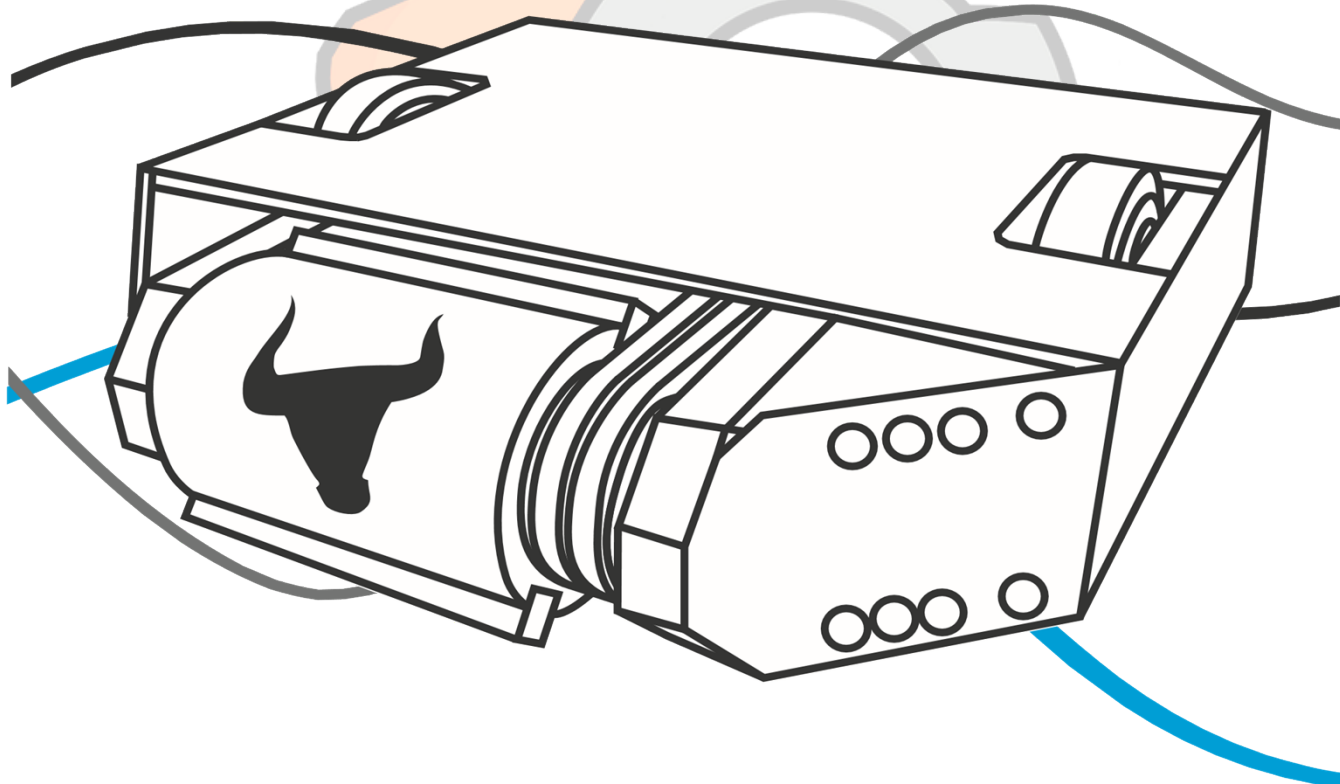


RioBotz

格斗机器人教程

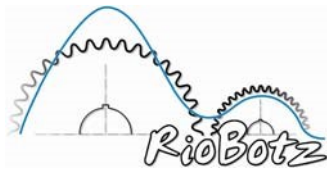
VERSION 2.0 MARCH 2009



WWW.RIOBOTZ.COM.BR



RIOBOTZ COMBAT ROBOT TUTORIAL IS LICENSED UNDER A CREATIVE COMMONS
ATTRIBUTION-NONCOMMERCIAL-NO DERIVATIVE WORKS 3.0 UNITED STATES LICENSE.



RioBotz 格斗机器人教程

2009 第二版

written by

Marco Antonio Meggiolaro

Head of the RioBotz team from PUC-Rio University – www.riobotz.com.br

collaborators:

Bruno Favoreto Fernandes Soares

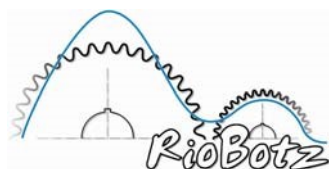
Eduardo Carvalhal Lage von Buettner Ristow

Felipe Maimon

with 895 figures



RioBotz Combat Robot Tutorial by Marco Antonio Meggiolaro is licensed under a Creative Commons AttributionNoncommercial-No Derivative Works 3.0 United States License.

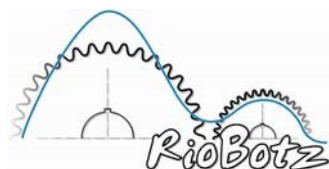


RioBotz 格斗机器人教程

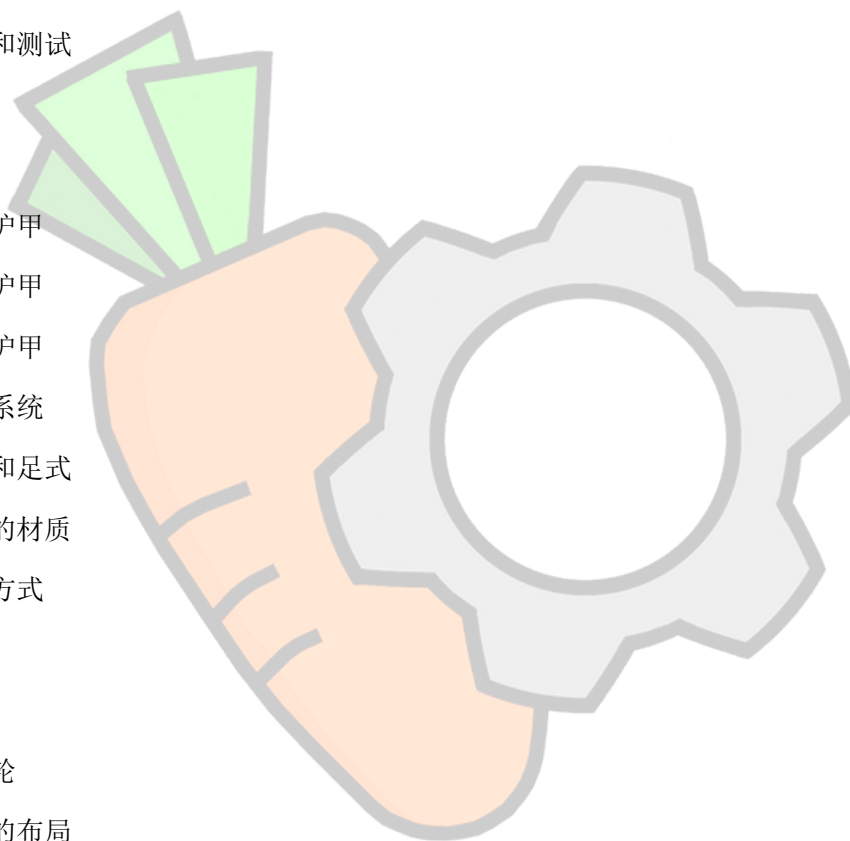
2019 年三月第二版

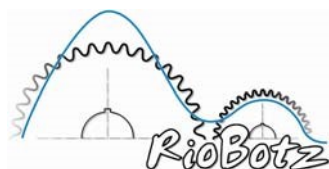
目录

1	介绍	11
1.1.	关于格斗机器人的简短介绍	12
1.2.	教程的结构	14
1.3.	对给予帮助的人们致谢	14
2	设计的原则	15
2.1.	机器人的重量级	16
2.2.	尺寸比例	17
2.3.	机型	20
2.3.1.	冲撞型铲车	22
2.3.2.	防御性铲车	23
2.3.3.	举升	23
2.3.4.	弹射	24
2.3.5.	横向凿击	24
2.3.6.	反扭凿击	25
2.3.7.	气动矛	25
2.3.8.	横转	26
2.3.9.	锯片形	26
2.3.10.	竖转	27
2.3.11.	转鼓	27
2.3.12.	竖直凿击	28
2.3.13.	夹持	28
2.3.14.	穿刺	29

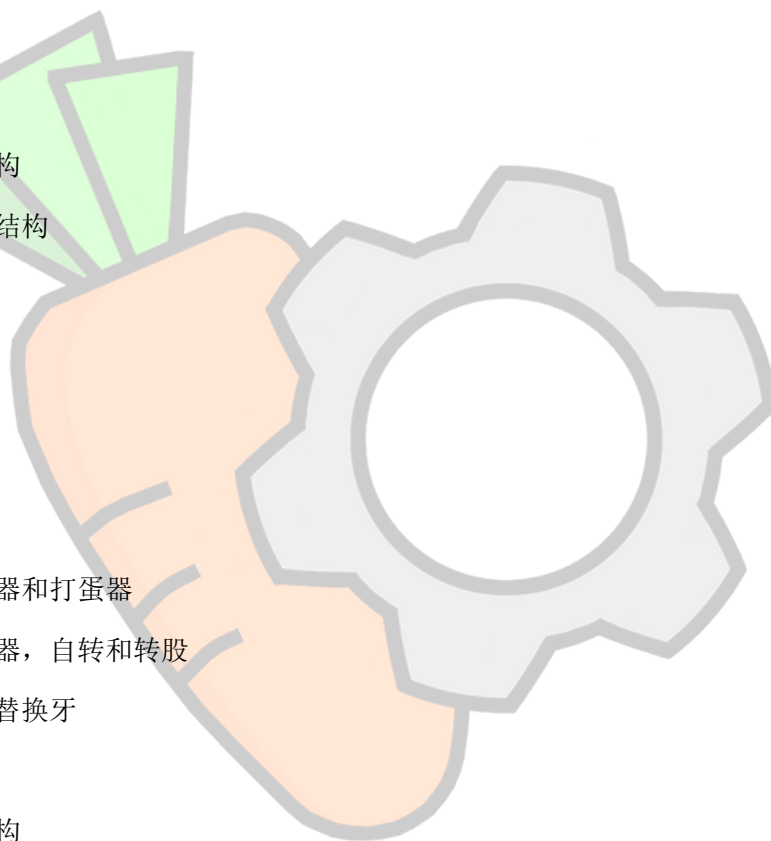


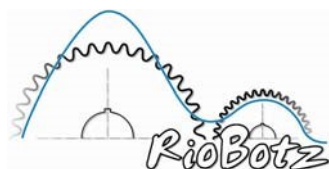
2.3.15.	喷火型	29
2.3.16.	双子机	30
2.4.	设计步骤	30
2.4.1.	费用	31
2.4.2.	赞助	31
2.4.3.	设计	33
2.4.4.	计算	36
2.4.5.	优化	36
2.4.6.	制作和测试	40
2.5.	结构	40
2.6.	护甲	41
2.6.1.	传统护甲	42
2.6.2.	易损护甲	42
2.6.3.	反制护甲	42
2.7.	行驶系统	43
2.7.1.	履带和足式	43
2.7.2.	轮子的材质	43
2.7.3.	驾驶方式	44
2.7.4.	两驱	45
2.7.5.	全驱	46
2.7.6.	万向轮	47
2.7.7.	轮子的布局	47
2.7.8.	防翻	49
2.8.	武器系统	50
2.9.	所需工具	50
3	材料	55
3.1.	力学分析	56
3.2.	钢铁和铸铁	58
3.3.	铝合金	64



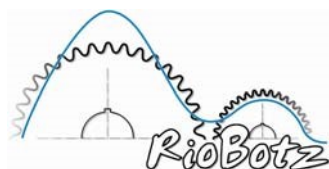


3.4.	钛合金	66
3.5.	镁合金	70
3.6.	其他金属	70
3.7.	非金属	72
3.8.	如何选择材料	78
3.8.1.	刚度	78
3.8.2.	强度和韧性	81
3.9.	轻量化设计——如何减重	83
3.9.1.	金属的选择	84
3.9.2.	内部框架	87
3.9.3.	保护关键结构	89
3.9.4.	外部的关键结构	93
3.9.5.	铲子	94
3.9.6.	传统护甲	94
3.9.7.	易损护甲	96
3.9.8.	大梁	98
3.9.9.	轴和齿轮	100
3.9.10.	杆式旋转武器和打蛋器	101
3.9.11.	盘式旋转武器，自转和转股	105
3.9.12.	武器上的可替换牙	108
3.9.13.	夹持和穿刺	110
3.9.14.	管式框架结构	111
3.10.	如何将机器设计的紧凑	112
3.10.1.	紧凑的内部结构	114
3.10.2.	紧凑的转股	115
3.10.3.	紧凑的轴，齿轮和武器	118
3.11.	对材料选择的总结	119
4	链接件	122
4.1.	螺丝	123

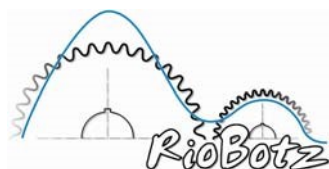




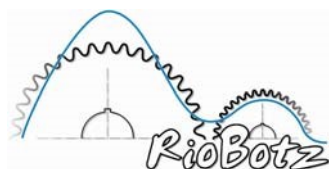
4.2.	联轴器与轴	127
4.3.	铆钉	129
4.4.	铰链	129
4.5.	焊接	131
5	电机和变速箱	132
5.1.	有刷直流电机	132
5.1.1.	例子: Magmotor S28-150 电机	135
5.1.2.	经典的有刷直流电机	136
5.1.3.	鉴定一个未知型号的有刷直流电机	140
5.2.	无刷直流电机	142
5.3.	传动	144
5.3.1.	齿轮传动	144
5.3.2.	皮带传动	145
5.3.3.	链条传动	147
5.3.4.	弹性联轴器	147
5.3.5.	扭矩限制器	148
5.4.	对武器和行驶系统的理论计算	148
5.4.1.	例子: 牛头人的行驶系统	149
5.4.2.	例子: 牛头人的武器系统	151
5.4.3.	旋转武器的电量消耗和能量损耗	154
5.5.	气动系统	155
5.6.	液压系统	159
5.7.	内燃机	159
6	武器设计	161
6.1.	转杆设计	161
6.2.	转盘设计	163
6.3.	牙 (也就是武器的打击点) 的设计	165
6.3.1.	牙的高度和大小	165
6.3.2.	牙的数量	167



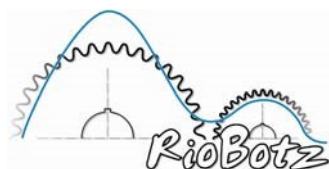
6.4.	在计算的模型中添加更多细节	168
6.4.1.	碰撞的瞬间	168
6.4.2.	极限情况	171
6.4.3.	碰撞后的冲击力	171
6.4.4.	例子: Last Rites vs. Sir Loin 的比赛	172
6.5.	武器的打击效果	175
6.5.1.	横转武器的打击效果	175
6.5.2.	竖转和转股武器的打击效果	176
6.5.3.	例子: 转股武器的攻击	178
6.5.4.	凿击武器的打击效果	179
6.5.5.	全身旋转和全身旋转型转股 (详见图)	179
6.5.6.	武器打击效果的总结	180
6.6.	武器的刚性和缓震	181
6.6.1.	由弹簧和阻尼组成的简易缓震模型	181
6.6.2.	弹簧和阻尼能吸收的能量	183
6.6.3.	进攻策略	184
6.6.4.	防守策略	184
6.6.5.	案例分析: 竖转武器的刚度和减震	185
6.6.6.	以电路为等效模型来研究缓震	186
6.7.	凿击武器的设计	188
6.7.1.	凿击的能量	189
6.7.2.	凿击造成的打击效果	190
6.8.	反扭凿击的设计	191
6.9.	横向凿击的设计	193
6.9.1.	横向凿击的计算	193
6.9.2.	“Melly Brain”控制系统	195
6.9.3.	“NavBot”控制系统	196
6.10.	弹射的设计	198
6.10.1.	三连杆结构弹射	199



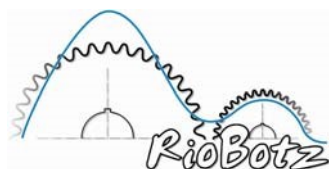
6.10.2.	弹射的理论计算	201
6.10.3.	理论上的弹射高度	203
6.10.4.	理论射程	205
6.10.5.	平行四杆结构	209
6.10.6.	弹射的稳定性	209
6.11.	举升的设计	211
6.12.	夹持的设计	212
6.13.	冲撞型铲车设计	213
6.14.	防守型铲车设计	214
6.14.1.	铲子的类型和形状	215
6.14.2.	对铲子的受力分析	217
6.14.3.	防守型铲子	219
6.14.4.	进攻型铲子	220
6.14.5.	案例：进攻型铲车 vs 横转武器	221
6.14.6.	铲子的倾角	222
6.14.7.	分析铲车和竖转的对决	223
6.15.	陀螺效应	225
6.16.	武器设计的总结	229
7	电子系统	230
7.1.	无线电的收发装置	230
7.1.1.	发射器	230
7.1.2.	接收器	232
7.1.3.	天线	233
7.1.4.	陀螺仪	234
7.1.5.	BEC	235
7.1.6.	伺服电机	236
7.2.	控制有刷直流电机	236
7.2.1.	继电器控制	236
7.2.2.	脉冲宽度调制（PWM）	238



