

康夫纳：从建筑师到物理学家及其人文含义

黄尚永

(中国科学院自然科学史研究所 北京 100190;

中国科学院大学 北京 100049;

北京建筑大学理学院 北京 102612)

(收稿日期:2019-04-15)

摘要:物理学家康夫纳是行波管的发明者,他早年做过建筑师,逐渐转向物理学研究,发明了行波管.后来在贝尔实验室从事研究和管理工作,在卫星通信和光通信等多个领域成果卓著.简要回顾了他的生平,介绍了他发明行波管的背景和过程,以及在推动卫星通信和光通信方面做出的贡献.在此基础上结合其他科学家的案例,讨论科学和人文素质相辅相成的关系.

关键词:康夫纳 科学 人文 行波管 通信

科学和人文是人类生活中不可缺少的两个维度,一般来说科学意味着理性和严谨,而人文则更多地联系到感性和自由.虽然科学和人文有着各自鲜明的特点,但在不少科学家身上都得到了相辅相成的体现,也有不少在这方面展开分析和讨论的文章.如张开逊认为,科学家的人文情怀体现在3个方面,即治学、参与公共事务、哲人气质^[1].莫武兴则系统回顾了科学精神和人文精神的历史关系,详细分析了科学精神和人文精神的融合,并把爱因斯坦作为融合了科学精神和人文精神的典范^[2].

物理学家康夫纳(Rudolph Kompfner,1909.5.16-1977.12.3),并不为人熟知,也没有获得过诺贝尔物理学奖.但他早期曾经做过建筑师,后来成为物理学家,发明了行波管,并在通信领域做出了突出贡献,这样的经历也是独一无二的.本文将在介绍康夫纳主要生平和贡献的基础上,讨论他身上所体现出来的科学精神和人文含义.

1 康夫纳的早年岁月和建筑师生涯

康夫纳1909年出生在奥地利维也纳的一个犹太人家庭,他的父亲是一位会计兼作曲家,曾为维也纳郊区的一个乐队伴奏,所以康夫纳也有一些音乐方面的天赋和才能.他求学期间喜欢读物理方面的

书,尤其受物理学家阿拉贡(Arago)的作品影响较深.但他的家庭更希望把他培养成一个建筑师,因为他的舅舅是一个建筑师.康夫纳于1933年获得维也纳高等工学院(Technische Hochschule in Vienna)建筑学的学位.这个时候正处于二战前夕,犹太人在维也纳的处境比较艰难,康夫纳借助英国的亲戚关系于1934年来到了英国,并在亲戚的建筑公司里工作,直到1941年^[3].

康夫纳从事建筑师工作的这几年,参与了伦敦一些建筑物的设计和制造,他对建筑有着深刻的体验和理解.他曾高度赞叹维也纳议会大厦的雄伟壮观,也曾点评威尼斯圣马可大街上相邻的两座建筑,认为一座是奇迹,一座是垃圾.多年后康夫纳进入贝尔实验室工作时,也用上了他建筑方面的技能,参与设计和创建了贝尔实验室位于克劳福德(Crawford)山上的办公楼.关于康夫纳的建筑师生涯,曾经有过一段有意思的对话,有人问康夫纳:“先生,听说您是一位奥地利的建筑师?”康夫纳表示认同,对方问:“希特勒也是一位奥地利的建筑师,告诉我,你和希特勒谁的作品更好?”康夫纳的回答是“我的作品都还健在”.

虽然康夫纳完全能胜任建筑师的工作,但他依然在心底保留着对物理学的热爱.他经常趁晚上等

空闲时间去图书馆阅读物理图书和期刊,并记下自己感兴趣的内容和想法.早在1935年开始,他就陆续记录过电视机显像管,微波管等方面的内容,并相继发表了一些论文,申请了一些专利.1941年9月,由于他在物理学方面的才能,被推荐到伯明翰大学物理系从事研究工作,主要研究高功率磁控管,这是雷达的核心器件,对他来说正中下怀.从此康夫纳就告别了建筑师的生涯,专职转向物理学的研究.

