

重塑麦吉尔大学物理学： 约翰·斯图尔特·福斯特的贡献

汪蕊 朱慧涓[†]

(首都师范大学物理系 北京 100048)

2024-11-11 收到

[†] email: zhuwj@cnu.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20250511

CSTR: 32040.14.wl20250511

约翰·斯图尔特·福斯特是加拿大杰出的物理学家，曾任麦吉尔大学麦克唐纳物理学教授、辐射实验室主任，并获得麦吉尔大学荣休教授头衔。他在麦吉尔大学任职期间重塑了该校的物理学研究，对该校乃至加拿大物理学的发展产生了深远影响。福斯特在斯塔克效应实验领域取得显著成就，他带领的研究团队做出多项重要工作，使麦吉尔大学在20世纪30年代成为加拿大在光谱学研究领域的重镇。福斯特主持建造的回旋加速器更是为麦吉尔大学的核物理学带来了复兴，在加拿大物理学发展史上具有里程碑意义。福斯特在麦吉尔大学培养了超过百名硕士和博士，为加拿大物理学输送了大量人才。文章通过回顾福斯特的学术生涯和研究工作，分析并总结了他对麦吉尔大学以及加拿大的物理学发展所做出的卓越贡献。

1 引言

约翰·斯图尔特·福斯特(John Stuart Foster, 1890—1964)(图1)于1890年5月30日出生在加拿大新斯科舍省克拉伦斯的一个农民家庭^[1]。1924年，博士毕业于耶鲁大学，同年进入麦吉尔大学担任物理学助理教授。1929年成为加拿大皇家学会院士，1935年当选英国皇家学会院士，并荣升为麦吉尔大学麦克唐纳物理学教授。1941年至1944年在麻省理工学院辐射实验室从事战时雷达研发工作，1947年因此项贡献被授予美国铜质自由勋章。1946年在麦吉尔大学建成加拿大第一台回旋加速器，同年还荣获加拿大皇家学会托利奖章(Tory Medal)。1952年至1955年担任麦吉尔大学物理系主任，1955年成为麦吉尔大学首位卢瑟福物理学教授，1958年荣获加拿大物理学家协会奖章，1960年被授予麦吉尔大学荣休教授。1964年因突发心脏病在美国去世，享年74岁。而就在福斯特去世前3个月，

为表彰他在核物理学方面的重要贡献，麦吉尔大学将他主持建设的辐射实验室命名为“福斯特辐射实验室”。

福斯特是20世纪加拿大物理学的重要人物，以其在量子力学和核物理学领域的贡献而闻名。福斯特不仅在斯塔克效应实验研究和回旋加速器建造方面取得了成果，还对麦吉尔大学乃至整个加拿大的物理学发展产生了深远的影响。在担任麦吉尔大学物理学教授期间，福斯特通过一系列精确的斯塔克效应实验，成功地检验了量子力学理论对氢原子斯塔克组分的相对强度的预测。后来，他指导多名学生继续开展斯塔克效应实验，在该领域取得了丰硕成果。这些成果不仅为量子力学提供了重要的实验证据，也使麦吉尔大学成为20世纪30年代加拿大物理学研究的中心之一。

随着斯塔克效应实验研究逐渐成熟，福斯特敏锐地意识到需要拓展新的研究领域，于是他转而投入回旋加速器的建造和辐射实验室的

建立，并积极推动麦吉尔大学与美国的交流合作，为麦吉尔大学的核物理学研究注入了新的活力。正是在福斯特的领导下，麦吉尔大学在1946年成功建造了加拿大第一台回旋加速器，并将其应用于放射性物质的研究。这一成就标志着麦吉尔大学在核物理学领域迈出的重要一步，也为加拿大的核物理研究奠定了基础。

本文将探讨分析福斯特在推动



图1 约翰·斯图尔特·福斯特

麦吉尔大学物理学发展过程中做出的关键贡献，以此揭示其对麦吉尔大学物理学乃至加拿大物理学发展所起到的重要影响。

2 麦吉尔大学物理系的新人

1924年，福斯特受到麦吉尔大学麦克唐纳物理实验室主任的伊夫(Arthur Eve, 1862—1948)的邀请回到加拿大，在麦吉尔大学担任物理学助理教授。这一年，他刚从耶鲁大学获得博士学位，准备在研究上大展拳脚。