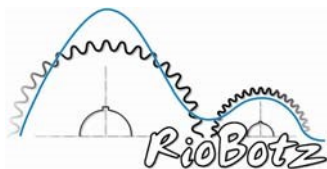
7.2.3.	全桥式电路	239
7.3.	电子调速器	240
7.3.1.	开源电机控制器	241
7.3.2.	来自 IFI 公司的“victor”系列	242
7.3.3.	“robot power”公司的“天蝎星”系列	244
7.3.4.	“BaneBots”系列	247
7.3.5.	其他品牌的有刷电机控制器	248
7.3.6.	无刷电机控制器	248
7.4.	通电螺线管	251
7.4.1.	产品名: White-Rodgers 586 SPDT	252
7.4.2.	队伍“Whyachi”制作的 TW-C1	253
7.5.	连接电线	253
7.5.1.	电线	253
7.5.2.	端子, 插头	254
7.6.	电源开关	255
7.7.	接线方法	259
7.7.1.	传统的接线方法	259
7.7.2.	较为高阶的接线方法	261
7.7.3.	双向武器的接线方法	263
7.8.	开发你自己的电子设备	264
7.8.1.	开发电子调速器	265
7.8.2.	开发接收器接口	269
8	电池	275
8.1.	电池的类别	275
8.1.1.	密封铅酸电池(SLA)	275
8.1.2.	镍镉电池 (NiCd)	276
8.1.3.	镍氢电池(NiMH)	276
8.1.4.	碱性电池	277
8.1.5.	锂电池	277



8.2.	电池的各项参数	280
8.2.1.	价格	280
8.2.2.	重量	280
8.2.3.	电压	280
8.2.4.	寿命	280
8.2.5.	充放电循环	280
8.2.6.	充电时间	280
8.2.7.	自放电	281
8.2.8.	放电曲线	281
8.2.9.	内阻	282
8.2.10.	容量	282
8.2.11.	电池损耗——实际使用时间与实际使用时间的差别	282
8.2.12.	放电率	285
8.3.	电池使用注意与提示	286
8.3.1.	缓震	286
8.3.2.	充电	286
8.3.3.	电池的储藏	288
8.3.4.	自己制造电池	289
8.3.5.	关于锂电池的强烈建议	290
9	准备战斗	291
9.1.	在比赛前	291
9.1.1.	测试并练习操作	291
9.1.2.	避免一些常见的错误	293
9.1.3.	减重	295
9.1.4.	为比赛行程作准备	298
9.2.	比赛即将到来	300
9.2.1.	做好准备	301
9.2.2.	等待战斗	303
9.2.3.	临上场前	305



9.2.4.	在战斗过程中	306
9.2.5.	胜负标准	307
9.2.6.	战斗结束后	310
9.2.7.	在比赛的间隙	313
9.3.	比赛结束后	314
9.3.1.	电池的安全	314
9.3.2.	检查你的机器	315
9.3.3.	通通打包回家喽	317
10	RioBotz 的建造日记	317
10.1.	机器名称: Lacrainha	317
10.2.	机器名称: Lacraia	318
10.3.	机器名称: Anubis	320
10.4.	机器名称: Ciclone	322
10.5.	机器名称: Titan	330
10.6.	机器名称: Touro	335
10.7.	机器名称: Mini-Touro	344
10.8.	机器名称: Tourinho	349
10.9.	机器名称: Puminha	355
10.10.	机器名称: Touro Light	358
10.11.	机器名称: Micro-Touro	361
10.12.	机器名称: Touro Jr.	363
10.13.	机器名称: Touro Feather	363
10.14.	机器名称: Pocket	367
	总结	368
	关于常见问题的问答环节	369
	参考书目	374
	附录 A -布氏硬度、维氏硬度和罗克韦尔硬度之间的换算	376
	附录 B -材料资料	377
	附录 C -应力系数集中手册	380

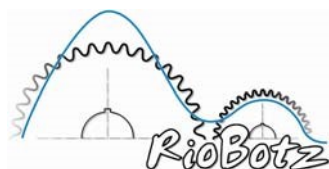


Chapter

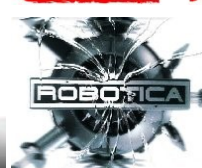
1 介绍

编写本教程的动机来自于我们在旧金山参加的 RoboGames 2006 期间的丰富经验。我们可以看到竞争对手是多么的友好，他们交换信息，详细地展示他们的机器人，甚至是向下一个对手说这些。一些团队在他们的网站上发布详细的构建报告，并逐步提供他们如何构建机器人的信息。还有一些很棒的书籍和教程展示了如何构建格斗机器人，但是这些都不是用葡萄牙语写的。这就是为什么我在《RoboGames 2006》之后开始编写本教程的原因。该教程于 2006 年 8 月首次以葡萄牙语发布，可以从 RioBotz 网站 www.riobotz.com.br 和巴西格斗机器人联盟 RoboCore 的网站 www.robocore.net 免费下载。这个想法是为了鼓励新的巴西格斗机器人团队的产生，以及帮助现有的团队。它的反响非常好，第一周就有 1500 次下载量，前六个月有 10000 次，到目前为止已经超过 20000 次。一些人说，这可能有助于产生越来越多的巴西格斗机器人队伍。

一些建造者要求我编写本教程的英文版本，现在英文版来了。该教程最初是为初学者设计的，但自从 2006 年版以来，它的内容增长了很多，甚至连老手都觉得它很有用。它



基本上包括了我们自 2003 年 1 月创建 RioBotz 以来学到的所有东西。虽然和几支实力强劲的国际队伍相比，我们还很年轻，但是我们仍然希望我们能在这篇文章中有所贡献。我最大的挑战是以一种简洁易懂的方式尽可能多地包含信息，从基本的到高级的主题。我们想要鼓励新的团队开始制造机器人，你不需要成为一个火箭科学家才能来创建一个有竞争力的格斗机器人。即使你只有很少的工程背景，你也可能制作出有竞争力的格斗机器人。请随意分发或打印本教程，我只要求保持它的原始形式。我相信本教程不仅能帮助格斗机器人的建造者，还能帮助任何想要建造有强大的攻击力和防御力的机器人的人参加任何类型的比赛。如果我在以下页面中有任何错误，有些信息包含个人观点，因此可能会有偏见敬请谅解。以下几乎所有提出的想法都在实践中得到了检验，来自于我们亲自实验和其他队伍的实践。我很乐意收到您关于本教程的任何反馈，包括评论、建议、更正，以及任何可能改进未来版本的内容，这些内容都可以发布到 RFL 论坛的“RioBotz Combot Tutorial”主题上。谢谢。

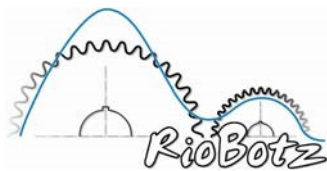


1.1. 关于格斗机器人的简短介绍

格斗机器人比赛已经存在很长时间了。他们吸引了来自世界各地的参赛者和观众。可以在 Brad Stone 的《Gearheads - The Turbulent Rise of Robotic Sports》一书中找到，一个非常好的评论与一些精彩的照片。

我将试着根据我个人的经验来介绍这个主题。最早涉及机器人对抗的竞赛之一是自 1970 年以来每年在麻省理工学院(MIT)举办的为期两晚的活动名为“Design 2.007”。机器人是由机械工程系学生设计与制造课程的本科生在一个学期内制造的。他们的目标是制造一个无线电控制的机器人，在一个有障碍物的场地里完成某些任务，比如捡球或搬运零件。 每年都要修改任务以激发创造力。我作为一名研究生有幸见证了 1996 年麻省理工学院 2.007 大赛(如图右)。我被学生们的热情所吸引，更重要的是见证了他们的创造力。这些比赛最好的地方在于，任务是由两个机器人在赛场上同时面对对方来完成的。这与一个人赢得更多的分数，收集球，运输零件，是完全不同的。在某种程度上，你可以选择去阻挡你的对手来为自己的队伍





做贡献。值得注意的是，阻挡对手反而是大多数选手期待的部分，也是观众真正欢呼的部分。看到机器人以一种巧妙的方式对抗、推搡和阻挡对手，比仅仅完成任务更令人兴奋。如今我希望我在那时就知道，格斗机器人就已经被创造出来了。

“设计 2.007”的成功促使 FIRST 在 1992 年举办了一场高中生机器人比赛，该比赛每年举办一次，由 FIRST 组织(旨在激励和表彰科学技术，www.usfirst.org)。不幸的是，它不包括格斗机器人。



同年，美国设计师马克·索普(Marc Thorpe)将一台真空吸尘器连接到一个遥控车上，以帮助完成家务。这项发明作为真空吸尘器效果不佳，但他可以造成破坏，这是格斗机器人的基本要求，当时，他为卢卡斯电影公司工作，受《星球大战》电影的启发，他在 1994 年创立了第一个官方竞赛——robot wars。第一场比赛在旧金山的梅森堡中心举行。

1997 年，英国广播公司对 robot wars 进行了电视转播，引发了英国的机器人战争热。撇开法律纠纷不谈，它是如此成功，以至于 robot wars 转移到了英国。想了解更多关于当前英国格斗机器人的信息，请访问英国格斗机器人协会(FRA)的网站 www.fightingrobots.co.uk。

Robotica 和 BotBash 比赛后来在美国创立，填补了 robot wars 留下的空白。

1999 年，特雷·罗斯基(Trey Roski)和格雷格·曼森(Greg Munson)在旧金山创立了“战斗机器人联盟”(BattleBots league) (网址:www.battlebots.com)，创建了迄今媒体曝光率最高的比赛。第一届比赛于 1999 年 8 月在加州长滩举行，有 70 个机器人报名参加。第二场比赛是最著名的之一，在 1999 年 11 月于拉斯维加斯举行，并且通过电视付费直播。2000 年，



《BattleBots》开始由喜剧中心(Comedy Central)播出，很快就流行起来，在 5 季中播出。



2001 年，第一届巴西格斗机器人大赛在 Unicamp 大学建造的一个场地



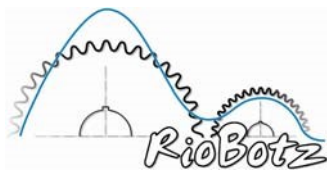
举行，比赛以《BattleBots》规则为基础。2002 年，第二届比赛在 Unicamp 再次举行，这一次是在 ENECA 活动(全国控制和自动化学生会议)期间。从那以后，巴西的比赛每年都在 ENECA 期间举行，由巴西联赛 RoboCore 组织

(www.robocore.net)，吸引了越来越多的公众。



2002 年，美国成立了机器人格斗联盟

(www.botleague.com)。它是世界上最具规模的格斗机器人联盟，组织了从地方比赛到 RFL 全国比赛，以及与几个国家有关的机器人比赛。



2003 年 12 月, RoboWars 大赛(www.robowars.org)在澳大利亚首次亮相。

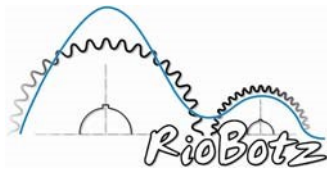
2005 年, 巴西举办了另一项竞赛——冬季挑战赛, 每年 7 月举行(南半球, 冬季, 7 月——你会发现的)。2005 年的比赛是有史以来第一次在冰上举行。在 2006 年底, 巴西联赛 RoboCore 成为了 RFL 的骄傲的一员。

1.2. 教程的结构

本教程分为 10 章。本章包括介绍、格斗机器人史和致谢。第二章讨论了几种类型的机器人的设计基础。第三章介绍了这些机器人的主要材料, 以及如何选择这些材料。第四章介绍了主要的链接件, 如螺钉和焊接。第 5 章讨论了机器人驱动和武器系统中使用的马达, 以及传动, 如齿轮和皮带。第六章是武器设计, 以及如何改进你的机器人的武器系统。第 5 章和第 6 章都包含了几个基于基本物理和动力学计算的方程, 但是它们对于理解文章和结论并不是必需的。第 7 章讨论了为机器人提供动力所必需的几个电子元件, 而第 8 章讨论了电池。第九章给出了一些重要的提示, 告诉你如何为比赛做准备, 以及在这件事之前、之中和之后如何做。第 10 章展示了来自 RioBotz 的所有格斗机器人的建造日记, 包括整个 Touro 家族, 举例说明了在前面章节中提出的几个概念。在结论之后, 我还包括了一节常见问题(FAQ), 一份包含一些关于格斗机器人最好的书籍的参考书目, 以及一些有用信息的附录。

1.3. 致谢

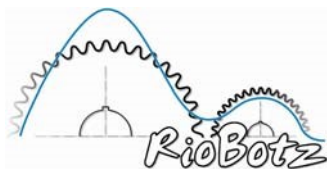
我要感谢整个 RioBotz 团队, 如果没有他们, 这里所呈现的想法就不会离开画板, 并感谢他们对本教程的仔细修改。更具体地说, 我要感谢 Eduardo Dudu Ristow 作为我们的队长所付出的努力, 感谢他整晚同时使用磨床和车床而不失微笑; Bruno Favoreto, 即使是蒙着眼睛也能掌握 Solidworks; 费利佩·梅蒙和亚历山大·奥尔米加, 感谢他们为制作可靠的电子系统所做的努力; Daniel "Esguerda" Freitas 和 Rodrigo "Delay" Almeida 因其高超的驾驶技术而获得赞赏; Guilherme Porto, 感谢他出色的 Spektrum 编程课程; 胡里奥 Guedes 打造了一只和谐的团队; Ilana Nigri 帮助我们使我们刹车变得柔和; Marcio "Senador" Barros 打造了我们的网页; 古斯塔沃“Emo”帕拉达有他的研磨技能; 还有 Guilherme Franco, Thiago Tico Pimenta, Marcos Pet Marzano, Camila Borsotto, Carlos Gotinha Witte, Carlos Minhoca Nascimento, Daniel Toioio Lucas, Debora Almeida, Michel Tocha Feinstein, 和 Rodrigo Cowboy Nogueira, 他们都帮助建造格斗机器人。再次感谢 Eduardo Ristow、Felipe Maimon 和 Bruno Favoreto 对本教程的贡献, 特别是在第 7 章。还要感谢我们过去的成员, 如费利佩·斯科法诺、费利佩·萨基、克劳迪



奥·杜维维耶、拉斐尔·帕尔达尔·莫雷拉、古斯塔沃·卡洛罗·利马，以及其他几位来自普里奥大学的学生和校友。

我对教授们感激不尽。毛罗·施万克，感谢他教给我们的一切，毛罗·斯佩朗扎，感谢他对我们的支持。感谢 Mark Demers 对气动部分的贡献。感谢麦克·菲利普斯、马特和温迪·马克辛姆、凯文·巴克、雷·比林斯和卡洛·贝托奇尼提供的有用图片和信息。感谢 Robert“Trebor the Mad Overlord”Woodhead 为我们拍摄了精彩的动作镜头，也感谢其他几个建设者，他们在比赛期间或通过他们的网站或论坛帖子帮助了我们。感谢戴夫·卡尔金斯(Dave Calkins)和西蒙妮(Simone)在每一场机器人比赛中的热情欢迎，感谢他们为推广机器人竞赛所做的一切努力。最后，感谢 Paulo Lenz 和 Thacia Frank，他们组织所有巴西格斗机器人比赛的奉献激励我花时间撰写本教程感谢每一位！





Chapter

2 设计的原则

任何格斗机器人设计的出发点都是选择重量级别，下面就先来讨论不同级别。

2.1. 机器人的重量级

有史以来最轻的战斗机器人重量不到 35 克 (35 克)，但它们是如此罕见，以至于这个重量级别还没有名字。跳蚤级一般重量限制为 75 克 (或 50 克，取决于活动组织者)，也是非常罕见的。仙女级重量可达 150 克越来越受欢迎，然而，包括它们在内的活动仍然很少。1kg 级别只在加拿大存在，而 15 磅的课程只针对 12 到 18 岁的学生，他们参加了 BattleBots IQ 竞赛。螳螂级 (6 磅) 的重量级别还没有真正出现，有很少的机器人在这个重量级。羽量级 (30 磅) 越来越受欢迎，尤其是在巴西。

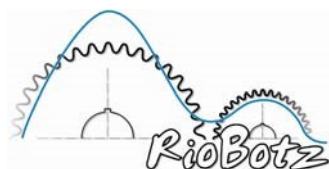
12 磅和 30 磅的 “sportman” 是特殊的类别，所有的机器人都必须有一个主动武器，任何形式的铲子都是被禁止的，并且旋转武器被严格限制。

