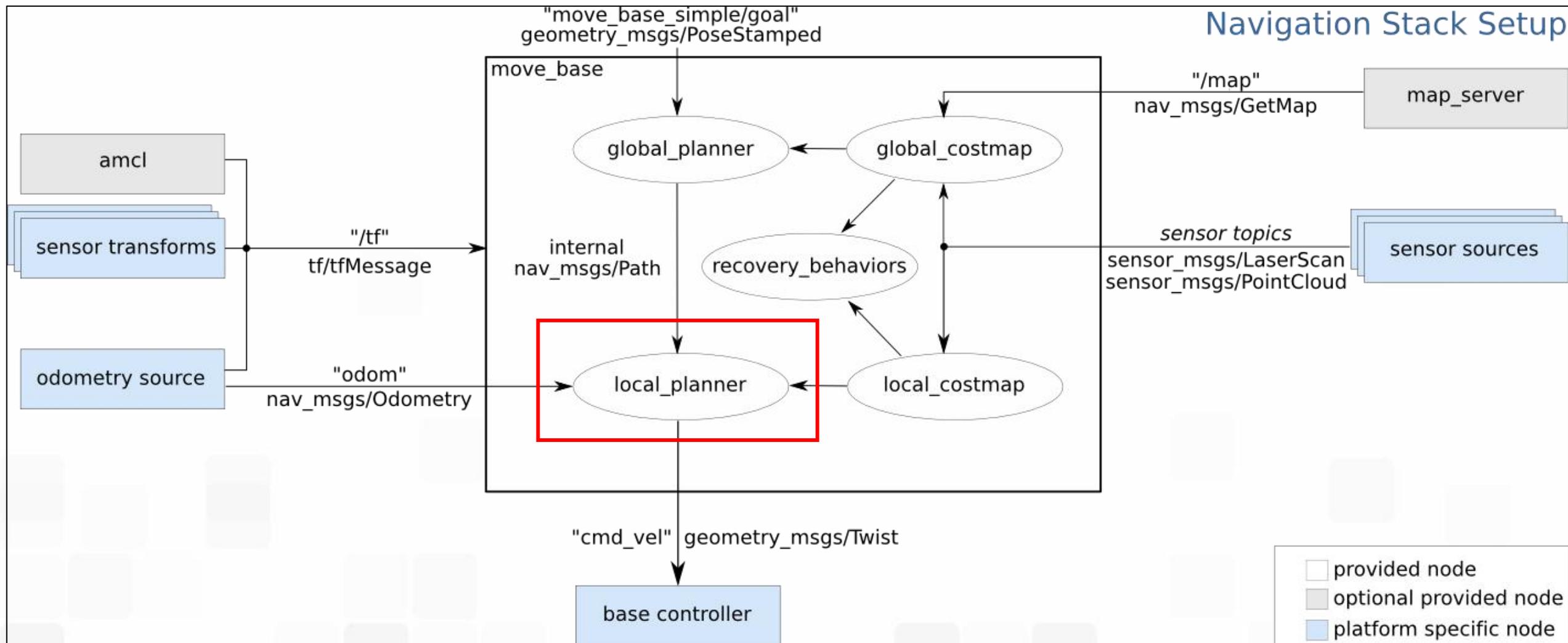




**WHEELTEC**  
轮趣科技

# 局部路径规划 ——TEB算法

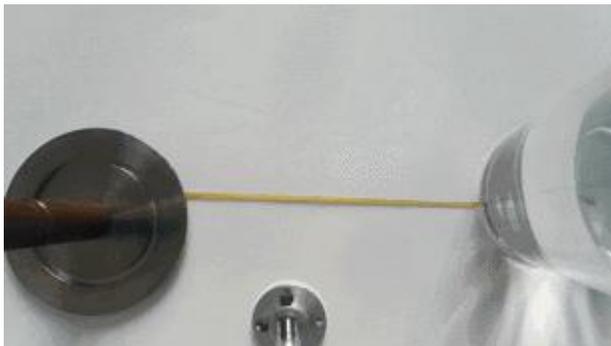
# 局部路径规划之Teb——Timed-Elastic-Band



## 局部路径规划之Teb——Timed-Elastic-Band

对二维路径的描述，有一个有趣的方法，叫做Elastic Band（橡皮筋）

简而言之，就是连接起始、目标点，并让这个路径可以变形，变形的条件就是将所有约束当做橡皮筋的外力。



先定义一下我们的橡皮筋：

起始点、目标点状态由用户/全局规划器指定，中间插入N个控制橡皮筋形状的控制点（机器人姿态）

当然，为了显示轨迹的运动学信息，我们在点与点之间定义运动时间Time。

time + elastic band = timed elatics band

于是，这个方法就叫做Timed-Elastic-Band

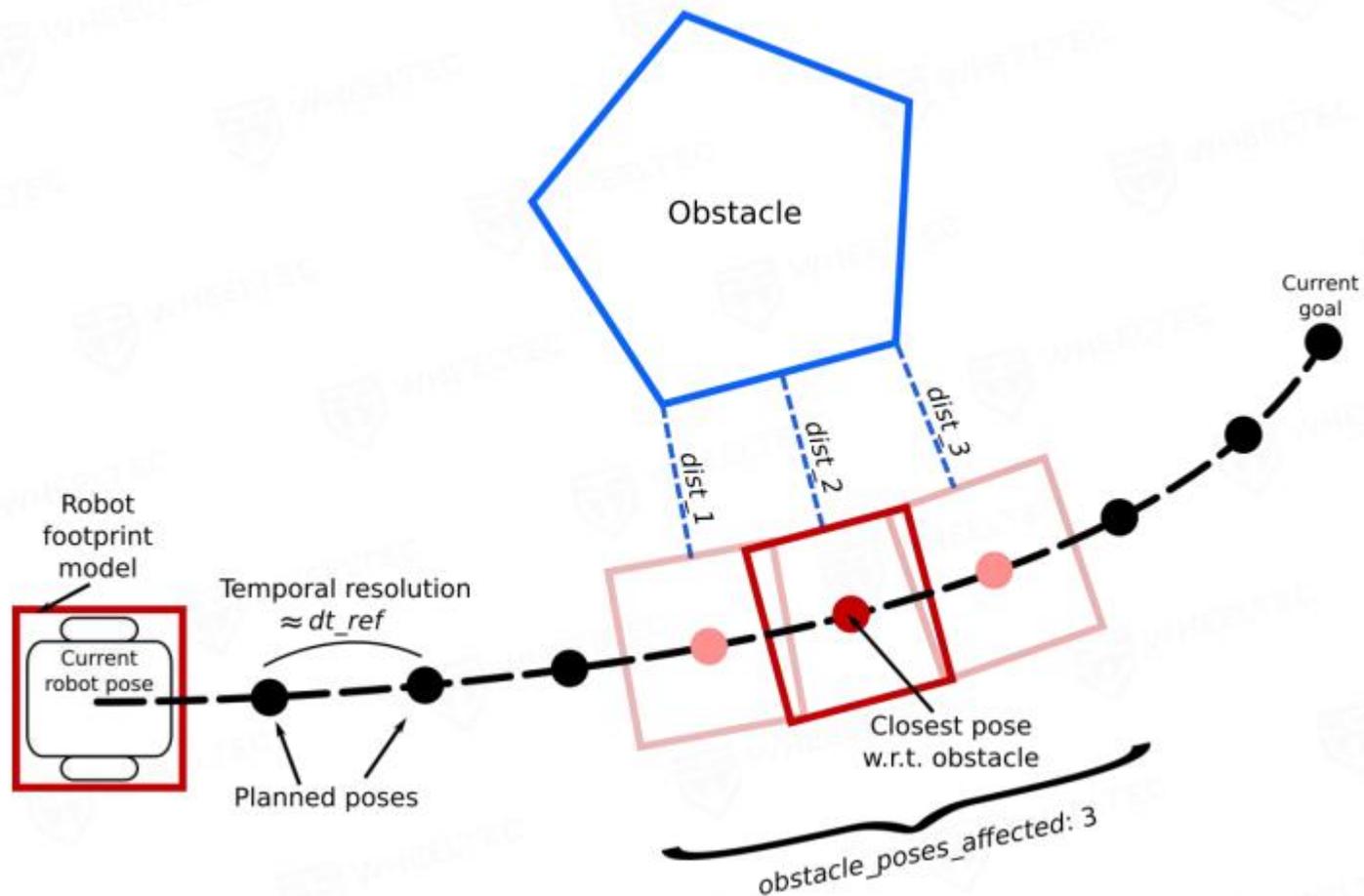
## 局部路径规划之Teb——Timed-Elastic-Band

起始点、目标点状态由全局规划器指定，中间插入N个控制橡皮筋形状的控制点（机器人姿态）

在点与点之间定义运动时间Time。

这个路径可以变形，变形的条件就是将所有约束当做橡皮筋的外力

注意，每个目标函数只与elastic band中的某几个连续状态有关，而非整条band。

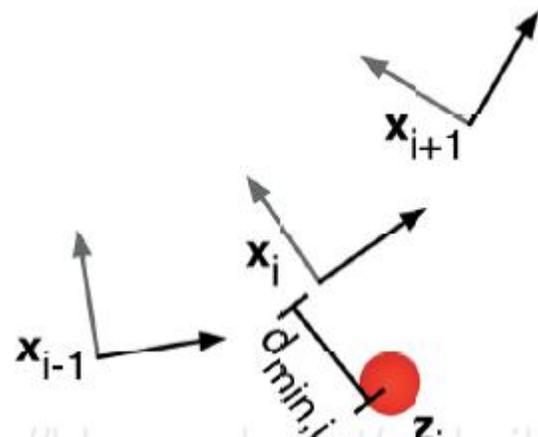


## 约束目标函数

### (1) 跟随路径+避障

约束主要有两个目标：跟随已知的全局规划路径和避障。

两个目标函数均十分相似，算是一类问题。跟随路径施力将elastic bands拉向全局路径，而避障约束施力使得elastic bands远离障碍物。



### (2) 速度/加速度约束

我们的橡皮筋只定义了姿态  $(x,y,\theta)$  与两两状态直接的时间，所以就直接用差分近似计算好了

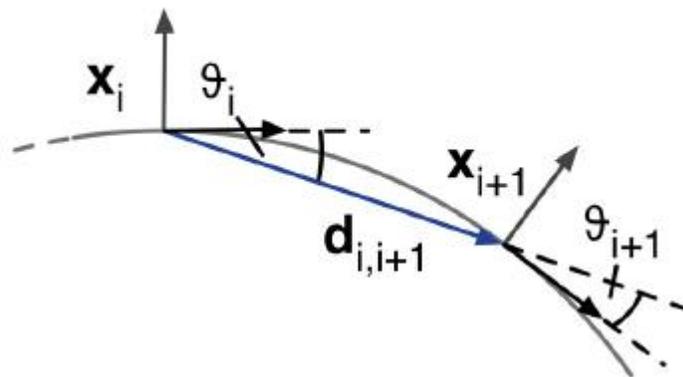
$$v_{\min} \leq f_v(B) \leq v_{\max}$$

$$a_{\min} \leq f_a(B) \leq a_{\max}$$

## 约束目标函数

### (3) 运动学限制

若干弧段组成的平滑的轨迹，不希望车漂移起来  
我们的控制量只有车速（油门）与转角（方向盘）  
阿克曼结构有最小转弯半径，麦轮/差速/全向轮车为0



### (4) 最快路径约束

目标函数使得机器人获得最快路径，路径上的各位姿点在时间上均匀分开，而非传统的空间上求最短路径

# 优化

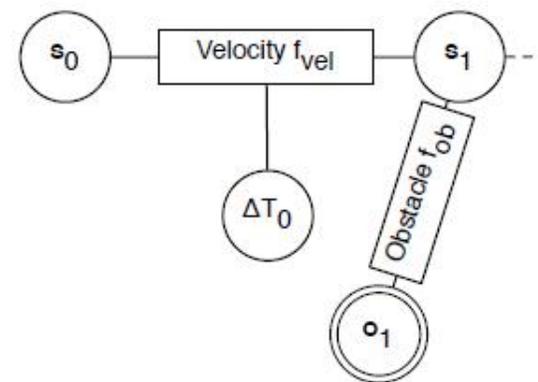
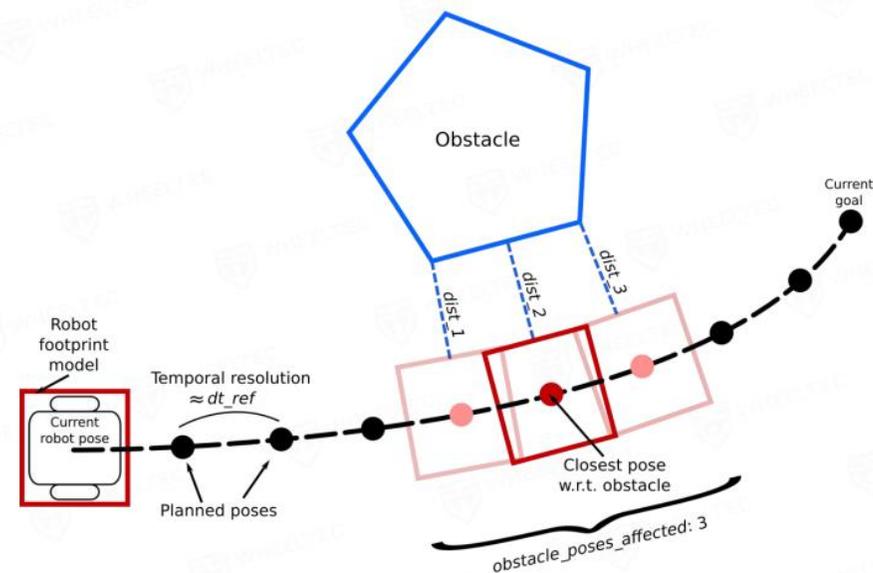
局部优化：“TEB”被表述为一个多目标优化问题，大多数目标都是局部的，只与一小部分参数相关，因为它们只依赖于几个连续的机器人状态。

优化算法：使用开源框架“g2o”：点(node) & 边(edge)

g2o: General Graph Optimization通用图优化法

TEB生成的局部轨迹由一系列带有时间信息的离散位姿(pose)组成，g2o算法优化的目标即这些离散的位姿，使最终由这些离散位姿组成的轨迹能达到时间最短、距离最短、远离障碍物等目标，同时限制速度与加速度使轨迹满足机器人的运动学。

全局路径——加入约束——g2o优化——速度指令



## 参数

### # Trajectory

**teb\_autosize: True** #优化期间允许改变轨迹的时域长度

**dt\_ref: 0.45** #局部路径规划的解析度# minimum 0.01

**dt\_hysteresis: 0.1** #允许改变的时域解析度的浮动范围，一般为 dt\_ref 的 10% 左右 minimum 0.002

**global\_plan\_overwrite\_orientation: True** #覆盖全局路径中局部路径点的朝向

**max\_global\_plan\_lookahead\_dist: 3.0** #考虑优化的全局计划子集的最大长度

**feasibility\_check\_no\_poses: 5** #检测位姿可到达的时间间隔 minimum 0

### # Robot

**max\_vel\_x: 0.3** #最大x前向速度

**max\_vel\_y: 0.3** #最大y前向速度

**max\_vel\_x\_backwards: 0.35** #Maximum translational velocity of the robot for driving backwards

**max\_vel\_theta: 1.0** #最大转向角速度

**acc\_lim\_x: 0.15** #最大x向加速度

**acc\_lim\_y: 0.15** #最大y向加速度

**acc\_lim\_theta: 0.20** #最大角加速度

**min\_turning\_radius: 0.0** #车类机器人的最小转弯半径

**footprint\_model:** #用于优化的足迹模型(与通用配置文件中的footprint不通用)，该模型对于距离计算的复杂性和计算时间至关重要。与后面的参数min\_obstacle\_dist一起使用。

**type: "polygon"** #多边形类型for mec，默认"point"。

**#type: "circular"** #多边形类型for omni

**vertices: [[-0.133, -0.125], [-0.133, 0.125],[0.133,0.125],[0.133, -0.125]]** #多边形端点坐标 for mini\_mec

## 参数

### # GoalTolerance

`xy_goal_tolerance: 0.15` #目标 xy 偏移容忍度 minimum 0.001 maximum 0.2

`yaw_goal_tolerance: 0.1` #目标 角度 偏移容忍度 minimum 0.001 maximum 0.1

`free_goal_vel: False` #允许机器人以最大速度驶向目的地

### # Obstacles

`min_obstacle_dist: 0.30` #和障碍物最小距离

`include_costmap_obstacles: True` #是否将动态障碍物预测为速度模型，

`costmap_obstacles_behind_robot_dist: 1.0` #限制机器人后方规划时考虑的局部成本地图障碍物

`obstacle_poses_affected: 7` #障碍物姿态受影响0~30

`costmap_converter_plugin: ""`

`costmap_converter_spin_thread: True`

`costmap_converter_rate: 5`

## 参数

### # Optimization

**no\_inner\_iterations: 5** #被外循环调用后内循环执行优化次数

**no\_outer\_iterations: 4** #执行的外循环的优化次数

**optimization\_activate: True** #激活优化,

**optimization\_verbose: False** #打印优化过程详情

**penalty\_epsilon: 0.1** #对于硬约束近似, 在惩罚函数中添加安全范围

**weight\_max\_vel\_x: 1** #最大x速度权重0~2

**weight\_max\_vel\_y: 1** #最大y速度权重0~2

**weight\_max\_vel\_theta: 1** #最大w速度权重0~1

**weight\_acc\_lim\_x: 1** #最大x 加速度权重0~1

**weight\_acc\_lim\_y: 1** #最大y 加速度权重0~1

**weight\_acc\_lim\_theta: 1** #最大w 加速度权重 0~1

**weight\_kinematics\_nh: 1** #满足非完整运动学的最优权重

**weight\_kinematics\_forward\_drive: 1** #优化过程中, 迫使机器人只选择前进方向, 差速轮适用

**weight\_kinematics\_turning\_radius: 1** #优化过程中, 车型机器人的最小转弯半径的权重

**weight\_optimaltime: 1** #优化过程中, 基于轨迹的时间上的权重,

**weight\_obstacle: 50** #优化过程中, 和障碍物最小距离的权重, 0~50

**weight\_dynamic\_obstacle: 10** # not in use yet 优化过程中, 和动态障碍物最小距离的权重 0~50

**selection\_alternative\_time\_cost: False** # not in use yet

# rosrun rqt\_reconfigure rqt\_reconfigure

The screenshot displays the rqt\_reconfigure interface for the `/move_base/TebLocalPlannerROS` node. The interface is divided into several sections:

- Dynamic Reconfigure:** Includes a filter key, "Collapse all" and "Expand all" buttons, and a tree view showing the node structure. The `TebLocalPlannerROS` node is selected.
- Configuration Tabs:** The "Optimization" tab is active, showing various parameters with sliders and checkboxes.
- Parameters:** The following table lists the parameters and their current values:

Parameter	Value
no_inner_iterations	1
no_outer_iterations	1
optimization_activate	<input checked="" type="checkbox"/>
optimization_verbose	<input type="checkbox"/>
penalty_epsilon	0.1
weight_max_vel_x	1.0
weight_max_vel_y	1.0
weight_max_vel_theta	1.0
weight_acc_lim_x	1.0
weight_acc_lim_y	1.0
weight_acc_lim_theta	1.0
weight_kinematics_nh	1.0
weight_kinematics_forward_drive	0.0
weight_kinematics_turning_radius	1.0
weight_optimaltime	1.0
weight_shortest_path	0.0
weight_obstacle	50.0
weight_inflation	0.1
weight_dynamic_obstacle	10.0
weight_dynamic_obstacle_inflation	0.0
weight_velocity_obstacle_ratio	0.0
weight_viapoint	1.0



**WHEELTEC**  
轮 趣 科 技

**THANK YOU**

感谢聆听