麦吉尔大学是加拿大一所历史悠久的高等学府，建于1821年。该校早期的科学教育由文理学院(Faculty of Arts)提供，通常由一名“数学与自然哲学”教授担任物理学的教学。当时的物理学被冠以“自然哲学”之名，在该校也不太受到重视，获得的赞助相较其他科学学科要少。直到19世纪90年代初，情况发生了改变，物理学科从“自然哲学”中独立了出来，有了专门的物理系。一位慷慨的烟草制造商威廉·麦克唐纳(William Macdonald)向麦吉尔大学共捐赠了80余万美元，其中包含了用于设立实验物理学教席的5万美元和用于建造物理

系大楼所需要的必要经费^[2]。麦克唐纳物理系大楼(图2)建成于1893年，里面配备了全新的实验室设备。物理系以其优良的基础设施和充足的资金支持吸引了优秀的年轻科学家来此任教，使其在世纪之交的前沿科学发现成为可能。

在福斯特到来之前，麦吉尔大学物理系曾经有过一段辉煌的时期，那是卢瑟福(Ernest Rutherford, 1871—1937)担任麦克唐纳实验物理学教授的时期。卢瑟福与化学系演示员索迪(Frederick Soddy, 1877—1956)合作，为麦吉尔大学带来了前沿的天然放射性元素研究，进而提出了化学元素嬗变理论，这一重大发现使卢瑟福摘得1908年诺贝尔化学奖的桂冠。麦吉尔大学物理系也因此兴盛起来，但随着卢瑟福等人的离开以及一战的爆发，麦吉尔大学物理学的研究重点发生了变化，转向了潜艇探测和声纳技术的研究^[3]。福斯特到来之时，麦吉尔大学物理系还未恢复早期在原子物理学上的光荣传统，也并没充分涉及到量子力学领域。百废待兴，这位新人似乎早已做好了准备。

自福斯特在加拿大的蒙特艾莉森大学受到阿诺德(Harold Arnold, 1883—1933)的物理学启蒙后，他就立志要成为一名物理学家，为此，他选择离开家乡，赴美深造^[4]。1920年，福斯特进入耶鲁大学物理系，师从邦斯德(Henry Bumstead)教授，邦斯德建议他研究德国物理学家斯塔克(Johannes Stark,

1874—1957)于1913年发现的一种原子现象——斯塔克效应。可惜的是，这位邦斯德教授在1921年年初不幸突发意外离世^[5]，福斯特随后在佩吉(Leigh Page, 1884—1952)教授的指导下继续从事此项研究，并在耶鲁大学完成了他的首个斯塔克效应实验。相较于前人的实验，他提出了一种观测斯塔克效应的新方法——中性楔法¹⁾，并将其应用于测定氦光谱中各线成分的相对强度。福斯特在1924年拿到了博士学位，此时他已经是斯塔克效应方面的著名学者。带着这样的身份，福斯特进入了麦吉尔大学，为其注入了新的研究活力。

3 推动斯塔克效应实验与光谱学的研究

福斯特为麦吉尔大学带来的第一个新研究方向就是斯塔克效应的实验研究。这项研究是他博士期间工作的延续，他准备开展更多的氦和氢的斯塔克效应实验，并改进实验仪器，获得更精确的斯塔克效应值。斯塔克效应实验是量子力学史上具有里程碑意义的实验之一，在20世纪20年代中期，量子力学初步建立之时，福斯特的实验就对其做出了验证。

福斯特在耶鲁大学完成的第一个斯塔克效应实验是利用中性楔法测定氦光谱中各线成分的相对强度，但这一次实验中采用的中性楔强度测量方法受到了阴极点蚀的影响。于是福斯特进入麦吉尔大学后在这项研究上的首要工作是改进实验方法，很快他使用旋转阴极的方法成功减少了点蚀的影响，并利用这种方法在电场中测量氢和氦原子的斯塔克效应。1926年，福斯特再



图2 麦克唐纳物理大楼

1) 中性楔法，即将中性玻璃与无色玻璃楔形块粘合在一起，使两块玻璃形成一个平面平行板，此为中性楔。在确保狭缝能够得到均匀照明后，将中性楔放置好，并进行7—8个小时的曝光。

