



中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

# 《机器人系统设计》 V-REP机器人仿真系统

## 第一节 软件环境介绍



中国科学院自动化研究所  
Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences



# 机器人仿真系统

机器人系统设计是一个复杂的过程，一套完整的机器人系统，所需要进行设计的内容，包含了机器人从机械本体结构，机器人驱动器及电路，机器人传感器，到机器人驱动程序、机器人操作系统及用户程序的大量工作。

为了对前期方案进行快速的测试，对现有设计方案的修改进行提前验证，机器人仿真应运而生。仿真的基本思想是利用物理或者数学模型来类比模仿过程以寻求过程的规律。

# 机器人仿真系统



通过计算机对实际的机器人系统进行模拟。机器人系统仿真可以通过单机或多台机器人组成的工作站或生产线。仿真可以通过交互式计算机图形技术和机器人学理论等，在计算机中生成机器人的几何图形，并对其进行三维显示，用来确定机器人的本体及工作环境的动态变化过程。通过系统仿真，可以在制造单机与生产线之前模拟出实物，缩短生产工期，可以避免不必要的返工。在使用的软件中，工作站级的仿真软件功能较全，实时性高且真实性强，可以产生近似真实的仿真画面；而微机级仿真软件随实时性和真实性不高，但具有通用性强、使用方便等优点。目前机器人系统仿真所存在的主要问题是仿真造型与实际产品之间存在误差，需要进一步的研究解决。

# 平台列表

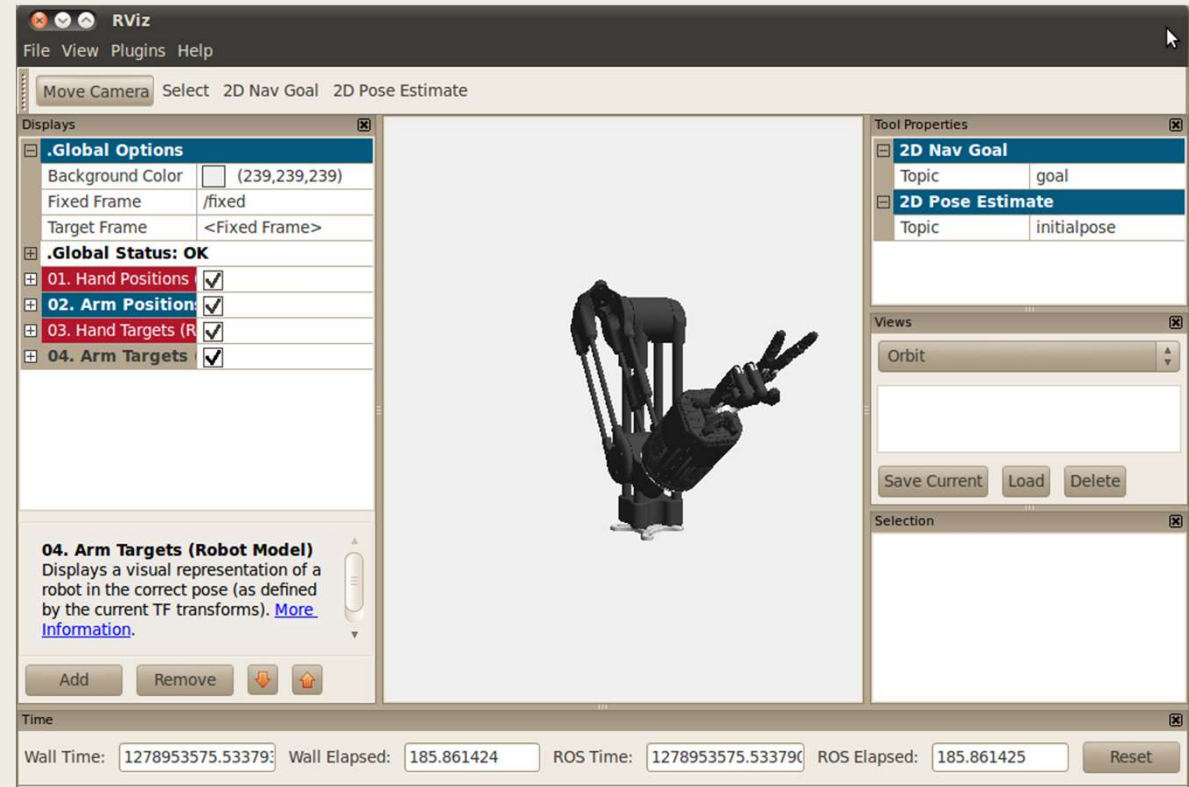
- 01. Microsoft Robotics Developer Studio
- 02. RoboLogix
- 03. Anycode
- 04. Webots
- 05. Roboguide
- 06. MotoSim
- 07. RobotExpert
- 08. RobotStudio
- 09. RobotSim
- 10. SimplyCube
- 11. Workspace
- 12. WorkCellSimulator
- 13. AX On Desk
- 14. RoboWorks
- 15. Blender
- 16. Gazebo
- 17. Simbad
- 18. Lpzrobots
- 19. Ezphysics
- 20. V-REP
- 21. EASY-ROB
- 22. AristoSim
- 23. Morse
- 24. Eureka
- 25. ANVEL
- 26. STDR





# 常见的仿真平台

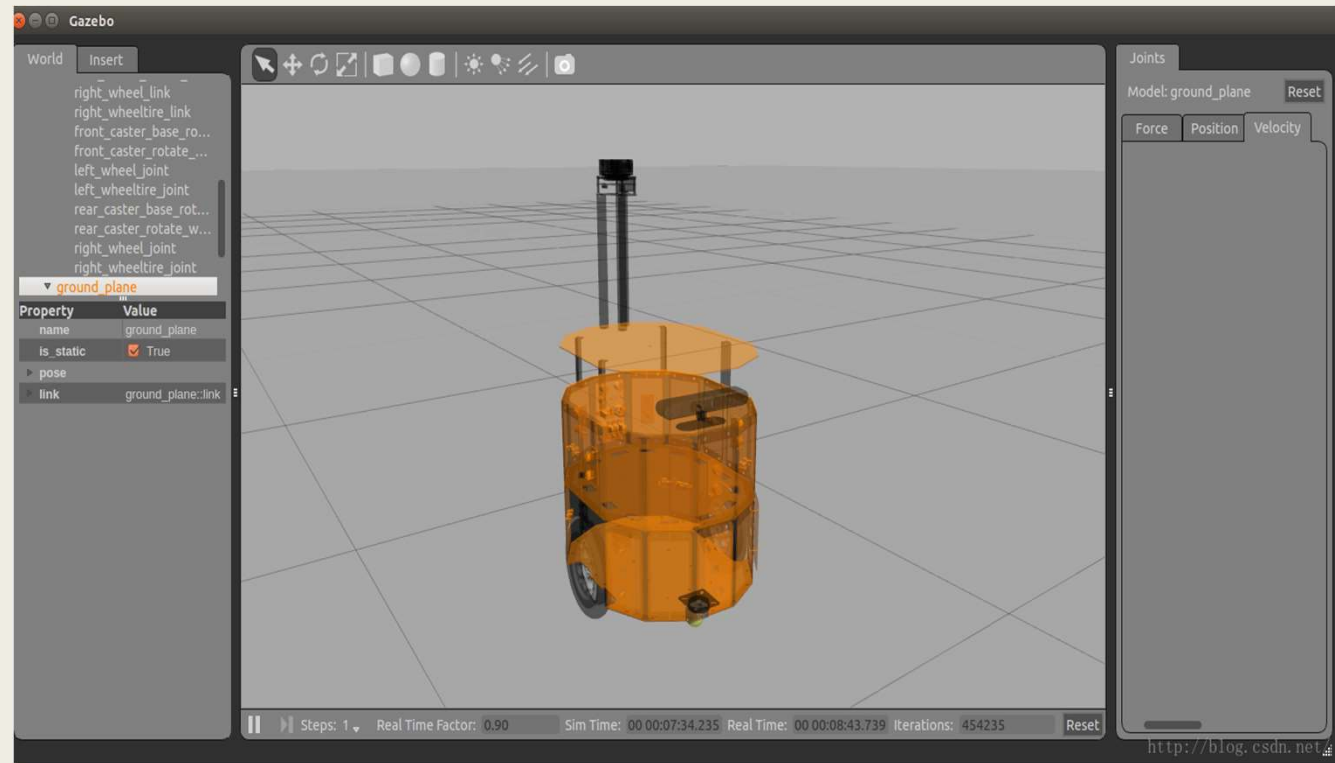
- ROS-RViz: 机器人可视化平台
- 可以实现建立地图以及路径导航等的动态观测。
- 机器人传感器和内部状态可视化
- 是辅助学习ROS的快捷方法。





