

向中国象棋冠军发起挑战

——广泛深入开展计算机博弈研究

徐心和 王 骄

东北大学人工智能与机器人研究所，沈阳，110004

xuxinhe@gmail.com

摘要：计算机博弈是人工智能领域公认的最具挑战性的科研课题之一。国际象棋的计算机博弈已经有了很长的历史，并且经历了一场波澜壮阔的“搏杀”，“深蓝”计算机的胜利也给人留下了难以忘怀的记忆。中国象棋计算机博弈的难度绝不亚于国际象棋，但在学术界几乎无人问津，成为“被爱情遗忘的角落”。为了在这最具挑战性的方向上有所作为，应该在中华大地上开展向中国象棋冠军挑战的伟大战役，有效动员广大科技青年的创新热情，通过广泛开展中国象棋的计算机硬件和软件系统的深入研究，共同争取一场能够扬眉中国科技工作者的新胜利。

关键词：人工智能，人机博弈，中国象棋计算机博弈，博弈树，并行计算，搜索引擎

Challenging towards the Champion of Chinese Chess

—A Broad and Intensive Research on Computer Game

Xu Xinhe, Wang Jiao

Institute of Artificial Intelligence and Robotics, Northeastern University, Shenyang, 110004

Abstract: Computer game is famous as one of the most challenging topics in the field of artificial intelligence. Computer game on chess has a long history, and it deserves to remember that “DeepBlue” defeated the human master after a severe and magnificent “battle”, which deeply impressed on the human beings. The difficulty of computer game on Chinese chess is not less than that of chess, however, it becomes the “lost corner of love” with little care by the academia. Thus, we should launch the great campaign towards the champion of Chinese chess over China, so as to make some accomplishment. And, through the intensive research on the computer hardware and software system of Chinese chess, we can achieve a new victory by the creative passions of masses of young scientists and engineers, which the scientists and engineers of China can take great pride in.

Key words: artificial intelligence, computer game, computer game on Chinese chess, game tree, parallel computing, search engine

1. 引言

象棋的计算机博弈就是计算机下象棋。可以是计算机与棋手对弈，也可以是计算机与计算机对弈，这不仅是计算机硬件性能的较量，更是计算机智能软件水平的较量。因此，就在计算机问世不久，人们就将计算机博弈看作是人工智能领域最具挑战性的科研课题。

许多学者认为，对于人工智能研究而言，象棋的重要作用相当于遗传学研究中的果蝇。人工智能的先驱者们曾认真地表明：如果能够掌握下棋的本质，也许就掌握了人类智能行为的核心；那些能够存在于下棋活动中的重大原则，或许就存在于其它任何需要人类智能的活

动当中。

回顾国际象棋计算机博弈的漫漫征程^{[1][2]}，不禁让人闻到了弥漫的硝烟。

1956年人工智能学科在美国达特茅斯大学的国际会议上诞生，人工智能领域的学者热衷于人机博弈。然而到了60年代中期，科学家德里夫斯断言，计算机将无法击败一位年仅10岁的棋手。

据不完全统计，先后参与国际象棋计算机博弈的计算机公司多达数百家，而代表队则数以千计。

1989年，“深思”已经有6台处理器，每秒思考速度达200万步，但在与世界棋王卡斯帕罗夫进行的“人机大战”中，以0比2败北。

1995年，IBM“深蓝”更新程序，新的集成电路将其思考速度提高到每秒300万步。1996年，“深蓝”在向卡斯帕罗夫的挑战赛中，以2比4败北。

1997年，“超级深蓝”开发出了更加高级的“大脑”——RS/6000S大型计算机，具有256个专用处理芯片，每秒2亿步的计算速度，存储了百年来世界顶尖棋手的10亿套棋谱，并有4名国际大师为IBM的挑战小组出谋划策，最后“超级深蓝”以3.5比2.5击败了世界棋王卡斯帕罗夫。卡斯帕罗夫要求重赛，但没有得到回应。