次进行氢的斯塔克效应实验，以建立明确的斯塔克效应的谱线图案。

这一年，福斯特还获得了一次国际访学的机会，国际教育委员会资助他前往哥本哈根的尼尔斯·玻尔理论物理研究所进行交流学习。同年夏天，玻尔邀请了理论物理学家海森伯担任客座讲师。福斯特在这里有机会聆听量子力学大师们的讲座，并了解到最前沿的量子力学发展。在此期间，福斯特发表了他一生中最重要的——一篇论文《量子力学在氢原子斯塔克效应中的应用》，文中理论的部分利用海森伯的矩阵力学对氢原子中的斯塔克效应进行扰动计算^[6]。这篇论文是福斯特对量子力学理论做出的重要贡献，使他赢得了国际认可和声誉，同时他在斯塔克效应实验方面的工作也得到了玻尔的认可：“他(福斯特)从麦吉尔那里带来的实验材料引起了这里的理论工作者的极大热情，并带来了许多有启发性的讨论^[11]”。此次在玻尔研究所的交流对福斯特后续的研究产生了积极的影响，使他更加确信斯塔克效应实验具有重要的研究价值。

于是，福斯特在回到麦吉尔大学后努力打造了一支专门从事斯塔克效应实验以及光谱学的研究团队。1928年，该团队迎来了重要的研究成果。福斯特和他的博士研究生乔克(Laura Chalk, 1904—1996)进一步对氢光谱中斯塔克组分强度进行了定量研究(图3)，修正了此前实验中少数严重偏离的数据，得到了更为精确的实验数据^[7]。这一结果发表在《自然》杂志上。论文明确指出，实验测量与理论值的比值基本在1.00左右，表明理论值与观

测值几乎相同，也说明福斯特的实验结果检验了薛定谔波动力学的正确性，进而肯定了量子力学对斯塔克效应的解释是有效的。这一实验为量子力学提供了重要的观测依据，同时也为海森伯和薛定谔等人获得诺贝尔奖提供了实验上的支持^[8]。

福斯特团队完成检验量子力学的工作后，转而研究更为复杂的分子光谱中的斯塔克效应以及电场和磁场的联合斯塔克效应等问题。这些研究在当时还不是物理学研究的主要领域，不过还是有一些值得关注的问题。对平行电场和磁场中的氢进行的研究表明，平行极化的斯塔克分量不受磁场影响，而垂直的斯塔克分量则各自分成两个分量，具有塞曼效应。

在斯塔克效应研究之外，20世纪30年代中期，福斯特在洛克菲勒基金会的支持下，开展了对生物材料中微量元素的光谱定量分析实验。福斯特和他的团队发表的一系列论文，不仅推动了适用于生物问题的光谱分析定量方法的发展，还特别强调了解决特定生物或医学问题的重要性。福斯特通过实验测定了动植物中的微量元素的浓度，并利用石英光谱仪分析了微量元素对动植物体生长和正常发育的影响^[9—11]。

正如科学史学家海尔布隆(John Heilbron)所指出的，卢瑟福在麦吉尔大学执教期间未能建立起一个学派，他的离开也标志着麦吉尔大学原子物理学前沿研究的终结。此后一直到福斯特到来之前，麦吉尔大学的物理学基本上遵循传统路线，未开创新的研究方向。路易斯·金

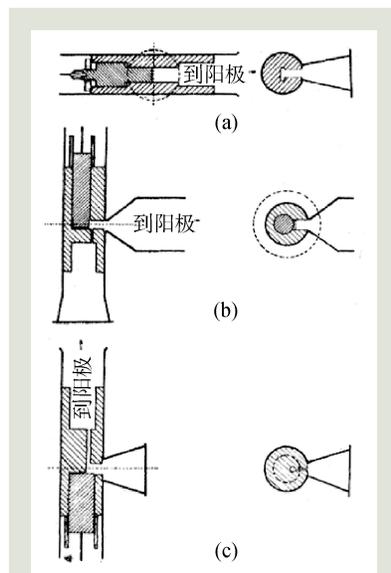


图3 福斯特在实验过程中采用了上述三种形式的放电管 (a)改进后的苏尔多放电管(Lo Surdo tube)，可获得更高的电场和光谱仪狭缝上图像的均匀强度，但在通过较大电流时容易过热；(b)为解决过热问题而改进的放电管，加入了厚铝条以传导热量。同时，放电管的圆柱形表面有助于在光源的窄带两端维持较弱的电场强度，从而更方便使用摩尔光度计进行精确测量；(c)进一步改进的放电管，为了增大光强，采用了圆形截面的放电管，可以保持较大的电流密度。通过调控孔洞直径和阴极与孔洞的间距，有效降低了阴极上产生的高电场

