



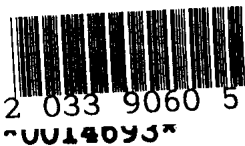
0014693

黄少龙

编著

象棋对策论

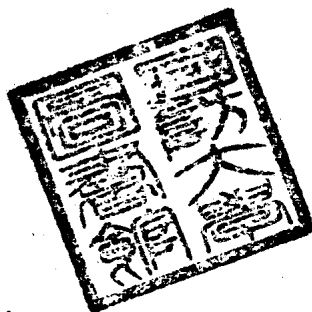




象棋对策论

黄少龙 著

601.73/08



广东人民出版社

责任编辑：刘剑青

封面设计：陈克刚

象棋对策论

黄少龙 著

蜀蓉书社出版 成都青龙巷9号

四川省新华书店发行 四川省金堂新华印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 5.25 印张 117 千字

1986年10月第1版 1986年10月第1次印刷 印数：1—34,000册

统一书号：7457·35

定 价：0.90 元

目 录

第一章 绪论

- § 1、研究象棋对策的意义…………… (1)
- § 2、研究对象的特点…………… (3)
- § 3、对弈信息表示法…………… (9)
- § 4、基本问题与方法…………… (11)
- § 5、从数学角度研究象棋的局限性…………… (14)

第二章 棋路树

- § 1、树的性质…………… (16)
- § 2、剪裁选优法…………… (19)
- § 3、最优棋路存在与非唯一性…………… (27)
- § 4、缓步选优法…………… (39)

第三章 局面瞬时价值

- § 1、棋子的固有能…………… (46)
- § 2、动能…………… (50)
- § 3、势能…………… (57)
- § 4、内能与局面价值…………… (60)
- § 5、多步选优法…………… (81)

第四章 极值定理

- § 1、局面发展价值…………… (94)

§ 2、最优棋路的极值定理·····	(98)
§ 3、概率估算法·····	(106)

第五章 非理智对策

§ 1、棋路树复杂度·····	(117)
§ 2、局中人犯错误问题·····	(126)
§ 3、熵值引导法·····	(133)
§ 4、矛盾分析法·····	(147)
§ 5、布局意图信息·····	(156)

第一章 绪 论

1、研究象棋对策的意义

弈棋——战斗的游戏，趣味的数学。

象棋斗争是古代战争的缩影。在军事家看来，棋盘象征着战场，棋子犹如千军万马，车、马、炮、兵、相、士属于进攻与防守部队的不同兵种。每一步棋都是一次战斗行动，关系到战役的成败，而整个战略目标，是把矛头指向对方的司令部——主将，以争取全局的胜利（或立于不败之地）。

那么，在数学家眼里，象棋又是怎样的呢？那时候，帅、车、马、炮、兵、相、士等棋子却变成各种不同价值的元素，棋盘给他们提供位置移动的空间范围，每一步棋又使它们的价值随时间千变万化。对弈，就是在两个局中人指挥下，进行的一场价值对比的数量竞赛。

1912年，数学家策墨洛在第五届国际数学会议上发表了《关于集合论在象棋博弈理论中的应用》的著名论文，第一次把数学与象棋联系起来，并被公认为用数学方法研究对策现象的第一篇文章。从此，现代数学的一个新的分支——对策论（即博弈论）就产生了。对策论是应用数学方法研究实际生活中带有斗争性质的现象，以指导局中人如何选择最优策略的一门科学。到四十年代，由于第二次世界大战期间，在军事、生产、运输等部门从不同角度向数学提出了具有共同特点的一系列对策问题，就促进了对策论的逐渐发展和系统化。与此同时，由于象棋对策的复杂性，又不是社会迫切需要解决的问题，关于它的研究就一度被人冷落了。