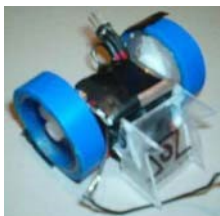




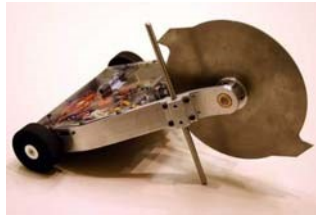
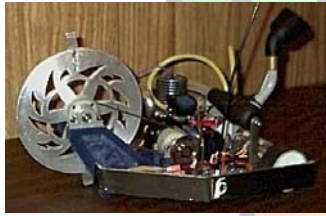







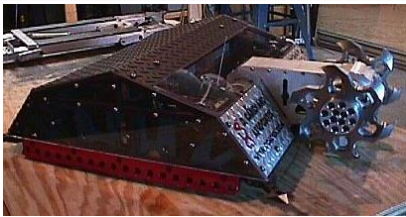
最有竞争力的级别可能是业余级 (12 磅)、轻量级 (60 磅) 和中量级 (120 磅)。重量级 (220 磅) 是最著名的级别，尽管现在的比赛比电视上播放 BattleBots 时少得多。

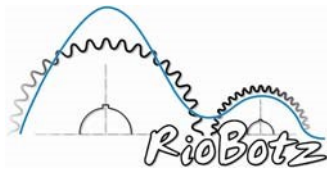
不幸的是，超级重量级 (重量可达 340 磅，在英国赛事中为 320 磅) 的数量正在减少，他们的巅峰时期也是在 BattleBots 时代。最重的级别是《Mechwars megaweight》(390 磅)，只有 Twin Cities 的 Mechwars 大赛有参赛资格，不过机器人的数量很少。

还有一些更重的机器人，比如怪兽机器人，但是由于物流问题和高昂的成本，涉及它们的比赛非常少。

早在 2006 年，当本教程的第一个版本发布时，大多数巴西战斗机器人都是中量级的 (但现在不是了，因为业余重量级和轻量级的课程始于巴西)。正因为如此，本教程中的几个例子都参考了中量级选手。然而，本教程的内容可以应用于任何机器人大小，因为它将在下一节中讨论，这一节将讲解尺寸。



 <p>没有名字的级别 - 35g</p>	 <p>跳蚤级 - 75g</p>	 <p>仙女级 - 150g</p>
 <p>蚁量级 - 1lb (454g)</p>	 <p>加拿大独有- 1kg 级</p>	 <p>甲虫级 - 3lb (1.36kg)</p>
 <p>螳螂级 - 6lb (2.72kg)</p>	 <p>业余级 - 12lb (5.44kg)</p>	 <p>BBIQ - 15lb (6.80kg)</p>
 <p>羽量级 - 30lb (13.6kg)</p>	 <p>轻量级 - 60lb (27.2kg)</p>	 <p>中量级 - 120lb (54.4kg)</p>
 <p>重量级 - 220lb (99.8kg)</p>	 <p>超重量级 - 340lb (154.2kg)</p>	 <p>Mechwars Megaweight 比赛专 用级别 - 390lb (176.9kg)</p>



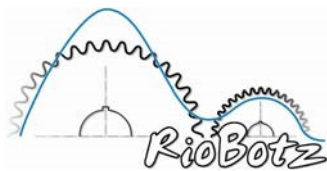
2.2. 尺寸比例

在格斗机器人的设计阶段需要记住的一件重要的事情是尺寸大小。如果你把你的身体扩大, 你有两倍高, 和八倍体重 (因为你的体积乘以 $2^3 = 8$)。然而, 横截面的面积你的骨骼和肌肉只会被乘以 $2^2 = 4$ 。由于横截面面积 (例如建筑物的柱子) 决定了阻力和承载能力, 你的重量将是它的 8 倍, 但强度只有它的 4 倍。结论: 体积越大, 承重比越差。

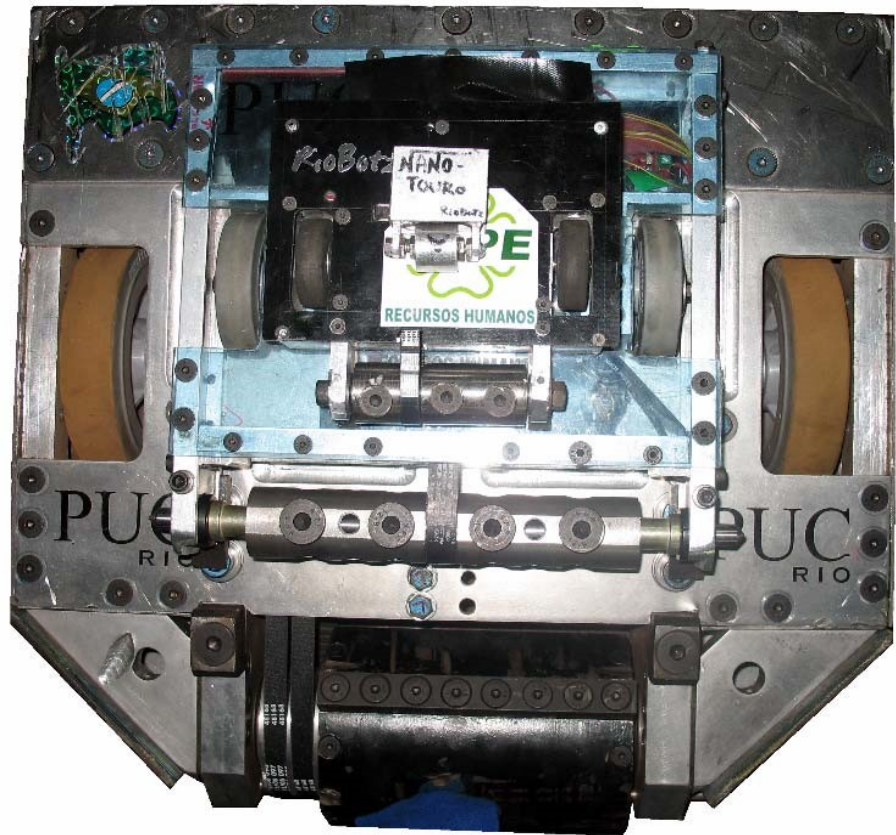
为了弥补这一点, 你的骨头必须按比例变宽或变短, 这样它们才不会断裂或弯曲。这就是为什么犀牛和大象的腿又宽又短。另一方面, 当缩小尺度时, 会产生相反的效果。蚂蚁大约比人类小 100 倍, 正因为如此, 它的重量大约是人类的轻 100³ 倍, 然而它的力量只比人类的少 100² 倍。因此, 蚂蚁可以携带比人类重 100 倍 (相对而言) 的物体。这一估计在实践中得到了证实: 一个普通人可以用他/她搬运一个重为体重一半的物体, 而蚂蚁可以举起自身重量 50 倍的东西, 甚至是自身重量的 100 倍!

你应该想想: 这和格斗机器人有什么关系? 这意味着一切。我们举个例子, 如果你已经设计了一款防御优秀且工作稳定的业余级, 你可以利用它的大量设计来打造一款中量级的, 只要你记住它的比例。要做到这一点, 你需要把重量乘以 10, 当你把所有的机器人的尺寸乘以 10 的立方根, 结果是比例系数是 2.15。





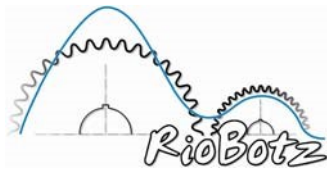
图片显示了几个转股机器人，中量级的 touro，业余级的 tourinho，甲虫级的 mini-touro，和一个 touro 的模型。12 磅的 Tourinho 和 120 磅的 Touro 之间的比例系数略低于 2 (接近理论的 2.15，但这表明 Tourinho 仍然可以优化达到 2.15 的值，因为两个机器人的形状和武器相似)。这个规则在所有的机器上都很适用，只要机器的外形是相似的：Touro 比 Mini-Touro 重 40 倍，他的比例因子约为 3.25，非常接近 3.42，即 40 的立方根！



问题是：根据蚂蚁和人类的推理，像 touro 这样的中量级机器人，是不是真的比业余级的 touro 强壮、敏捷、力量和抵抗力要弱 2.15 倍？事实上并没有。Touro 可能会相对不那么强壮和灵活。举例来说，如果 Tourinho 机器人使用的是气缸，气缸的力取决于活塞的面积，那么在 Touro 机器人中，如果气缸的力调到 2.15，那么强度就只有 2.15² 倍，而机器人的重量则是 2.15³ 倍。行驶系统的加速度，取决于机器人的牵引力和质量之间的比例，也会受到影响。这就是为什么相对于它们的大小，昆虫级别的机器人似乎要灵活得多。

然而，相比之下，Touro 的攻击和防御不会降低 2.15 倍。以气缸为例，它的能量来自其内部体积 (乘以工作压力)。因此，一个按比例缩放到 Touro 的气缸将有 2.15³ 倍的体积和能量，这与重量增加 2.15³ 倍是一致的。同样直流电机也是同样的。在实际应用中，直流电机的功率/重量比与比例因子关系不大。否则，将一个大型电机替换成数百个并行的小型电机是值得的。由于能量产生能量，能量产生伤害，touro 和 Tourinho 将拥有相同的相对力量，因此具有相同的相对伤害能力。

这个结论不是很直观，特别是当你考虑到 touro 和 tourinho 都能把对手在相同的重量级别的比赛中把对手抛到 3 英尺的空中。有人会认为 tourinho 会造成更大的破坏，因为与机器人的尺寸相比，他的相对投掷高度会更大。我们用势能的表达式 $E = m \cdot g \cdot h$ ， m



是机器人的质量, g 是重力加速度, h 是在空中达到的高度。由于 touro 和 tourinho 的 E/m 比例大致相同(如前所述), 而 g 是常数, 所以高度 h 应该是相同的。尽管小型机器人相对于它们的大小被抛向更高的高度, 但能量和阻力都取决于比例系数的立方。因此破坏力是相对相同的。

最好的格斗机器人是紧凑和坚固的, 没有细长的部分。它们紧凑的结构中起到的最重要的作用是对抗弯曲和扭转。弯曲和扭转的力取决于比例系数的立方(例如, 直径为 d 的轴的弯曲和扭转力与 d 的立方), 而不是平方。因此, touro 和 tourinho 的抗弯和抗扭重量比仍然相似

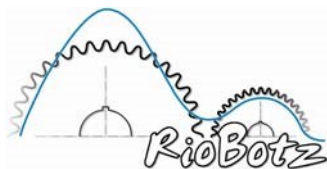
得出的结论是, 比例因子可以直接用于整个机器人, 而不会显著降低功率重量比。例如, 如果你的机器人变大 2 倍, 那它的重量要乘以 8。举个例子, 轴的直径需要乘以根号 8, 大约是 2.83, 才能保持相同的阻力重量比。如果你要设计一座建筑物的柱子, 这是必要的, 但这不是格斗机器人的情况。在这种情况下, 它将乘以 2 倍轴直径, 以保持相同的抗阻重量比。这很有用, 有两个原因: 首先, 这意味着可以将相同的比例因子(在本例中为 2)应用于机器人的所有单独组件; 第二, 可以减轻重量, 因为直径乘以 2.83 的轴的重量是直径乘以 2 的两倍。

但还有一个因素需要考虑: 格斗机器人的轴通常相对较短, 容易受到高应力。此外, 巨大的冲击会产生拉伸或显著的压缩。在直径为 d 的轴上, 对这些拉伸、压缩的力与 d 的平方成比例, 而不是 d 的立方, 这让我们回到了蚂蚁的类比。由于在战斗中, 我们无法预测哪个应力会更大或更小, 而轴是非常关键的部件, 不能断裂或弯曲, 所以最好是保守, 并采用较高的系数 2.83 为轴的比例因子。

总之, 您应该使用比例因子来乘(或除)所有机器人组件的尺寸, 除了最关键的部分, 如轴, 其中比例因子应该提高到 1.5 的幂。不要在整个机器人中使用这么大的因素, 否则机器人可能会增加太多的重量(当它变大时)或失去防御力(当它变小时)。只在轴的直径或几个其他关键部件使用较高的系数。

所有这些考虑不仅仅是理论上的, 它们在实践中得到了验证。用于驱动格斗机器人轮子的钢轴平均直径约为:

- 轻重量 (60 磅) 13mm (约 0.5 英寸);
- 中量级 (120 磅) 18 毫米 (略小于 0.75 英寸);
- 重量 (220 磅) 25 毫米 (约 1 英寸);



•超重量级(340 磅)31 毫米(略低于 1.25 “)的。

与轻、中量级相似，理论尺度因子为 $(1201\text{b}/601\text{b})^{1/3} = 21^{1/3} = 1.26$ ，轴径比为 $18\text{mm}/13\text{mm} = 1.38$ ，与 $1.261.5 = 1.41$ 极为接近。

中量级与重量级之间的理论标度因子为 $(2201\text{b}/1201\text{b})^{1/3} = 1.22$ ，直径比为 $25\text{mm}/18\text{mm} = 1.39$ ，与 $1.221.5 = 1.35$ 非常接近。

在超重量级与重量级之间，理论因数是 $(340 \text{ 磅}/220 \text{ 磅})^{1/3} = 1.16$ ，直径比为 $31\text{mm}/25\text{mm} = 1.24$ 。

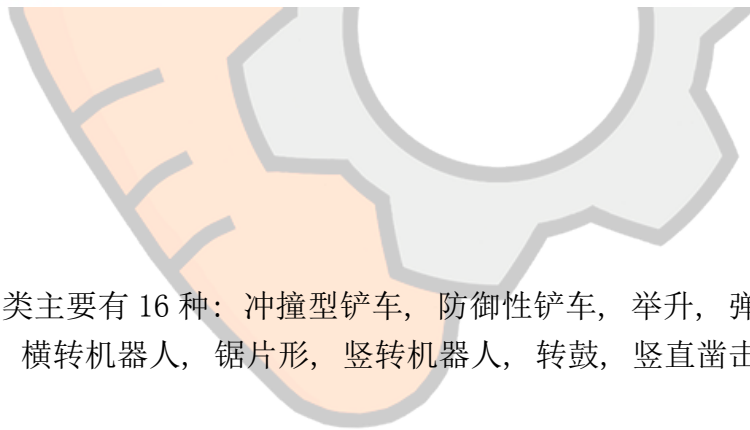
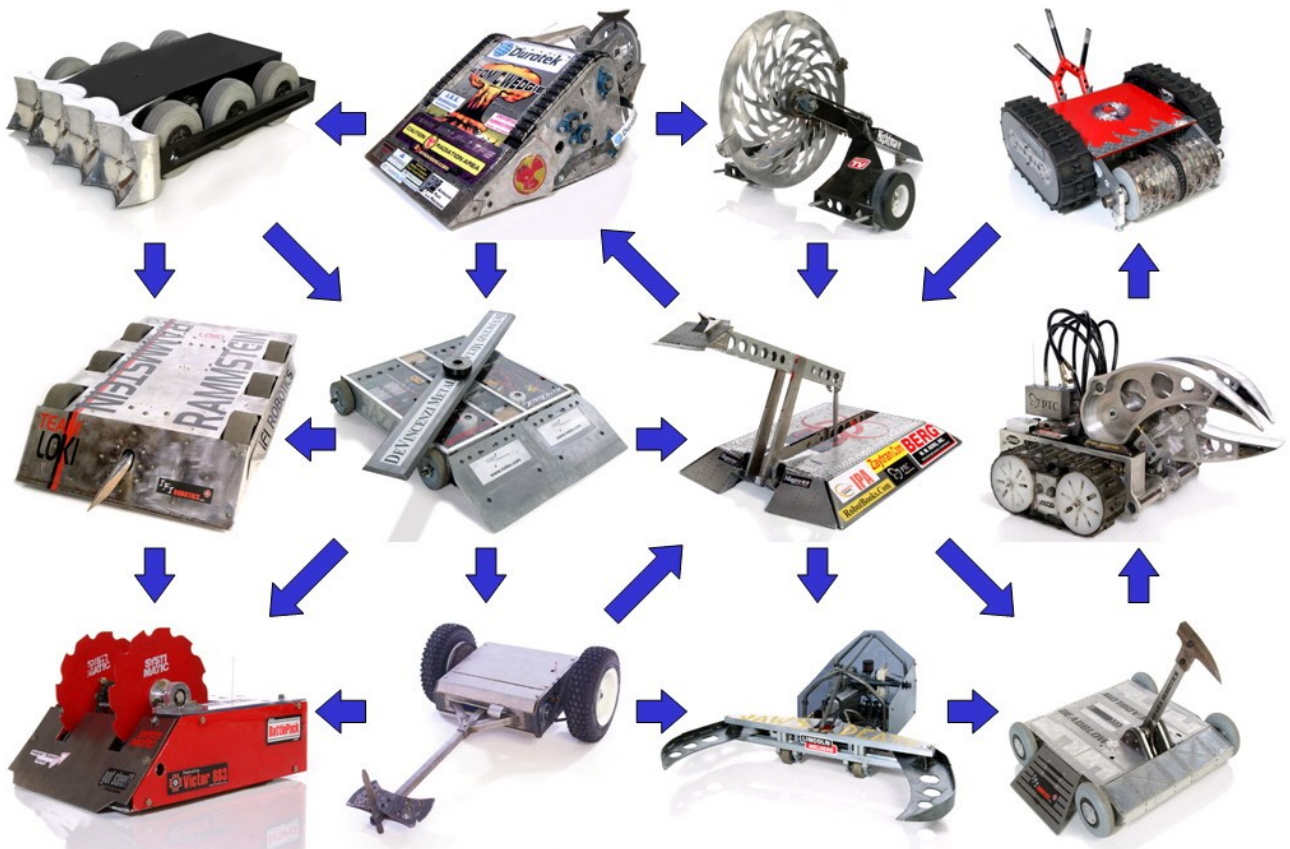
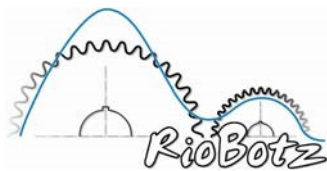
总之，理论与常识相结合，在实践中是一种非常强大的设计工具。想象一下，在得到这些优化的直径之前，全世界已经有多少根轴被折断了，而通过一些简单的计算，我们得到了相同的结果。