# 常见的仿真平台

- Gazebo: 机器人动力学仿真
- 免费，开源机器人仿真软件
- 使用ODE物理引擎，支持多种虚拟机器人设备
- 开发好的程序经过简单修改即可应用于机器人控制





# 常见的仿真平台

- Gazebo: 机器人动力学仿真
- 免费, 开源机器人仿真软件
- 使用ODE物理引擎, 支持多种虚拟机器人设备
- 开发好的程序经过简单修改即可应用于机器人控制

构建机器人运动仿真模型

- 基础三维编辑功能
- 提供多种2D、3D设计软件结构

构建现实世界场景的仿真模型

- 可以通过放置场景库中的物品模拟显示世界
- 支持从2D草图到3D模型构建房屋

强大的传感器仿真模型

- 含有强大的传感器模型库
- 可以手动制作传感器
- 为传感器添加噪声模型, 接近真实物理环境

为机器人模型添加现实世界的物理性质

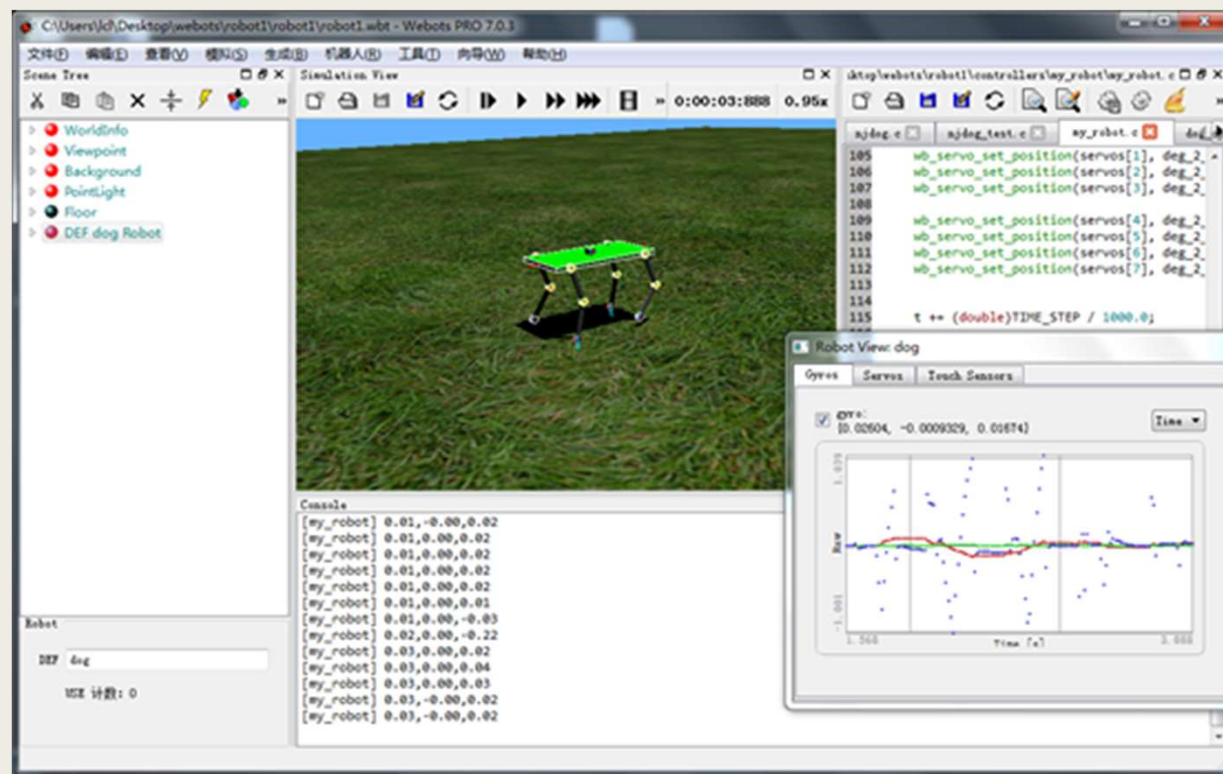
- 物理引擎接近真实世界





# 常见的仿真平台

- Webots : 具备建模、编程和仿真移动机器人开发平台
- 用于地面机器人仿真, 使用ODE引擎检测物体碰撞和模拟刚性结构的的动力学特性

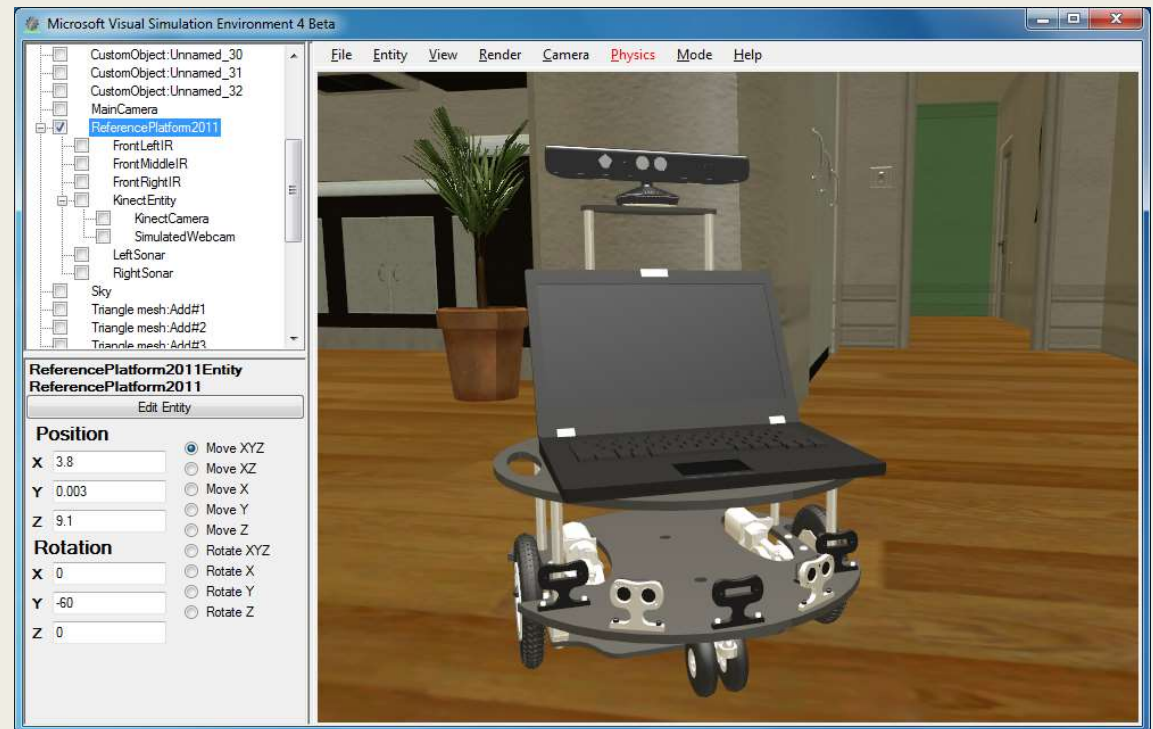




# 常见的仿真平台



- MRDS-Microsoft Robotics Developer Studio: 基于windows的机器人仿真控制平台
- 基于实时并发协调同步CCR(Concurrency and Coordination Runtime)和分布式软件服务DSS(Decentralized Software Services), 进行异步并行任务管理并允许多种服务协调管理获得复杂的行为, 提供可视化编程语言(VPL)和可视化仿真环境(VSE)
- 编程语言为C#



# 常见的仿真平台

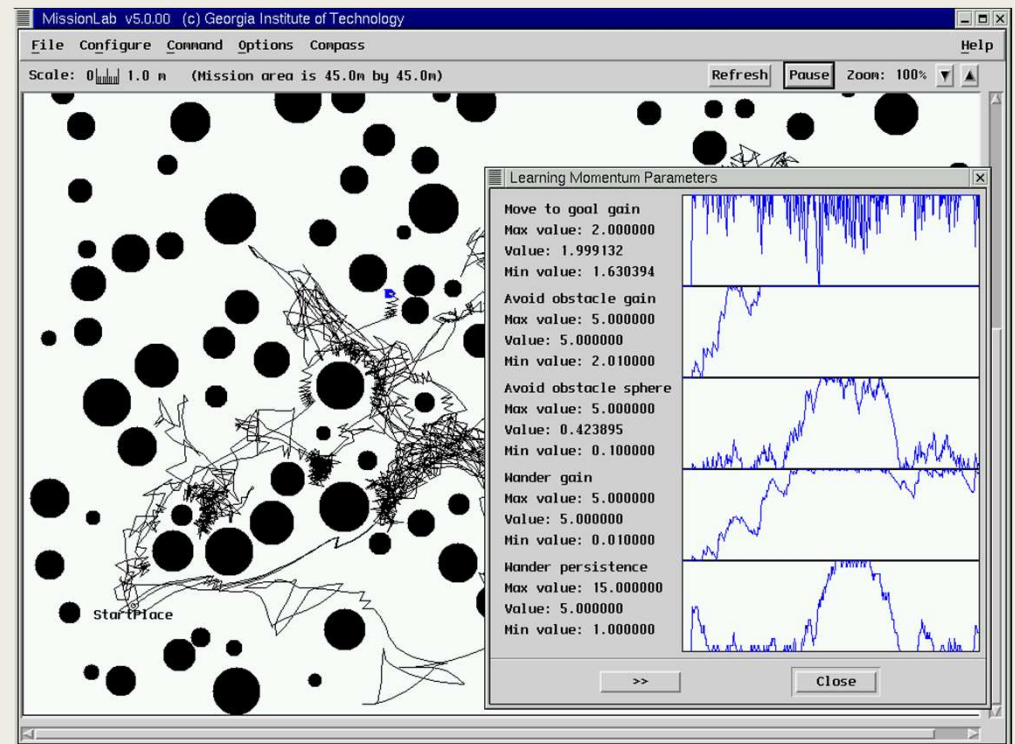
- USARSim-Unified System for Automation and Robot Simulation：多机器人仿真平台
- 主要针对地面机器人