五十年代以来，随着当代尖端技术——电子计算机的发展，使得计算弈棋中出现极大量棋路变化的问题成为可能。而各种自动控制系统、智能模拟系统也提出了一系列对策论控制论的问题。“智能机器人”的一个重要特征是能下象棋，而下棋的思维方法是人类大脑思维的典型方式之一，在本质上对于各种军事、经济、体育的对策现象及各种自动化系统的控制规律都有一定的参考意义。因此，关于象棋对策论的研究又进入了一个新的发展时期。1974年，由国际信息工作委员会举办的第一届“机器棋手”世界冠军赛表明，把象棋对策论运用到电子计算机中已经取得了多么丰硕的成果。在某场比赛中，优秀的“机器棋手”弈得不错，对于棋局里几十万种着法的可能性作了分析，经过3分47秒高速计算，终于选择出最优的步法。

现在，研究象棋对策论的意义已经比较明显了：

第一，可使象棋理论科学化。回顾中国象棋那千年悠久的历史，人们无数的对弈实践曾积累了多么丰富的经验，並出现《桔中秘》、《梅花谱》等经典著作。直到本世纪五十年代以来，布局、中局、残局战术空前发展，欣欣向荣。但是，总结经验，提高到理论上认识象棋的规律，仍然是很不够的。近几年重大比赛的情况表明，由于棋手们棋艺水平普遍提高与接近，在竞赛中，理论的指导越来越显得重要。因此，除了要从“实用技术”角度出发来研究临场所需的战术之外，还要探索弈棋的“基本原理”，从更高的角度认识其战略战术的规律。随着我国现代化事业的发展，必然要把科学技术运用到各个领域中来。研究象棋对策，就是用现代数学“对策论”来分析象棋的基本原理，使弈棋时纷乱的思维得到科学的整理。

第二，丰富对策论的内容，促进它的发展。从数学历史发展概况来看，最初，人们把数学用来研究已知的决定性的现

象，产生了微分方程、复变函数等理论。随着社会生产与科学的发展，扩大了数学的领域，进而研究已知的非决定性（随机性）的现象，产生了概率论、数理统计、信息论等。但同时，人们也看到还有一些非完全已知非决定性的现象，人们对它还不完全了解，暂时还不能掌握其全部规律，但又必须不断和它打交道，例如存在于社会生活中的各种对策现象就是如此。当把数学应用领域扩大到这类现象上来时，产生了对策论。象棋是对策模型中典型的例子之一，研究象棋对策的规律，不单能使对策论本身的内容增砖添瓦，而且对于其他对策现象也有参考意义，促进其发展。

第三，有利于电子计算机“智能模拟”的研究。从电子计算机技术的发展过程来看，由数字计算机到机器人，当进一步发展到“智能机器人”阶段时，将意味着科学技术的极大发展，人类智慧的极大发展。在这项研究工作中，科学家以弈棋作为检验机器人智力程度的项目之一，这是什么道理呢？原来，弈棋与人们进行思维的其他领域的问题不同，它要靠异常复杂的办法来解决棋局面临的难题。局中人需要从数量惊人的着法中进行选择，这种选择用通常的电子计算机是比较费劲的，而且常常不是唯一解。因此，下棋是检验电子计算机本领高低的好办法，对弈中每一步棋都给计算机提出了新的课题，而答案正确与否很易验证。为了编制电子计算机下棋的程序，就要把象棋的基本原理、思维方法转化为数学表达出来，以便写成算法语言输入到机器中，关于象棋对策论的研究正是为此提供了理论基础。

总之，研究象棋对策，对于实现象棋现代化，促进我国科学技术发展都是有其积极意义的。

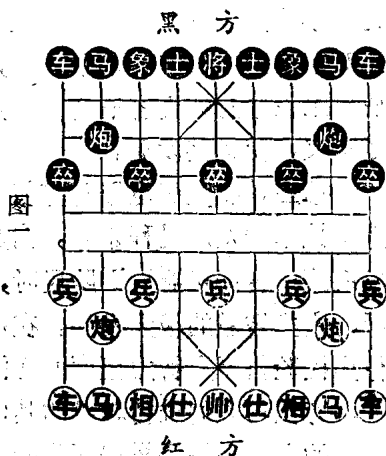
2、研究对象的特点

象棋对策论的研究对象就是象棋。一盘棋对弈之前，棋局形势的摆法是规定好的，换句话说，一局象棋对策的初始条件是完全确定已知的，如图一。

按照规则，应由红棋方先走一步，然后由黑棋方接走一步，构成双方战斗的第1个回合。随后红棋方再走下一步，黑棋方又接着走，构成第2个回合，如此演变下去，直至结局。下面以第四届全国运动会的一盘棋为例，