(Louis King)和比勒(Etienne Bieler)讲授的主要科目是电磁学和声学，巴恩斯(Howard Barnes)讲授的主要科目是冰的性质和气象学。而福斯特的到来，为麦吉尔大学引入了一个新的研究领域和独特的实验研究路线^[12]。福斯特的的工作提升了麦吉尔大学在前沿物理学方面的研究水平，也使麦吉尔大学乃至加拿大在20世纪30年代在斯塔克效应实验领域与光谱学领域具有国际研究水平^[13]。福斯特不无信心地说：“在麦吉尔大学，我们现在得到了那些与物理学最近一些杰出进展最密切相关的人的充分信任。与此同时，我

2) 在1937年10月给洛克菲勒基金会的一份报告中，福斯特再次强调了研究斯塔克效应对发展麦吉尔大学物理系的重要性，但是后续的斯塔克效应很难开发新的研究领域，以致吸引的学生越来越少。

们有很好的机会在现代实验物理学的至少一个阶段中保持我们目前的领先地位”^[14]。

4 建设回旋加速器与争取研究资金

斯塔克效应实验能够为一所高校带来的研究前景毕竟有限²⁾，福斯特又瞄准了核物理学研究领域。20世纪30年代，核物理学开始飞速发展，作为一门基础物理学领域，核物理学对于理解物质的基本构成和相互作用具有重要意义。福斯特认识到这一点，认为该领域可以保持纯物理的标准，发展广泛的应用，同时还可以为麦吉尔大学吸引最优秀的学生。

开展核物理学需要实验设备，美国加州大学伯克利分校辐射实验室的劳伦斯(Ernest Lawrence, 1901—1958)在1931年建造了第一台回旋加速器设备，这是20世纪30年代最先进的加速器。福斯特也希望能够在麦吉尔大学建造类似的加速器

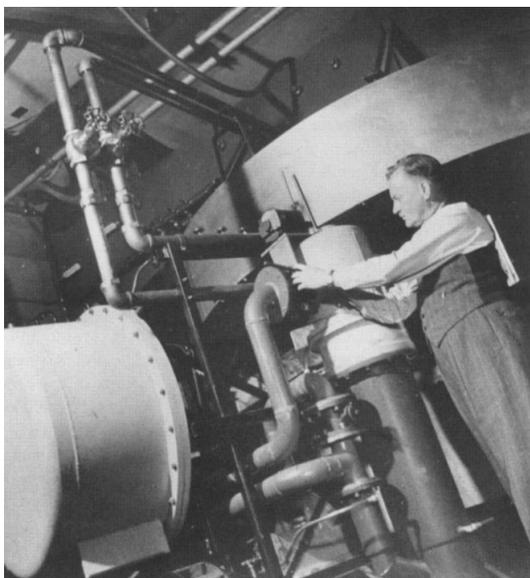


图4 福斯特与麦吉尔回旋加速器

设备，从而推动麦吉尔大学在该领域处于领先地位。这一想法得到了当时麦吉尔大学物理系主任的支持。1935年底，福斯特共获得了15000美元的资金用以建设回旋加速器^[14]。初步计划仿照伯克利辐射实验室的加速器建造一台10 MeV的质子回旋加速器。

两年后，福斯特与同事们完成了详细的设计方案。1937年11月，福斯特向麦吉尔大学理事会的财政委员会正式提议建立一个回旋加速器实验室，包括15名研究中子和原子核的研究人员。福斯特预想将该实验室用于生物学研究，通过人工放射性元素探测生物体内元素的运动和分布情况，为生物学和医学研究提供新的手段和方法^[15]。此外，这个实验室还将计划引入更多研究人员到麦吉尔大学从事核物理学的研究，以此恢复麦吉尔大学早期在物理学领域的荣耀。

二战的爆发导致福斯特的提案被搁置。加拿大虽未直接参战，但作为美英的同盟，它也需要损耗大量的战略物资，而回旋加速器的战略价值决定了其是否继续建设。1940年，麦吉尔大学新任校长詹姆斯(Frank Cyril James, 1903—1973)试探地询问国家研究委员会主席对渥太华提供财政支持的可能性^[14]。但得到的回复是，政府的政策是不向任何对战争没有意义的项目提供资金。于是在1941年10月，詹姆斯

