

RM 冬令营技术报告规范

1、项目规划

1.1 项目规划

首先是解读规则。

连连看:根据起始与目标位位置的距离关系构建有向图,在代价尽可能少的情况下使得经过的块数更优.即,知道每个扫描点对应的方块编号,在规定时间内尽可能多的完成块和扫描点的匹配;

华容道:对于给定的华容道情况需要用算法求出理论最有解,同时给出适合机械操作运行的实际最优方案.其中,第一点直接反映在算法的答案上(正确即 100 分),第二点反映在完成解谜的花费时间上((得分为 20 分钟内剩余的秒数),基本可由广度有限搜索加上一些剪枝和特判实现。

由于两个都做的话分数相加,我们确定了华容道和连连看两个都做的方案。连连看的方案是通过制作一个可以抓取并抬起障碍块的机械抓,将障碍块放在预定的位置上;华容道则是使用轨道,制作一个类似于 3D 打印机的机器来拨动华容道。在确定了要做什么之后,我们进行了人员分工。

依旧是七个人,算法在这阶段需要与机械组进行沟通,通过了解机器人的结构来对程序做出优化。嵌入式工作量很大,即需要调试华

容道有需要调试连连看的程序,因此需要机械组能腾出人手帮忙接线。机械依旧是分为两组,因为机械抓和地盘之前已经有了,所以分配了两个人,而华容道则是三个人。

由于时间非常的紧迫,对抗赛之后就只有两天的时间来制作。所以我们火力全开,在对抗赛比赛的那一天就完成了基本的设计,第二天完成了整体结构的搭建,比赛前的凌晨完成了程序的调试,和算法与操作手的暗号匹配。

1.2 方案设计

一、连连看

在第一阶段的比赛中,我们完成了基础的底盘设计,而在第二阶段中底盘的设计同样重要。同时我们的机械爪也需要重新设计。在场地条件限制下,底盘的尺寸如果过大会在转向时对原方块的位置产生影响。因此在我们的面前出现了两条路,该变底盘大小或者改变机械爪的结构。由于重组底盘所需的时间人力较大而同时进行的华容道项目的工程量较大,我们选择了重新制作机械爪。

算法方面:将每个方块的位置与对应扫面板所属方块之间连边建图,跑图上一定个数内的区间最小和.具体实现时先预估最多可访问的块的个数,再在深搜迭代时迭代加深;亮点在于,难以抉择全局最优解(时限内无法完成)或者单步最优解(正确性误)时,通过与机械等方面的沟通,选择一部分最优解,确保方案最优性以及正确性;

二、华容道

华容道我们通过观察 3D 打印机，确认了两套搭建方案——使用螺纹杆作为驱动和皮带作为驱动。但是由于材料限制，我们被迫选择了螺纹杆。

我们的搭建采用层级式搭建法。也就是先完成一层，再一层一层的往上搭建。这种搭建方法既容易理解也容易搭建。先从 X 轴开始，因为是主要的称重机构，我们采取了两个光轴作为滑轨，一个螺纹杆作为驱动的结构。然后是 Y 轴，由于 Y 轴上只有一个小巧的滑块，所以使用一个光轴一个螺纹杆的结构来简化。最后是 Z 轴，安装一个舵机在 Y 轴的滑块上，并在舵机上安装大摩擦力的触头来滑动华容道。

由于我们对于触头的重视，我们使用了特殊的高摩擦系数的皮，使得触头能够很好的接触华容道的块。由于比赛规则内允许使用手来帮助，使得最终速度更快。

这个方案由于本身已经比较成熟，所以一次性通过，没有之后其他的修改。

算法方面：对于每个图的状态用一个 unsigned long long 的数值记录，方便搜索时 hash 判重以及对操作最优方案的筛选；利用广度优先搜索的思路层层遍历原图可以访问到的状态以及他的父亲节点，从而方便输出方案；亮点在于充分考虑的理论和现实的差距，并用随机化的方式缩小误差。

2、 研发历程

2.1 方案预演

一、连连看：

对抗赛中的步兵机器人所加的夹持结构进行测试,发现夹子较小,固定物块时位置比较小,不嫩进行 pitch 轴上的转动,且舵机的控制对嵌入式的要求较高,调试难度较高。

二、华容道：

华容道设计为利用滑杆建立 X, Y 轴,并利用丝杆控制滑杆上的滑块移动。利用舵机控制 Z 轴上的一个摩擦杆接触华容道滑块从而移动。因时间紧张的原因,华容道利用铝材搭建简单的框架结构,用滑杆建立 X, Y 轴,连接的主要方式为螺丝钢连接和胶带粘接,主要考虑的内容为任务的完成,对于机器的使用寿命和优化并没有进行重点要求。在最快的时间限度内完成了主要结构的搭建,在算法没有彻底完成前由手动的方式完成了机器工作的可行性检测,整体设计经测试可行。