2 康夫纳的科学贡献

2.1 发明行波管

康夫纳一生最突出的成就是发明了行波管.他在晚年自己撰写的文章里,回顾了行波管的发明历程.他提到,“没有比阅读发明和发现的文章更能吸引我了,尤其是发明人自己撰写的文章,这也是我写这篇文章的原因.”^[4]

康夫纳刚到伯明翰大学实验室的任务,是要为雷达接收器制造更灵敏的速调管放大器.经过一年左右的研究和实验,康夫纳发现速调管存在一个致命的缺陷,那就是谐振腔间隙中的射频场和电子束间耦合太弱.为得到有效增益,需要利用低速电子束,但电子束在谐振腔间隙场中耗费太长时间,也就丢掉了原来积累的能量.康夫纳就想到能否让射频场随电子束运动,以使电子一直在加速.他和其他研究人员进行了讨论,提到了螺旋形结构的线圈设计,有相关专家明确表示不可行.

康夫纳自己绕了一个螺旋形结构的线圈,用来传送微波.他惊喜地发现,波的传输并没被阻止,但速度慢下来了.他又花了很多时间具体计算这种结构中电子束横向和轴向的电场,这些电场会使电子束产生偏离和翻转.他计算了这些偏离和翻转对波传输的影响,通过计算有了超乎意料的发现,他最初只是设想和电子相同速度行进电磁波中的电场会对电子有强作用,后来他还发现随着电子电流增加,管子中形成微波振荡,不仅电磁波使得电子聚成束,聚集的电子束也反过来加强了电磁波.康夫纳对此现象进行了反复分析,详细计算了电场和电子如何相互影响,计算证实,这种相互作用会使输出端的能量相对输入端极大增加,螺旋结构的线圈是可以实

现电子束和行波相互作用的合适介质,线圈和电子束共同构成了能在相当宽的频段内提供超高增益的放大器.

1943年秋,在进一步设计实验进行验证的基础上,康夫纳制造出了实用的行波管,也就是靠连续调制电子束的速度来实现放大功能的微波电子管.虽然后来行波管的理论和实验还在不断发展,但康夫纳是无可争议的行波管的发明者.贝尔实验室的皮尔斯也从事这方面的研究,他到英国考察时了解到康夫纳的工作,形容自己是“震惊”的.

2.2 在贝尔实验室的工作

1944年,贝尔实验室安排皮尔斯到英国出差调研,他参观了英国20多所工业实验室,结识了康夫纳.后来通过皮尔斯的联系和推荐,康夫纳于1951年来到贝尔实验室工作,之后1955年担任电子研究部主管,1957年担任电子和无线电研究主管,1962年担任通信科学部的副执行董事.在贝尔实验室期间,皮尔斯和康夫纳是长时间并肩作战的伙伴,两人共同组织和参与了卫星通信、光通信等项目.

2.2.1 卫星通信

20世纪五六十年代,大西洋两岸对通信的容量需求不断增长.如果铺设海底电缆,传输的电话信号少且花费巨大,而卫星通信相对于海底电缆能提供更多的信道.皮尔斯较早提出可以通过卫星实现通信,不过前期投资也会比较大,并没有得到贝尔实验室高层的支持,他的主要支持者正是康夫纳,康夫纳在上到政府部门、贝尔实验室高层的协调、经费的申请,下到技术细节具体的运行和实施方面都发挥了重要作用.