“深蓝”的胜利载入了史册，在世界范围内引起了震动。因为它表明“计算机智能战胜了人类天才”。

而面对历史悠久的中国象棋的计算机博弈，不仅显得如此稚嫩，而且好像在学术界无人问津。计算机与人工智能学科最具挑战性的课题却成为“被爱情遗忘的角落”，这不能不说是一场历史的误会。其实中国象棋计算机博弈的难度绝不亚于国际象棋^[3]。

进入80年代以来，在世界各地也有一些中国学者开展中国象棋的研究工作，但是距离中国象棋世界冠军差距甚远，仅仅接近大师的水平。而从事这一研究工作的学者更是凤毛麟角^[4]，至少应该说在祖国大陆是这样^[5]。

不难看出，缺少学者的关注，寥寥无几的参与者，匮乏的参考文献，沉寂的计算机博弈氛围，使得中国象棋的计算机博弈在中国大陆难有作为，只是成为一些商家的游戏载体。这便是当前我们所面临的艰难局面。

显而易见，让计算机战胜中国象棋冠军的伟大创举决不是一两个学校或者科研机构能够完成的，必须动员千千万万的计算机爱好者和一批专家学者的入围，经过较长时间的艰苦奋战，才能取得这一划时代的科技成果。

为此中国人工智能学会郑重发出号召，积极参加计算机博弈研究，让中国象棋的计算机博弈水平迅速提高，逐步接近大师和特级大师级的水平，有朝一日也能像“深蓝”计算机一样，最终战胜中国象棋的全国冠军和世界冠军。

这是中国人工智能学会和中国科技工作者的历史责任！

2. 计算机博弈问题的挑战性分析

2.1 象棋不败算法终为泡影

几乎所有的棋类问题，都可以用博弈树^[6]来描述，这也是了解其它技术难点的一个基础。

博弈树是把计算机和用户所有可能着法和局面罗列出来的一颗树，如图1所示。红黑双方交替地按合理着法把树展开，树的每一个节点都表示某一个特定棋局。叶子节点和根节点之间的最大距离，称为搜索深度。

博弈双方都会尽量争取最大的利益。从电脑一方考虑，它的着法总是想将量化的审局函数最大化，而用户走棋时当然要使其最小化，这也就是香依著名的极大极小值算法。如果可以建立叶子节点分出胜负的完全博弈树，棋类问题也就得到彻底的解决，即象棋的不败算法。

然而中国象棋每局平均步数为 80 步，每步可行着法平均为 40 种，这样完全博弈树的规模大概有 $40^{80} \approx 10^{144}$ 个节点，这么多的节点就是计算到地球毁灭也计算不出一步棋的走法。所以建立这棵博弈树是不可能的。