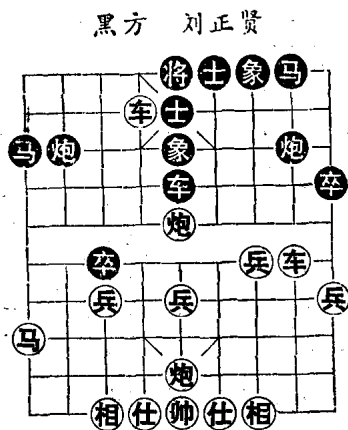
来看一下对弈的全过程。这是男子个人决赛第2轮，北京选手傅光明拿红棋对台湾选手刘正贤，双方走棋着法如下表。

关于走棋规定及记录方法，此处不再冗述，请读者参看国家体委审定的《中国象棋竞赛规则》，并根据列表，在棋盘上摆出对弈过程，最后得到棋局形势如图二。



回 合	红方着法黑方着法	回 合	红方着法黑方着法
1	●二平五 ●8进7	10	●二进四 ●1退2
2	●三进一 ●3进1	11	●七退一 ●8退1
3	●二进三 ●2进3	12	●三进四 ●4进5
4	●一平二 ●9平8	13	●四进三 ●5进1
5	●八进九 ●1进1	14	●三进一 ●8进1
6	●八平七 ●3进2	15	●一进二 ●7退8
7	●九进一 ●3进5	16	●五进三 ●2退1
8	●九平六 ●1进1	17	●六进七 ●1平5
9	●九进一 ●1进5	18	●七平五 ●3进1

严格地说，此时还没有把黑方“将死”，因而这局棋并没有完全结束。但执黑棋的刘正贤认识到，如果续弈下去，将会出现如下着法：19、前炮进二 车5退1，20、炮五进六 象7进5，红方剩双车马，黑方剩双马双炮，力量悬殊，黑方无法挽回劣势，终究不免失败，所以提前认输了。这盘棋实际对弈18回合，宣告结束，傅光明获胜。



紅方 傅光明

图二

通过上例说明，象棋与其他对策现象一样，都具有三个基本特点：局中人、策略、结局得分。

所谓“局中人”，是指一场竞赛或斗争的参加者。有权制订应付对手的行动计划，以争取在这场竞赛或斗争中获得有利于自己的结局。在象棋中，红棋的帅与黑棋的将虽然象征着各自一方的主宰，当它被吃掉时宣告失败，但并不算局中人。只有分别指挥红棋、黑棋行动的双方才是局中人。对于个人赛方式来说，每个局中人都是一个局中人，如上例傅光明是一个局中人，刘正贤是另一个局中人。对于联军赛方式来说，一方是一个局中人，另一方有若干人可以互相商量共同决定对策，这时候局中人仍算两个，对于电子计算机棋赛方式来说，局中人不是人类，而是机器。

所谓“策略”，是指一局对策中，摆在局中人面前可供选择的完整的行动方案。在对策论中，把一个局中人通盘筹划、贯彻始终的行动方案称为一个策略。所以，策略的概念并不单

纯指局中人的某一步行动。一局象棋对弈过程，就是红方、黑方各自采用一个策略的体现。仍以上述对局为例，红方傅光明选择的一个策略由18步着法按下列顺序组成，用 α 表示：

α	1. 炮二平五	2. 兵三进一	3. 马二进三	4. 车一平二
	5. 马八进九	6. 炮八平七	7. 车九进一	8. 车九平六
	9. 车九进一	10. 车二进四	11. 炮七退一	12. 马三进四
	13. 马四进三	14. 马三进一	15. 马一进二	16. 炮五进三
	17. 车六进七	18. 炮七平五		

