出（多种传感器融合以及全部基于 ROS 开发）。另外，该方案在工业应用领域也具有很高的适用价值，比如物品的自动化搬运，远程拆弹操作，地面巡检以及一些特殊行业如危险作业等等。

详细结论及方案对比见附录 3。

### 3.2 方案结果

逆变器将 husky 的电源直接给 UR5 供电是可选方案，Ur5 的控制柜里面用的是两个交流转直流的稳压电源，可以换成两个直流转直流的稳压电源。

该方案可用于室内外移动抓取任务、算法验证、商业物流仓储、货物搬运、药品分拣分类等行业。该方案已经在较多的高校落地使用，在实际应用中反响很好，性能稳定，开放程度高。

典型案例：华中科技大学

【大型风电叶片移动打磨原型样机】

德克萨斯大学奥斯丁分校

【核材料装卸和检验】

麻省理工大学

【移动炸弹处理研究】

## 4、HUSKY 相关论文目录 THESIS CONTENTS

### 1. 地图构建、定位和导航(SLAM)

#### 1) 将 Husky 的导航控制包用于其他机器人的控制

Sokolov M, Lavrenov R, Gabdullin A, et al. 3D modelling and simulation of a crawler robot in ROS/Gazebo[C]. Proceedings of the 4th International Conference on Control, Mechatronics and Automation, 2016: 61-65.

#### 2) 基于里程计、IMU 和激光雷达进行避障研究

Xie H, Gao J, Zuo L, et al. An Improved Obstacle Avoidance Method for Robot Based on Constraint of Obstacle Boundary Condition[C]. 2017 2nd International Conference on Cybernetics, Robotics and Control (CRC), 2017: 28-32.

#### 3) 将 Husky 应用于农田、果园环境，进行 SLAM 建图和农作物智能监测

Habibie N, Nugraha A M, Anshori A Z, et al. Fruit mapping mobile robot on simulated agricultural area in Gazebo simulator using simultaneous localization and mapping (SLAM)[C]. 2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS), 2017: 1-7.

#### 4) 基于机器学习的方法识别目标物并规划机器人运动路径

- Paxton C, Katyal K, Rupprecht C, et al. Learning to Imagine Manipulation Goals for Robot Task Planning. arXiv e-prints. 2017.
- Paxton C, Barnoy Y, Katyal K, et al. Visual Robot Task Planning. arXiv e-prints. 2018.

#### 5) 基于模糊推理的移动机器人路径选择

Shiwei W, Panzica A C, Padir T. Motion control for intelligent ground vehicles based on the selection of paths using fuzzy inference[C]. 2013 IEEE Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA), 2013: 1-6.

### 2. 人机协作

#### 1) 战争环境中士兵与机器人通信与协作

Barber D J, Abich J, Phillips E, et al. Field Assessment of Multimodal Communication for Dismounted Human-Robot Teams[J]. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2015, 59(1): 921-

925.

2) Husky 与特警协作

Bethel C L, Carruth D, Garrison T. Discoveries from integrating robots into SWAT team training exercises[C]. 2012 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), 2012: 1-8.

3) 基于语言驱动的导航方法，用于在室外环境中控制移动机器人

Boualiias A, Duvallet F, Oh J, et al. Grounding spatial relations for outdoor robot navigation[C]. 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2015: 1976-1982.

4) 移动机器人用于巡逻，监视，搜救和人类危险任务

Arokiasami W A, Vadakkepat P, Tan K C, et al. Interoperable multi-agent framework for unmanned aerial/ground vehicles: towards robot autonomy[J]. Complex & Intelligent Systems, 2016, 2(1): 45-59.

5) 将 Husky 应用于人机智能交互系统

Jevtić A, Lucet E, Kozlov A, et al. INTRO: A multidisciplinary approach to intelligent Human-Robot Interaction[C]. World Automation Congress 2012, 2012: 1-6.

6) 人机语音交互控制

- Chung I, Propp O, Walter M R, et al. On the performance of hierarchical distributed correspondence graphs for efficient symbol grounding of robot instructions[C]. 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015: 5247-5252.
- Pourmehr S, Thomas J, Vaughan R. What Untrained People Do When Asked "Make The Robot Come To You"[C]. The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, 2016: 495-496.