不过要注意的是，这些都是平均直径，实际值可能会根据轴上使用的合金、车轮的数量和格斗机器人的类型而有所不同。接下来讨论战斗机器人的类型。

2.3. 机型

在选择机器人的重量级之后，下一步就是选择机器人的类型。有几种类型的格斗机器人。他们没有一个是最好的。这是一个石头剪刀布的游戏。或者，就像格斗机器人的建造者所说的，这是一款铲子-旋转-锤子的游戏。这些铲子克制旋转武器，而旋转武器又克制铁锤，而铁锤又擅长击穿或损坏这些铲子，但也只是这么说说。

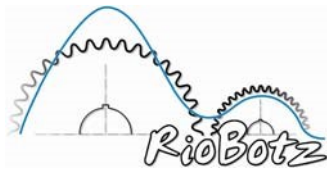
事实上一个设计良好的机器人可以战胜任何类型的机器人，而不受克制关系的影响。在下面的图中展示了几种类型的机器人的克制关系。在图中，每个机型都有克制的机型。但是一个好的设计和一个好的驾驶者可以完全改变这一点。



格斗机器人的种类主要有 16 种：冲撞型铲车，防御性铲车，举升，弹射，横向凿击，反扭凿击，气动矛，横转机器人，锯片形，竖转机器人，转鼓，竖直凿击，夹持，穿刺，喷火型和多体机。

当然也有其他种类的机器人，但它们几乎都可以被归为上述 16 种类型中的一种，或者它们之间的组合。以“瑞士军刀”为例，这种机器人有两种或更多的武器。瑞士军刀（多武器）一般不是很有效，集中于一个强大而有效的武器要比两个或更多的小武器更好。让多个武器同时运作并同时攻击敌人，也可能是个不错的想法。例如，2006 年版的我们的中量级旋





转机器人——Titan（泰坦）（右图）使用了一个铲子（铲车型机器人的武器）并用其刀刃来举起较低的对手并打击它们。

在实践中最有效的次要武器是铲子，例如，可以用来减慢对手旋转杆的速度，为主武器安全地攻击对手制造机会。

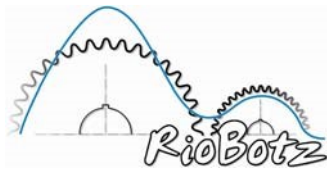
还有“变色龙”机器人，它的武器可以根据下次比赛的手在每个中场休息之间进行切换。这些机器人可以非常迅速地改变它们的类型，充分利用每种类型所能提供的最佳性能。超级重量级的“铲头”（右图）有 15 种不同的武器，可以铰接在它的关节前部，对每种类型的对手都有一个针对性的武器。

一些小附件的改变可以带来巨大的不同。例如，如果你将面对一个竖转、横转机器人，你可以安装某种类型的缓冲器。甚至还有针对特定机器人的特定配件，比如用一根长棍把外壳旋转的 Megabyte（极速代码）按在垂直管道上（如右图所示），反复把它推到赛场的墙上。然而，要设计出能在中场时快速拆卸和组装的高效武器并不容易。



接下来将讨论 16 种主要类型的机器人。以下几张照片来自 BattleBots 网站

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



2.3.1. 冲撞型铲车

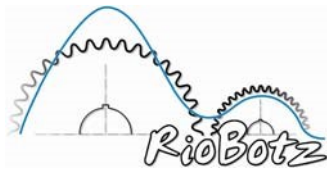


冲撞型铲车是撞击型机体，它们会冲撞对手，或者把对手推到场地的边缘。它们通常有 4 个(或更多)轮子驱动，它们拥有：高牵引力的宽轮子、一个牢靠的驱动系统、坚固的装甲、对冲击的高抵抗能力，除了它们的被动护盾以外，它们没有任何武器。一般来说，它们是可以翻转的(上下颠倒)。它们要能够推动至少是自身重量两倍的物体。它们可以有效地对付拥有旋转武器的机体，如横（竖）转机器人、锯片形、转鼓。

2.3.2. 防御型铲车



防御型铲车是指带有倾斜铲子的机器人。他们通常有 2 或 4 个轮子，有一个非常坚固的驱动系统。它们可能可以翻转。尽管防御型铲车很少直接造成伤害，但它们是对付旋转武器效果显著，使对手在碰到铲子时翻转过来。防御型铲车从对手下方穿过去，推着对手在赛场上跑，或者以高速抛掷对手，从而最终获得胜利。快的防御型铲车通常能达到 20 至 25 公里/小时(12.4 至 15.5 英里/小时)。铲的前部不能用金属片制成，这样很容易弯曲而失去功能。可以在边缘安装厚板倒角，以承受对手的冲击。防御型铲车很适

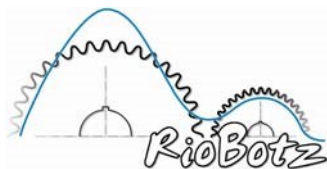


合用来对付冲撞型铲车和拥有旋转武器的机器人。防御型铲车的天敌是其他高度更低、速度更快、更强大的防御型铲车。

2.3.3. 举升



举升机体是一种能够举起对手、使对手丧失移动能力或上下翻转的机器人。举升型机体克制那些依靠冲撞和防御的铲车以及有凸起部分的机器人。它们被凿击型机体所克制，因为举升型机体很难抓住这种机体，而且凿击型机体不畏惧被翻转。举升机体易受横（竖）转型机体的伤害。举升需要一个缓慢的线性驱动器来举起对手，并可以停在半空。通过这种方式，操作手可以举起对手并将其拖到竞技场中，而不是简单地将其翻转过来。升降装置可以使用气动系统，但大多数情况下，使用电动马达与线性传动机构。将电池放在机器人尽可能后方的位置，以便在举起对手时保持平衡。前轮需要有很大的扭矩和较高的牵引力，因为机器人的重心会在抬起和拖动对手时向前移动。还有一些机器人，如著名的 Sewer Snake，使用的是可以活动的铲子，同时也作为举升装置。

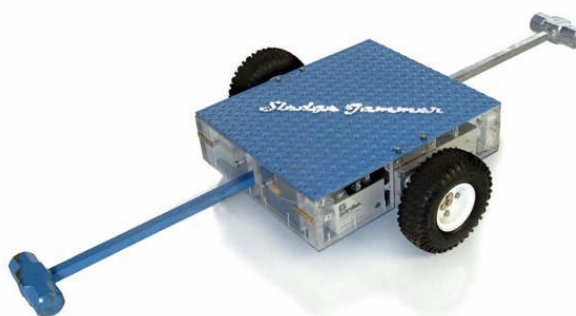


2.3.4. 弹射

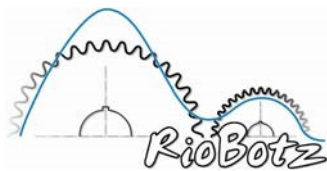


弹射型机体更加具有力量感，能够将对手抛向高空。对手不仅会被掀翻，而且在落地时也会受到很大的伤害。因此，弹射型机体克制那些底盘、电池或电子系统脆弱的机器人。弹射需要由高压空气或二氧化碳驱动的大口径气动元件。消除系统中的所有针形阀，或者使用一个大的蓄能系统，以保证所需的高气体流量来保障武器功能。

2.3.5. 横向凿击

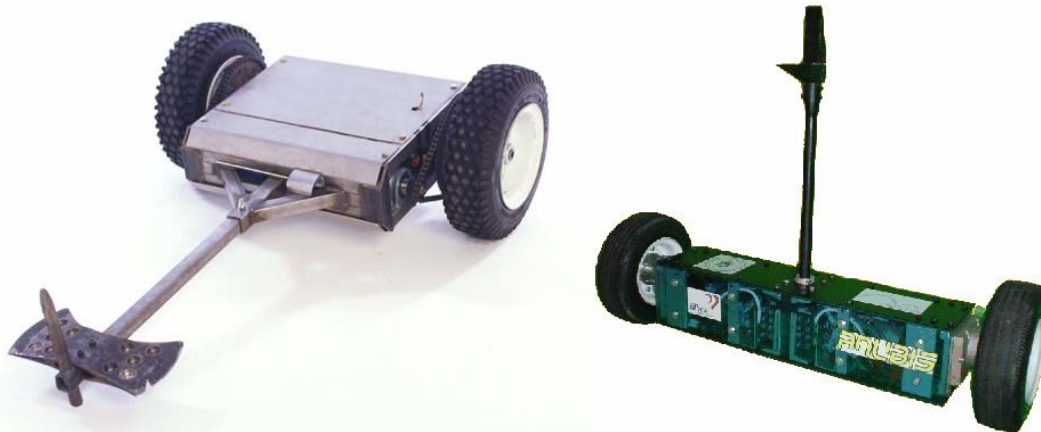


横向凿击机器人是两轮的、可逆的，可以在原地高速旋转它们所有的结构。它们通常有一个或多个长棒、锤子、斧头，或一些穿刺武器。它们使用自己的驱动马达的能量来驱动武器，在设计时，为它们的装甲留下更多的重量空间。它们的轮胎必须是窄的，否则，当试图高速转弯时，它将遭受巨大的摩擦损失。轮子除了窄之外，还不能相距太远。距离越近，机器人的最终角速度越快，但是加速度越慢，在必要的情况下，在直线上行驶就越困难。用于驱动的电机电需要有高转速。而这种机体的最主要问题是，大多数这种



机体在旋转的时候无法移动来追击它们的对手。正如第 6 章所研究的那样，很少有队伍能够成功地开发出这样的机械或电子系统（旋转同时追击敌人）并应用在横向凿击机器人上面。横向凿击机器人有时被称为全身旋转机体，原因显而易见。

2.3.6. 反扭凿击

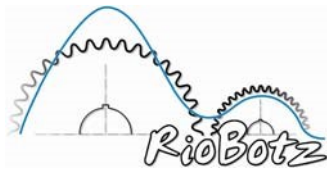


竖向凿击机器人是两轮的，使用竖直方向运动的凿击武器，而非横向凿击那样的水平武器。它们拥有两个轮子和一根长杆，当驱动电机反转时，杆就会旋转而升起，然后攻击对手的顶部。需要重视：电机要有高扭矩，因为武器仅仅经过 180° 的旋转就要抵达其最高速度。与横向凿击不同的是，轮子之间应该有很长的距离，以帮助它在直线上移动，并提高攻击的精度。应该选择较宽的轮胎，以最大限度地增加牵引力。机器人的重心需要非常接近通过轮轴的直线，以保证它能够举起武器进行攻击。它们能很好地对付冲撞型、防御型铲车和举升型机体。

2.3.7. 气动矛

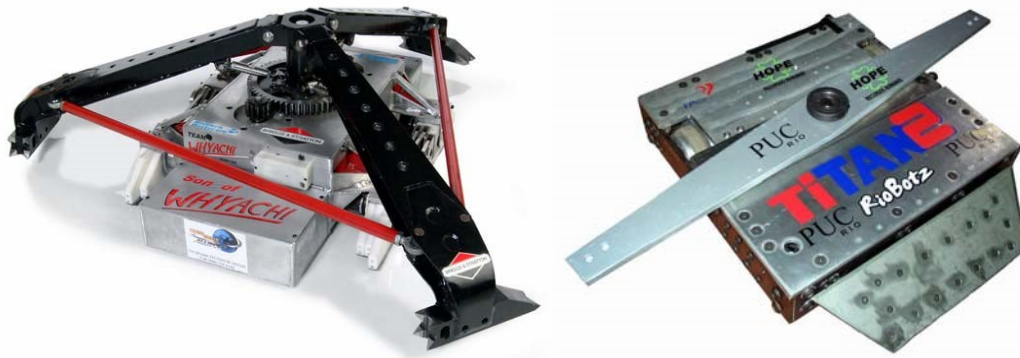


矛机器人使用细长的穿透武器，通常由气动驱动，目标是穿透对手的护甲，破坏重要的内部组件。这种武器需要坚固性和锋利性，并尽可能达到其最大的速度。矛尖必须是锥形，以免它卡在对手护甲中。尖刺机体通常有 6 个轮子，以保证必要的高牵引力，这样的话机器人在攻击时就不会向后移动太多。除非是对付护甲较轻或重要部件外露的机

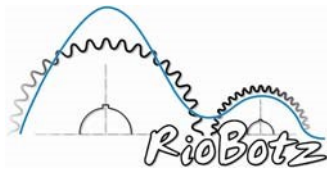


器人，否则矛机体并不是很有效。有些队伍试图用系住的投射物进行攻击(投射器必须系带)，但其实都是采用了类似矛机器人的设计。

2.3.8. 横转机器人



水平旋转（横转）是最具破坏性的机器人种类。它们拥有高速旋转的条、盘、壳或环。武器安装在离地很低的地方，则被称为“下体刀”。环形或外壳旋转的机器人(如 Megabyte)旋转它们的整个环形或外壳形状的装甲，这样能够储存高动能，使对手想要接近它就必须接触它的高速横转的外壳。横转武器要尽可能快，并且应该能在 4 秒内加速到能造成伤害的速度。加速时间超过 8 秒的横转机器人可能永远不会有伤害一个坚固、有侵略性的对手。横转机器人需要在旋转时快速摆脱对手。一般来说，它们最大的缺点是：不可翻身，而这取决于运气。为了弥补这一点，有一些机器人，Mortician 和 Last Rites（被称为偏置横转），把武器前置，使得自身可翻转。然而，这样做的结果是使得机器人的尺寸变大，牺牲自身灵活性，而且背部很容易受到攻击，且重心向前移动得太多，远离轮子，降低了牵引力。



2.3.9. 锯片形

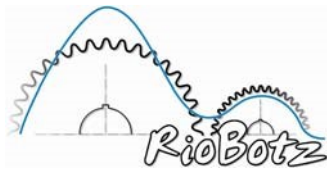


锯片机体有粗糙或齿状的圆盘，由强力马达高速驱动。这种机体通常结合其他设计，如铲锯。锯片切割对手的效率很低，尤其是当对手试图逃跑的时候。锯片可以很容易地切割金属薄片和 PC 材料，但是在战斗中几乎不可能切割任何金属。这种机体最大的优势是其造成的表面伤害，即产生的大量火花、划痕和浅切——这可以给裁判留下深刻印象，并保证在一场差距很小的比赛中获胜。以这种方式旋转、抬起对手，锯片有很大的风险被对手卡住、折断或弯曲。向下旋转的锯在一定程度上解决了这个问题，但是更容易自翻转。

2.3.10. 竖转机器人

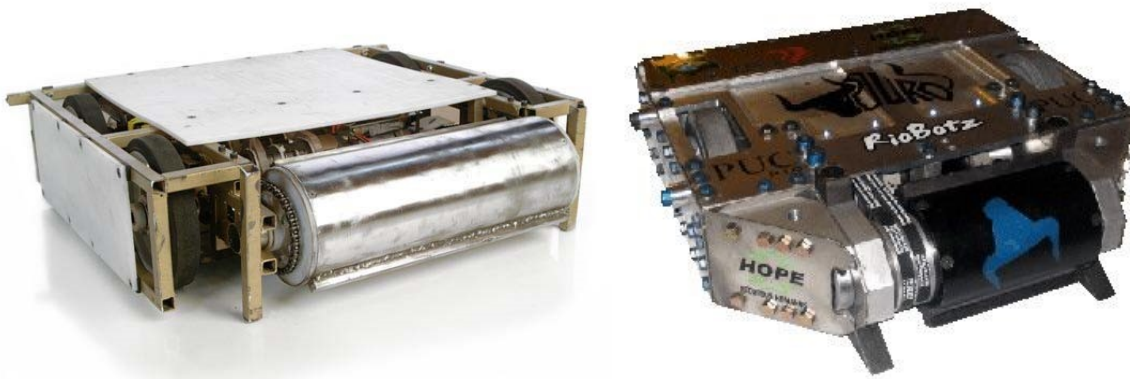


竖转机器人是更具力量感的锯片型机体。与锯片机体不同的是：竖转机体通常安装直径较大的圆盘，圆盘只有很少的齿、或棒子，圆盘在垂直平面上旋转。它们造成的伤害分为两种撞击方式：当对手被武器击中并抛向空中时，以及对手落地、击中地面时。竖转机体需要拥有宽大的底盘，以便不会由于武器的陀螺效应(第六章中讨论)而翻倒。竖转的冲击力传到地面，而不是横转那样向侧方传递，这使得竖转不能影响到侧方的对手。竖转的缺点是：它们的侧面和背部暴露在外，而且由于陀螺效应，很难快速转弯。竖转很难