我们可以通过康夫纳的一篇文章了解到卫星通信的研究背景和实施过程^[5].1958年是初步的可行性研究,贝尔实验室对卫星可能涉及的多个系统都开展了研究,以便对接下来的活动进行纲领性的指导.1959年是项目研究和开发的开始,来自贝尔实验室多个不同部门的人员组成特别的团队,启动了数个直接和后期的卫星实验相关的研究项目.1960年开始进行初步的卫星实验,为卫星通信系统的多个要素积累经验.首个项目称为“回声”(Echo)一号,于1960年成功发射.1962年,搭载更加先进的

有源卫星项目“泰事达”(Telstar)的火箭升空,卫星和火箭分离后进入轨道,并围绕地球运行。

2.2.2 光通信

1960年梅曼发明世界上第一台激光器,康夫纳就意识到光波将会在通信中发挥重大作用。他随即在贝尔实验室启动了涉及众多人员的复杂的研究项目,包括埋在地下管道中的系列棱镜,以及配套的平面镜,根据不同温度下气体折射率不同而营造的气体棱镜等,这些实验在世界范围内都是领先的。

1965年,康夫纳在《科学》(Science)期刊上发表文章,题目是《光通信:对多种技术的评价和达成实用系统前需要做的工作》^[6]。他认为,电信发展的历史就是要追求越来越大的带宽,越来越高的频率。激光由于频率极高,如果能应用于通信,其可以携带的信息容量将不可估量。

1966年,“光纤通信之父”高锟发表论文,提出如果将光纤损耗降低到合适程度,就可以用作通信的传输介质,这是世界范围内首篇提出光纤通信的论文^[7]。康夫纳也很快注意到了高锟的论文,随即督促贝尔实验室材料部门的人员开始研究此类高纯度纤维。1972年,康夫纳又写了一篇综述性文章《贝尔实验室的光通信》^[8],他回顾了光通信的早期历史,提到了激光的发明、光束在谐振腔中的模式、共焦镜等概念,讨论了光的量子特性、大气中的光传输、连续波导、介电波导中的损耗、传输系统、相干和非相干光源、调制器、放大器、集成光学等几乎涵盖光通信各个方面的内容。结论是光通信系统中的各个元件,从激光光源到不同的传输介质,再到调制器和放大器等,都取得了很大进步,从工程的角度看,很有信心能将光通信系统做到实用化。

所以,虽然光通信涉及的项目和人员众多,但是康夫纳功不可没,他很早就认识到了光通信的巨大潜力,并进行了较大投入。他以自己敏锐的眼光和较强的执行力推动了光通信在贝尔实验室的发展。

1973年康夫纳从贝尔实验室退休,之后还在斯坦福大学应用物理系以及牛津大学工程科学系担任教授职务,于1977年12月去世,时年68岁^[9]。

3 从康夫纳看科学和人文精神的结合

作为一名科学家,康夫纳一生中最重要的贡献

就是行波管的发明,他基于行波管研究的书籍、论文和专利众多,到贝尔实验室后在通信方面的工作也是成绩卓著。他是美国国家科学院院士,一生获得过包括美国国家科学奖在内的很多奖项,也是多个大学的荣誉博士和多个协会的荣誉会员。

康夫纳性格热情而达观,很容易和陌生人熟悉起来。他爱好广泛,除了建筑方面的成就外,也喜欢音乐,喜欢游泳和滑雪等运动,他和妻子就是在伦敦的一个游泳俱乐部认识的。他生性幽默,当贝尔实验室发明了视频电话后,他办公室也安装了一部,他把自己的一张照片放在电话前,这样接视频电话时他就不用一直对着电话了。

康夫纳很早就喜爱物理学,但由于家人的影响选择了建筑,并做了几年的建筑师,虽然他建筑师也做得很好,但在更强烈的兴趣驱动下又转回了物理学研究。建筑和物理虽然看似相差较远,但实际上也有着密切的联系。一座合格的建筑,必然要充分考虑受力、传声、导热、布电、采光等几乎涉及到物理学各个方面的因素。康夫纳的物理学知识必然也在建筑实践中有着用武之地,而建筑方面的经历又对他科学素质的塑造和科学研究的进展影响深远。从事建筑学,一是要强调打好基础,基础扎实才能万丈高楼平地起;二是要考虑全面,要从各个角度各个层次做好分析和布局,在科学研究中也是类似的道理。康夫纳能在建筑学和物理学间游刃有余,各有成就,在于他个人的能力和追求,也说明科学和人文不是对立的,而是可以相辅相成,完美地体现到同一个人身上。