- 是RoboCup救援虚拟机器人竞赛和虚拟制造自动化竞赛的基础平台
- 使用开放动力学引擎  
ODE(Open Dynamics Engine)
- 支持三维的渲染和物理模拟





# 常见的仿真平台

- MissionLab: 单或多机器人控制平台
- 支持仿真和真实机器人同时实验, 直接控制主流商用机器人
- 分布式体系结构
- 起初是为DARPA开发用于研究在敌对环境多智能体机器人系统灵活反应控制, 现已开源
- 仅支持Linux操作系统





# 常见的仿真平台

- MORSE-Modular OpenRobots Simulation Engine: 单或多机器人控制平台
- 能控制实际仿真的自由度
- 运用Blender实时游戏引擎进行原始渲染
- 提供人与机器人的交互仿真
- 使用Python编程
- 但无法进行精确的动力学仿真, 时钟同步能力性能较差





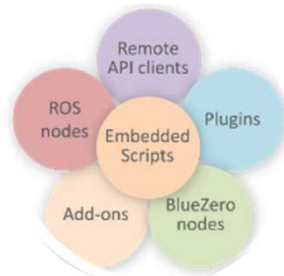


# v-rep

virtual robot experimentation platform



跨平台、可移植  
(Windows、MacOS、Linux)



六种编程方法 (嵌入式脚本、插件、附加组件、ROS节点、远程客户端应用编程接口、或自定义的解决方案)

```
simBroadcastMessage  
simBuildIdentityMatrix  
simBuildMatrix  
simCameraFitToView  
simCheckCollision  
simCheckCollisionEx  
simCheckDistance  
simCheckProximitySensor  
simCheckProximitySensorEx  
simCheckVisionSensor  
simClearSignal
```

七种编程语言  
(C/C++、Python、Java、Lua、Matlab、Octave、和 Urbi)



4个物理引擎 (ODE, Bullet, Vortex, Newton)



完整的运动学解算器 (对于任何机构的逆运动学和正运动学)