对付高度较低的防御型铲车和坚固的冲撞型铲车。尽管大直径的竖转通常输给强大的横转，但竖转同横转的战斗非常激烈、快速。

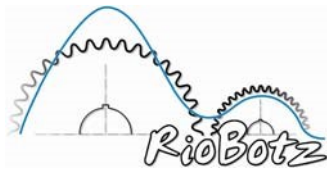
2.3.11. 转鼓



转鼓型机体有一个带齿的旋转鼓或“打蛋器”，这种装置通常由皮带或链条驱动，水平安装在机器人前面。它们通常通过掀翻对手或利用武器或地面造成冲击的方式来造成伤害。转鼓机器人是竖转的更紧凑的版本，武器的惯性矩更小，这使得鼓的加速时间更短，但是对手造成的伤害更小。由于它们的重心较低，所以非常稳定，它们可以是可翻身的，而且由于陀螺效应较小(在第 6 章中讨论)，它们比竖转更容易转弯。转鼓的加速时间应不超过 4 秒。他们的天敌是非常坚固、装甲良好的可翻转机器人。

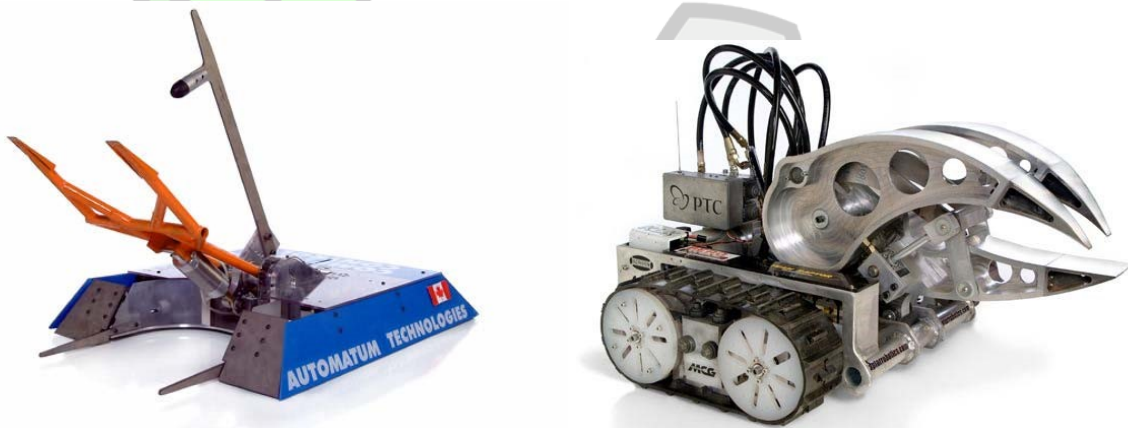
2.3.12. 竖直凿击



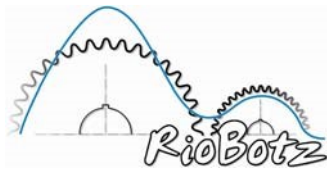


垂直凿击机器人利用锤子和斧头打击对手上方。它们通常有 4 个轮子, 其攻击类似于一个从反扭凿击, 但是武器的驱动和传动系统是独立的。武器可以反复而快速地被拆换。武器通常是气动的, 并要在仅 190° 的旋转范围提供足够的速度。武器系统可以把自身翻转回来。垂直凿击克制顶部护甲薄弱的对手。强大的垂直凿击可以轻松应付铲车、锯片型和凿击型机器人。他们的最大的敌人是横（竖）转。

2.3.13. 夹持



夹持型机器人能够夹住并举起对手, 通常会将对手带到赛场边缘的陷阱区。通常由气动驱动(更快), 或使用电动系统与高齿轮减速(更慢)。这种设计策略类似于举升机器人, 当举起对手时, 夹持型机器人的重量应该向后移动, 以避免向前倾。夹钳需要足够快才能够到对手, 然后才能对对手伸出魔爪。它们能很好地克制铲车和横向凿击机器人。应对垂直凿击机器人, 应该从侧面抓住它, 这样夹钳在夹住它们的时候就可以避免被对手的锤子反复击打。夹持的部分也可以使用簸箕, 而不是升降平台, 簸箕(译者注: 中国人都知道这玩意, 扫把和簸箕)就是一个让对手进入而在前面和顶部开口的大箱子。大部分簸箕的设计都包括一个限制爪。



2.3.14. 穿刺



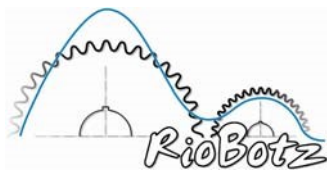
穿刺型机器人拥有液压爪，能够缓慢地刺穿或粉碎对手。需要在爪子上安装很长的尖端来有效地穿透对手，遇到大尺寸的对手，要花费更长的时间。其主要优势是对手被抓住后几乎不可能逃脱，从而赢得比赛。穿刺型机器人需要液压驱动来产生足够的力量以粉碎对手，这使得穿刺型机体非常复杂、沉重，几乎没有重量留给驱动系统。穿刺型机器人通常是重量

级的或超级重量级的。更复杂的设计是使用两级液压系统：第一级速度足够快，可以在对手逃跑之前抓住他；第二级速度很慢，但有足够的力量击穿和粉碎对手。

2.3.15. 喷火型



有一些比赛允许使用火焰喷射器。火焰喷射器通常与其他武器一起使用，如铲子。其效果主要是视觉上的，让评委打高分、让观众欢呼。除了电子设备外露或轮子易燃的情况外，大多数对手都是防火的，因此通常在其他方面上效率不高。



2.3.16. 多体机



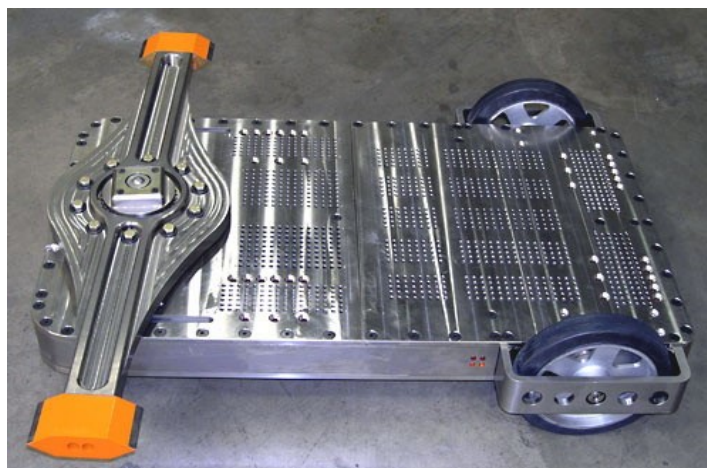
多体机由两个或两个以上的机器人组成，它们的总重量不能超过比赛类别的限制。大多数比赛采用的规则是：一方机器人的(重量)减少 50%或更多就被判失败。因此，使用两个机器人是有风险的，因为让（自己）较重的机器人失去比赛能力就能够让对手胜利了。因此，一些多体机包括 3 个重量相似的机器人，迫使对手使其中 2 个失去能力，才能获胜。例如，你可以使用 3 个中量级的机器人，只要其中一个降到 100 磅，就可以作为一个超级重量级的机体($120 + 120 + 100 = 340$ 磅)进行比赛。就像一些小型武器不如大型武器有效一样，多体机中的单体同对手比起来几乎没有什么优势，除非攻击(通常由 2 个或更多的驾驶员控制)得到很好的协调。在实际战斗中，很难做到完美的协调、同时进行攻击，对手最终会一个接一个地使多体机失去能力(通常在比赛开始时选择最小的机器人下手)。另一种多体机方案是使用一个主机器人，它的重量大约是一般机器人的 90%，两个小机器人各占 5%，用来分散对手的注意力。在实践中，小机器人被忽略，而对手关注于应付较大的机器人(多体机 Chiabot 只使用一个小机器人来分散注意力，但并没有什么效果)。另一个方案是使用一群小型的自主机器人，它们会爬上对手、进入其内部并从内部摧毁对手。但这太过科幻，就像《黑客帝国》(Matrix)里的哨兵，或《星球大战》(Star Wars)里的嗡嗡机器人(Buzz Droids)。

2.4. 设计步骤

在选择机器人的重量等级和类型之后，接下来要考虑的是它的成本。

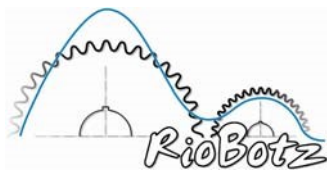
2.4.1. 花费

一个中量级机器人要想在国际上具有竞争力，其成本约为 4000 美元，包括无线电控制和备用电池。轻量级（60 磅）的大约 3000 美元，重量级（220 磅）的 6000 美元，超重量级（340 磅）的 8000 美元。这个数字可能会更高。机器人巴斯特(图右)是一个设计精美的超重量级机器人，全部由钛制成，估计成本约为 3 万美元。





总之，这不是一项廉价的运动。然而，对于许多赞助商来说，如果与投资于其他体育项目的钱相比，这样的数字是很低的。此外，羽量级和其他轻量级的机器人可以相当便宜。



个潜在的赞助商可能不知道什么是格斗机器人。他们一看就可能喜欢上它。



附在演示文稿文件夹中，应包括年度预算。别忘了包括零件成本、加工时间、税金（特别是如果必须进口任何部件）、营销材料（例如带有赞助商标志的 t 恤）、活动入场费和差旅费。在这个阶段不要削减开支，要求一切你可能用到的-你有机会获得全额赞助。如果你一开始要求的太少，你可能无法在同一年晚些时候增加预算。

但是让潜在的赞助商知道他们不需要提供全部预算，你会接受部分赞助。你甚至可以提出赞助水平，比如铜牌赞助占预算的 10%，银牌赞助占 25%，黄金赞助占 50%，白金赞助占 100%

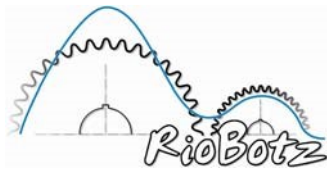
根据赞助水平，向潜在的赞助商展示他们获得的利益是很重要的。例如，在上一页的 T 恤布局中，黄金赞助商将获得 1、2、3、6 和 9 区的广告空间，而白银赞助商将获得 4 和 7 区的广告空间，铜牌赞助商将获得 5 和 8 区的广告空间。毋庸置疑，白金级赞助商将获得从 1 到

9 的所有领域。请注意，区域 3 比区域 4 或 5 更好，因为它在电视采访期间被摄像机拍到的几率更高，如右图所示。通常情况下，第 4 区的银色赞助商标志只在被采访时部分显示。

欢迎任何赞助帮助。除非你和你的赞助人关系很好，否则你会发现很难从他们那里得到现金，更多的时候他们可能会贡献零件或加工。在被拒绝几次之后不要放弃，你需要付出很多努力。

2.4.3. 设计机器人

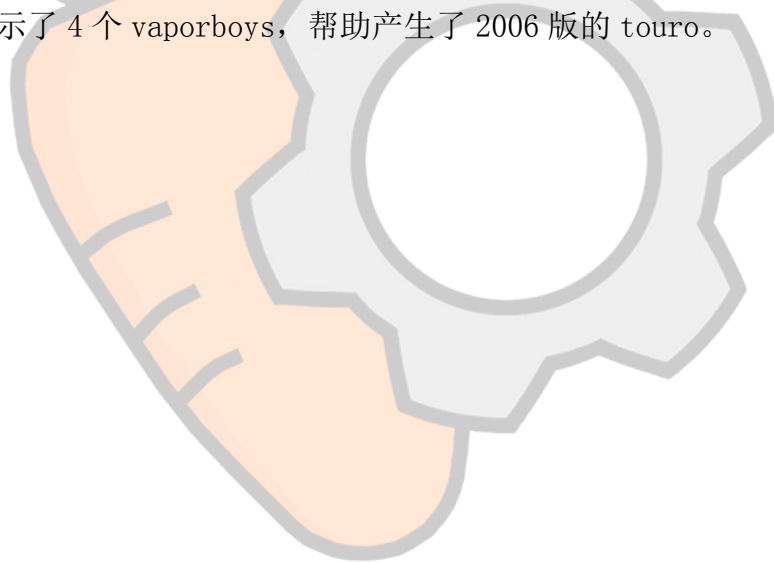
下一步是估计机器人的重量。如果在添加了所有的马达、轮子、结构部件、武器和电池之后，机器人的重量远远超过了它的重量等级限制，这意味着有必要

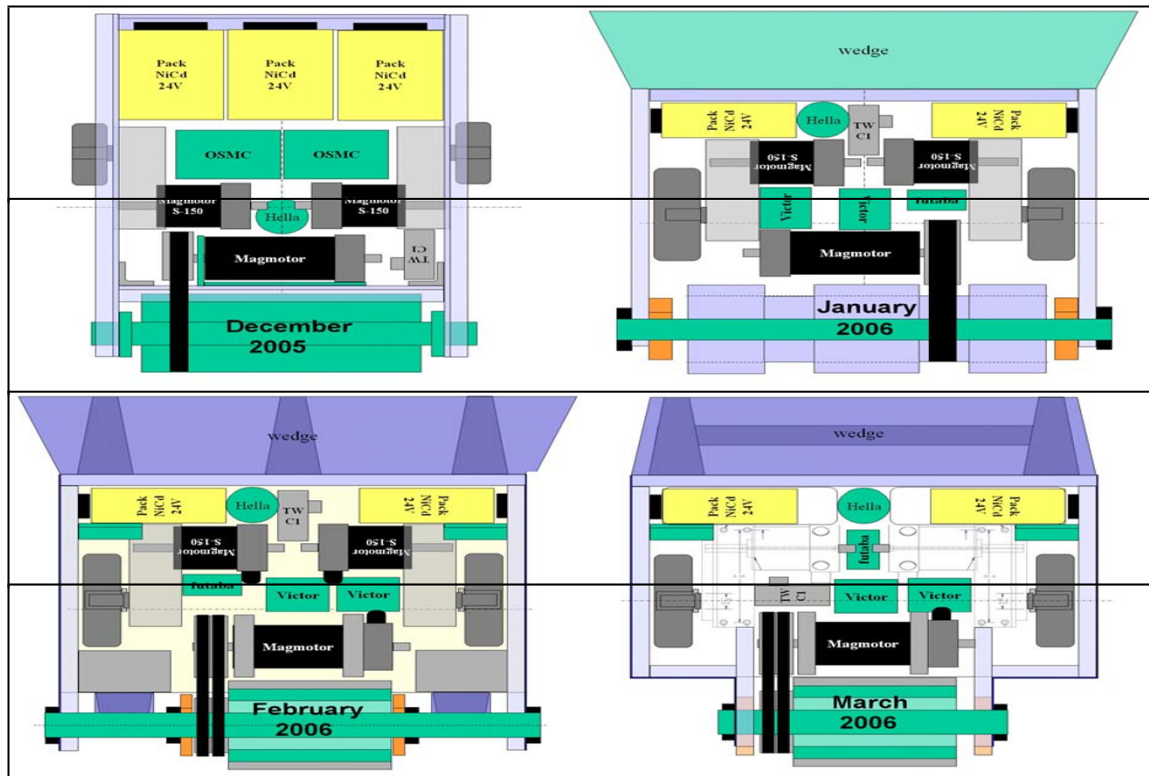


减小机器人的整个尺寸或使用更轻的部件。为了很好地分配机器人的重量，一个非常有用的提示是使用 30-30-25-15 规则[10]：30%的机器人重量应该用于驱动系统（马达、变速器和轮子），30%用于武器（武器、马达、变速器），25%用于结构和装甲，15%用于电池和电子设备。当然，根据机器人的类型，这些数字会有很大的变化，但它们是具有代表性的平均值。

