



## 题记

2021年5月14日,中国科学院数学与系统科学研究院王元院士因病医治无效,在北京逝世,享年91岁。他生前曾担任中国科学院数学研究所所长和中国数学会理事长,被单位同事和学界同仁尊称为“元老”。2019年3月,元老将一个档案袋交给了中国科学院数学与系统科学研究院档案室负责人魏蕾。这个档案袋里装了三本书,元老在袋上写了说明:1958年,越民义、万哲先、朱永津、王元等以运筹室名义出版的两本书,力学所运筹室名义出版的康托洛维奇书的译本。

在数学界众所周知,越民义是我国运筹学研究的开拓者和学术带头人,曾担任中国运筹学会的理事长,朱永津长期从事运筹学、图论与组合最优化的研究。而元老主要从事解析数论方面的研究,万哲先院士主要从事代数方面的研究,他们两位为何还参加过中国科学院数学研究所运筹室的工作呢?中国科学院力学研究所为何曾设立运筹室呢?要回答这两个问题,就要从运筹学的早期发展说起。



元老捐赠说明及三本书封面



兰彻斯特 (1868-1946)



阿尔伯特·罗 (1898-1976)



莫尔斯 (1903-1985)

## 1 运筹学的诞生

现代运筹学主要是上个世纪历经两次世界大战逐渐发展起来的<sup>1,2,3</sup>。

弗雷德里克·兰彻斯特 (Frederick Lanchester) 是第一个对飞机在战争中的作用进行科学分析的学者。1914 年他发表了一系列有关飞机应用和空战方面的论文, 1916 年出版了《战争中的飞机, 第四种武器的出现》(*Aircraft in Warfare, the Dawn of the Fourth Arm*) 一书。在该书的第五、六和八章中, 他提出运筹学和作战模拟的一些基本模型和方法, 他建立的描述作战双方兵力变化过程的数学方程被称为兰彻斯特方程 (Lanchester's equation)。

第一次世界大战期间, 英国军队开始采用科学的方法来改进和加强空军和海军的行动效果。1917 年, 随着德国军队增强了对英国供应线的攻击, 致使英国大约 10% 的舰船被击毁, 造成了大量的人员伤亡和供应线的混乱。为此英国政府组织了一批科学家帮助军方避免和减少德国军事攻击造成的损失。这些科学家们通过分析已有的数据, 并建立相关问题的模型, 对船队的规模、行驶速度和航行时间进行了优化。仅仅六个月以后, 平均损失就减少至惊人的约 0.5%。

在第一次世界大战结束以后, 1934 年为加强对来自德国空军潜在袭击的防范, 英国科学家们又对德国空军袭击可能造成的大规模破坏进行了模拟, 他们发现英国的很多重要目标很容易被德国空军 24 小时内的致命打击摧毁。于是, 英国政府又组织了一批科学家研究用无线电波来对付德国飞机的实用性和有效性。1935 年, 英国物理学家沃森-瓦特 (Robert Watson-Watt) 取得英国空防雷达系统的专利<sup>4</sup>。雷达<sup>5</sup>通过发送无线电波, 再测量其反射回来的讯号, 可以侦测远方的物体, 如飞机或者舰船的位置。

1938 年 7 月, 当时英国鲍德西 (Bawdsey) 雷达站负责人阿尔伯特·罗 (Albert Rowe) 提出, 为了有效防止德国的空袭, 不能仅依靠增加雷达数量及改进其性能, 还应对建立雷达站的最佳位置、各雷达站之间的协调配合以及整个作战防空系统运行进行综合研究, 才能更加有效地防备和阻击德国飞机侵入。他首次用 Operational Research 一词作为对雷达运行经验 (operational experience) 研究的描述。根据后来的估算, 雷达的使用将英国空军的防卫和战斗能力提升了十倍, 而运筹学的研究成果又再贡献了十倍。

1940 年 8 月, 在 1948 年诺贝尔物理学奖得主帕特里克·布莱克特 (Patrick

<sup>1</sup> Ackoff, Russell L., Holstein, William K., Tanenbaum, Morris and Eilon, Samuel, Operations Research, Encyclopedia Britannica, 2018. <https://www.britannica.com/topic/operations-research>.

<sup>2</sup> IFORS Hall of Fame, <https://www.ifors.org/ifors-hall-of-fame/>.

<sup>3</sup> Mathematics Academy, Operations Research: The Science of Doing Better, May 20, 2021, <https://www.mathacademytutoring.com/blog>.

<sup>4</sup> 百度百科: 罗伯特·沃森-瓦特词条, 2022 年 8 月.

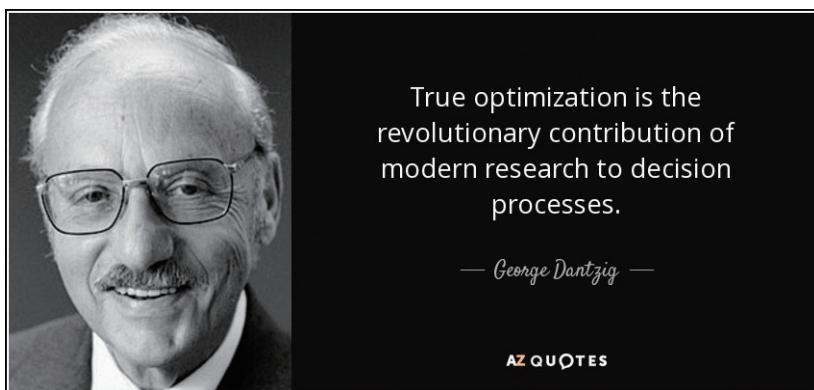
<sup>5</sup> Radar 是 Radio Detection And Ranging 的字母缩写。



Blackett) 领导下，建立了一个研究小组，他用 Operational Research 命名了这个小组，意思是作战研究。小组成员包括物理学家、数学家、生理学家、天文学家、军官等。研究工作从空军扩展到海军和陆军。研究保护商船的护航舰队的编队问题，以及当船队遭受德国潜艇攻击时，如何使船队损失最少的问题。

1942 年，美国参加第二次世界大战以后，跨大西洋海上运输面临着来自纳粹德国潜艇的攻击。菲利普·莫尔斯 (Philip Morse) 受命在美国海军内部组织了一个科研小组，分析和制定反潜的战略和战术。他首先招募了乔治·金博尔 (George Kimball) 等人，金博尔后来担任了副组长。当时，这个小组被称为运筹组 (the Operations Research Group, ORG)，稍后又被称为作战评价组 (Operations Evaluation Group)。到 1945 年战争结束时，这个小组已经有大约七十个分析师。这个运筹组的工作被视为运筹学在美国的最早应用。在二战期间，美国的分析师和英国皇家空军的海防总队的分析师之间有联系。运筹组的工作还拓展到了南大西洋和太平洋战场，美国海军的潜艇对日本军队的补给线进行了攻击，以及抗击日本空军敢死队。1947 年，美国空军成立了运筹小组 SCOP (Scientific Computation of Optimum Programs)，把运筹学运用于作战方面，成绩突出，受到朝野重视。

1941–1952 年，乔治·丹齐格 (George Dantzig) 任美国空军司令部数学顾问、战斗分析部和统计管理部主任。他负责解决实际的计划问题：分配空军的人力、经费、飞机和其它资源。他为这些问题建立了线性规划模型 (Linear Programming)，并提出了著名的单纯形法 (Simplex Method)。1944 年他获得战时部门杰出文职服务奖章。



乔治·丹齐格 (1914–2005) 及其语录

第二次世界大战结束以后，为了继续开展作战研究这项工作，1944 年陆军航空队司令亨利·阿诺德 (Henry Arnold) 提出一项关于《战后和下次大战时美国研究与发展计划》的备忘录，要求利用这批人员，成立一个“独立的、介于官方与民间的、开展客观分析的研究机构”，“以避免未来的国家灾祸，并赢得下次大战的胜利”。1945 年底，根据这项建议美国陆

军航空队与道格拉斯飞机公司签订一项 1000 万美元的研究与发展计划的合同，这就是著名的“兰德 (RAND) 计划”，其名称是英文 Research AND Development 的缩写。1948 年 5 月，在福特基金会捐赠的 100 万美元赞助下，“兰德计划”脱离道格拉斯飞机公司，正式成立独立的兰德公司。兰德公司是美国最重要的一个以军事为主的综合性战略研究机构。它先以研究军事尖端科学技术和重大军事战略而著称于世，继而又扩展到内外政策各方面，逐渐发展成为一个研究政治、军事、经济科技、社会等方方面面的综合性思想库，被誉为现代智囊的“大脑集中营”和“超级军事学院”，以及世界智囊团的开创者和代言人。可以说，兰德公司是当今美国乃至世界最负盛名的决策咨询机构之一。

曾经在兰德公司工作过的运筹学家包括：乔治·丹齐格、动态规划的发明人理查德·贝尔曼 (Richard Bellman)、网络流理论的奠基人莱斯特·福特 (Lester Ford, Jr) 和德尔伯特·富尔克森 (Delbert Fulkerson)、数学规划和博弈论的先驱大卫·盖尔 (David Gale)、诺贝尔经济奖得主劳埃德·沙普利 (Lloyd Shapley) 等。

至今，兰德公司的口号依然是“客观分析，有效解决” (objective analysis, effective solutions)。在研究方法上，兰德公司注重基于数据的定量分析研究，而非定性解读。这使得兰德公司在美国战略智库界独树一帜。

随着第二次世界大战结束，英国和美国都考虑将运筹学方法用于民用部门。1948 年和 1950 年，美国麻省理工学院和英国伯明翰大学都将运筹学作为一门课程来开设。1952 年，美国凯斯理工学院（后更名为凯斯西储大学）设立了运筹学的硕士和博士学位。

1951 年，莫尔斯和金博尔合著的《运筹学方法》 (*Methods of Operations Research*) 由麻省理工学院公开出版（它最初是运筹组在二战期间工作和经验的总结，是一份机密报告）。该书最早给出了运筹学的定义：一种提供给执行部门的科学方法，它针对可控的运作做出基于定量分析的决策。

1948 年，英国成立运筹学俱乐部，1953 年更名为英国运筹学会，1950 年 *Operations Research Quarterly* 创刊，后更名为 *Journal of the Operational Research Society*。1952 年，美国运筹学会成立，创刊 *Operations Research*。1953 年，美国管理科学协会成立。1956 年，法国运筹学会成立。1959 年，*Revue Francaise de Recherche Operationnelle* 创刊，后更名为 *RAIRO: Recherche Operationnelle*。1957 年，英国、美国和法国的运筹学会共同发起，在英国牛津大学召开了第一届国际运筹学会议，以后每 3 年召开一次。1959 年，国际运筹学会联合会 (The International Federation of Operational Research Societies, IFORS) 成立。

运筹学作为自上个世纪四十年代快速发展并逐渐成熟的一门新兴交叉学科，它主要研究人类对各种有限资源的运用及筹划过程，以期通过发现其中的数学问题及其规律，提出相应的求解方法和算法，并应用于实际决策和活动中，从而发挥资源的最大效益，达到总体最优的目标。



埃尔朗 (1878–1929)

冯·诺伊曼 (1903–1957)

康托罗维奇 (1912–1986)

最后, 应该说明的是, 运筹学的一些早期基础性工作并不完全与两次世界大战直接相关。例如, 1909年, 埃尔朗 (Agner Erlang) 建立了电话统计平衡模型, 导出著名的埃尔朗电话损失率公式, 奠定了排队论的基础。1928年, 冯·诺伊曼证明了极大极小定理, 奠定了博弈论的基础。1939年, 康托罗维奇 (Leonid Kantorovich) 在《生产组织与计划中的数学方法》一书中已经提出线性规划问题及解乘数法, 并于1975年因此项工作获诺贝尔经济学奖。

## 2 中国科学院力学研究所与运筹学

钱学森出生于上海。1934年, 钱学森从交通大学机械工程系毕业; 1935年, 由第七届庚子赔款公费赴美进修; 1936年, 从美国麻省理工学院硕士研究生毕业, 之后转入加州理工学院航空系, 师从冯·卡门; 1939年, 获得美国加州理工学院航空、数学博士学位, 之后留校任教; 1945年, 被派赴德调查纳粹德国火箭科技; 1955年, 在毛泽东主席和周恩来总理的争取下, 以朝鲜战争空战中被俘的多名美军飞行员作为交换, 他才得以回到新中国。许国志在堪萨斯大学取得博士学位后, 在马里兰大学流体力学和应用数学研究所当研究员。他们两人于1955年同船携全家回到祖国致力于新中国的建设和科技事业的发展。

1957年, 钱学森补选为中国科学院学部委员 (院士), 1994年, 当选为中国工程院院士, 1999年被授予“两弹一星功勋”奖章, 2009年评为“100位新中国成立以来感动中国人物”之一。

1955年秋, 钱学森与许国志在归国途中, 一起讨论了如何为新中国建设做出贡献。钱学森以其渊深的学识与真知卓见, 从政治、经济到科学技术, 提出不少重要的见解。他们也谈及当时刚发展不久的新学科——运筹学, 认为这门学科虽起源于二次世界大战, 但对于经济建设肯定也能发挥作用。虽然它发端于资本主义国家, 但是由于其学术上的本质是强调总体, 因而对社会主义建设也会有很大用途。他们决定将这一新学科引入中国, 相信运筹学对中国的国