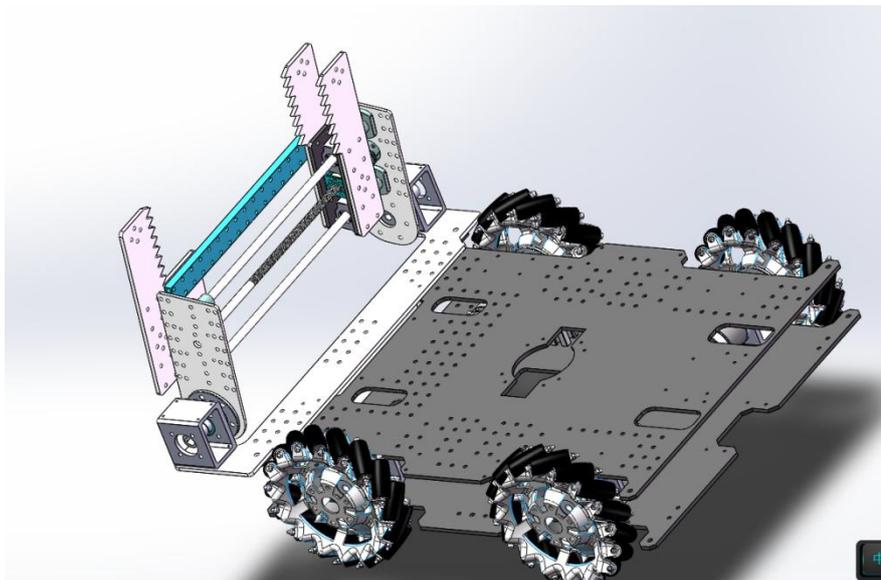
三、算法部分：

通过设计数据生成器以及 SPJ(special judge)对于初始算法正确性进行判断

2.2 方案的细化

一、连连看：

由于在底盘旋转时障碍快有一定的离心力所以夹住障碍快的机构必须具有很大的力来保持障碍快与车的相对静止。为了达到这种力或者用一些力大的元器件例如气动、液压或者用力较小的元器件带动机械效益较低的传动装置如螺纹杆等，经过比较，我们最终选定了将转动转成线性移动的螺纹杆装置。同时，由于原有底盘尺寸较大，我们添加了 P 轴的转动以减少机器在固定好障碍快并移动时的尺寸。最后经过材料方面的权衡，使用 solidworks 完成了装置的设计，如图所示（为了更加清晰的了解结构，隐藏了部分非必要零件）：



算法部分：第一次方案采用最普通的深度优先搜索,对拍后发现时间复杂度存在较大问题;第二次方案加入普通剪枝(当前步数较已有答案已经次优则不必每次都搜到底),能够在时间的接受范围内完成方案的考虑;第三次方案发现上一方案的时间复杂度不稳定,于是采用类似分块的思想将每一次要走的最多步数分成多部分分步计算从而

确保速度。

ps:数据读入时采用的读入方式存在问题导致读入的数据出现 bug,使得算法影响了整体的比赛进度

嵌入式：确定采用两个步进电机做动力驱动，上网查找步进电机驱动原理，使用步进电机驱动器驱动，上网查找步进电机驱动器说明，根据电路原理图连接硬件，使用 stm32 编程实验控制一个步进电机转动，编程实现遥控器一个轴向控制步进电机的旋转（速度恒定，轴向决定转向），编写完整的控制两轴的步进电机控制程序，连接好完整的硬件，Debug。

二、华容道：

因缺少皮带同步轮，改为利用丝杆控制 X,Y 轴的移动，而 X，Y 轴需要承受其上方部件所产生的压力，所以 X 轴上选用两根滑杆，每根滑杆分散一部分压力以保证丝杆所受压力不至于导致丝杆形变。Y 轴所承受压力较小，所以使用一根滑杆承担压力。丝杆电机使用步进电机，步进电机应利用防滑螺母安装在铝材框架上，防止因机械振动导致螺丝松动。Z 轴摩擦杆直接连接舵机，通过舵机旋转完成高度调节，达到按压华容道滑块进行移动的功能。摩擦杆由一铝制薄片和橡皮垫连接而成，橡皮垫具有较大的弹性形变范围与较高的摩擦系数，有利于对华容道滑块进行控制。

算法部分：

第一次方案为深度优先搜索,完成后用对拍程序测试发现时间

复杂度存在较严重的问题;