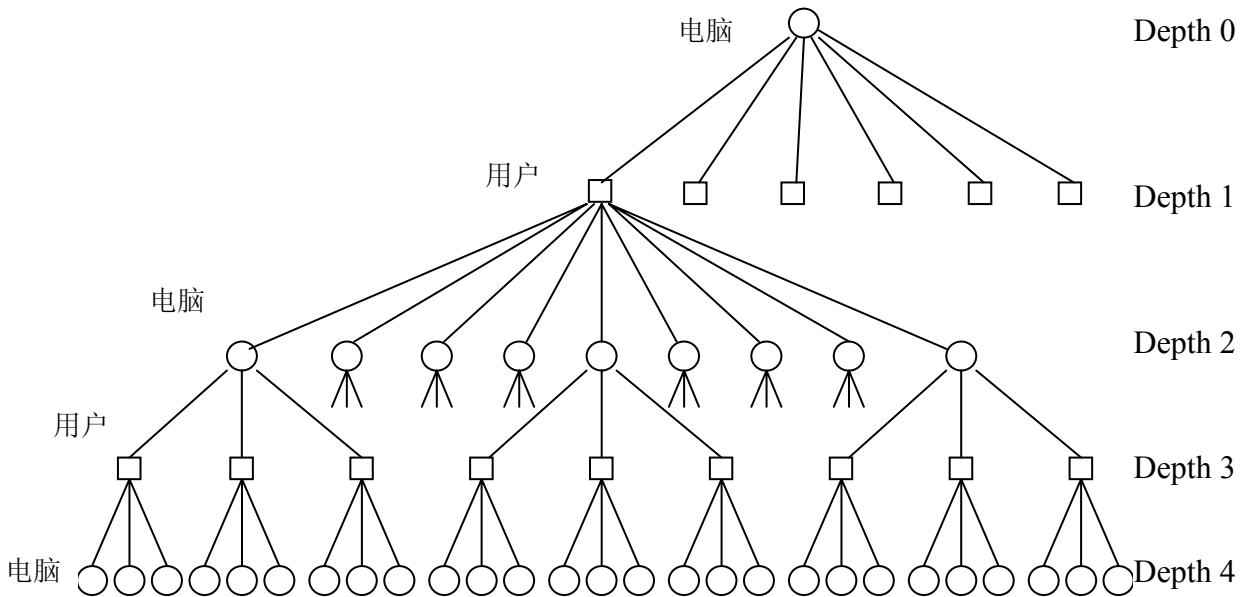


图 1 深度为 4 的博弈树

唯一的解决方法就是让博弈树扩展到计算机运算可以接受的深度，然后对没有分出胜负的叶子节点给出一个尽量准确的打分，表示此局面下取得胜利的可能性。这个打分，是由审局函数给出的，而搜索树的展开则是着法生成的功能，寻找最佳路径是搜索引擎的任务。

2.2 硬件速度与容量成为瓶颈

棋艺的高低很大程度上取决于棋手的“高瞻远瞩”，通俗讲就是能看出多少步。尽管人类棋手短时间内所能考虑的棋局变化是很有限的，但是他能抓住要点就使得他的思维极其高效。计算机缺少这样的智能，它只能凭借其硬件速度实行“蛮力搜索”，在数以千万计的棋局中择优选择其着法。于是硬件速度与容量成为竞争搜索深度的物质条件。

在最近（2005 年 7 月）国际象棋大师、英国象棋冠军迈克尔·亚当斯在与超级计算机 Hydra 的大战中以 5:6 败北。Hydra 在这次比赛期间仅仅利用了其 64 台 PC 中的 32 台。Hydra 的每台 PC 都配置有一个 3.06GHz 的至强芯片。Hydra 每秒钟能够计算 2 亿步棋，能够预测 40 步棋。

2.3 搜索策略与搜索引擎是突破点

硬件仅仅是物质基础，再好的硬件也无法实现“象棋不败算法”^[7]。于是搜索策略与搜索引擎^[8]就显得尤其重要。如何在成指数递增的状态空间中寻求最优解，是人工智能研究的一个重要的方向。

“蛮力搜索”^[9]肯定是不可取的。但是如何有选择地搜索，既瞄准最有希望的方向局部加深，又不遗漏其它存在最优解的可能。目前国际象棋的搜索引擎不下百余种，而且仍然是计算机博弈学者们研究的焦点。

2.4 知识工程与人工智能还有巨大差距

仅仅在一次对弈当中，电脑所考虑的可行着法就可能比一个棋手一生中所考虑的着法还多得多，而电脑还常常输掉。我们只能说电脑太“笨”了，因为它想了许多根本就没有价值的棋局。如何能够用人类棋手的知识与智慧“教会”电脑，这首先就要解决知识的表示、知识的获取、知识的提升及知识的应用等一系列知识工程的问题，更要解决逻辑思维、形象思

维、灵感与状态等诸多人类智能的理解与实现问题。人们将象棋博弈看作人工智能领域的“果蝇”，就是由此可以探索大量尚未解决的问题。

3. 中国象棋计算机博弈的难点所在

3.1 棋盘表示与数据结构

想让计算机下棋，首先必须解决的问题就是如何把棋盘状态和棋子分布编码到计算机中，转化为计算机可以处理的数据格式^[10]。因此，数据格式是计算机进行计算和存储棋盘数据的最基本条件。须知，在博弈树的搜索过程中是需要保存数以千万计的、所有的演绎棋局，即所有展开的博弈树。而且设计的数据结构还要保证与棋盘状态相同步，要最大程度地方便计算。因此，数据结构的优劣将直接决定着博弈树所占据的空间和查询博弈树的搜索速度。