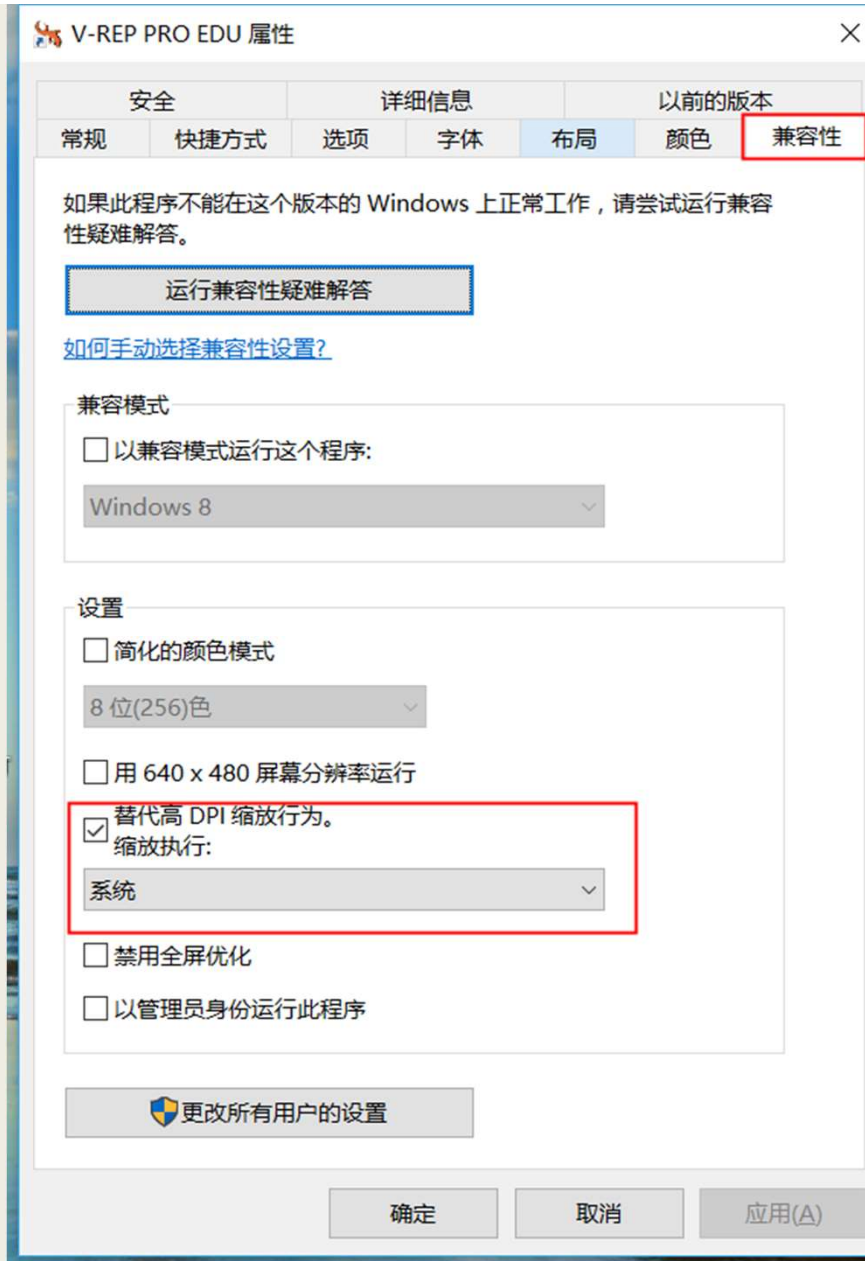
# 软件安装



- 官网下载地址: [http://coppeliarobotics.com/files/V-REP\\_PRO\\_EDU\\_V3\\_5\\_0\\_Setup.exe](http://coppeliarobotics.com/files/V-REP_PRO_EDU_V3_5_0_Setup.exe)
- 下载对应的教育免费版
- 最新版为3.5.0, 只支持在64位系统安装。