第二次方案在搜索的基础上,将深度优先改为广度优先,大大降低的时间复杂度;

第三次方案发现前面的方案仅针对了理论情况下滑块的移动,而忽视了为了移动块机械臂移动的距离,因此加入了对最终方案的决策从而使实际最优解更优;

第四次发现之前方案的实际最优步数并不稳定返回最优方案,于是加入随机化函数以提高算法准确性;

嵌入式:

机械那边将机械爪的控制使用 2006 电机,机械爪的抬升控制使用 3508 电机,它们的电调都是用 can 而自己并没有试过通过 can 传输数据驱动电机,时间又紧急,我一边又负责华容道机器人的程序,没有很好地和机械沟通好我短时间可能不具备驱动 can 线电机。导致我把华容道机器人搞好,机械把连连看的机构做好后,我开始非常紧张地去学习 can 的通信协议,学会了电调和主控的通信协议。但自己在主控用 can 协议往电调发送输出电流值控制 3508 时,却无法驱动电机,尝试一直失败。使用 PWM 驱动 3508 也是失败。后来放弃驱动 3508 来抬升,仅仅用 2006 来控制驱动机械臂抓取,但 2006 也是用 can,还是无法驱动。后来直接将拨弹的程序魔改一下,让拨杆直接控制拨弹电机(2006)转动,成功实现夹持物块功能。

2.3 联调

在算法完成了基本的程序编写后，算法经过多次和机械的交流，通过了解机器人的尺寸和机构，对程序进行优化。具体的有通过了解机器人的尺寸，在连连看里对机器人的行进路线进行优化，尽量避免撞击其他障碍块。在华容道里，我们通过确认算法设置的正方向，让嵌入式设置步进电机的转向同算法一致。包括之后机械帮助嵌入式调试程序，更换电调或拆卸零部件。

3、感想感悟

3.1 技术收获

陈思宇：对于搜索的剪枝的运用以及细节调试有了进一步的研究，同时 python 语言,ubuntu Linux 的使用也有了更深一层的了解；

- 1.搜索的剪枝一般很难想到,思考过程可由简入繁,层层加深,同时每一次调试一定一定要注重细节,耐心解决;
- 2.python2 与 python3 的语法存在差异,ubuntu 下调用 python 运行默认 python2 语法,如果调用 python3 语法规则,须在终端调用 python3 *.py;
- 3.初次安装 ubuntu 系统时需要进行开源设置,否则难以安装应用程序。

宋育澄：通过这次挑战赛，我学会了通过控制电机驱动螺纹杆转动使部件进行平行移动。这东西能使夹子能够稳稳地夹住物块，避免

固定不稳导致的失误。缺点是利用螺纹杆驱动的机械效率较低。原本我们想使用 3508 电机使夹持结构能够进行 pitch 轴上的一个转动，但由于时间关系最终没能调试出来。实际上 pitch 轴上的转动并无多大意义，甚至可能降低效率。如果以后有时间可以学习使用皮带传动，重新设计底盘与夹持结构，使底盘受力更为合理，夹持效率更高。

汪洋：获得对于特定任务进行分析从而选择适当机构的能力。并将其运用在机械爪上使得我们的机械爪可以卡住障碍块 3 毫米。

任思宇：螺纹丝杆具有高精度控制与自锁的能力，因此运用在华容道中控制摩擦触头的精确移动，和皮带同步轮相比运动速度慢，但精度与抗外界干扰能力高，能达到很高的精度并且在外力做工时不易发生位移导致的机械运动偏差。所以我觉得它牛逼。让我骄傲的点是我们的华容道机器具有一个华容道固定框架。固定框架由铝材拼接，一方面可以紧凑固定华容道，而另一方面也成为底座的支撑部件，框架上具有一个开槽，既能使滑块滑出，也具有足够的结构强度。在机械制作工程中遇到了摩擦头无法提供足够的摩擦力的问题，在导师提供了橡胶垫后制作了新的摩擦触头，并在橡胶垫上划出花纹来增大摩擦力，解决了上述问题。因为时间限制的原因，机械的结构耐久性没有成为重点设计方向，并且在系统的整体性上没有进行深入设计，比如控制板安装位置，排线等方面，设计的美观原则也没有重视。如果有足够的时间，我会学习系统和设计的原则，依照原则进行机械设计。