德布罗意也是一位结合了科学和人文精神的伟大科学家,而且他的学科背景跨度更大。德布罗意出身于法国的一个贵族世家,于1909年在巴黎大学获得历史学学位。但两方面的因素使他转向了物理学研究,一是他阅读了当时著名物理学家和科学思想家庞加莱的著作,对自然科学有了新的认识;二是1911年首届物理学家的顶级会议索尔维会议在布鲁塞尔召开,他的哥哥是会议的工作人员,德布罗意得到了会议的全部文件,这些关于辐射和量子论的研究引起了他的极大兴趣。后来他于1913年获得科

学硕士学位,并顺应了当时科学发展的潮流,为波粒二象性的解释和波动力学的创建做出了贡献,成为一名伟大的物理学家^[10].

4 结论

康夫纳从建筑师转向物理学家,源于他自身对物理学的喜爱和对科学美的追求.虽然由于家庭背景等因素从事了几年建筑师的工作,但对物理学孜孜不倦的追求使他最终实现了自己的初心,做出了卓越的贡献.建筑师的经历和建筑美的塑造并不是反面的,他只是更喜欢物理学.建筑师的生涯使得他的经历更丰富,底蕴更深厚,爱好更广泛,对他物理学上的成就也有促进作用.科学精神和人文素养可以很好地在同一个人身上得到体现.

参考文献

- 1 张开逊. 科学家的人文情怀. 科技导报, 2014, 32(6): 15 ~ 16
- 2 莫武兴. 论科学精神与人文精神的融合: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2004
- 3 J. R. Pierce. The Rudolf Kompfner Memorial Lecture. Int. J. Electronics, 1980, 48(5): 375 ~ 388
- 4 Rudolf Kompfner. The Invention of Traveling Wave Tubes, IEEE Transactions on Electron Devices, 1976, 23(7): 730 ~ 738
- 5 A. B. Crawford, C. C. Cutler, R. Kompfner and L. C. Tillotson. The Research Background of the Telstar Experiment. The Bell System Technical Journal, 1963, 7: 747 ~ 751
- 6 R. Kompfner. Optical Communications: An Appraisal of the Many Techniques and the Steps to be Taken Before Practical Systems are Achieved. Science, 1965, 150: 149 ~ 155
- 7 K. C. Kao, G. A. Hockham. Dielectric Fiber Surface Waveguides for Optical Frequencies. Pro. IEEE, 1966, 133(7): 1151 ~ 1158
- 8 R. Kompfner. Optics at Bell Laboratories Optical Communication. Applied Optics, 1972, 11(11): 2412 ~ 2425
- 9 James E. Britain. Electrical Engineering Hall of Fame Rudolf Kompfner. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(3): 524 ~ 526
- 10 金尚年. 德布罗意的生平和贡献——纪念德布罗意诞生一百周年. 物理, 1992, 21(7): 434 ~ 439

Kompfner: From Architect to Physicist and Its Humanity Meaning

Huang Shangyong

(Institute for the History of Natural Science, CAS, Beijing 100190;

University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049;

Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 102612)

Abstract: Kompfner is the inventor of travelling wave tube as a physicist, he had been an architect in his early years, then turned to physical research gradually, and invented the travelling wave tube. He joined the Bell Lab in later years, had great success in the areas such as satellite communication and optical communication. This article reviews his main life story, introduces the background and process of the invention to travelling wave tube, and his contributions on the development of satellite communication and optical communication. The relationship between science and humanity is discussed based on the facts of Kompfner, as well as other scientists.

Key words: Kompfner; science; humanity; travelling wave tube; communication