同样，黑方刘正贤选择的一个策略也有18步着法，按下列顺序组成，用 β 表示：

β	1. 马8进7	2. 卒3进1	3. 马2进3	4. 车9平8
	5. 卒1进1	6. 马3进2	7. 卒3进5	8. 卒1进1
	9. 车1进5	10. 卒1退2	11. 炮8退1	12. 士4进5
	13. 卒5进1	14. 炮8进1	15. 马7退8	16. 马2退1
	17. 卒1平5	18. 卒3进1		

双方着法加起来构成一个策略组 (α, β) ，实现了一局象棋对策。假如傅光明与刘正贤在以后的比赛中又有机会相遇，那时每人各自选择另外的一个策略 α_i 与 β_i ，则又是另外一局对策了。

所谓“结局得分”是指一局对策结束时，某局中人所获得利益的多少。为了讨论象棋问题，首先要弄清楚有哪几种结局及其得分如何定义。数学家策墨洛曾用数学方法证明：对于任何棋局形势，下列三种可能性必存在其中之一：（1）不管甲方如何行动，乙方总有一套取胜的着法；（2）不管乙方如何行动，甲方总能取胜的着法；（3）不管对方如何行动，某方总能保证达到和局的着法。即是说，象棋结局对任何一个局中

人来说，都有三种可能：胜、和、负。实际的结局则是三者中之一，而且红方胜便是黑方负，红方负便是黑方胜。在象棋比赛中，习惯采用的记分法是：胜者得1分，负者得0分，和棋双方各得0.5分。但在象棋对策论中，为了数学分析方便，把结局得分初步写成：

结 局	红 方 得 分	黑 方 得 分
红 胜	10	-10
和	0	0
红 负	-10	10

如果红方与黑方两个局中人不仅下一局棋，而是下 n 局棋，并且双方在各局棋中都采取不同的策略。譬如红方第1局用策略 α_1 ，第2局用策略 α_2 ，……第 n 局用 α_n ，黑方则分别用策略 β_1 ， β_2 ，…… β_n ，设红方结局得分为 V_{11} ， V_{12} …… V_{nn} ，列表得：

黑 红	$\beta_1 \quad \beta_2 \dots\dots\dots \beta_n$	
α_1	V_{11}	
α_2	V_{22}	
$\vdots$		
$\vdots$		
α_n	V_{nn}	

因此，红方结局得分随着双方采取不同的策略而异，黑方

结局得分也如此变化，但恒等于红方得分的负值。

下面进一步谈谈象棋对策论与象棋理论、对策理论的区别。

象棋对策论虽然也是研究象棋，但与目前流行的象棋理论相比，它又具有一些不同点：（1）它的研究重点不在于对弈的实用战术（如开局、中局、残局战术等），而是要抽象概括出象棋的一般原理、指导思想、思维方法等。（2）它也不同于常见的象棋战略理论的研究，因为不是从军事学的角度来看待对弈，而是采用数学手段表达象棋的规律。（3）它既是象棋理论，又是数学理论，在二者之间架起一座桥梁。

从对策论来看，象棋也有自己的一些特点：（1）它属于二人有限零和对策，但不是正规对策。因为按照正规对策的定义，双方局中人应该互相独立地选择策略，事先都不知道对方的考虑，并同时把各自决定的策略亮出来。象棋却不是这样，红方与黑方轮流走出步法，每一步都是等待对方给出棋步信息之后才进行选择的。因此，象棋策略是通过若干步法逐步实现的，而且策略的选择与对方陆续给出的步法信息有极密切的依赖关系。如果一方局中人对某个步法作出改变，则对方步法也会相应改变，并发生连锁反应，使以后演变下去的双方步法都要改变，于是结局时变成另外一盘棋了。象棋的这个特点具有重要意义，因为在军事、政治、体育中存在的对策模型，更接近于象棋对策而不是正规对策。（2）它属于阵地对策，但不包含随机选择的因素。因为每一步棋都经过局中人思考才作出决定的，所以不存在碰运气的问题，局中人完全凭棋艺水平掌握自己的命运。这个特点使得弈棋可以客观地反映双方的棋艺水平。由于棋局中排除了随机选择的偶然性因素，不管局势千变万化，仍然存在着客观的确定规律，这是我们能够严密地科学