陈思达：学习到了步进电机的控制方法，以后在做精准控制的时候可以用上。3508 马达的闭环控制系统最后并没有写出来，以后可

以完善一下使用。

胡如玉：使用螺纹杆可以使物体沿平行于螺纹杆的轨迹运动。我们在连连看和华容道的机械结构设计中都用到了这种结构。这种结构有很大的好处：可以实现完美的平移。但是这种结构的应用需要考虑很多实际因素，例如连连看和华容道机械设计都用到了这种结构，但共同存在一个问题：螺纹轴不能承重。一旦承重，螺纹轴受力发生形变，则会导致整个机器人结构受影响甚至在较长时间后螺纹轴会断裂。所以在用螺纹轴时，整个装置的受力情况应在经过多次测量、计算的情况下加以细节控制。

袁崇朗：虽然没有成功驱动 can 协议的电机，但学会 can 协议。发现自己目前只会驱动 pwm 信号或 Digital 信号的执行器件。以后如果时间充足，会充分研究好代码里面 can_device 里面的函数，研究透彻电调与主控板之间的数据交互的实现，确定好“往电调发送确定电流”所需操作的数据。学习了步进电机驱动原理，能自己编程驱动步进电机，学会了使用 Debug 查看程序运行时变量的实时状况，大大方便解决问题。

3.2 感想

陈思宇：熬夜对效率的提高帮助并不是很大,还有可能造成一些低级错误;比赛之前的一段时间应该是用来微调,而不是大规模修改,很可能造成奇怪的影响;以前主要进行偏理论方面的算法设计,对于应用方面的算法应用并不是特别了解,以后可能应该多从实际应用的角度去考虑研究算法.

宋育澄：这次挑战赛准备时间较短，更加考验我们的工作效率和团队协作能力，非常有挑战性。目前我们团队合作较好，问题有负责设计的队员粗心，导致加工出来的零件不能装配，浪费了人力物力和时间，以后需要进行多次审核才能进行加工制作。以后想学习关于嵌入式方面的知识，把机器人做出来，还要能让他动起来，达到设计目的才是我更希望的。以后我会尽量多参加科技创新类的比赛和培训，提高自身技术水平和视野。

任思宇：团队合作需要做到合理规范的分工，优秀的团队分工对于研究项目的发展具有很大的帮助，不管是设计还是研究进度都会因为优秀的团队分工获得加速。在研发过程中，机械设计应该与程序设计做到有效沟通，机械与程序同步进行应该会减少很多研发时间。对于未来的规划我觉得我会转变我的学习方向，这一次的冬令营让我感受到嵌入对于机器人的重要性，也感觉自己对于嵌入式有更大的兴趣，我想将我的学习重点从机械转为嵌入式，同时我也想再次来到夏令营或冬令营以及机甲大师的竞赛，见到更多的人发现更多的知识。

陈思达：我们团队是一个个人能力和团队合作能力都很出色的团

队，队内成员也都积极上进的学习。通过和导师的一番沟通，改变了自己对于未来专业的理解，打算从机械工程师改行电气工程师。

袁崇朗：一天时间要完成两个机器的程序，工作量非常大，而且都需要现学，而且还要长时间地劳累工作，对我本身是一个生理和心理地挑战。做不出来，整个组地努力都毁于我手，压力非常大，在早上 6 点快接近比赛的时候真的接近崩溃的状态。很幸运有位不认识的 dalao 来关心我，给我支持，让我从绝望感受到了温暖。非常非常地感动，也很感谢他，以及感谢无私地耐心地给我提供帮助的 dalao 们。

3.3 反馈

陈思宇：对于算法部分任务的设置考察点比较单一，而且辅导助教以及导师的安排比较不合理，如果有机会参加夏令营希望能够做一些和机器人更切合更有挑战性的算法设计。

宋育澄：这次的冬令营对于我来说意义挺大的，他不仅提高了我的技术水平，更加使我认清未来的发展道路，对于以后的人生规划有很大的帮助。对于冬令营的任务可以设计更多开拓性思维，能对营员多方面素质综合提升有较多帮助的任务。最后我希望以后还能参加大疆的冬/夏令营。

汪洋：时间过于紧张，整个冬令营没有办法找到休息的时间，对人体负担太大，如果是本次冬令营的题目强度，建议前后阶段各加一天以在中间给营员空出休息调整的时间。

任思宇：Dji 的冬令营是一个开阔对于电子机械感兴趣的高中生们的视野的优秀活动，这个活动让不少的高中生思考自己将来要学习的专业方向与工作方向。我认为小组竞技的方案就是一个很好的冬令营活动，我希望可以再次参加！

陈思达：下一次的夏令营如果有时间还是想来的，但是估计是以助教的身份参加了。另外希望夏令营可以多招收玩机器人的女生。

袁崇朗：有机会一定会参加 DJI 冬夏令营，太喜欢这里了。