国际象棋棋盘为 64 格，与 6 位 2 进制数正好对应，表示与计算都十分方便。而中国象棋的棋盘是由 90 个交叉点组成，红黑共 32 个棋子在棋盘上进行对战。中国象棋的计算机博弈还没有形成统一的或者公认哪几种为最佳的数据格式，还需要百花齐放才能优中选优，不断趋于成熟。

3.2 着法生成

着法生成^[11]是指在某一特定局面下生成走棋方所有可能的着法，也就是博弈树的展开。博弈树展开的快慢，对博弈程序的效率影响很大。遍历整个棋盘，找到每个棋子，再根据周围情况判断出所有的合理着法无疑是至关重要的。

中国象棋比国际象棋有更大的运子空间，许多着法也更为特殊，如蹩马脚、压象眼、将帅不许对脸等，都给着法生成带来困难。

着法生成与数据结构密不可分。如何使两者协调工作，加速对博弈树的操作，尤其是在计算机博弈中找到最佳的途径，是众多博弈爱好者研究的重点。

3.3 策略核心——评估函数

所谓棋局评估函数^[12]就是对当前棋盘局面的评价与量化（打分），以便在搜索过程中依靠其取值的大小而决定取舍。由于棋局优劣的判断是一个非常复杂的事情，而且“仁者见仁，智者见智”，所以又是非常人性化的过程，需要高深的象棋功底和建模能力。如果搜索引擎的功能是让程序看得更远，那么评估函数则是让程序看得更准。凡是棋力非凡的博弈软件都是在棋局评估方面有独到之处，但又都很少见诸文献。

评估函数一般包含固定子力值、棋子位置值、棋子灵活度值、威胁与保护、牵制、棋子配合作战、兵的状态、将的安全等方面，而如何取值就大有学问。

3.4 开局库

中国象棋的开局是指棋局从初始状态开始的 10~20 个回合之内，对战双方各自展开子力，占据棋盘的有利位置。如果把中国象棋棋谱上一些公认为最佳的开局着法存储在数据库中，在开局时用查询取代搜索和评估，那么会大大提高计算机在开局的对弈水平，以减少一开局就犯战略性的错误，这就是开局库^[13]。

如何便于快速查询，准确创建并减小空间占用，是开局库的难点所在。目前通常采用的是 Zobrist 哈希技术^[14]。另外，在同一局面下开局库可能有好几种着法与之对应，历史胜率较高的着法应该具有更高的被选择几率，这一点也是不能忽略。

3.5 残局库

残局库^{[15][16]}与开局库相类似，也是为了加强程序在残局时的棋力而使用的小型数据库。在创建方式上残局库不同于开局库，是采用回溯法。残局库要额外面临压缩的问题，6 子残局库需要的硬盘空间大约是 20G。除了建立和查询问题以外，残局库还要设计适合中国象棋的索引方法以达到压缩的目的。

3.6 机器自学习

机器自学习^{[17][18]}主要是针对评估函数。评估函数通常非常庞大，涉及的参数最少也有几百个，一般的学者都是根据经验调整它们的权值，这往往不能实现全局下的最优组合。另一方面，人的思想也具有局限性，评估函数也不能把所有情况都想到。机器自学习是这方面好的帮手，它可以根据大量的对局自动对参数进行优化，还可以发现一些棋子之间潜在的联系。

究竟采用何种智能算法才能带来良好的效果？即使国际象棋也没有非常成功的先例。机器自学习方法能否在中国象棋领域取得成功，仍然是吸引众多学者关注的一个方向。

4. 发起挑战的历史性意义

4.1 人机大战是对计算机系统与科学的有力挑战

众所周知，棋艺好坏取决于你能看出多少步，计算机博弈的水平很大程度取决于计算机搜索的广度与深度，也就是计算机的计算能力与存储能力。60年代中期机器的计算能力仅能达到每秒200步，它的搜索深度最多也就6层。到了1997年的“超级深蓝”则可达到每秒2亿步。这时的搜索深度可以达到14层，局部高达40层。8年过去，情况又有了很大的变化，使得计算机的计算能力得到数量级上的长进，这都可以为这场人机大战提供物质上的保证。合理精巧的数据结构和先进有效的搜索算法仍然是最为关键的研究内容，因为它们直接关系到搜索的广度与深度。可以说，在这方面的研究也是永无止境的。