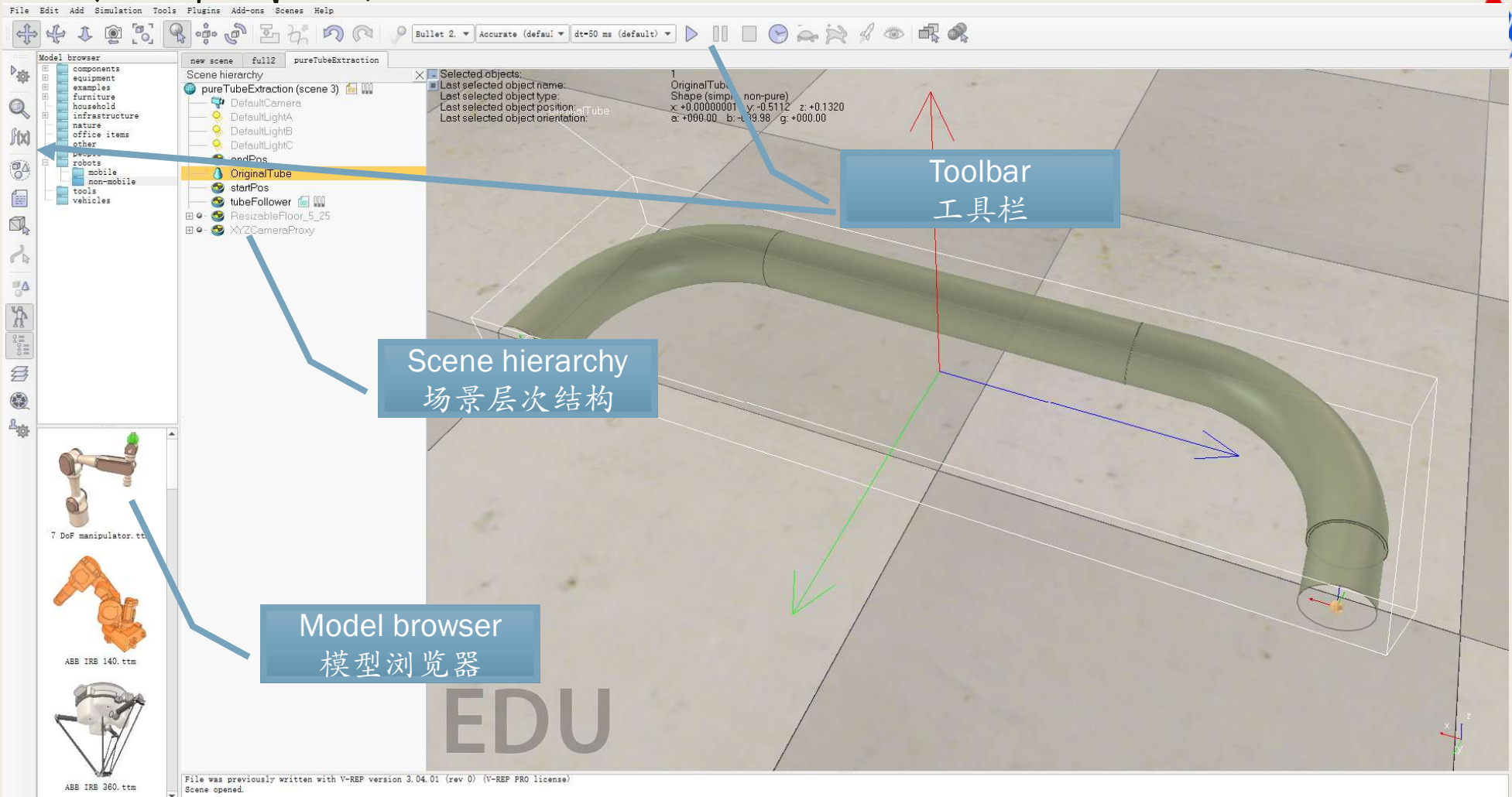
# 软件安装

- V-REP在高分辨率电脑上的字体过于小，参照下图修改文字显示大小。



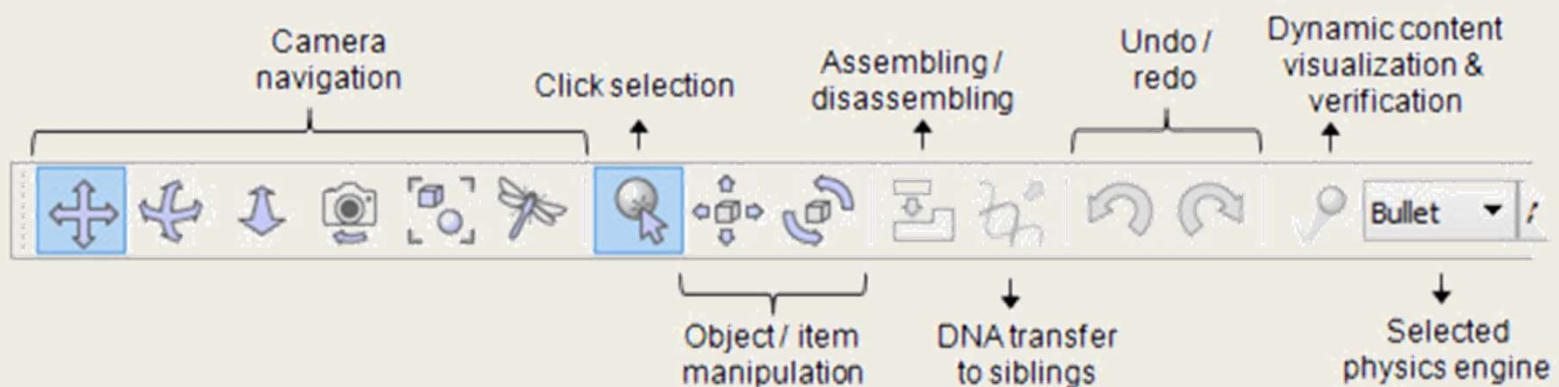


# 软件界面





# Toolbar1 顶部工具栏



Camera navigation: 相机控制，分别控制相机的平移，旋转，拉伸，适应画面等内容。

Item manipulation: 用于控制场景物体的位置和姿态

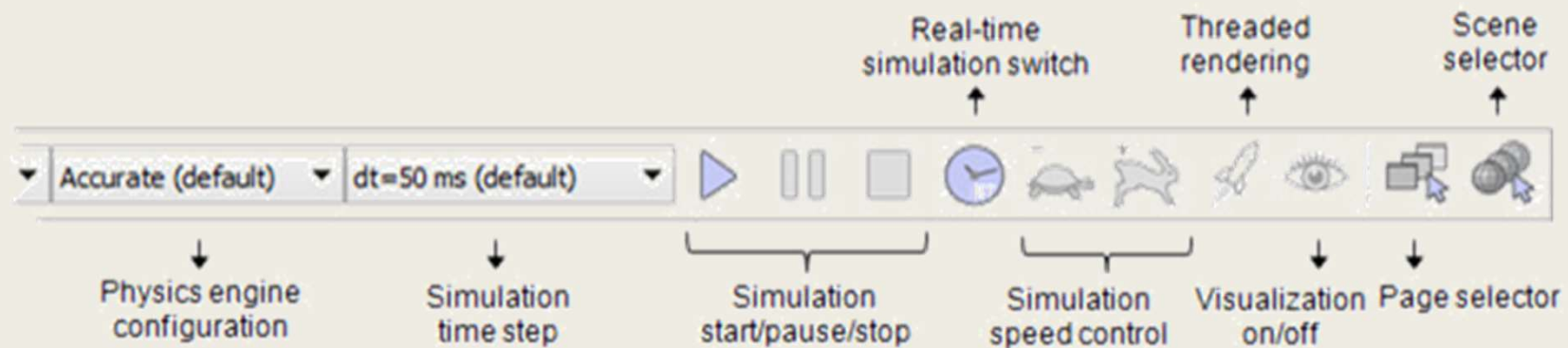
Assembling: 控制物体的装配关系

DNA transfer to siblings: 快速设置多个相同（拥有同样DNA）的物体

Dynamic content visualization & verification: 外观显示与物理模型切换

Selected physical engine: 物理引擎选择

# Toolbar1 顶部工具栏



Physics engine configuration: 物理引擎精确度设置

Simulation time step: 设置仿真步长

Simulation speed control: 仿真显示速度设置

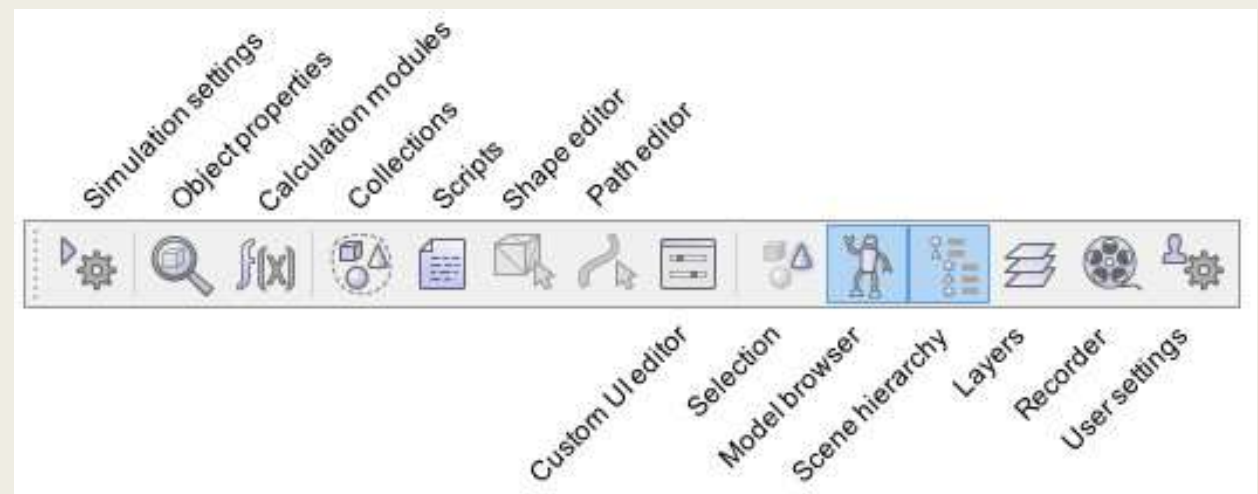
Page selector: 页面选择器, 用于选择当前可视的页面, 如三维视图, 三视图等