下令放弃回旋加速器的项目。而福斯特本人也由于战争的原因，去了美国从事雷达研究。

1944年，二战结束前夕，回旋加速器的建造突然又有了转机。国家研究委员会和麦吉尔大学了解到回旋加速器有助于解决战争期间和战后的科学问题，因此决定重新支持该项目的建设。同年10月，麦吉尔大学理事会授权为回旋加速器拨款12.5万美元^[14]。回旋加速器能够重新建设，国家研究委员会在其中发挥了主导作用。作为曼哈顿工程的一部分，加拿大成立了蒙特利尔国家实验室，与英美共同合作进行核能研究，并计划建造一个重水核反应堆^[16]。该机构负责人之一是英国物理学家科克罗夫特(John Cockcroft, 1897—1967)³⁾，他认识到了回旋加速器的重要性，并希望福斯特能够说服詹姆斯校长重新支持此项目的建造。很快，国家研究委员会表示愿意为该计划提供“强有力的财政支持”^[14]。而另一方面，福斯特在麦吉尔大学建造加拿大第一个回旋加速器的创举，也获得了加拿大相关方面的认可，国家研究委员会以及后来的原子能控制委员会(AECB)向福斯特提供了可用的资源，包括战争期间的战略物资、战后的剩余设备以及国家研究委员会核物理学家未发表的技术信息。

最终1946年，在福斯特的主持下，一个重达300吨、82英寸的调频100 MeV的质子同步回旋加速器在麦吉尔大学落成(图4)，这个回旋加速器在当时仅次于美国加州大学建造的加速器，属于世界第二大回旋加速器。配套建成的还有一座实

3) 约翰·科克罗夫特，英国物理学家，他与沃尔顿(Ernest Walton)因在原子核人工蜕变方面的开创性工作而获得1951年的诺贝尔物理学奖。1944年，科克罗夫特被派往加拿大负责乔克河项目，并成为加拿大第一个核实验室的主任。

验大楼，在福斯特退休的那年，麦吉尔大学将其命名为福斯特辐射实验室。

尽管辐射实验室于1946年正式开放，但与回旋加速器有关的第一篇论文和出版物直到1951年才出现。在20世纪50年代早期，最常见的研究是检查各种元素被高能质子轰击后产生的放射性。在接下来的三十年里，福斯特辐射实验室记录的放射性活动在世界各地记录的人造放射性活动中占据相当大的比例。在50年代末，麦吉尔物理学家将他们的兴趣转移到原子核参与的反应上。1960年，贝尔(Robert Bell, 1918—1992)成为主任后，实验室扩大了规模，重点也发生了变化，即进行延迟质子和质子碰撞的研究。麦吉尔大学的回旋加速器在20世纪70年代得到进一步改进，用于加速质子以外的粒子^[17]。

福斯特主持建造的回旋加速器一直运转良好，17年后加拿大才出现了第二台规模相当的加速器。麦吉尔大学曾因为卢瑟福等人的工作成为“核物理学的发源地”，福斯特主持建造的回旋加速器让核物理学的传统在麦吉尔大学复兴，辐射实验室和福斯特团队主导的麦吉尔大学的核物理学研究，为麦吉尔大学在国际物理学界赢得了一席之地，也是加拿大在促进物理研究方面迈出的重要一步。

5 促进与美国的研究合作

20世纪初期，加拿大作为英国的自治领，其科学发展在很大程度上

上受到了英国的影响和限制。麦吉尔大学的多位物理学教授都曾在英国接受教育，其中卢瑟福、路易斯·金、伊夫等人毕业于剑桥大学。在卢瑟福1907年离开麦吉尔大学之后，该校的物理学研究开始走下坡路。由于研究经费长期短缺，研究空间、设备和人员不足，再加上繁重的教学和行政责任，威尔逊(Harold Wilson)、博伊尔(Robert Boyle)等教授在1914年前后相继离职^[14]。研究人员的流失致使麦吉尔大学与欧洲物理学水平进一步拉开差距。到了1924年，资深教授格雷⁴⁾(Joseph Gray)和路易斯·金相继辞职，格雷受皇后大学邀请担任乔恩物理学研究教授(Chown Research Professor of Physics)，而路易斯·金则是因为身体问题选择离开，这使麦吉尔大学物理系遭受重创^[18]。这两位教授的离开预示着麦吉尔大学与英国之间的紧密联系不再存在了。1919年起担任物理系系主任的伊夫联系了包括卢瑟福、布拉格(William Bragg, 1862—1942)和达尔文(Charles Gawton Darwin, 1887—1962)在内的英国资深物理学家，希望他们能推荐适合的人担任麦吉尔大学物理学教授，但并未有人愿意来此。最终，伊夫慧眼识人才，物色到了福斯特，使其入职麦吉尔大学。福斯特的到来打破了麦吉尔大学只招募在英国顶尖大学受过教育人才的传统^[12]。