### 3. 危险场景作业

1) Husky 被用于参加人道主义机器人和自动化技术挑战赛(HRATC)挑战赛，进行救援和危险作业。

Madhavan R, Marques L, Prestes E, et al. 2015 humanitarian robotics and automation technology challenge. IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS, 2015.

2) 对机器人进行远程遥控操作，以完成特定的任务或危险任务

Cabrita G, Madhavan R, Marques L. A Framework for Remote Field Robotics Competitions[C]. 2015 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions, 2015: 192-197.

3) 战争环境中在任务命令和环境约束下机器人运动策略研究

Talone A B, Phillips E, Ososky S, et al. An Evaluation of Human Mental Models of Tactical Robot Movement[J]. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2015, 59(1): 1558-1562.

#### 4. 多机器人协作

1) 多机器人分布式调度优化

Kattepur A, Dohare H, Mushunuri V, et al. Resource Constrained Offloading in Fog Computing[J], 2016.

2) 多机器人集群协同搜救

Kumar A S, Manikutty G, Bhavani R R, et al. Search and rescue operations using robotic darwinian particle swarm optimization[C]. 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2017: 1839-1843.

3) 多机器人监控系统

Hill R C, Lafourche S. Scaling the formal synthesis of supervisory control software for multiple robot systems[C]. 2017 American Control Conference (ACC), 2017: 3840-3847.

#### 5. 机器人控制和分析

1) 将神经网络用于机器人的运动控制

Hinkel G, Groenda H, Vannucci L, et al. A domain-specific language (DSL) for integrating neuronal networks in robot control[C]. Proceedings of the 2015 Joint MORSE/VAO Workshop on Model-Driven Robot Software Engineering and View-based Software-Engineering, 2015: 9-15.

2) 基于学习的机器人轨迹跟踪鲁棒控制

➤ Ostafew C J, Schoellig A P, Barfoot T D. Conservative to confident: Treating uncertainty robustly within Learning-Based Control[C]. 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2015: 421-427.

- Ostafew C J, Schoellig A P, Barfoot T D. Learning-based nonlinear model predictive control to improve vision-based mobile robot path-tracking in challenging outdoor environments[C]. 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2014: 4029-4036.
  - Ostafew C J, Schoellig A P, Barfoot T D, et al. Learning-based Nonlinear Model Predictive Control to Improve Vision-based Mobile Robot Path Tracking[J]. Journal of Field Robotics, 2016, 33(1): 133-152.
  - Ostafew C J, Schoellig A P, Barfoot T D. Robust Constrained Learning-based NMPC enabling reliable mobile robot path tracking[J]. The International Journal of Robotics Research, 2016, 35(13): 1547-1563.
- 3) 开发监视和调试分布式机器人系统的新工具，并对机器人中间件系统进行补充
- Monajjemi V, Wawerla J, Vaughan R. Drums: A Middleware-Aware Distributed Robot Monitoring System[C]. 2014 Canadian Conference on Computer and Robot Vision, 2014: 211-218.
- 4) 用 Husk 验证在线学习机器人动力学的多模态模型
- Mckinnon C D, Schoellig A P. Learning multimodal models for robot dynamics online with a mixture of Gaussian process experts[C]. 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2017: 322-328.
- 5) 机器人可达性分析，对多款机器人进行分析，包括 Husky+UR5
- Makhal A, Goins A K. Reuleaux: Robot Base Placement by Reachability Analysis[C]. 2018 Second IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC), 2018: 137-142.
- 6) 野外滑移机器人路径跟随
- Rajagopalan V, M, Kelly A. Slip-aware Model Predictive optimal control for Path following[C]. 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2016: 4585-4590.
  - Ostafew C J, Schoellig A P, Barfoot T D. Visual teach and repeat, repeat, repeat: Iterative Learning Control to improve mobile robot path tracking in challenging outdoor environments[C]. 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2013: 176-181.
- 7) 滑移式机器人的功率特性研

Dogru S, Marques L. Power Characterization of a Skid-Steered Mobile Field Robot[C]. 2016 International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), 2016: 15-20.