# Toolbar2 左侧工具栏

- 左侧工具栏包含了仿真设置、物体属性、计算模块、集合、脚本、形状编辑器、路径编辑器、自定义UI编辑、模型浏览器开关、场景层次结构、显示层和录像机等功能。



# Scene hierarchy 场景层次结构

场景层次结构包含了整个场景内的全部物体，并通过parent-child结构展示，可以看到整个机器人地拖动关系。

每一个实体只能在层级树中出现一次，不能被多次引用。

灰色文字标识的物体不在当前地layer中

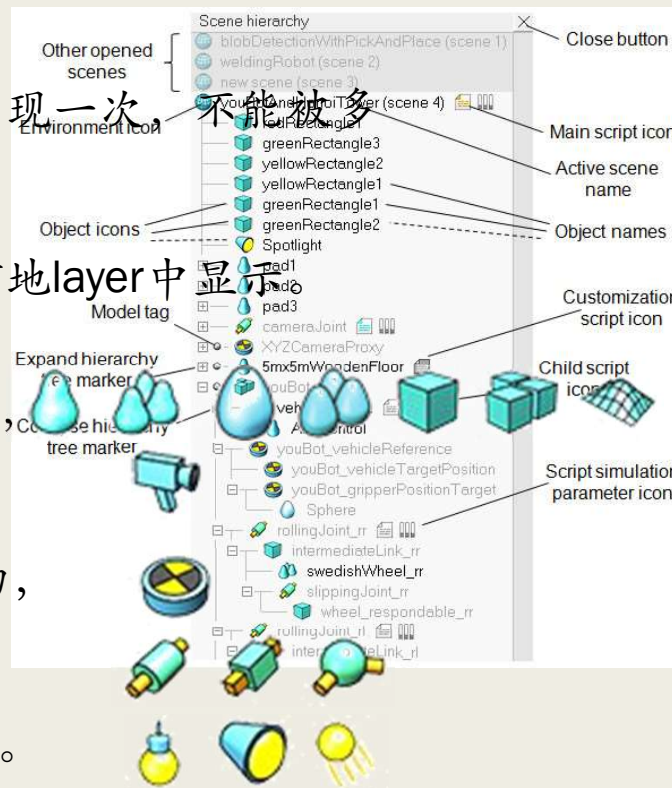
常见的图标包括: shape 形状,

camera 相机,

dummy 虚拟物，

joint 关节,

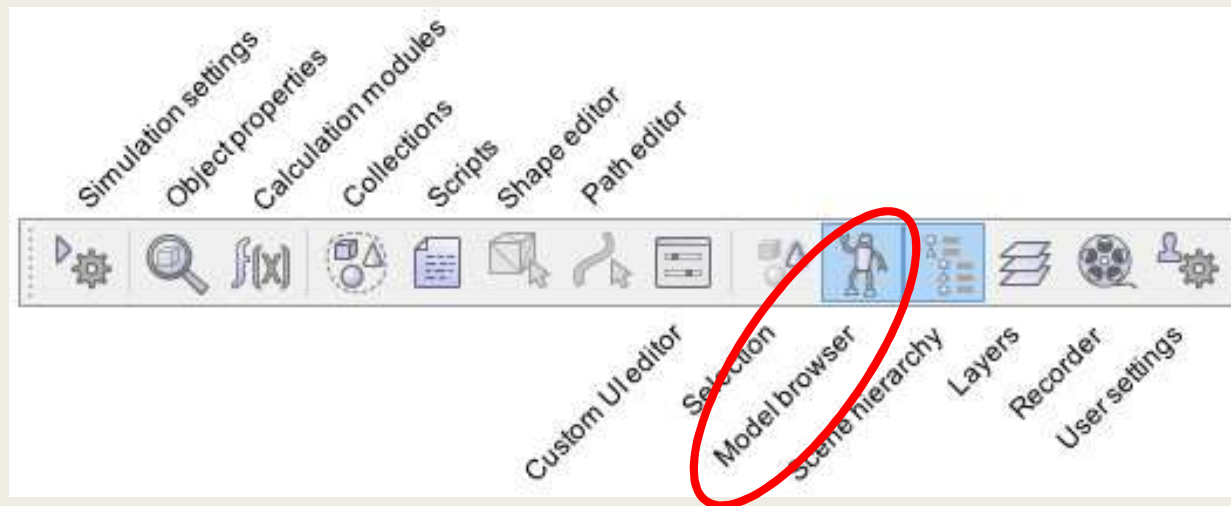
light 光照等等。





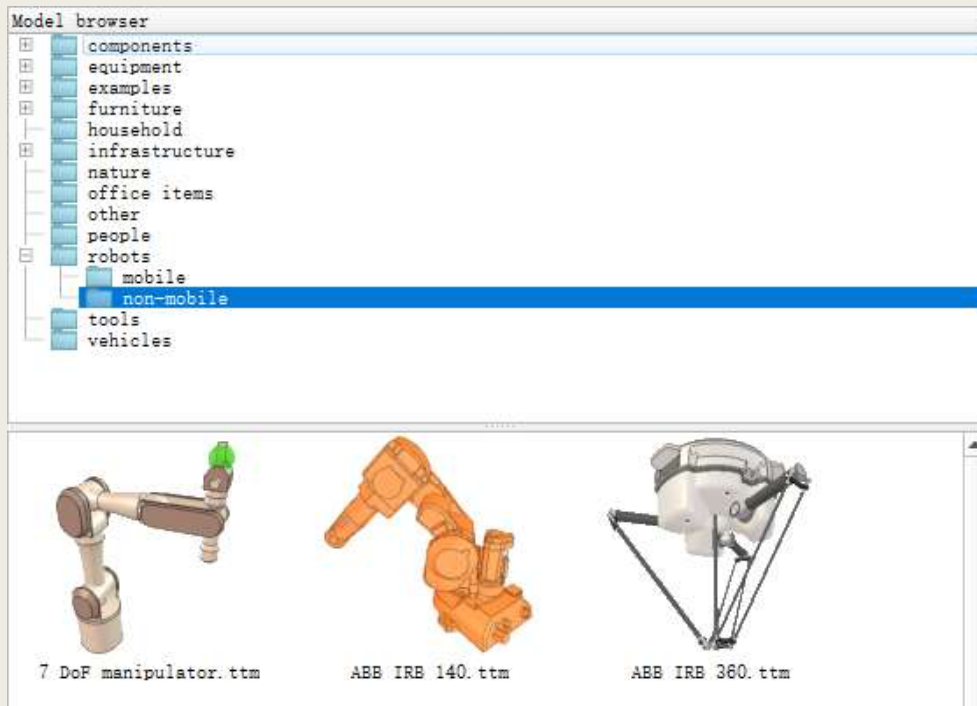
# Model browser 模型浏览器

模型浏览器提供了大量可以直接使用的模型，包括了actuator执行器，抓手，传感器，以及多种完整的机器人模型，例如ABB IRB 140, ABB IRB 360, Adept Quattro 650HS, Baxter机器人等等。





# Model browser 模型浏览器







# Console window 控制台窗口

- V-REP的控制台窗口默认是隐藏的。
- 开启后可以通过命令控制软件，用于软件与外部程序交互。

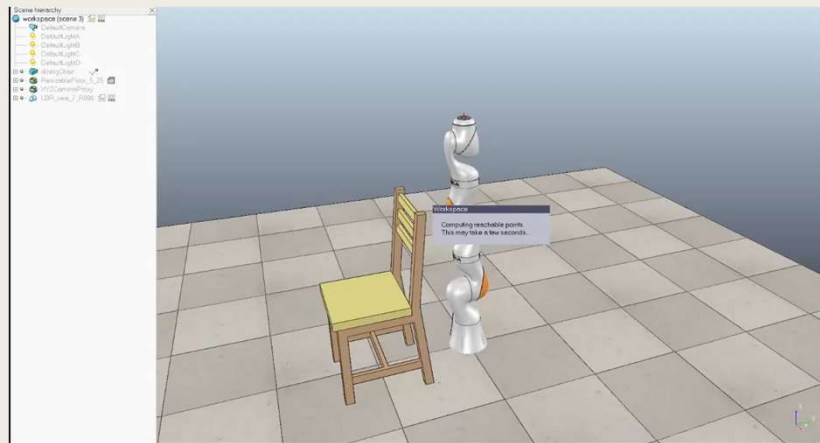
```
V-REP PRO EDU
Plugin 'SDF': loading...
Plugin 'SDF': load succeeded.
Plugin 'SimpleFilter': loading...
Plugin 'SimpleFilter': load succeeded.
Plugin 'SurfaceReconstruction': loading...
Plugin 'SurfaceReconstruction': load succeeded.
Plugin 'Urdf-a': loading...
Plugin 'Urdf-a': load succeeded.
Plugin 'Urdf': loading...
Plugin 'Urdf': load succeeded.
Plugin 'Vision': loading...
Plugin 'Vision': load succeeded.
Plugin 'Wii': loading...
Plugin 'Wii': load succeeded.
Using the 'MeshCalc' plugin.
Checking for an updated V-REP version...
Failed checking whether this V-REP version is up-to-date.
Please visit www.coppeliarobotics.com to verify
that you are running the last V-REP version.
Add-on script 'vrepAddOnScript-addOnScriptDemo.lua' was loaded.
Add-on script 'vrepAddOnScript-addOnScriptDemo.lua' was loaded.
Initializing the Bullet physics engine in plugin 'DynamicsBullet_2_78'...
Engine version: 2.78
Plugin version: 9
Initialization successful.
Initializing the Bullet physics engine in plugin 'DynamicsBullet_2_78'...
Engine version: 2.78
Plugin version: 9
Initialization successful.
```