4.2 象棋博弈是人工智能学科的“果蝇”

就目前而言，无论电脑的计算能力怎样提高，也难以具备人类棋手所擅长的战略构思。尽管电脑在几分钟内可以超过人类棋手一生的思考步数，但它还是难以“穷尽”棋手的灵感与变异，还是要显得几分笨拙与幼稚。如何提高电脑的“智力”？这便是人工智能学科的精髓所在……人类智能的理解与实现。

计算机博弈是计算机与人工智能学科的交叉，是知识工程演绎的绝佳平台，不愧为人工智能学科的“果蝇”。着法的变化对应着“突变性状”，而变化莫测的棋局又对应着“个体进化”，每一种残局的应对都需要一些新的知识，而数以万计的经典棋谱又成为知识挖掘的丰富资源。突出象棋博弈中人类的战略构思与智能活动，肯定能够促进知识工程跨越式的发展。因为确是这样：如果能够掌握下棋的本质，也许就掌握了人类智能行为的核心。

4.3 人机大战可以动员广大科技青年的创新热情

在广大科技青年中酝酿着巨大的创新热情，但很少能够得以激发和调动。许多青年学生喜爱电脑，却感到创新无门，沉醉于网络和游戏当中。开展各级中国象棋的电脑大赛，无疑是一个能够引起他们兴趣而又具有挑战性的研究课题。向中国象棋的世界冠军挑战，无疑会动员起数以百计的院校与机构、数以万计的科技工作者卷入到这“划时代”的科研工程当中。

4.4 象棋博弈有利于计算机知识的普及与提高

象棋的计算机博弈，毕竟不是一个简单的计算机项目，就算是不考虑硬件系统的设计，在单机上编制软件也是相当复杂的软件工程。如果我们能够做好相关知识的普及，如果我们能够将各类关键技术进行认真分解和明确定义，如果我们能够给出大量的尚未很好解决的具体问题，我们就有可能集中广大科技工作者的聪明才智，真正做到“提高指导普及，普及促进提高”，在一场轰轰烈烈的“人民战争”中取得人机大战的胜利。也使群众在“战争”中学习和提高。看来普及和指导是必不可少的。分解出一系列单独的问题又成为动员大家参与的关键。其实也并不难。比如：在着法生成中如何判断“蹩马脚”、“压象眼”和“将帅对脸”？如何教会电脑走好某一类残局？它都可以成为一次科技攻关的主题。

4.5 历史性的较量为 IT 公司提供了绝好的商机

“深蓝”的成就是 IBM 公司的巨大胜利，就在击败世界棋王的当天，IBM 公司的股票

就上涨了 15%，受益上亿美元。在计算机博弈的半个世纪当中，诸多大公司，如：BELL、X3D、INTEL 等公司都曾斥巨资支持这项活动。中国象棋的人机大战同样需要雄厚的资金支持，当然它也为那些知名的 IT 公司提供了绝好的商机。这一点公司的总裁们会更加清楚。

4.6 有力促进国粹的发展与提高

人机博弈过程中对于人类棋手棋艺的提高是毋庸置疑的。目前国内棋手苦于没有上档次的计算机软件进行训练和提高。中国象棋是世界上历史最为悠久的棋类，在 2000 多年前的战国时代已经有了关于象棋的记载。为了促进我们国粹的发展与提高，我们也有责任驱使先进的信息技术争雄于这一领地。