20世纪30年代美国物理学在国际上的地位上升，也是从这一时期开始，福斯特寻求建立麦吉尔大学

与美国之间的联系。他定期与伯克利辐射实验室的劳伦斯和库克西(Donald Cooksey)通信，并将自己的学生送到伯克利学习^[4]。劳伦斯是伯克利辐射实验室的创始人与领导者，福斯特与劳伦斯在耶鲁大学求学时就结下了深厚的同窗情谊。此后，两人一直保持密切的学术交流。这层关系在福斯特的儿子约翰尼·福斯特(Johnny Foster, 1922—)⁵⁾与劳伦斯的合作中得到了延续和加强。而作为劳伦斯的密友，时任辐射实验室主任助理的库克西，也曾向福斯特建议过辐射大楼和回旋加速器的资金分配问题，并夸赞福斯特的辐射大楼设计得非常漂亮^[14, 19]。

福斯特希望借助与美国的学术交流逐渐摆脱麦吉尔大学对欧洲物理学的依赖，尤其是消除20世纪头20年剑桥大学的学术影响。福斯特曾将自己的研究生桑顿(Robert Thornton)派去伯克利和劳伦斯一起工作，并告诉他“你会在美国物理学中发现一些非常有趣的事情”^[20]。

在建造回旋加速器的过程中，福斯特也多次寻求劳伦斯的帮助，并和劳伦斯沟通回旋加速器建造的进程。1936年8月，福斯特写信给劳伦斯，向其讲述了麦吉尔大学核物理学的研究策略，并希望得到劳伦斯的帮助，劳伦斯回信建议其缩减建设规模。1937年，福斯特告诉劳伦斯，他的提案顺利通过，并获得10万美元的资金^[14]，劳伦斯得知后，在1938年为回旋加速器的建造提出了许多建议。后因建造计划被

4) 格雷在墨尔本大学获得理学学士学位，并在1909年至1912年间在英国曼彻斯特大学跟随卢瑟福从事研究，1913年获得博士学位。格雷在加拿大麦吉尔大学相继担任物理学讲师、副教授和教授，并在第一次世界大战期间参与了声音测距的工作。

5) 约翰尼·福斯特，全名 John Stuart Foster, Jr.，在加州大学伯克利分校获得博士学位。他深受劳伦斯的影响，参与了劳伦斯利弗莫尔国家实验室(LLNL)的大型科学项目，并为核武器研究做出了贡献。他在1961年至1965年担任LLNL实验室主任。因小福斯特在科学和国防领域的贡献，LLNL在2015年设立了约翰·福斯特奖，每年颁发以表彰在科学、技术和工程或政策制定方面表现出卓越领导力的人。首届奖项授予了小福斯特本人。

推迟,为了能够继续推进回旋加速器的建造,福斯特再次写信向劳伦斯征求这一设施在军事应用方面的建议,但劳伦斯并未给出建设性意见。此外,在战争期间,福斯特还试图联系玻尔和劳伦斯,以了解新的发展,特别是在原子弹的制造方面。

福斯特在为回旋加速器的科学应用做筹备时,也向美国其他的科学家了解最新的信息。在伯克利的英国科学家奥列芬特(Mark Oliphant)建议说,由于大多数放射性元素可以用新的方法和设备制造出来,回旋加速器在生产化学示踪剂所需的较重元素方面是有用的,这台机器对于核物理学和快中子放射学工作来说是“必不可少的”^[14]。

20世纪中叶,麦吉尔大学在福斯特的带领下,逐渐摆脱了英国的影响,转而与美国建立更紧密的科研合作关系。福斯特通过与劳伦斯等美国科学家的交流合作,不仅推动了麦吉尔大学物理学研究的现代化,也为加拿大在国际物理学界中的地位提升奠定了基础,特别是在回旋加速器的建设和核物理学研究方面。福斯特的努力使得麦吉尔大学能够与世界科学中心保持同步,同时也为加拿大在核能研究上提供了重要支持。

6 人才培养

福斯特对麦吉尔大学物理学发展还存在一个重要贡献,就是他培养了许多物理学优秀人才。

福斯特长期都是麦吉尔大学物理系研究生培养的中坚力量。加拿大皇后大学物理系教授道格拉斯(Allie Douglas)曾回忆说:“福斯特在斯塔克效应、新数学工具方面的理论工作,以及在实验室的灵活探