# 例1. 工作空间计算

- 非移动机器人设计的重要一环，就是机器人机械臂的工作空间计算
- 本案例计算并显示了机械臂的工作空间。

# 例1. 碰撞检测





## 例2. 碰撞检测

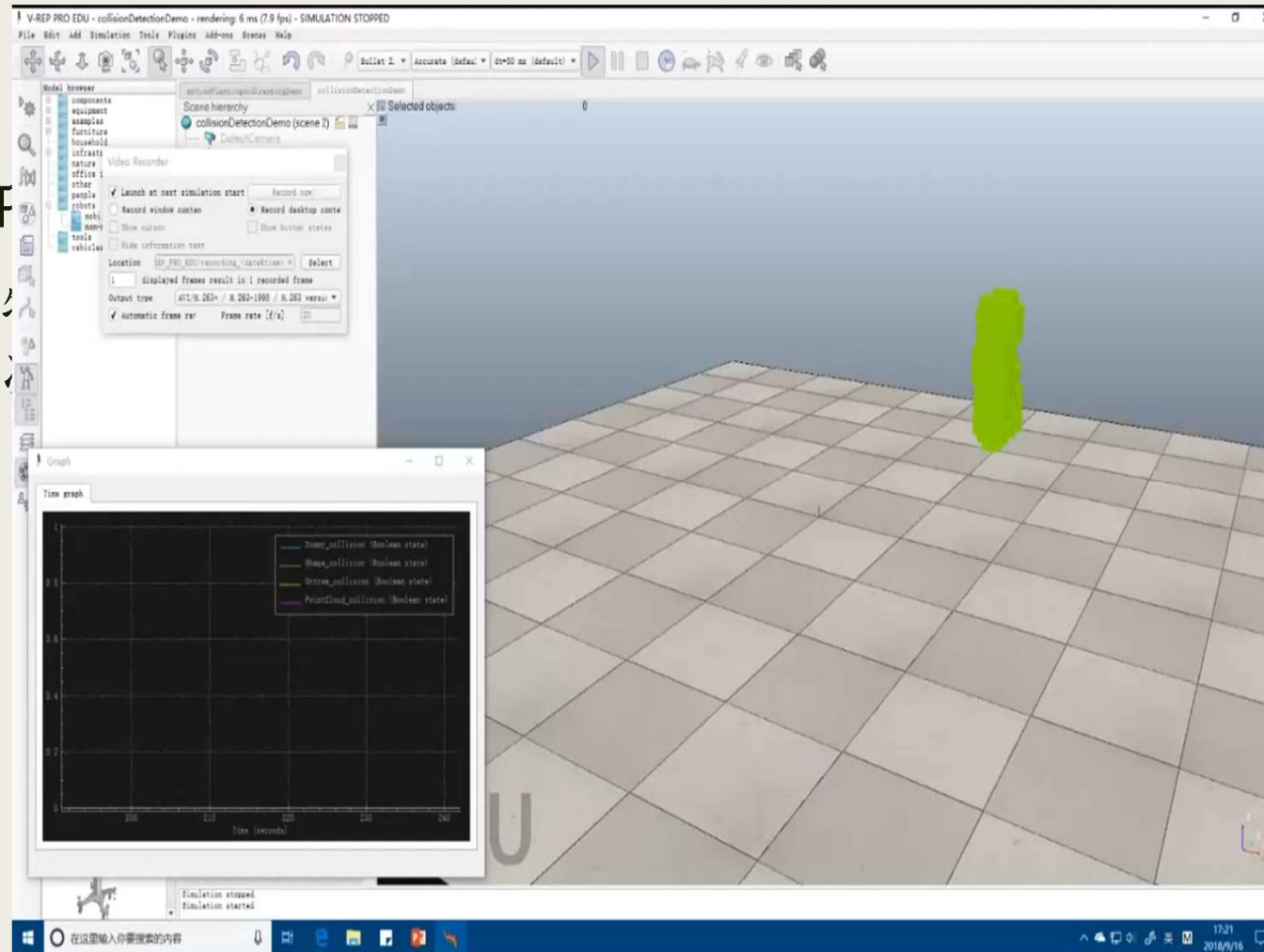
- V-REP可以实现精准的基于物理引擎的碰撞检测。
- 三个物体同时在空间自由运动，同时记录三个物体之间的碰撞情况，显示于左下方的图中。