地解剖象棋规律的重要依据。(3)它属于发展中的理论,目前对策论中比较成熟的内容,如二人零和对策、阵地对策等,虽然原则上可以指导象棋的研究,实际上却解答不了象棋规律的大量问题。鉴于象棋对策的复杂性、特殊性,以及这个领域长期被人们冷落,我们无法祈求前人给予太多的帮助,只能依靠创造性的工作,逐步建立起这一门崭新的边缘科学。

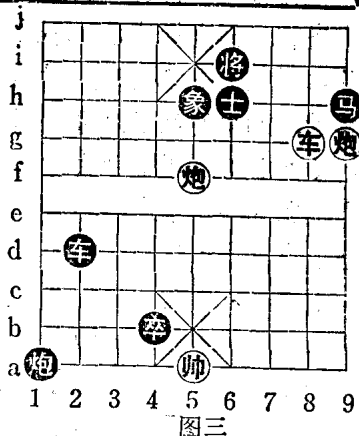
3、对弈信息表示法

弈棋时,局中人每走一步棋都是把一个棋子从棋盘上某位置移动到另一位置上去(包括吃掉对方的棋子,并取代其位置),为了表达这种棋步的信息,应该写出该步所移动棋子的颜色、名称、原来位置及到达位置。

棋子颜色分红、黑两种,红色用R表示,黑色用B表示,棋子名称按七个兵种区分,见下表:

中文名称	帅 将	车	炮	马	兵卒	相 象	士
英文名称	King	Chariot	Gunner	Horse	Pawn	Elephant	Assistant
符号表示	K	C	G	H	P	E	A

棋盘位置,采用数学坐标法表示。棋盘摆法规定红方在下,黑方在上,见图三,共有九条纵线,从左到右分别用1至9的数码表示,十条横线从下到上用a至j的英文字母表示。棋盘中任一位置都是某纵横线的交叉点,就用该纵横线的符号联合表示。这样,任何棋局形势都可以记录下来,称



图三

为局面表示法，每句第一个字母说明棋子颜色，第二个字母说明棋子名称，第三、第四个字符表示位置。图三局面表示如下：RK5a, RC8g, RG9g, RG5f, BK6i, BC2d, BG1a, BH9h, BP4b, BE5h, BA6h。

对弈过程的记录，即象棋对策信息，则用棋步表示法。由于记录表格上已经区分红方、黑方的步法，所以每步棋只要说明棋子名称、原来位置及到达位置即可。例如车从8g点移到8i点，就表示为C8g—8i。下面就图三红先胜着法分别用象棋对策信息与传统棋谱记录表示，供读者比较参考。

棋 谱 记 录		对 策 信 息		
回合	红方	黑方	R	B
1	⊙二进二	●6退1	C8g—8i	K6i—6j
2	⊙二平四	●6进1	C8i—6i	K6j—6i
3	⊙一平四	●6退5	G9g—6g	A6h—5i
4	⊙五平四		G5f—6f	

值得指出，传统的棋谱记录法有两个缺点：（1）红方与黑方各有一套坐标体系，不统一，这是不必要的。譬如同一条纵线，对红方是第四线，对黑方却是第6线，又如作同样的位置移动，如果对红方是进，则对黑方是退，这样的记法比较繁琐。（2）每步棋记录法的含义与上一回合的棋步有关，不能独立地明确表示本步棋的走法。譬如⊙二进三，首先要知道马的原来位置在第二纵线的什么地方，否则就无法把这步棋摆出来。于是，对弈记录里出现一步错记，往往使阅读以后着法发生困难。因此采用统一固定坐标为好，例如上述对策信息表示法那样（棋子名称写中文亦可），既科学，又有利于推动中国象棋向全世界普及。在本书里为照顾读者方便，暂时沿用传统