## 6. 勘测

- 1) Husky 装载定位设备在冰冻湖面上对湖中鱼群进行探测定位。  
Tokekar P, Hook J V, Isler V. Active target localization for bearing based robotic telemetry[C]. 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2011: 488-493.
- 2) Husky 搭载测量设备自动对一些基础设施如桥梁等进行结构健康监测。  
Lins R G, Givigi S N. Autonomous robot system architecture for automation of structural health monitoring[C]. 2016 Annual IEEE Systems Conference (SysCon), 2016: 1-7.
- 3) 将气体传感器安装在 Husky 上进行气体探测和气源定位  
Vuka M, Schaffernicht E, Schmuker M, et al. Exploration and localization of a gas source with MOX gas sensors on a mobile robot — A Gaussian regression bout amplitude approach[C]. 2017 ISOCS/IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN), 2017: 1-3.
- 4) 给 Husky 上安装光谱仪，寻找地面潜在的生物气体排放  
Anderson G T, Mahdi S, Khidir J, et al. Field studies of a robot system to measure ground emissions of methane[C]. 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2014: 808-812.
- 5) 机器人辅助气体断层扫描，气源定位  
Bennetts V H, Schaffernicht E, Stoyanov T, et al. Robot assisted gas tomography — Localizing methane leaks in outdoor environments[C]. 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2014: 6362-6367.
- 7) 矿区测绘
  - Neumann T, Ferrein A, Kallweit S, et al. Towards a mobile mapping robot for underground mines[C]. Proceedings of the 2014 PRASA, RobMech and AfLaT International Joint Symposium, Cape Town, South Africa, 2014: 27-28.
  - Gallant M J, Marshall J A. Two-Dimensional Axis Mapping Using

- LiDAR[J]. IEEE Transactions on Robotics, 2016, 32(1): 150-160.
- Gallant M J, Marshall J A. Automated rapid mapping of joint orientations with mobile LiDAR[J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2016, 90: 1-14.
  - Ferrein A, Kallweit S, Lautermann M. Towards an autonomous pilot system for a tunnel boring machine[C]. 2012 5th Robotics and Mechatronics Conference of South Africa, 2012: 1-6.

## 7. 运动目标跟踪

### 1) 将昆虫神经生理学知识应用于移动机器人目标跟踪

Bagheri Z M, Cazzolato B S, Grainger S, et al. An autonomous robot inspired by insect neurophysiology pursues moving features in natural environments[J]. Journal of neural engineering, 2017, 14(4): 046030.

### 2) Husky 对人进行跟踪和跟随

- Olmedo N A, Zhang H, Lipsett M. Mobile robot system architecture for people tracking and following applications[C]. 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2014), 2014: 825-830.
- Leigh A, Pineau J, Olmedo N, et al. Person tracking and following with 2D laser scanners[C]. 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2015: 726-733.

## 2 附录 1 :



输出电源: 5V 5A  
12V 5A  
24V 5A

通讯接口: RS232

上图: HUSKY 输出电源接口



电池类型	密封铅酸电池
容量	24V 20Ah
待机时间	8 Hours
工作时长	3 Hours
充电时间	4 Hours

注: 不可长时间无电, 用完后尽快充电

上图: HUSKY 电池说明

## 附录 2 :

UR5 用户手册  
Husky 用户手册

## 附录 3

表 1：方案对比一览表

项目	本方案	其他方案
对接难度	无需其他电源及通信接口	一般需要重新匹配电源
可选资源	各配件由我司自主开发	大部分外部采购
开发方式	1、界面开发；2、ROS 开发	界面开发
开源形式	代码开源并提供接口	第三方接口
兼容性	自主软硬件，开发兼容性好	第三方配件接口不统一
售后支持	全技术支持	部分第三方

**刘裕诗** (销售总监)

TEL: (+86) 180-6202-0228

武汉京天电器有限公司

Wuhan Jingtian Electrical Co. limited

公司地址：武汉市洪山区光谷时代广场 A 座 1907、1908 室

No. 1908 Building A, Optics Valley Times Square, Wuhan City, Hubei Province,  
China

Tel: 027-87522899

Fax: 027-87522899

<http://www.jingtianrobots.com/>