索开辟了一个全新的研究领域。他培养了一批又一批优秀的学生,在麦吉尔大学取得了无与伦比成绩”^[14]。福斯特在麦吉尔大学开展了多个研究方向:斯塔克效应、定量光谱学、微波雷达和核物理学等,在几乎每个方向上都培养了一大批学生。

福斯特重点培养学生在复杂设备的构造和操作上的能力,这些经验使他们日后能够在工业企业、政府或学术科学领域从事相关工作。福斯特在麦吉尔大学从事光谱学研究期间,借助他个人筹建的精密仪器,培养了3名研究生。而后,他又发现了斯塔克效应对年轻毕业生的吸引力,因为它将“广泛而有用的技术训练与玻尔理论及其现代表述密切相关的理论解释”结合在一起^[14],还吸引了外部的支持和奖学金。当他从斯塔克效应的研究转向其他方向时,他共指导了物理系大约80名硕士和30名博士,是当时指导学生最多的教授。在这些学生中,乔克是麦吉尔大学第一位获得物理学博士学位的女性。这些学生中的大多数人在毕业后仍选择继续从事研究工作,其中很多人都对加拿大的物理学发展做出了重要贡献。

在从事回旋加速器的建造过程中,福斯特又培养了一众才华横溢、训练有素的物理学家。加拿大物理学家桑顿跟随福斯特攻读了硕士和博士学位,其博士论文研究了原子光谱学和斯塔克效应^[21]。1933年,福斯特介绍他前往伯克利与劳伦斯合作,并参与了多个回旋加速器的建设。在第二次世界大战期间,桑顿参与了曼哈顿工程。战后,桑顿返回伯克利,领导了184英寸回旋加速器的建造工作,并在

此后27年时间里担任物理学教授,他的工作对于回旋加速器的发展和核物理研究有着重要影响。福斯特辐射实验室前主任贝尔也是福斯特的学生,他后来成为麦吉尔大学校长^[22]。

7 结语

福斯特作为加拿大杰出的物理学家,在斯塔克效应实验和核物理学领域取得了重要的成果,虽然他在国际上的知名度相对较低,但他对麦吉尔大学物理学的发展乃至加拿大物理学的发展都做出了极大的贡献。

在20世纪30年代,核物理学研究在加拿大未得到足够的重视,在加拿大国家研究委员会属于边缘的研究领域^[13]。当时,加拿大的核物理学研究仍局限于对天然放射性元素的研究,几所著名大学也并不关注核物理学的新近发展。然而福斯特凭借其敏锐的科学洞察力,预见到了核物理学的重要性,特别是在了解到美国核物理学的发展后,主张建设回旋加速器,使麦吉尔大学在核物理学研究领域迈入先进行列。

此外,福斯特作为麦吉尔大学物理系的教授和辐射实验室的主任,展现了非凡的研究和领导才能。福斯特意识到麦吉尔大学核物理学需要摆脱对欧洲物理学的依赖,走上独立发展之路。他采取了多个举措,既积极有效地提升了麦吉尔大学的实验物理水平,也寻找到了新的物理学研究方向。他不仅成功搭建了麦吉尔大学与美国研究机构的合作桥梁,还与劳伦斯保持密切联系,派遣学生前往伯克利国家辐射实验室学习前沿技术。此外,他组织了多次核物理学研讨

会，并积极推动回旋加速器和新实验大楼的建设。这些举措奠定了麦吉尔大学在核物理研究中的重要地位。

福斯特不仅在科研上做出了重要的贡献，在教学方面也备受尊敬。他为人真诚、直率且幽默，有着高超的教学技巧，深受学生的喜爱。他一旦发现学生的潜力，就会不遗余力地培养他们。到1960年退休时，福斯特一共培养了81名物理学博士和33名物理学硕士，为麦吉尔大学以及加拿大输送了大量优秀的物理学人才。

纵观福斯特的一生，他热爱自己的科学事业，以卓越的洞察力开辟新的科研方向。他很好地诠释了一位杰出的实验物理学家、一名出色的科研领导者、一名优秀的物理教育家的多重角色。