的棋谱记录法。

4、基本问题与方法

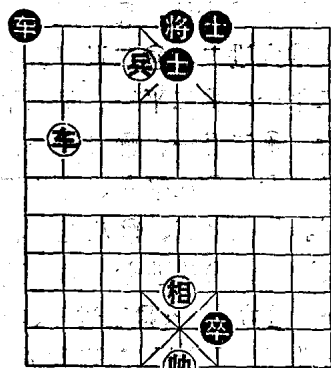
弈棋要争取胜利，或立于不败之地。从象棋对策的角度来讲，就是争取尽可能高的结局得分。但结局得分随着局中人选择不同策略而变，当选择最优策略时，结局得分不一定最高，而选择最劣策略时，结局得分通常最低。因此，象棋对策论的基本问题是局中人如何选择最优策略，围绕这个基本问题，有如下问题值得讨论。

第一，分析所面临局面，有哪些策略可供选择。为此，设想双方分别选择所有可行的策略，共进行若干局对策，其中每个策略又包含许多步法，双方的步法是互相影响的。每盘棋的终止，就是结局。用数学方法来表达，可划出棋路树（见第二章），这种图表非常清晰地说明棋局的各种变化。原则上讲，单方可供走动的棋子最多16个，棋盘可供走棋的位置不超过90个点，一局棋的步法不是无限多个，经过排列组合，最后算出可供选择的策略也不是无限多个。但实际上，棋局千变万化，不胜枚举。譬如一盘棋开始，红方考虑第1步法时有如下44种可供选择的走法：⑤五进一、⑤一进一、⑤一进二、⑤九进一、⑤九进二、②二进三、②二进一、②八进七、②八进九、②二平一、②二平三、②二平四、②二平五、②二平六、②二平七、②二退一、②二进一、②二进二、②二进三、②二进四、②二进七、②八平九、②八平七、②八平六、②八平五、②八平四、②八平三、②八退一、②八进一、②八进二、②八进三、②八进四、②八进七、⑤一退一、⑤三进一、⑤五进一、⑤七进一、⑤九进一、②三进一、②三进五、②七进五、②七进九、②四进五、②六进五。当红方走出第1步之后，黑方的应着也有40多种，二者组合成1600多种棋路。到第2回合完成时，已发

展到百万种棋路。如此类推，达到结局时，可供选择的策略数目该是多么难以想像的巨大！所以，人们还不可能把所有策略都列举出来（极简单的残局例外）。解决的办法是，根据人们弈棋的经验进行初步的判断，挑出少数几个较优的步法。仍以红方第1步为例，在44种方案中，由于棋盘的对称性，可以认为②二平三与⑧八平七实质上是一样的，不必重复考虑，剩下23种方案，其中④一进一会丢马，⑤五进一无意义，都可删去，如此等等，最后选出五种较优步法：②二平五、②二平六、②二进三、③三进一、③三进五，就是通常流行的当头炮、过宫炮、起马局、挺兵局、飞相局等布局阵式。然后，对往下每一步法的各种可能性进行挑选，一直到结局，便可设想出若干个较优策略，但仍然是一个很大很大的数目。

第二，确定结局得分。粗略地看，结局无非是胜、和、负三种，只要分别定义一个得分数值即可。但如果细致地分析一下，情况就不那么简单了。譬如同样属于取胜着法，有的入局快，有的慢，有的杀着精彩，有的平淡。同样和棋，有上风和，有均势，也有劣势求和。输棋也有程度上的差别。为了反映结局时双方力量对比的具体情况，需要建立一个描述局面价值的数学模型。

第三，根据结局得分选择最优策略。以图四的残局为例，红方先走，有很多策略可供选择，经过初步判断，采取第一策略要失败，不能用，还有一些策略也不能用。于是另外挑选出第二、第三两个策略，从



图四