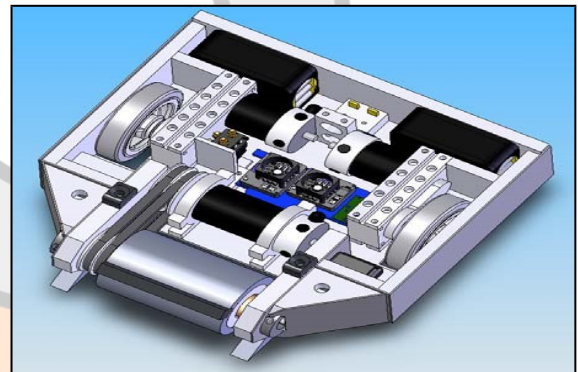
在设计和绘制机器人草图时，请始终记住一个被称为 KISS 的原则：保持简单，愚蠢！换句话说，如果没有必要的话，不要把你的设计复杂化，用最简单的方法设计你的机器人。

草图可以手工绘制，使用 CAD 程序，或者以任何方式快速更新并与所有队友共享。信不信由你，我们的中量级 Touro 的第一个草图是在 Powerpoint 中制作的，见图。这是一个程序，不同于大多数 CAD 程序，整个团队在他们的个人电脑，无论是在家里还是在大学进行设计。这样，整个团队可以在任何时间任何地点考虑改进机器人设计，使用任何个人电脑。这项技术也被称为 PAD（Powerpoint 辅助设计），使得生成 vaporbots 变得容易，而 vaporbots 是尚未构建的虚拟机器人设计。Vaporbots 有助于激发创造力，并在没有任何建筑成本的情况下改进您的设计。下一页显示了 4 个 vaporboys，帮助产生了 2006 版的 touro。



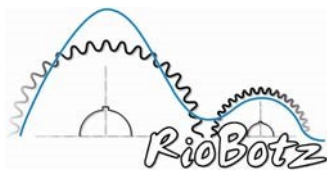


如果您可以访问 CAD 程序，如 Solidworks 或 Rhino3D，那么您可以使用它们来创建机器人的 3D 视图，请参见右图(使用 Solidworks 创建)。CAD 程序对切割和钻孔标记也很有用:只需按 1:1 比例打印出布局图，用喷胶剂(如 spray 77)直接粘在工件/板材上，然后用中心冲孔器标记孔。



在设计阶段，有必要考虑到脆弱的物品，如电子元件，应该放在机器人内部，以保护切割武器。机器人也应该是最紧凑的，这样它的装甲可以有更大的厚度而不超过重量限制。但别忘了，过于紧凑的机器人很难修复，需要更换的部件可能无法取出，这点很重要

在第一个草图之后，建议执行应力分析以计算来自机器人的每个组件的压力。这个主题太庞大了，超出了本教程的范围。关于固体力学和材料力学行为的书对此非常有用。分析基本上包括计算结构和部件中的拉伸、弯曲、扭转和剪切应力，包括最终切口（如孔、几何结构的突变）的应力集中系数，并将其组合以获得等效应力，通常称为 Mises 应力或 Tresca 应力。在等效应力的作用下，可以对零件进行抗屈服、抗断裂、抗塑性破



坏、抗疲劳等设计。有限元分析软件如 Abaqus、Ansys、Nastran、Adina 等可用于辅助机器人阻力的数值计算。它们中的大多数能够直接从 CAD 程序中导入图形。这些软件通常很贵，但是这些程序并不

是必不可少的。有了一点常识和机械背景，就可以进行“封套背面”的应力分析，这种分析是近似的，但足够精确，以达到设计目的。第 6 章将展示这种尺寸标注技术的一些示例

2.4.4. 优化

大多数格斗机器人天生超重。你迟早得准备好应对这件事。如果它超重，你可能需要完全重新设计它。另外，一些优化技术可以用来减重，或提高强度，甚至可以同时做到这两个。

一种方法是优化机器人零件的形状。这通常是以一种特别的方式进行的，使用常识，有时甚至借助有限元软件来检查产生的强度，例如在中等重量的 Vingador（如右图所示）的旋转圆盘中。圆盘上的孔和空隙不应太靠近其中心，否则平面外弯曲应力会非常高，也不应太靠近外周，以免降低惯性矩或齿的强度。这一过程通常包括尝试几种孔结构，并使用有限元和 CAD 程序计算圆盘强度和惯性矩

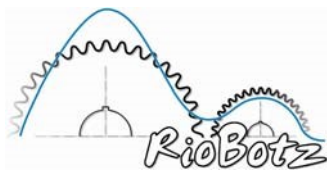


形状优化也可以看到在业余级的 Fiasco 的旋转杆上，图右侧。为了减轻重量，去除了中间部分，为了不降低强度，在杆的末端是完整的，为了不降低转动惯量，在杆上开了几个孔。



BioHazard 四杆机构的提升臂（右图）是另一个聪明的形状优化的例子，可以选择性地移除重量。

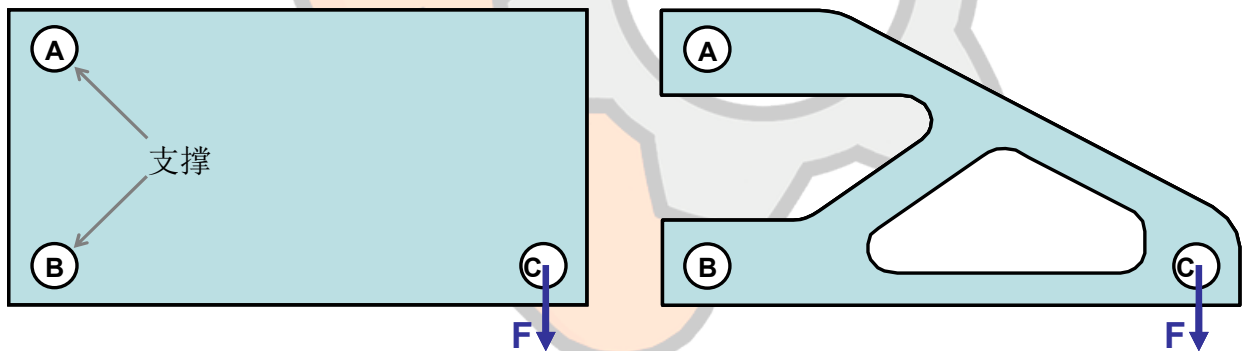




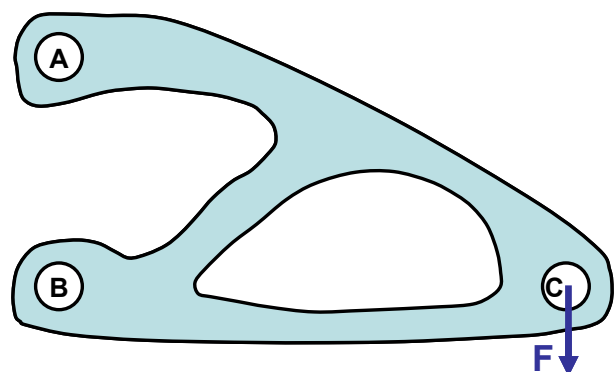
注意，中间枢轴附近的重量节省孔（弯矩最大）的直径较小，不会影响强度。这些孔的直径也与它们到中间枢轴的距离成正比，为了均匀地分布杆上的应力，因为这个系统中的弯矩与杆端的距离成正比

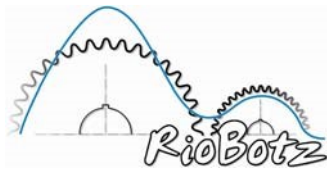
这样的优化任务也可以自动执行。复杂的软件可以对结构件进行形状和拓扑优化，以使其重量最小化或某些性能最大化。像 Tosca (<http://www.fe-design.de>) 这样的形状优化软件可以与有限元程序一起运行，以找到一个零件的最佳形状，该零件在达到刚度、强度甚至惯性矩等所需值的同时，重量最小化。

例如，假设您需要设计一个由两个孔 a 和 B 固定在机器人内部的单件支架，以支持作用于另一个孔 C 的一些垂直力 F，如左图的下一页所示。优化程序将告诉您孔的相对位置、直径、轮廓条件（例如它们是否允许旋转，是否通过销连接，或是否不允许，是否通过键轴连接）、支架材料、所有作用力和力矩的方向和强度，以及性能要求。例如，这些要求可以是支架中的最大容许应力（强度要求），同时也是支架的最大容许挠度（刚度要求），同时使其重量最小化。优化程序通常要求您同时告知组件的拓扑结构，这基本上是组件可能具有的空隙数。一些程序也允许你最小化重量和制造的复杂性，试图只用直线和圆弧达到一个最佳的形状，避免曲线或非常小的空隙。



图片显示了我们的支架只有一个空隙（除了固定孔 a、B 和 C 的空隙）的版本的最小重量和最小制造复杂度的结果形状。请注意，此结果形状仅对特定的输入值是最佳的，因为它依赖于所有给定的参数。例如，如果最大允许挠度增大而最大允许应力减小，则形状将不同。此外，如果关闭最低制造复杂度

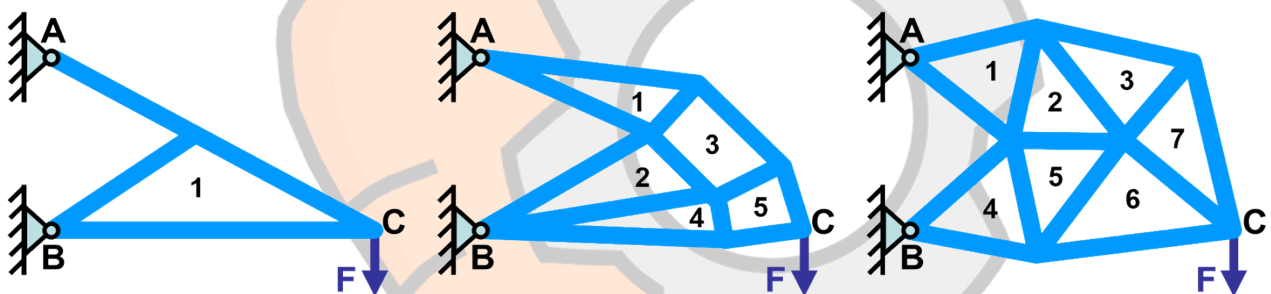




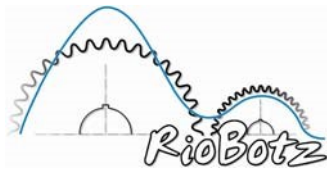
要求，可能会得到更轻的支架（如右图所示），但可能需要数控激光或水切割系统来制造复杂的零件。

一些程序也可以同时优化形状和拓扑结构，不仅可以找到形状，还可以找到组件中的理想空隙数。例如，这对于找到具有最大强度重量比和惯性矩重量比的旋转圆盘的最佳空隙数及其形状是有用的。

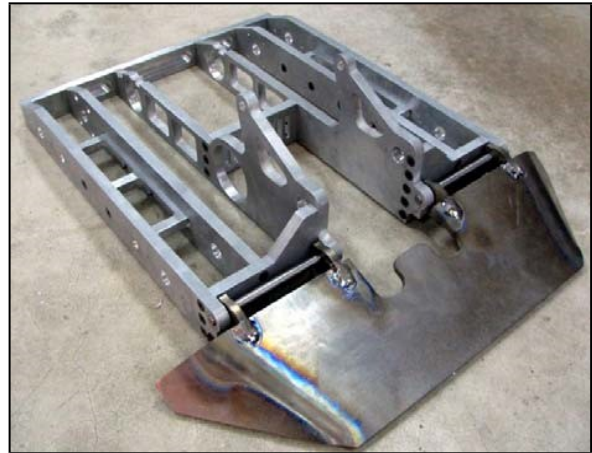
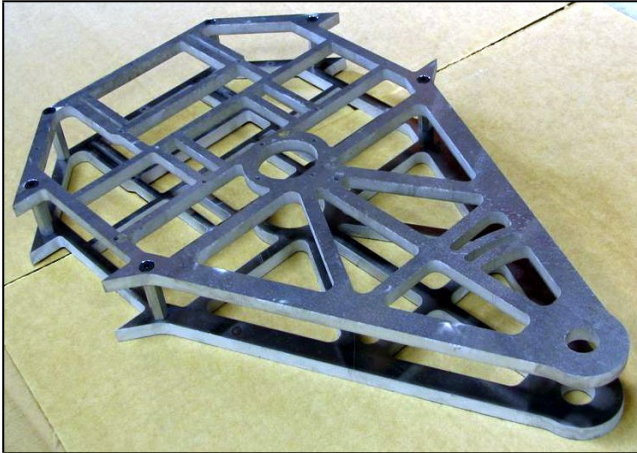
下图是一些具有 1、5 和 7 个空隙（不包括孔 a、B 和 C 的空隙）的支架拓扑的示例。上述结果是在选择如下所示的 1-空穴拓扑后获得的。一个拓扑优化程序不需要这样的用户选择，它会自己找出哪个拓扑是最好的选择，然后优化它的形状。



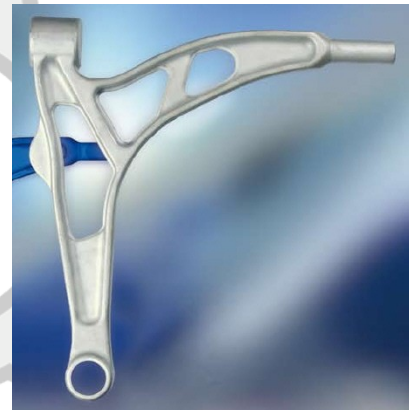
请注意，上面的拓扑表示看起来很像桁架结构，但它们会产生单个组件，例如在板中形成业余级 Fiasco（左下图）和轻量级 K2（右下图）的结构框架。还要注意，对于装甲板或其他外部未受保护的结构元素，您可能需要关闭拓扑优化以强制使用零空隙的解决方案



案。用带空隙的装甲板对付矛形机器人和火焰喷射器可是个坏主意。

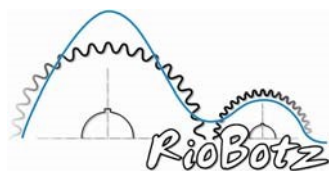


拓扑和形状优化分析不局限于平面问题，如具有均匀厚度的零件。他们还可以获得优化的三维（3D）零件的形状，如右图所示。激光或水射流切割将不足以制造这些最佳的三维零件，你可能需要一个轧机，甚至数控系统。



三维优化过程与平面情况非常相似。您将向软件提供所需组件形状的初始猜测（如下发左图所示），以及所有所需的孔和轮廓条件、材料信息，施加的力和力矩，以及性能要求。然后，软件将优化组件的拓扑结构，必要时添加空隙，最后以最小的重量输出满足要求的优化形状（如下发图所示）。





另一种优化机器人的方法是改变其部件的材料。材料优化，无论是提高性能还是减轻重量都可以使用，见第 3 章的详细内容；其他的减重方法也可以在第 9 章中找到。

2.4.5. 搭建和测试

在机器人设计过程中，建立完整的模型也是非常有用的。我们已经为我们的机器人及其部件建立了几个模型。例如，当我们在等待一颗 Etek 电机到达巴西时，我们用泡沫塑料、纸板和一个旧的浮潜管建立了一个一比一的模型（右图）。这些模型保证你在机器人的任何地方都可以测试，这是快速设计的基础。不幸的是，Solidworks 还不允许你把手伸进显示器。你要经常重新计算机器人的重量，机器人容易超重。



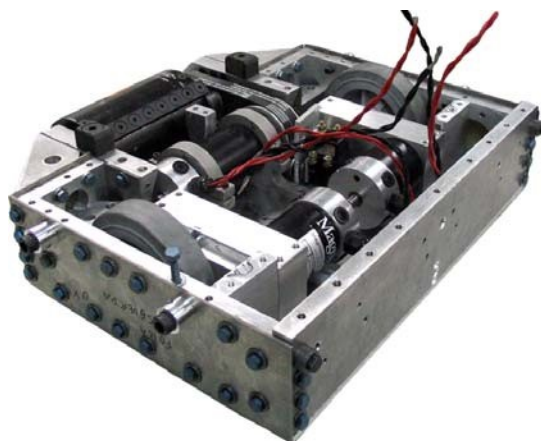
至少在我们的经验中，我们已经意识到设计阶段通常要花费大部分的机器人开发时间，可能大约 60% 或更多。另外 40% 是建筑本身。为了不浪费金钱和材料，在开始建造之前，最好确保设计不会遭受巨大的变化（施工期间几乎总是会发生微小的变化）。在开始切割金属之前，检查 CAD 图纸或纸板原型。遵循“量两次，切一次”的规则。本教程的以下章节将介绍有关构建机器人的许多信息。

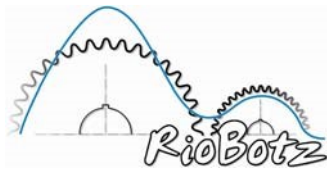
最后，在完成机器人之后，还有一个大家（包括我们）都容易忘了的部分：测试。遵循卡洛·贝托基尼定律：“在你参加比赛之前完成你的机器人。”很多时候，机器人在比赛之前就完成了，但没有足够的时间来测试它。这是一个致命的错误，有一些事可能会出错。通过一些测试，大多数问题都可以被发现和纠正。此外，在测试过程中，驾驶员能够获得驾驶特定机器人的经验，这可以在比赛中发挥很大的作用。这就引出了戴夫·卡尔金斯法官的一个主要建议：LTFD——学会驾驶！经常开车。几百个小时，不是几个小时。有些对手一天开两个小时的车。这可以而且将产生巨大的影响。