## 例2. 碰撞检测

■ V-REF

■ 三个碰撞情况



间的碰



## 例3. 机器人轨迹跟踪与抓取

使用双机械臂，实现机器人的轨迹跟踪和抓取。

A、B机器人分别按照既定的轨迹抓取水杯，完成动作。



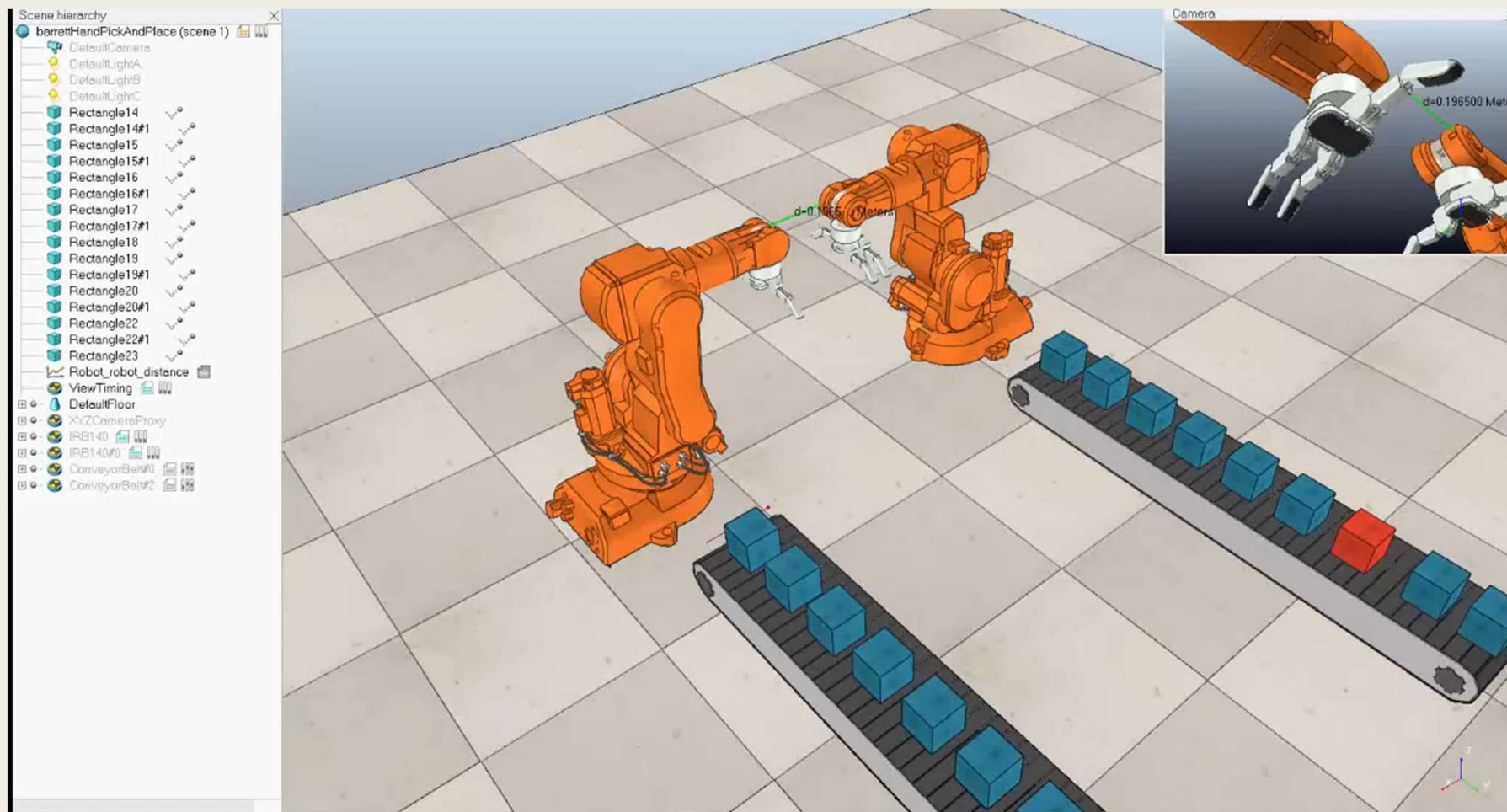


## 例4. 传送带机器人搬运与协作

- 在机器人仿真中，还可以使用V-REP自带的场景模型，配合机器人进行工业场景的仿真。
- 例如传送带和机器人联合控制仿真，实现：
  - 传送带机器人协作
  - 机器人协作
  - 轨迹规划
- 同时案例中也使用了镜头的轨迹规划，提供更好的观感。



## 例4.传送带机器人搬运与协作



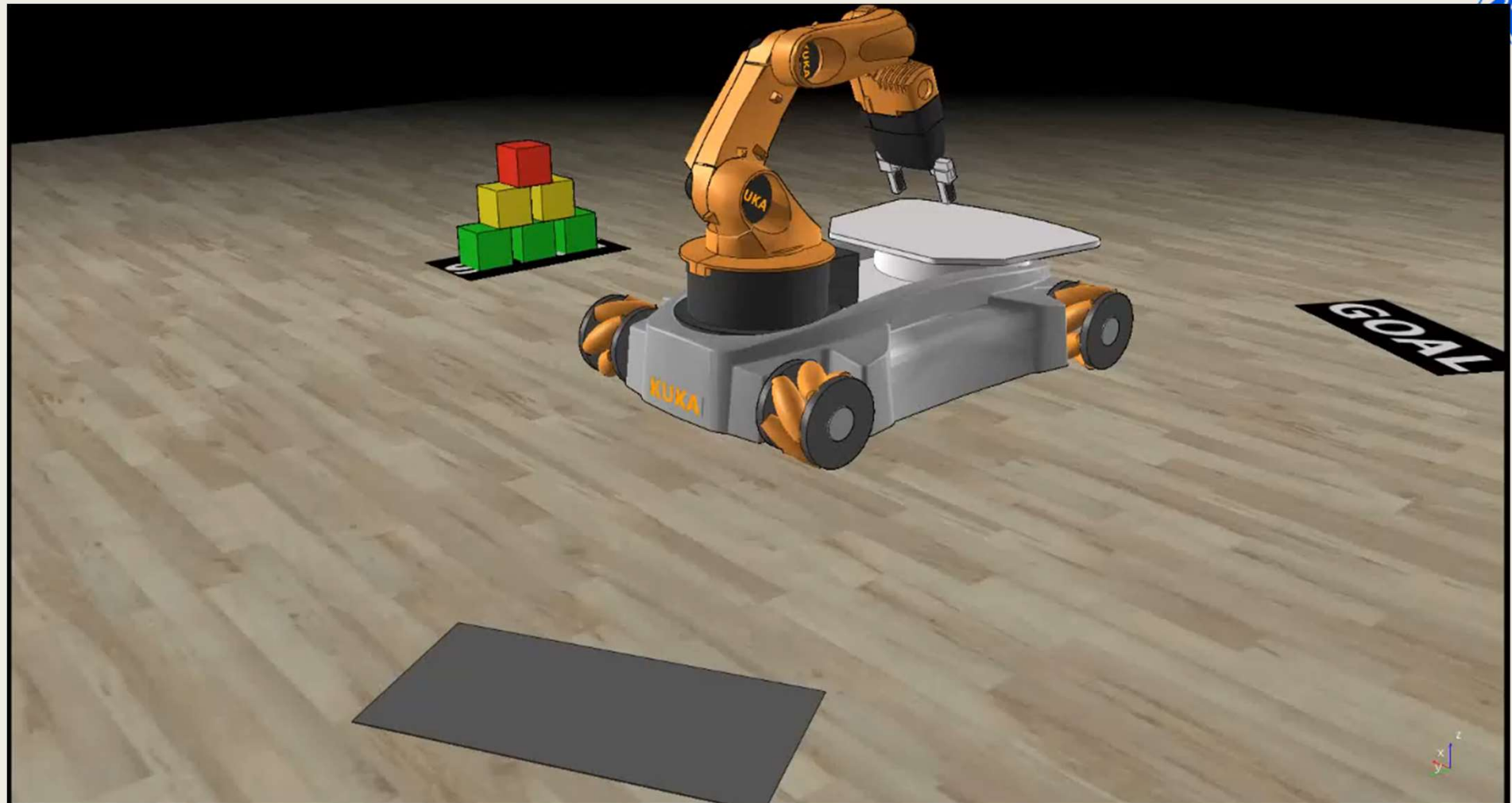


## 例5. 移动机器人机器人搬运

- V-REP中也支持移动机器人的仿真，案例中使用了KUKA机器人搬运方块。
- 仿真实现了：
  - 移动机器人轨迹规划与搬运
  - 机械臂抓取与摆放
  - 物体掉落检测



## 例5. 传送带机器人搬运与协作



# 课后练习



- 1. 安装V-REP教育免费版，熟悉软件环境
- 2. 尝试自己了解并使用软件，联系课程内容思考：V-REP仿真和真实机器人系统设计有什么异同。



中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

谢谢大家



中国科学院自动化研究所  
Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences