

# 論 制 控

---

N. 維 納

科 学 出 版 社

57.93  
743

# 控 制 論

(或关于在动物和机器中控制和通訊的科学)

N. 維 納 著

郝 季 仁 譯

科 学 出 版 社

NORBERT WIENER  
CYBERNETICS  
OR CONTROL AND  
COMMUNICATION IN  
- THE ANIMAL AND THE MACHINE  
John Wiley & Sons, Inc.

1949

內 容 簡 介

这是一本闡述控制論的理論和它在各方面应用的綜合性、概論性的书。作者維納是控制論的創始人。他就是通过这本书奠定了“控制論”这門新兴学科的基础。书中关于怎样把机械元件和电器元件組成稳定的、具有特定性能的自动控制系統，关于怎样用統計方法研究信息的传递和加工等方面的討論对于自动控制、通訊工程、計算技术等方面有关的科学工作者有重要参考价值。书中关于如何应用控制論研究人的神經和大脑的活动对生理学、心理学、医学工作者有参考价值。书中关于本书誕生过程的历史叙述，对如何发展边缘学科，有一定的方法論上的意义。本书是研究控制論的重要的、基本的参考文献之一，但作者在书中对某些重大的科学問題作原則性的說明时，特别是当他企图根据控制論的某些科学成就作哲学的概括和社会政治的結論时，是有原則性的錯誤的，本书譯者序言中对此作了分析批判。

控 制 論

N. 維 納 著  
郝 季 仁 譯

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1962年1月第一版

1962年1月第一次印刷

(京) 0001-14,600

书号: 2442 字数: 139,000

开本: 850×1168 1/32

印张: 5 5/8

定价: 0.84 元

## 譯 者 序

諾伯特·維納是控制論的創始人之一，他就是通過本書奠定控制論這一新興科學部門的基礎的。自1948年本書出版以來，書中所闡明的一些有關控制論的基本科學思想，一直在這門學科的發展中起着重要的作用，書中提出的不少研究方向，也為以後的研究者大大加以發展。本書是研究控制論的重要的、基本的文獻之一。

第二次世界大戰前後，通訊技術和自動控制技術都得到了迅速的發展。在這些技術的各自領域都積累了豐富的經驗，分別提出了一些理論。但是，抓住一切通訊和控制系統所共同具有的特點，站在一個更概括的理論高度，綜合以上各個領域的經驗和理論，並且把這些系統的控制機制和現代生物學所發現的生物機體中某些控制機制加以類比，形成控制論這樣一門獨立的專門的學科，則首先是維納的功績。

通訊和控制系統的共同特點在於都包含一個信息變換的過程，一般說來，即包含一個信息的接收、存取和加工的過程。但是，一個通訊系統一般總不會只重複傳送某種信息，它們總是適應人們通訊的需要傳送着各種不同思想內容的信息。一個自動控制系統，也不象一部只是不斷重複某種單調的動作的普通機器，它需要根據周圍環境的變化，自動調整自己的運動，也可以說它必須具有一定的靈活性和適應性。由此可見，通訊和控制系統所接收的信息帶有某種隨機的性質，也就是本書中經常提到的具有某種統計分布。因此，通訊和控制系統本身的結構也就必須適應它所接收和加工的信息的這種統計性質。維納正是從這裡着手，抓住了一切通訊和控制系統所共同具有的、很本質的一個特性。他說：

“……灵敏自动机的理論是一个統計的理論。通訊工程的机器，根据单独一次輸入而产生的动作是不会使人感到兴趣的。这种机器如果要能充分發揮作用，它就必須对全部輸入都作出令人满意的动作。这也就是说，对一类从統計上预期要收到的輸入做出統計上令人满意的动作。”（本书 43, 44 頁）。

維納在建立控制論的統計理論时，回顧和总结了自牛頓以来科学思想和科学方法論发展的趋势。在本书的第一章里，維納通过对牛頓力学的相对性、局限性的分析，指出“即便在引力天文学中也有逐渐衰减的摩擦过程。沒有一門科学完全符合于严格的牛頓式样。”（本书 36 頁）維納提出查理·达尔文研究进化論，他的儿子乔治·达尔文研究潮汐进化論，他的孙子查理爵士研究量子力学这一虽属偶然的事实，說明統計的、进化的观点正在渗透到科学的各个部門。

牛頓力学的輝煌成就，促进了統治着十七世紀到十九世紀自然科学思想的机械唯物論世界观的形成。机械唯物論者否認客观世界的偶然性，把偶然性和必然性絕對地对立起来，企图用拉普拉斯式的决定論来解释一切。因此，他們在深入到微觀世界的原子物理学新發現的面前感到束手无策。他們中的一些人就不能不走向原来立場的反面，高談什么“物質消失了”，“电子的自由意志”，否認客观必然性，否認客观規律。列宁在“唯物主义与經驗批判主义”一书中对这种唯心主义思潮作了深刻的批判，他同时指出“新物理学陷入唯心主义，主要就是因为物理学家不懂辯証法。”（列宁全集第 14 卷第 276 頁）。

正象牛頓力学不能正确地反映微觀世界一样，控制論所面对的問題也是无法用基于牛頓力学的传统力学方法来解决的。自动控制系統的特点在于它根据周围环境的某些变化来决定和調整自己的运动；显而易见，要建立关于自动控制的理論，不突破传统的力学方法，不摆脱拉普拉斯决定論，不摆脱机械唯物論，是絕對不可能的。維納把控制論建立在統計理論的基础上，这就把关于自动控制的研究提到一个新的阶段。

为了給控制論建立一种統計理論，維納在本书第二章分析批判了吉卜斯的古典統計力学。这个統計力学是总结了热机的技术經驗，“按照牛頓力学的本来面目”(本书 45 頁)建立起来的。吉卜斯統計力学的重要概念之一，同时也能用在古典热力学中的，就是熵的概念。一个孤立的系統中自发的过程是一个熵不断增加的过程，这个过程一直进行到熵达到极大值，也就是系統达到热平衡为止。吉卜斯統計力学所处理的就是这样的自发地趋于热平衡的系統和过程。維納认为这样的統計力学是不能直接用来研究控制系統的。他认为熵是系統无組織程度的一种測度，自发地趋于热平衡的孤立系統，无組織程度的确是不断增加，但是，一个控制系統不是一个孤立的系統，而是一个与周围环境密切联系的系統，特别是控制系統通过自己的反饋机构可以减少系統的“无組織程度”，因此，在控制系統中經常发生熵减少的过程。为了給这种系統建立一种統計理論，維納在第三章提出了時間系列的統計力学問題。

維納把控制系統所接收和加工的信息流看作一个時間系列(例如電話綫中随時間迅速变化着的电压系列就是一个時間系列)。如我們在前面所指出的，控制系統接收和加工的信息具有一定的随机的性質，即有某种統計分布。如果从時間系列的观点看，这就是：一个控制系統可能接收和加工大量不同的時間系列，各个不同的時間系列的出現都有一定的几率。用統計力学的術語來說，也就是控制系統所有可能接收和加工的各个時間系列构成一个統計系綜，其中每一个時間系列都是这个統計系綜中的一个元。这样，維納就解决了控制系統所接收和加工的信息流的統計性質的数学表示問題。

維納在第三章中进一步提出了研究处在統計平衡的時間系列的問題。运用第二章討論过的各态歷經定理，維納証明：在一定条件下，处在統計平衡的時間系列的時間平均等于相平均。有了这个前提，就可以从統計系綜中任一時間系列过去的數據，求出整个系綜的任一統計参数的平均。實質上也就是由过去可以从統計上推知未来，預測未来。維納正是根据这一点，提出了他的著名的預

測和濾波的理论。濾波的問題就是尽可能恢复一个被噪声干扰了的信息流的問題，實質上也就是預測一个被噪声搞混了的时间系列的問題，因之濾波問題仍是一个預測問題。所謂預測，从数学上講，就是从一個时间系列过去的數據去估算整个系綜的統計参数。这种估算得出的是統計参数的平均值，它与客观实在的参数值有一定距离，是会产生誤差的。維納在本章中提出了最优預測的公式[本书 88 頁 (3.913)式]，指出了如何使对統計参数的估算所产生的誤差为最小。維納的这项工作为設計自动防空控制炮火等方面的預測問題提供了理論根据，也为評价一个通訊和控制系統加工信息的效率和质量从理論上开辟了一条途径。但是，維納这方面的理論並沒有完成，如他自己所說的“这里发展的統計理論，要求我們对所觀測的时间系列的过去具有充分的知識。但無論在什么場合，我們都不能滿足这个要求，因为我們的觀測不能追溯到无限的过去，为了超出这个范围，使我們的理論发展成为一个实用的統計理論，必須推广現有的抽样方法。”(本书 94 頁)同时，維納的最优預測公式是針對綫性的运算器(在数学上就是运算符)來說的，对于广泛的非綫性运算符的最优預測問題尚待研究解决。

在本书的第四章和第五章，作者結合着对反饋系統的穩定性和計算机的記憶，运算和控制裝置的特点的分析，討論了神經系統活动的某些机制和病理学的問題。第六章作者利用从电视扫描引伸过来的羣扫描的概念和多級反饋系統的概念，討論了视觉生理的某些問題和用一种感官来弥补另一种感官的缺陷的問題。第七章作者結合着对电子計算机工作可靠性的討論从控制論的观点設想了某些精神病理学現象的可能机制。在这些章节和本书的導言中，作者一再強調，在現代技术的基础上对生物机体的一些生理机制进行模拟的重要性，从控制論的观点研究这些机制的可能性。另一方面，作者也指出，生理学、心理学等方面的成就对形成控制論科学思想的重要影响。維納在这些章节中闡述的見解大都是属于启发性的，缺乏足够的科学实验根据。但是，其中的一些見解已經为近十几年的研究工作所証实和发展，有一些則一直在引起广

泛的爭論，不管怎樣，維納的這些見解為自動控制技術的研究，為生物學、物理學和化學的研究開辟了一條重要的途徑則是肯定的。

在本書的最后一章，作者試圖運用控制論的觀點去分析社會發展的一些根本問題。應該說作者在進行這種研究時所採用的方法和得出的結論都是不能成立的。例如，作者離開了對社會基本矛盾的分析，把社會生活中通訊工具這樣一個純技術性問題提到完全不適當的高度，從而得出通訊工具越發達，社會就越不穩定的結論，並從此進一步得出“小小鄉村社會”要比“大的社會”优越得多的反歷史的結論。維納的這種研究不但沒有揭露事物的本質，反而以此掩蓋了資本主義社會腐朽沒落的真正原因。大家知道，資本主義“大社會”之所以危機重重，之所以不穩定，決不是因為通訊工具太發達，根本的原因在於生產的社會性和生產資料的私人占有這一不可調和的矛盾；解決矛盾的出路，決不是倒退到“小小鄉村社會”，而是通過社會主義革命建立生產資料社會所有的幸福繁榮的社會主義“大社會”。

控制論研究的是物質相互聯系中一類特定的聯系形式。這類聯系形式在物質發展的最高級形態——社會生活的某些方面也是可能存在的。因此，在馬克思主義歷史唯物主義的科學思想指導下，把控制論作為一種輔助的工具去研究社會生活中某些方面的問題是可能有意義的。在本書的一些地方作者也提到控制論應用到社會科學領域的困難，但是，他是從社會現象的“統計游程太短”，無法應用統計理論，這樣一個純技術的觀點提出問題的。事實却是，在社會科學的領域，離開了歷史唯物主義這一唯一科學理論的指導，要想對社會生活的根本問題得出真正科學的結論，是不可能的。維納的錯誤就在於企圖把控制論作為一種獨立的完整的科學方法去分析社會生活中的根本問題。

在本書的最后一章和書中其他一些地方，作者談到了自動化的社會後果，表示了他對自動控制技術用於帝國主義戰爭和生產自動化帶來的失業威脅的擔憂。作為一個在資本主義社會工作的科學家，維納對自己的科學發現可能引起的社會後果抱著嚴肅的

态度,表示不愿意参与直接为帝国主义战争服务的研究工作(本书 29 頁),这种态度是令人尊敬的。維納的悲剧在于他看不清产生战争和失业的根本原因,看不到摆脱这种悲惨命运的根本途径和主要的阶级力量。因此,他在本书的一些地方虽然也表示对垄断資本統治的厌恶,要求“建立一个以人的价值为基础而不是以买卖为基础的社会”(本书 28 頁),但是,他对于能否实现这种社会变革則感到茫然,对于控制論能否造福于人类則认为只是“一个非常微小的希望”(本书 29 頁)。維納在本书許多地方一再流露的,对于科学技术和人类发展前途的严重的悲观主义思想,反映着在帝国主义国家中,既对垄断資本的法西斯統治不滿,又害怕无产阶级革命力量和社会主义国家的一类资产阶级知识分子徬徨苦悶的情緒。

在我們馬克思主义者看来,事情是非常清楚的。在阶级社会,在帝国主义时代,“只能用阶级分析的观点,去看待科学技术的发展和使用的問題。”(“列宁主义万岁”,红旗杂志,1960 年第 8 期,第 10 頁)由于帝国主义制度是反动的、反人民的制度,所以,帝国主义国家总是要把各种科学技术用于侵略外国和威胁本国人民的軍事目的,用于制造杀人的武器,总是要利用各种科学技术加重对劳动人民的剝削。在帝国主义国家,生产的自动化把社会生产力的发展和资本主义生产关系的矛盾推进到一个新的阶段,自动化的机器把大批劳动者排挤出来,造成严重的失业灾难。在社会主义国家,情形却完全相反。由于社会主义制度是进步的,是代表人民利益的,因此,社会主义国家总是要利用各种科学技术服务于国内和平建設,来征服自然;同时,也为了全世界人民的利益,用它来制止帝国主义战争,保卫世界和平。至于生产的自动化,在社会主义国家根本不会产生失业的問題。自动化的机器因为能够減輕劳动者的繁重劳动,能够大大提高劳动生产率,受到广大劳动者的热烈欢迎。在社会主义国家,生产自动化的研究,不但有专业的科学家、工程师在进行,而且已經形成了一个有广大劳动者参加的群众性的技术革新运动。由此可見,科学技术的发展和使用的归根到底

决定于社会制度，决定于那个阶级在社会中占居统治地位。也就是，象控制論这样一些科学技术的新发现，在帝国主义国家，用維納的語言來說，必然被用来“作恶”，在社会主义国家必然被用来“为善”。在帝国主义国家，任何科学家，如果真正希望用自己的科学发明为人民服务，而不为战争和剥削的事业服务，就必须反对帝国主义制度，就应该站到无产阶级方面来，在无产阶级领导下进行争取和平和社会主义的斗争。

維納的这本书出版已经十几年。十几年来，以电子计算机为核心的各种控制机、信息机得到迅速的发展。科学技术的这些辉煌成就引起了許多国家科学界、哲学界关于机器能否学习，能否思維的广泛討論。关于机器的“学习”，机器的“思維”这类的說法，有些人只是把它当作一种語言的借用，有些人則在認真地談論着机器的思維，因为他們在討論机器是否比人更聪明之类的問題。因此，如何在馬克思主义思想指导下，正确地闡明和概括当代科学技术的这些最新成就，是摆在我国科学界和哲学界面前的一项重要任务。譯者认为，在研究这些問題时，有一点是明确的。这就是把人和机器对立起来，去评价和比較两者的工作能力，这种思想只不过是資本主义生产关系的一种反映。資本主义生产关系造成生产資料和劳动者的分离。在資本家看来，生产資料和劳动者同为資本获得利潤的手段，机器和僱佣劳动力是可以互相替換、互相竞争的。但是，当我们揭穿了資本主义生产关系的剥削实质，我們就看到任何机器都是人手和人腦的劳动的产物，机器永远是人进行劳动的工具。人的劳动和智慧創造力是无穷无尽的，因此，这种創造力的产物——科学技术的发展，也是无穷无尽的。对于未来的机器的工作能力我們現在很难为它划定一个固定的范围，只能在科学技术已经达到的基础上对最近将来的发展作出各种估計。但是，不論科学技术如何进步，不論各种机器的工作能力如何发展，它們总是人的劳动的工具，如馬克思所說的，总是人手和人腦的延長和加强。机器和人之間永远不存在誰比誰更聪明的关系。当然，把現在的机器和生物机体，电子计算机和人的大脳加以对比，

研究其相似之处和相似的共同物质基础，研究其区别和产生本质区别的根本原因，研究在这些问题上高级运动形态和低级运动形态的区别和联系等等都是很有兴趣的。在马克思主义思想指导下，来研究这些问题，必将对哲学和现代科学的丰富和发展作出重要贡献。

× × ×

译者在翻译本书时曾经参照俄文和日文译本作了些校正，并选用了两种译本的一些注解。为了说明译者对本书的理解和意见写了这篇译者序，限于水平，错误之处可能很多。希望读者对译文和译者序中不妥之处提出批评和指正。

34591/116

## 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 譯者序.....               | v   |
| 导言.....                | 1   |
| 第一章 牛頓時間和柏格森時間.....    | 30  |
| 第二章 羣和統計力学.....        | 45  |
| 第三章 時間序列, 信息 和 通訊..... | 61  |
| 第四章 反饋和振盪.....         | 97  |
| 第五章 計算机和神經系統.....      | 117 |
| 第六章 完形和普遍观念.....       | 134 |
| 第七章 控制論和精神病理学.....     | 144 |
| 第八章 信息、語言 和 社会.....    | 155 |

05700

## 导 言

这本书是十多年来我和当时在哈佛医科学学校、现在在墨西哥国立心脏学研究所的阿托罗·罗森勃吕特博士共同研究的成果。在那些日子里，罗森勃吕特博士（他是已故的华尔特·皮·塔农博士的同事和合作者）领导了一个每月举行的关于科学方法的讨论会。参加者大都是哈佛医科学学校的青年科学家，我们一起在日德哈尔特大厅围着圆桌子吃饭。谈话是活泼的，毫无拘束的。这不是一处鼓励任何人或者使任何人有可能摆架子的地方。饭后，由某一个人，或者是我们这个集体中的一员，或者是一位邀请来的客人，宣读一篇关于某个科学问题的论文，一般地这是一篇其首要思想，或者至少其主导思想是关于方法论问题的论文。宣读者必须经受一通尖锐批评的夹击，批评是善意的然而毫不客气的。这对于半通不通的思想，不充分的自我批评，过分的自信和妄自尊大真是一剂泻药，受不了的人下次不再来了。但是，在这些会议的常客中，有不少人感到了这对于我们科学的进展是一个重要而长久的贡献。

并不是所有的参加者都是物理学家或医学家。我们中间有一个人，他是一个非常坚定的成员，对于我们的讨论有很大的帮助，这就是曼纽尔·桑陀瓦尔·瓦拉尔塔博士，他和罗森勃吕特博士一样，也是墨西哥人，在麻萨诸塞理工学院当物理教授，他是我在第一次世界大战之后到这个学院来教书时的最初的学生之一。瓦拉尔塔博士常常带领一些麻省理工学院的同事来参加这些讨论会，正是在这些讨论会的某一次会上，我初次会见了罗森勃吕特博士。我长时期以来就对科学方法很感兴趣，曾经参加过1911—1913年间在哈佛由约瑟夫·劳埃斯领导的关于这个题目的讨论班；况且，他们感到，有一个能够批判地考虑数学问题的人参加进来，是很重要的，因而我就成了这个集体的积极成员，直到1944年罗森

勃呂特博士叫我到墨西哥去而且战时的混乱状态結束了这一系列的討論会为止。

許多年来,罗森勃呂特博士和我共同相信,在科学发展上可以得到最大收获的領域是各种已經建立起来的部門之間的被忽視的无人区。从萊布尼茨以后,似乎再沒有一个能够充分地掌握当代的全部知識活动了。从那时候起,科学日益成为專門家在愈来愈狹窄領域内进行着的事业。在上一世紀,也許沒有萊布尼茨这样的人,但还有一个高斯,一个法拉第,一个达尔文。今天,沒有几个学者能够不加任何限制而自称为数学家,或者物理学家,或者生物学家。一个人可以是一个拓扑学家,或者一个声学家,或者一个甲虫学家。他滿嘴是他那个領域的行話,知道那个領域的全部文獻,那个領域的全部分枝,但是,他往往会把邻近的科学問題看作与自己无关的事情,而且認為如果自己對这种問題发生任何兴趣,那是不能容許的侵犯人家地盘的行为。

这些專門化的領域在不断增长,并且侵入新的疆土。結果就象美国移民者、英国人、墨西哥人和俄罗斯人同时侵入俄勒岡州所造成的情形一样——大家都来探险、命名和立法,弄得乱七八糟、糾纏不清。有这样一些科学工作的領域,我們在本书的正文中将要討論到,人們从純粹数学、統計学、电工学和神經生理学等等不同方面来探索它;在这样的領域里,每一个簡單的概念从各方面得到不同的名称;在这样的領域里,一些重要的工作被各方面重复地做了三四遍;可是却有另一些重要工作,它們在一个領域里由于得不到結果而拖延下来,但在邻近的領域里却早已成为古典的工作。

正是这些科学的邊緣区域,給有修养的研究者提供了最丰富的机会。同时这些邊緣区域也是最最不能用集体攻击和劳动分工这种公認的方法来达到目的。如果一个生理学問題的困难实质上是数学的困难,那么,十个不懂数学的生理学家的研究成績会和一个不懂数学的生理学家的研究成績完全一样,不会更多。如果一个不懂数学的生理学家和一个不懂生理学的数学家合作,那么,这个人不会用那个人所能接受的術語表达自己的問題,那个人也不

能用这个人所懂得的任何形式来作出自己的回答。罗森勃吕特博士一直坚持主张，到科学地图上的这些空白地区去作适当的查勘工作，只能由这样一羣科学家来担任，他們每人都是自己領域中的专家，但是每人对他的邻近的領域都有十分正确和熟練的知識；大家都习于共同工作，互相熟悉对方思想习惯，并且能在同事們还没有以完整的形式表达出自己的新想法的时候就理解这种新想法的意义。数学家不需要有领导一个生理学实验的本領，但却需要有了了解一个生理学实验、批判一个实验和建議別人去进行一个实验的本領。生理学家不需要有証明某一个数学定理的本領，但是必須能够了解数学定理中的生理学意义，能够告訴数学家他应当去寻找什么东西。我們多年来梦想着集合这样一批自由的科学家，在这样一块科学处女地上共同工作。他們結合在一起，并不象一羣下屬圍繞着一个司令官，而是由于那种要想理解这整个区域和互相取长补短的愿望，更正确地說，由于这样一种精神上的需要。

远在我們选定共同研究的領域和各自分担的部分之前，我們在這些問題上的观点就已經一致了。走上这新的一步的决定性因素是战争。很久以来，我就知道，一旦国家有事，我的作用将主要地决定于两件事情：同方涅瓦·布希博士所拟訂的計算机研究計劃进行密切接触，我同李郁荣博士关于电网络設計工作的合作。事实上，这两件事情后来都証明了是重要的。1940年夏天，我把大部分注意力轉向发展計算机来解答偏微分方程。我对于这个問題早就有兴趣，并且相信，和布希博士用他的微分分析机处理得很好的常微分方程的情形不同，这里的主要問題是多变数函数的表示問題。同时我还相信，电视中所用的扫描过程給出了这个問題的答案，而且，事实上电视不止是一种独立的工业，它作为一种新的技术而加以引用就注定了要对工程技术發揮更大的用处。

显然，同常微分方程問題相比，任何扫描过程都必須大大增加所要处理数据的数目。为了要在合理的时间以內得出合理的計算結果，必須使基本运算过程的速度达到极大，并且要避免用那些本性緩慢的步驟来打断这些过程的連續进行。同时还必須使单个过

程的精确度很高，以免由于基本运算过程的大量重复使得积累起来的误差大到断送了全部精确性的地步。因此我提出了下列建議：

1) 在计算机中心部分，加法和乘法装置应当是数字式的，如同通常的加法机一样，而不是基于量度的，如同布希微分分析机那样；

2) 这些实质上是开关装置的机件应当由电子管来做，而不要由齿輪或机械替續器来做，以便保证更快速的动作；

3) 根据貝尔电话研究所的現有装置所采用的方針，加法和乘法采用二进位制比起采用十进位制来，在装置上大概会更为經濟些；

4) 全部运算序列要在机器上自动进行，从把数据放进机器的时候起到最后把結果拿出来为止，中間應該沒有人的干預；为此所需的一切邏輯判断都必須由机器自身作出；

5) 机器中要包含一种用来儲藏数据的装置，这个装置要迅速地把数据記錄下来，并且把数据牢固地保存住，直到清除掉为止，讀出数据要迅速，清除数据也要迅速，而且又要能够立刻用来儲藏新的材料。

这些建議，連同关于如何实现这些建議的初步意見都送交布希博士，以备在战争中可能有用处。在战争准备阶段，这些建議似乎不配获得立刻进行研究的那种优先待遇。虽然如此，它們还是代表了那些体現在現代快速计算机中的观念。这些概念在当时思潮的精神之中都已經有了，我絲毫沒有想到要宣布諸如我个人对于引进这些概念的貢獻之类的事情。尽管如此，我的这些想法被証明是有用的，我的希望也就是要使我这个备忘录能对工程界普及这些概念发生若干作用，无论如何，我們將要在本书的正文中看到，这都是一些与研究神經系統有关的有趣的观念。

这件工作就这样摆到桌子上了，虽然这些想法是有用的，却没有引导罗森勃呂特博士和我来立即着手加以研究。我們的实际合作是由于另一个計劃引起的，这个計劃也是为了上次战争的

目的而采取的。在战争初期，德国的空军优势和英国的防御地位使许多科学家的注意力转向改进防空武器的工作。甚至在战争以前就已经十分清楚，飞机的高速度使得所有古老的火力瞄准方法都变得陈旧无用了，必须使控制装置能够进行全部必需的計算。飞机和从前遇到过的所有的射击目标不一样，它的速度比用来击落它的炮弹的速度小不了很多，这个情况带来了很大困难。因此，十分重要的是，射出炮弹时，并不是要朝着射击目标，而是要使投射物和射击目标在未来的某个时刻同时到达空間的某处。因此，我們必須寻找某种预测飞机的未来位置的方法。

最简单的方法就是把飞机当时的航綫沿着一条直綫外推。有許多理由推荐这个方法。飞机在飞行中急轉和拐弯越多，它的有效速度就越小，它用来完成飞行任务的时间就越少，它留在危险区域的时间就越长。如果其它的条件都相等，飞机就要尽可能地沿直綫飞行。可是从第一声高射炮打响以后起，条件不相等了，飞行员就可能飞曲綫，翻筋斗，或者用其他方式采取逃避的动作。

如果这种动作飞行员能够完全随意进行，而且飞行员能很聪明地运用他的机会，如同一个优秀的扑克专家那样，那末，他就有足够多的机会在炮弹到达以前来掩飾他所希望到达的位置，使我們不能很准确地計算到射中它的机会，除非我們运用耗費很大的密集防御炮火。可是情况不是这样，飞行员并没有按照自己的意愿来操纵飞机的完全自由。只說一件事情：他是在一架高速飞行着的飞机之中，任何过于急驟地偏离原来航綫的动作都会产生极大的加速度，以致使他失去知觉或使飞机解体。再有他只能用轉动飞机的操纵面的方法来操纵飞机，而轉变到新的飞行状态需要一段短的时间。即使操纵面轉到新位置，仅仅能改变飞机的加速度，而这种加速度的改变要产生最后效果还必须先轉为速度的改变，然后再轉为位置的改变。此外，一个飞行员在紧张的战斗状态下很难进行任何十分复杂和自如的随意活动，一般总是习惯于按照他所熟練的活动式样动作。

所有这些都使得飞行的曲綫预测問題的研究值得进行，不管