2.5. 结构

就机器人结构而言，主要有三种类型：桁架式、集成式和整体式。桁架机器人（如墓碑，图右）一般是用几根钢筋焊接在一起，这使它拥有一个非常刚性和轻的结构。装甲是由几个板，通常拧到主梁上，有时使用橡胶夹层（见第四章），以提供阻尼对抗冲击武器。

桁架式机器人是建造速度最快的结构类型，可以使用钢锯和焊接设备来快速组装底盘。桁架式机器人也很适合临场维修，因为如果其中一个

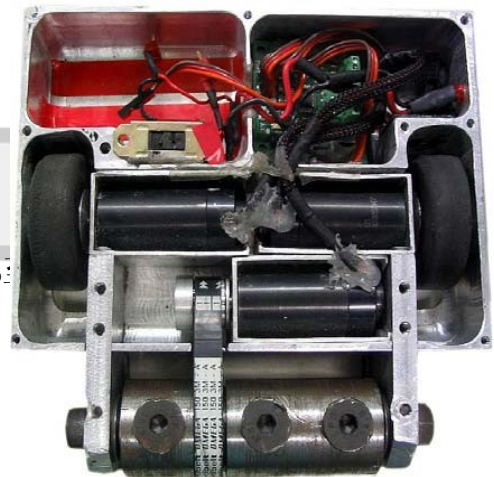




板损坏了，很容易拧松它，换一个新的。此类机器人最大的缺点是焊缝，焊缝通常是薄弱点以及在战斗中装甲容易被破坏。

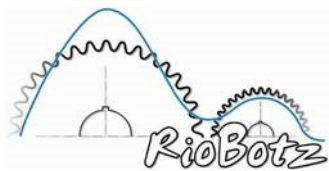
集成机器人(如我们的中量级 touro，如图右)之所以有这样的名字，是因为它的结构和装甲是用螺丝或焊接的方式整合到一个整体里的。安装内部部件的钢板与装甲的钢板相同。但有时在整体结构的顶部有较薄的装甲层。制造这样的机器人不是一件容易的事，但是它们会获得非常紧凑和耐撞的性能。

整体式机器人(如我们的甲壳虫量级的迷你图罗，如图右)的结构是由一整块钢块打磨而成的。通过铣削，可以创建侧壁，底部和空间，以适配电池，电机等。这样，就不需要焊接或在结构中使用螺丝，除了安装组件和安装上盖。整体式机器人是最轻和最具有抗性的机器人。然而，从整体钢块雕刻其内部会损失约 80%~90% 的材料，以及几小时(或几天)的使用铣床的时间。这会造成时间和材料成本的浪费。因此这种解决方案只适用于非常轻的机器人，如昆虫。另一个缺点是没有办法更换结构的损坏部分，因为这是由整体钢块打磨成的。如果有太多的损害，可能有必要做一个全新的整体结构。



一个整体机器人也可以由一个复合材料的框架制成，就像在业余级 VD2.0 中那样(右图)。复合材料框架基本上是由一个泡沫的内核，覆盖着一些纤维，如玻璃，碳，或凯夫拉尔纤维，这也被称为环氧表面。碳纤维是获得非常高的刚度的最佳选择，而凯夫拉尔纤维赋予了很高的冲击韧性（见第 3 章）。复合材料框架不是很受欢迎，由于它们价格昂贵，而且很难制造，特别是机器人设计如果要求结构需要有很高的安装精度，例如，武器系统。





2.6. 护甲

护甲基本上有三种类型:传统护甲、易损护甲和反制护甲。

2.6.1. 传统护甲

传统护甲通常是由非常坚硬的材料制成的，它们试图吸收和传递冲击能量而不受损坏。装甲的高硬度被用来粉碎或压平对手武器的锋利边缘(这是很好的对付非常锋利的水平旋转的策略)，同时它的高韧性允许护甲承受打击而不会被折断。这有时可以通过使用复合材料来实现，这意味着使用几层不同的材料。例如，可以使用非常硬(但易碎)的瓷砖夹在两个非常硬(但相对柔软)的不锈钢板之间，作为护甲。

由于传统护甲的高硬度，他们需要更换的次数较少，同时它们在比赛后也能看起来很好。然而，如第六章所示，传统护甲会将大量的冲击能量传递到机器人结构的其余部分，这通常会产生火花。根据裁判的判断，这些火花可以被视为无关紧要的或装饰性的伤害点。

2.6.2. 易损护甲

易损护甲被设计成通过损耗的过程来抵消自身的损伤，损耗是通过剥落的方式将物体表面的材料去除。它们由坚韧的材料制成，但具有低硬度和低熔点，以促进损耗过程。

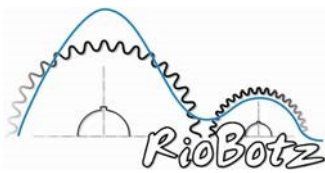
易损护甲能更有效地分散冲击能量，大部分能量被损耗过程吸收，传递给机器人其他部位的能量会少得多。他们是一个很好的选择，特别是针对钝或不那么锋利的水平旋转。它们也很擅长对付转鼓机器人，特别是那些有着锋利攻击武器的机器人，因为大部分攻击能量将被消耗在“吃掉”护甲上，而不是冲击机器人。此外，如果使用易损护甲，格斗过程中不会火花四射，这是很好的，即使他们只是作为微不足道的伤害。

厚木板作为易损护甲也是非常有效的，但是它们会造成大量的视觉伤害，可能会给你的对手造成伤害点(即使易损护甲的破坏只能算作是表面的伤害)。确保裁判知道你是否易损护甲。易损护甲的一个缺点是由于损耗需要经常更换，你也可能需要用手套来对付你的伤痕累累的机器人。

2.6.3. 反制护甲

第三种护甲类型是反制护甲。这种护甲以某种方式对武器的冲击做出反应，以防止伤害。它们中的大多数对投射物都非常有效，因为投射物的质量相对较低，速度也非常快，但对普通的格斗武器却不是很有效，因为它们的质量比投射物大得多，速度却比投射物慢得多。

爆炸反制装甲就是一个例子，它是由在两块金属板之间加入爆炸片构成的。在撞击过程中，炸药会在局部爆炸，造成金属板的凸起，从而在局部增加装甲的有效厚度。



另一个例子是无爆反制装甲，它基本上是由一个惰性衬垫，如橡胶，夹在两个金属板之间。对于大多数格斗武器，这基本上是作为一个防震装甲，消耗能量的弹性衬垫。这种护甲

对矛机器人有一个额外的优势:在有角度的碰撞中，外部的金属板相对于内部的金属板会横向移动，这可能会偏转甚至破坏任何可能穿透的矛。

也有关于电反制护甲的研究，它将由两个或多个导电板组成，由空气或一些绝缘材料隔开，形成一个大功率电容器。这可以在实践中使用三层金属，用橡胶衬垫隔开(由于其高绝缘击穿强度，VHB 4910 等丙烯酸胶带也是一个不错的选择)，这也可以作为防震装置。中间的板然后由一个高压电源充电，而其他两个板接地。当对手的武器穿透金属板时，它形成回路来释放电，使武器的尖端或边缘汽化，甚至将其变成等离子体，大大分散攻击。然而，请注意，这个系统可能很难在格斗机器人上实现，更不用说增加的电池需求了。此外，大多数比赛禁止使用电或爆炸性反制护甲。

2.7. 行驶系统

三种常见类型的驱动系统是轮子，履带和足式。同时也有其他类型的驱动方式，例如滚动管(像蛇一样移动)，滚动球，或气垫(气垫船)，但他们不能很有效的战斗。飞行通常是被禁止的。

2.7.1. 履带和足式

带有坦克履带的机器人很美观，他们有很好的牵引力，但是他们在转弯时由于地面的摩擦力浪费了很多能量。因此他们转弯的速度也很慢，这使得对手可以绕过他们，从后面追上他们。此外，履带可以很容易被对手用强大的武器打破。

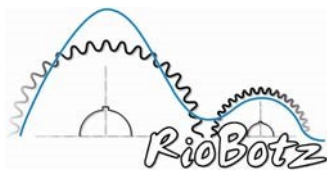
足式也有几个缺点。它们的建造和控制都很复杂，而且它们通常在战斗中不够坚固，特别是在对付敌人的时候。它们倾向于让机器人保持较高的重心，这会使其容易倾翻。它们唯一的优势是重量加成，通常是 100%，允许 240 磅重的格斗机器人在 120 磅重的中量级之间竞争。但是请注意，转动凸轮操作的足式，没有资格获得重量加成。足式通常是机器人在非常粗糙和不平的地形下的较好选择，而不具备在平坦的地面战斗的优势。这就是为什么国际格斗机器人已经都向车轮解决方案靠拢。

2.7.2. 轮子的材质

市场上有几种类型的轮子。一些机器人使用气轮，但它们内部填充聚氨酯泡沫，所以它们如果被刺穿也不会走偏。

另一个好的解决方案是使用实心轮子。为了最大限度地提高牵引力，建议实心车轮的外层涂上一





层橡胶其硬度在 65 Shore A(邵氏硬度)左右, 最多不超过 75 Shore A。

在有些机器人, 以及我们的中量级选手图罗和泰坦中, 使用的是科尔森车轮(图右)。这些轮子非常便宜:图罗的每个 6 英寸轮子只需要 7.25 美元。除了价格低廉外, 这款来自科尔森的胎面硬度为 65Shore A, 具有很好的摩擦力。

在 2005 年的 RoboCore 冬季挑战赛中, 我们团队使用了一个有趣的轮子解决方案。在冰上行驶时, 与车轮硬度是无关的。重要的是要有锋利的金属尖来产生牵引力。在冰上行走的秘密在于知道产生牵引力的不是摩擦力(在这种情况下摩擦力很小)。这个问题的解决方案非常便宜:我们插入了几个平头螺钉, 且与车轮半径成 60 度角(如右图所示)。螺帽也被削尖以提高牵引性能。这些锋利的尖端与冰面产生很小的接触面积, 产生很高的接触压力。如此高的压力使得冰在局部融化, 使得钉尖略微下沉并锁定在适当的位置。然后, 当发动机转动轮子时, “固定”的尖端沉入冰中, 施加正常的水平力, 产生不滑动的牵引力。在冰上的牵引力甚至比在金属轮子上的还要好。



从上图中可以看出, 我们选择使用一排螺丝:我们的试验是用两排平行的螺丝, 因为用两倍数量的螺丝来分配负载, 冰的压力下降了一半, 螺丝下沉的幅度也小了很多。一个深孔螺钉比两个半深孔螺钉具有更好的牵引力。还要注意的, 我们还更换了车轮上螺钉的角底, 以保证在前进和后退方向上的平均牵引力是相同的。

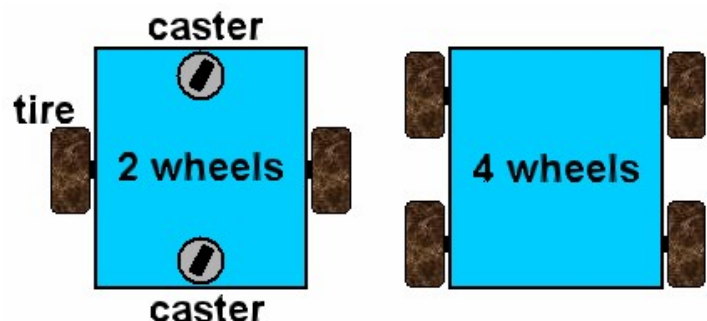
2.7.3. 驾驶方式

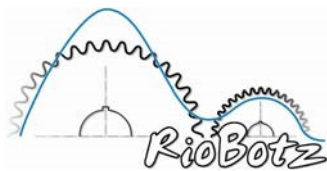
有两种主要类型的轮式车辆:阿克曼转向和坦克(或差分)转向。阿克曼是汽车工业采用的解决方案:一个大的电机用来推动系统前进或后退, 另一个小的电机控制前轮的转向来转弯。这对高速度行驶非常有效, 因为它是很容易驾驶直, 但它需要几个机动为机器人旋转自己的轴。此外, 转向系统通常是一个弱点, 它需要非常强壮, 因此它非常重。

坦克转向因用于战争坦克而得名。机器人的整个左侧独立于右侧驱动。要在直线上行驶, 两边必须有相同的速度, 这并不总是容易保证的。转弯是在不同速度下完成的。这种方法的最大优点是, 如果两边的速度绝对值相等, 但感应相反, 机器人可以在极小的空间内转弯。这是一个完美的方式可以总是面对对手。

2.7.4. 两驱

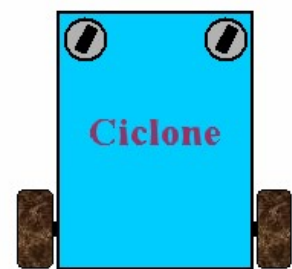
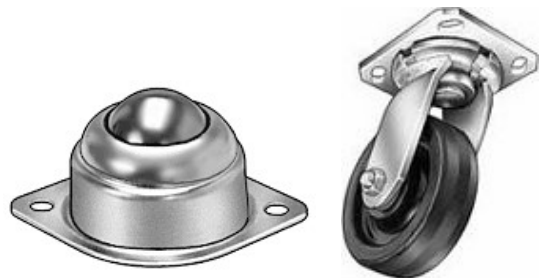
有两种常见的选择在坦克转向, 这是使用 2 个或 4 个主动(动力驱动)车轮,





如右图所示。有两个主动轮，它非常的快，并且有较少的能源浪费。此外，机器人不需要额外的主动轮、轴和轴承以减轻重量。

由于只有两个主动轮，机器人可能需要额外的至少一个地面支持，理想情况下是两个。这通常是通过打滑物来完成的，打滑物是一些被动的元素，如转球或脚轮(右图)。试着将两个活动轮的轴线尽量靠近机器人重心，球在前后移动或脚轮，呈十字形排列(见上图两轮机器人)。这样就能保证几乎所有的地面反作用力都能通过两个活动轮，也就是需要牵引力的地方。我们的中量级 **Ciclone**，由于内部空间不足，不能使用交叉配置。如图右侧所示，两个活跃的轮子在后部，仅支撑机器人重量的一半，影响了牵引力。但要小心交叉配置，确保球轮或脚轮不会抬离地面，特别是在一个不平整的场地。为了避免提升主动轮和失去牵引力，这些机器人应该在比主动轮高几毫米的平面上安装被动元件。你也可以使用弹簧安装球轮和脚轮，创建一个悬挂系统，防止主动车轮被抬高。



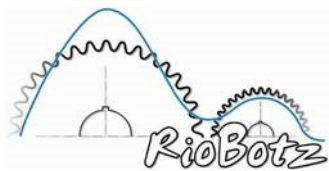
只用两个轮子的一个缺点是在直线上行驶比较困难。如果几台直流电动机没有设置中统一时，这意味着某个电机可能旋转得更快，使得在直线上行驶十分困难。如果可能的话，试着将驱动直流电机设置为统一的(见第 5 章)，或者，如果无线电控制系统是可编程的，试着通过修剪设置来补偿速度差异。一些机器人使用陀螺仪来直行，更多的细节可以在第七章中看到。

如果你的机器人需要持续在一条直线上移动，尝试使用刚性脚轮(如右图)代替旋转脚轮。这会使他很难转弯，但机器人将直行驾驶。



在拥有非常暴力武器的机器人中，球轮和脚轮在对抗对手时可能无法承受传递到地面的极端力量(对于中量级的机器人来说，这些力量很容易超过几吨)。在这种情况下，你可以替换这些被动元件，例如，纽扣头帽螺丝(右图)，颠倒安装在机器人的底部。圆圆的头在舞台上很容易滑动。这是我们在中量级的转轮泰坦上使用的技术。使用硬化钢螺丝，那些高质量的螺丝(见第 4 章)，因为它们更硬，而且不容易磨损。由于与场地





地板的摩擦，一些机器人也使用宽片的聚四氟乙烯(PTFE)地面支持减少摩擦。

2.7.5. 全驱

另一个车轮转向选项是使用 4 个(或更多)活跃的车轮。四轮机器人在直线上的行驶性能更好，它们能很好的对抗铲子和抬起器(因为一般来说，它们能保证至少有两个轮子在地面上，如果它们被举起来了，也能轻易逃脱掉)，而且它们有冗余，以防在比赛中有几个轮子被毁坏。经验丰富的车手，比如帕朗柏疯狂车队的马特·马克西姆，即使在 4 个轮子中有 3 个被撞掉，仍然能够运作！

一些机器人使用 6 或 8 个轮子，以最大限度地增加牵引力，并增加冗余，如图片右侧的 8 轮超重量级和著名的 6 轮重量级下水道蛇。除了额外的轴、轴承、滑轮等需要额外的传动系统重量外，问题是 4 个或更多的轮子在转弯时会造成能量的浪费。