参考文献

- [1] Bell R E. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, 1966, 12: 147
- [2] Frost S B. McGill University for the Advancement of Learning, Volume I, 1801—1895. Canada: McGill-Queen's University Press, 1980. p.244, p.273
- [3] McGill University. The Origins of Science at McGill. <https://200.mcgill.ca/faculties/faculty-of-science/second-era-the-growth-of-the-faculty-of-science/>, 2024.11.19
- [4] Ramos T F. Call Me Johnny. California: Lawrence Livermore National Lab, 2019. p.3, p.4
- [5] Thomson J J. Nature, 1921, 106(2675): 734
- [6] Foster J S. Proceedings of the Royal Society of London, 1927, 117(776): 137
- [7] Foster J S, Chalk L. Proceedings of the Royal Society of London, 1929, 123(791): 108
- [8] Brush S G, Segal A. Making 20th Century Science: How Theories Became Knowledge. Oxford University Press, 2015. p.241
- [9] Foster J S, Langstroth G O, McRae D R. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 1935, 153(878): 141
- [10] Foster J S, Langstroth G O, McRae D R. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 1938, 165(923): 465
- [11] Foster J S, Horton C A. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 1937, 123(833): 422
- [12] Gingras Y. HSTC Bulletin, 1981, 5(1): 15
- [13] William S R. Otto Hahn and the Rise of Nuclear Physics. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1983. p.221, p.227
- [14] Thomas J. Historical Studies in the Physical Sciences, 1984, 14(2): 360
- [15] Foster J S. Canadian Medical Association Journal, 1938, 38(3): 222
- [16] 刘芸璐. 和平之路: 加拿大原子能发展研究(1943—1952). 天津师范大学硕士学位论文, 2023. pp.12—14
- [17] Frost S B. McGill University for the Advancement of Learning, Volume II, 1895—1971. Canada: McGill-Queen's University Press, 1984. p.338
- [18] Foster J S. Royal Society, 1949, 6(18): 396
- [19] 中国科学院高能物理所. 美国劳伦斯伯克利国家实验室历史沿革. https://ihp.cas.cn/kxcb/zmsys/LBNL/201012/t20101222_3048041.html, 2024.11.19
- [20] Davis N P. Physics Today, 1969, 22(2): 77
- [21] Gillett M, Beer A. Our Own Agendas: Autobiographical Essays by Women Associated with McGill University. Canada: McGill-Queen's Press, 1995. pp. 37—39
- [22] Robson J M. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, 1995, 41: 56

读者和编者

《物理》有奖征集封面素材

为充分体现物理科学的独特之美，本刊编辑部欢迎广大读者和作者踊跃投寄与物理学相关的封面素材。要求图片清晰，色泽饱满，富有较强的视觉冲击力和很好的物理科学内涵。

一经选用，均有稿酬并赠阅该年度《物理》杂志。

请将封面素材以附件形式发至：physics@iphy.ac.cn；联系电话：010-82649029。

《物理》编辑部

Scryo-S[®]

系列低温恒温器

Scryo-S 系列低温恒温器 (Scryo-S) 具有降温速度快, 变温范围大, 震动小, 噪音低, 设计灵活, 样品可置于真空或超高真空中, 制冷剂使用效率高, 无需定期维护等特点, 并可与 Qcryo 形成不消耗液氮的干式低震动低温系统。



Scryo-S-100
通用型低温恒温器



Scryo-S-200
超高真空低温恒温器



Scryo-S-300
紧凑型显微低温恒温器



Scryo-S-400
超高真空(UHV)低温插件



Scryo-S-500
显微低温恒温器



Scryo-S-600
UHV JT插件

Scryo[®] 系列低温恒温器典型特性

类 型	S-100 低温恒温器	S-200 低温恒温器	S-300 低温恒温器	S-400 低温插件	S-500 低温恒温器	S-600 JT插件
样品环境	真空	超高真空	真空	超高真空	真空	超高真空
温度范围	<1.8K-500K	<2.2K-475K	<1.8K-475K	<1.8K-500K	<1.8K-475K	<1.3K-500K
震动水平	-	<5nm	<10nm	-	<5nm	-
漂移水平	-	<2nm/min	<3nm/min	-	<2nm/min	-
温度稳定	<25mK	<10mK	<10mK	<25mK	<10mK	<10mK
典型应用	紫外 / 可见光 / 红外, THz, 基质隔离, 穆斯堡尔谱, 高压 / 高能物理等	STM、AFM、离子阱、原子 / 分子冷阱、近场光学椭圆仪和高能物理等	显微 / 近场光学、低维材料、磁光、拉曼 / 红外光谱、高压、X-ray 和高能物理等	STM、AFM、ARPES、椭圆仪、红外、超快、X-ray 和高能物理等	显微(磁光)、低维材料、拉曼 / 傅里叶 / 布里渊散射、高压和高能物理等	STM、AFM、ARPES、椭圆仪、红外、超快、X-ray 和高能物理等