5. 中国象棋计算机博弈前景展望

如果说国际象棋博弈计算机取胜用了半个世纪，那对中国象棋来说完全可以在十年内完成，这不仅是因为我们可以借鉴国际象棋的成果，而且由于计算机的硬件和软件的水平都发生了巨大的变化。如果按照摩尔定律来测算，到那时计算机的 CPU 速度与内存容量又都会有数量级的提高，这无疑会使正常的搜索深度提高不少。

有一位伟人曾经说过，世界上怕就怕“认真”二字。如果真的能有数以万计的计算机工作者投身到这一伟大的战役当中，那什么奇迹都会发生。而这样的智力资源对于我们神州大地又有什么难度，关键就在于我们的发动、普及与组织工作。于是这就成为我们人工智能工作者义不容辞的责任。

正是基于这样一种认识，从 2003 年起，东北大学人工智能与机器人研究所开始各项准备工作，主要是搜集资料、可行性研究、组织队伍、聘请顾问、建立环境、开发原型系统，并于 2004 年 5 月正式宣布向中国象棋计算机博弈进军，宣告成立了东北大学“棋天大圣”代表队，聘请“深蓝之父”——徐峰雄博士为顾问，开始登上了这“划时代科研战役”的漫漫征程。

让我们在 2006 年——人工智能学科诞生 50 周年之际，在神州大地上打响全国范围的中国象棋计算机大赛的揭幕战。投入到这“新一轮的人机大战”之中来吧！

我们坚信，我们的事业一定会在不久的将来取得成功。

参考文献：

1. <http://homepage.fudan.edu.cn/~auntyellow/computer/history.htm>
2. http://www.chessit.net/file_topic/computerchess/c_briefhistory.htm
3. 王小春, PC 游戏编程[M], 重庆: 重庆大学出版社, 2002
4. Yen Shi-Jim, Chen Jr-Chang, Yang Tai-Ning, *COMPUTER CHINESE CHESS*[J], ICCA, 2004
5. <http://homepage.fudan.edu.cn/~auntyellow/computer/tuzhijian.htm>
6. Allis, L.V. (1994). Searching for Solutions in Games and Artificial Intelligence. Ph.D. Thesis, University of Limburg, Maastricht, The Netherlands. ISBN 90-9007488-0.
7. 黄文奇, 宋恩民, 关于象棋的不败算法, 华中科技大学学报, Vol.23 No.5, 第 23 卷第 5 期, 1995.5
Huang WQ, Song EM, Never Lose Algorithm in XiangQi,[M] *HuaZhong University of Science and Technology press* 1995.5
8. T.A. Marsland, COMPUTER CHESS AND SEARCH[D], Computing Science Department, University of Alberta
9. Berliner H J. An Examination of Brute Force Intelligence[C]. *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1981:581-587.

10. E. Heinz, "How DarkThought plays chess," Journal of the International Computer Chess Association, Vol. 20, No. 3, pp. 166-176 (1997)
11. Cracraft, S.M. (1984). Bitmap move generation in chess. ICCA Journal, Vol. 7, No. 3, pp. 1984: 146-153
12. Andreas Junghanns, J. Schaeffer, Search Versus Knowledge in Game-Playing Program Revisited. Technical Report, Dept. of Computer Science, University of Alabama, 1998
13. Hsu, S.C. and Tsao, K.M. (1991). Design and Implementation of an Opening Game Knowledge-Base System for Computer Chinese Chess[J]. *Bulletin of the College of Engineering*, N.T.U., No. 53, pp. 75-86
14. A.Zobrist. 'A New Hashing Method with Application for Game Playing'. Technical Report 88, Computer Science Department, University of Wisconsin, Madison. 1970
15. Haw-ren Fang, Tsan-sheng Hsu, and Shun-chin Hsu, Construction of Chinese Chess Endgame Database by Retrograde Analysis
16. REN WU, Donald F.Beal, A Memory Efficient Retrograde Algorithm and Its Application To Chinese Chess Endgames, More Games of No Chance MSRI Publications Volume 42, 2002
17. Holland J H.Adaptation in nature and artificial system[M].Ann Arbor:The University of Michigan Press,1975.
18. Richard S. Sutton (1988) Learning to predict by the methods of temporal difference. Machine Learning 3, 9-44