帮助 6 轮机器人更容易转弯的一个有趣的解决方案是有两个中间(顺应)轮，直径稍微大一点。这样，4 个外车轮上的与地面间的摩擦力就减小了，从而减小了它们在转弯时的摩擦阻力。

2.7.6. 万向轮

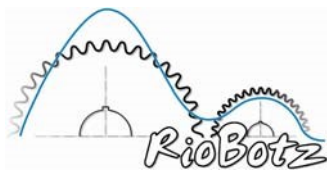
一种非常特殊的驱动系统是全向驱动。它可以用全向轮(又称 Omni 轮)来完成，它可以在不改变方向的情况下横向移动。这些轮子有几个小的被动滚轮，可以自由旋转(如右图所示)。



最常见的配置是 4 个平行车轮，或 3 个 120 度角的车轮。滚轮只在圆周方向上提供牵引力，在轴向上自由转动。通过协调 3 个(或 4 个)轮子的运动，可以在不改变机器人方向的情况下横向移动。在 3 个 120 度角的车轮的情况下，全向控制系统不是那么容易实现，你需要编写一些涉及到正弦和余弦的计算程序。一个现成的解决方案是 OMX-3 全向混合器(如右图所示)，



这是一块来自 Robot Logic (www.robotlogic.com) 的价值 45 美元的小电路板，它可以自动完成所有这些计算。这个系统非常适合机器人足球比赛:带球的机器人可以侧着身子运球而不会看不见球门。带球后可以立即将球踢向球门，而不需要浪费时间改变方向和转弯。



然而，在战斗机器人这种全方位的能力是没有必要的，因为在一场比赛中，你确实想要指向你的对手。这通常是你的目标。侧身移动是躲避攻击的好办法，但成本效益并不好：全向轮的牵引力比普通轮差，效率更低(浪费更多能量)，滚轮也不能承受剧烈的冲击。

2.7.7. 轮子的布局

驱动系统设计的另一个重要因素是机器人质心的位置。例如，如果质心被移动到机器人的左边，这一边的轮子将受到来自地面的更大的反作用力。正因为如此，右边的轮子会比右边有更好的牵引力，机器人将不能直走。设计机器人时应试着把重量平均分配到两边。

对于只有两个活动轮子的机器人，理想的情况是让机器人的重心 C_1 非常接近连接轮子中心的直线的中心 C ，如右图所示。在这种情况下，每个轮子将承受机器人一半的重量，以保证良好的牵引力。

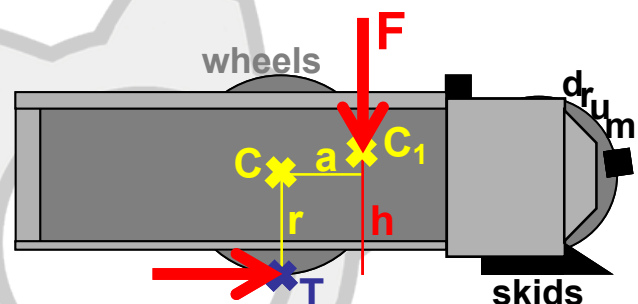
更好的是地方 C_1 ，位于 C 的前方，在水平距离的距离为 $a = \mu \cdot h$ ，其中 μ 是轮胎与地面之间的摩擦系数，以及 h 是 $\mu \cdot F$ 的高度。

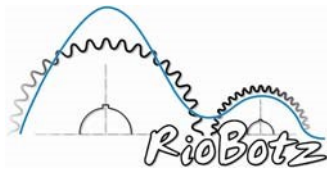
(C_1 如图所示)

如果合并后的两个车轮的扭矩都是足以保证的初始牵引力 $\mu \cdot F$ ，且其最大值没有造成车轮漂移，这里 F 是机器人的重量，那么机器人加速时不会向后倾斜如果满足 $a \geq \mu \cdot h$ 。它也不会向前倾斜，因为重力力矩 $F \cdot a$ 对车轮与地面之间的接触点 T 是大于或等于 C_1 点向前加速造成的向后的惯性转矩 $\mu \cdot F \cdot h$ (相对于 T)，由此 $F \cdot a \geq \mu \cdot F \cdot h$ 。

我们的中量级 touro 使用了这个原理。不使其向后倾斜，这样可以防止对手的铲子进入 touro 的转鼓的下方。此外，在最初的动力传动系统加速期间，如果 $a = \mu \cdot h$ ，两个轮子会承受 100% 的机器人重量，这会最大化最初的牵引力。在加速时，当电机的牵引力为 $\mu \cdot F$ ，图罗前面的铲子只会受到机器人的一部分重量。所以，当 $a = \mu \cdot h$ ，touro 达到它的最大的加速度

动力传动系统加速度并且它前面铲子几乎不接触地面，直到获得它前方的铲子获得足够的速度与持续的向下压力以接触它的对手，并且试图用铲子插入他们对手的下方。注意，由于几乎对称以及 touro 的可翻身的设计，其质心 C_1 的高度 h 几乎等于其轮的半径 r ，作为结果 $a \approx \mu \cdot r$ 。





但重要的是不要让这个距离远高于 $\mu \cdot h$ 。正如之前所讨论的,我们的中量级 Ciclone,由于缺乏空间,它的两个主动车轮在机器人的后方(如右图所示),离质心有一个较大的距离。每个轮子最终只承受大约四分之一的机器人质量,另一半则依靠前方的地面支持。由于减少了主动轮的负载, Ciclone 的牵引力很差,而且造成很多轮子的漂移。请注意,磁铁轮和吸力风扇将是两个可能的解决方案。虽然不寻常,但可以在轮子上增加更多的牵引力。



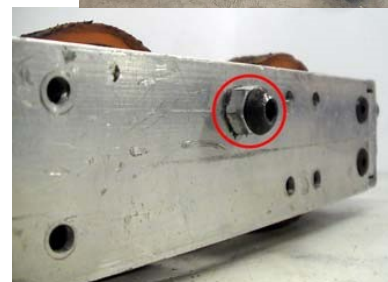
机器人底部和场地地板之间的距离也很重要,这个间隙需要足够大,以避免被困在碎片或场地地板不平整的缝隙中。如果你可怜的轻重量级机器要使用经过超重量级选手比赛后的场地参加比赛,它很可能要克服像右图所示的场地条件。但机器人底部和场地地板之间的距离不能太大,否则你的机器人可能会受到铲子,升降机和弹射器的攻击。保持较低的机器人重心也很重要,以避免翻转。根据我们的经验,从业余级到超重量级的任何级别的最低建议机器人底部和场地地板之间的距离约为 1/4 英寸(或 6 毫米)。

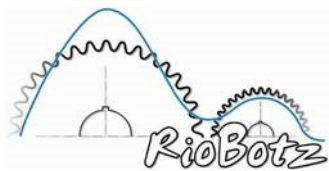


2.7.8. 防翻

大多数成功的战斗机器人都是可翻转的,这意味着它们可以在上下颠倒的情况下被驱动。随着我们今天看到的大量铲车、转鼓、竖转机器人,更不用说弹射、举升机器人了,你的机器人翻转过来只是时间问题。

如果你的机器人不是可逆的,或者如果它的武器是有限的或没有功能。当它颠倒时,它拥有自扶正机制(SRiMech)是一个好主意。SRiMech 是一个主动系统,它使一个倒立的机器人恢复到直立状态。这个机械装置可以是一个电动的或气动的手臂,也可以是机器人上表面的一个被动的延伸部分来滚动或翻转它,比如在羽量级的顶部的一个大的白色环,完全是无攻击性的,如图所示。弹射或举起武器,甚至是垂直旋转武器,如果设计得当,也可以作为机械臂使用。





实现可逆设计的最简单方法是使用比机器人底盘还高的轮子。如果你的机器人的前面有一个很高的底盘，但没有它的背面，那么另一个选择是在后面使用两个驱动轮，前方使其滑动。

另一种解决方案是有两组活动轮，用链条或皮带一起驱动，其中一组用于驱动机器人时不翻转，另一组用于上下颠倒。但是请注意，这种解决方案通常会给您的驱动系统增加很多负担。

同样重要的是要记住你的机器人不是只有两条边。如果它是盒状的，它实际上有 6 条边。但是避免输掉比赛是非常简单的，因为你的机器人最终站在了它的一边。你只需要避免有完美的平面和垂直的前，后和侧壁。

这是可以实现的，例如，使用从墙上伸出的螺栓，如图所示，在我们的 Puminha 中，用红色圈出。

螺栓不应该太突出，以避免容易被敲掉，但足以确保机器人将倾斜回来，如右下方图片所示。

如果机器人是可翻转的，那么你可以把螺丝放在底盘的中间高度。否则，你可能会想要把它放在靠近顶部的地方（如图），以增加机器人在直立位置时倾斜的机会。但是这个螺丝需要突出大约两倍于中高度设计，以确保机器人确实倾斜回来。

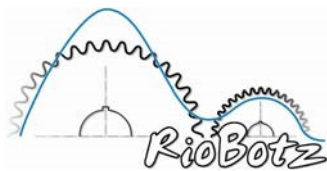
2.8. 武器系统

武器系统的范围很广，所以很难提出适用于所有这些系统的一般性建议。因此，每种机器人类型的武器系统都需要根据具体情况进行研究。这一主题在第 6 章中有广泛的论述，这一章是关于武器设计的。你也可以在章节 2.3 和 2.4 中找到一些武器设计技巧。此外，第三章将对各种武器系统的材料选择进行深入的讨论。第五章也涉及这一主题，显示自旋计算动能武器，如转杆，转盘和转鼓。

也有一些关于这个主题的好书。例如，格斗机器人武器完全致力于武器系统。建立自己格斗机器人和 Kickin' Bot 有章节解释每个武器类型的设计细节和相关的策略。建造机器人甚至提出了基本的物理方程。在

<http://members.toast.net/joerger/AskAaron.html> 也有很多与武器相关的问题和答案。

注意在战斗中有几种武器是不允许的。这包括但不限于，无线电干扰，噪声产生的一个内燃机(ICE)，重要的电子磁场，高压放电现象，液体(胶水、油、水、腐蚀产物、等等)，泡沫，液化气体(如果使用气动系统外)，卤代烷气体灭火器(阻止对手的冰)，未燃烧易燃气体、易燃固体，炸药，种无栓绳炮弹，干糠(粉、砂球轴承)，纠缠武器(网，弦、胶带)、1 毫瓦以上的激光，以及基于光、烟或灰尘的武器，这些武器会损害机器人的视觉(比如使用频闪灯使对手的驾驶员失明)。



2.9. 所需工具

以下几章将介绍制造战斗机器人所需的几种材料和部件。但要做到这一点，最好能获得一系列工具。下面是一个全面的列表，列出了在建造战斗机器人时可能有用的所有东西。例如，大多数商品都可以在 McMaster-Carr (www.mcmaster.com) 上找到。

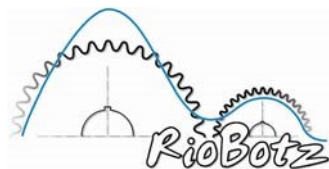
在 Kickin' Bot[10]这本书中有很好的章节讲述了如何有效地使用这些工具。在 <http://revision3.com/systm/robots> 网站上还有一段 43 分钟的精彩视频，介绍了 RoboGames 的创始人 Dave Calkins 如何使用基本工具来构建格斗机器人，并介绍了相关组件的入门知识。

当然，没有必要拥有下面列出的所有工具来构建格斗机器人。如果你的机器人有一些特殊的部件，你无法自己制造，有可能因为缺乏经验或是受到限制导致无法进入加工厂，你可以通过 www.emachineshop.com 网站直接从它的 CAD 图纸进行加工。

机械

- 安全:安全眼镜、护目镜、面罩、手套、耳罩、急救箱;
- 扳手:内六角扳手(L 或 T 字扳手)、组合扳手、开口扳手、套筒扳手、可调端扳手、活络扳手、扭矩扳手;
- 螺丝起子:平头和十字螺丝刀;
- 钳子:针钳、剪钳、钳柄、滑接头钳、挡圈钳;
- 夹紧:C 形夹、棒形夹、台虎钳、钻床虎钳;
- 测量:卡尺、千分尺、钢尺、卷尺、机械师方尺、测角仪、水平仪;
- 打标:金属划线机、中心打孔机、自动中心打孔机、打孔机;
- 切割:剪刀、多用刀、瑞士军刀;
- 钻孔:钻头、单头钻头、沉头、沉孔、立铣刀、孔锯、铰刀;
- 攻丝:攻丝, 攻丝扳手;
- 手动工具:钢锯、锉刀、锤子、拉爪器、键槽拉刀、有领衬套、伸缩镜、伸缩磁铁;
- 称重:测力计、数字秤;
- 电动工具:电钻(最好是 18V 以上)、拼图、Dremel、角磨机、轨道砂光机、圆盘砂光机、圆锯;
- 大型电动工具:车床、台钻、台式磨床、立磨机、带锯、人字锯、砂带机、断头台、数控系统、水射流系统、等离子切割机;
- 焊接:氧乙炔、MIG、TIG;
- 清理:空气压缩机、气枪、真空吸尘器(金属钻头会使电力系统短路)。

电子/电气



- 钳子:平切机、针钳、压接机、剥线机;
- 烙铁和支持与海绵, 拆焊工具;
- 镊子、放大镜、板子支架;
- 数字万用表、电源、示波器、电池充电器;
- 热空气枪, 胶水枪。



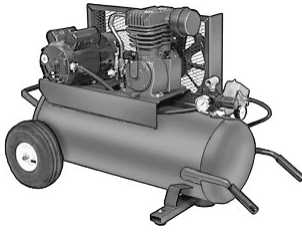

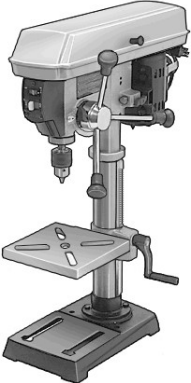


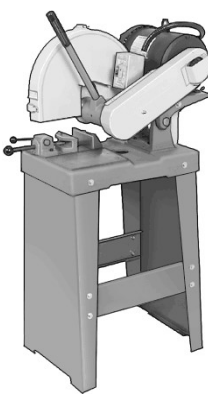












液体








- WD-40(润滑油, 可用于切割、钻孔、丝锥、清洁车轮);
- 粘蜡(润滑切割盘);
- 螺丝固定剂(Loctite 242, 锁紧螺丝);
- 保持化合物(Loctite 601, 它可以支撑轴承);
- 专业环氧树脂(24 小时版), J.B. Weld(更强的金属键);
- 酒精和丙酮(涂环氧树脂前的金属清理);
- 排样液(对零件进行喷涂, 后期打洞或划线切割);
- 渗透染料(用于检查裂纹的存在);
- 喷胶(3M 喷雾 77, 用于将版式打印件喷到印版上);
- citrus-based 溶剂(Goo-Gone);
- 锡膏和液体电工胶带;
- 车轮牵引复合(增加抓地力)。

			
护目镜	面罩	手套	耳罩
			
急救包	十字螺丝刀	十字螺丝刀 r	套筒扳手
			
开口扳手	活动扳手	内六角扳手	T 柄内六角扳手

			
尖嘴钳	斜口钳	大力钳	鲤鱼钳
			
C型夹钳	带夹	台虎钳	钻床虎钳
			
游标卡尺	千分尺	钢尺	卷尺
			
技工直角尺	测角仪	中心冲床	自动中心冲床
			
金属划片器	钻夹头 (hole transfer)	麻花钻头	直槽宝塔钻
			
镗孔钻	镗孔刀	立铣刀	钹孔锯
			
丝锥	丝锥手柄	手锯	锉刀

			
伸缩镜	伸缩磁铁	扭力扳手	气枪
			
卡簧钳	水平仪	键槽拉刀	衬套
			
剪刀	实用刀	瑞士多功能刀	钻孔器
			
锤子	分颌器	测力计	电子秤
			
充电电钻	曲线切割机	冲击钻	角磨机
			
台式打磨机	手持抛光机	盘式砂光机	圆盘砂光机

			
切纸机	圆锯	空气压缩机	吸尘器
			
立式钻床	立式铣床	带锯	斜切锯
			
车床	氧乙炔焊机	ME 焊机	氩弧焊机
			
卧式锯	等离子切割机	水刀系统	CNC 系统
			
斜口钳	尖嘴钳	夹线钳	剥线钳

 <p>电烙铁</p>	 <p>电烙铁架</p>	 <p>吸锡器</p>	 <p>镊子</p>
 <p>万用表</p>	 <p>电源</p>	 <p>示波器</p>	 <p>电池充电器</p>
 <p>PC B 板固定架 (board support)</p>	 <p>焊接放大镜</p>	 <p>热风枪</p>	 <p>热熔胶枪</p>
 <p>Loctite 242 胶水</p>	 <p>J.B.Weld 冷焊剂</p>	 <p>表面清洁剂</p>	 <p>渗透染料</p>