

R. 富兰克林在 DNA 双螺旋结构发现中的业绩*

刘 寄 星[†]

(中国科学院理论物理研究所 北京 100080)

摘 要 简介罗萨琳·富兰克林女士的短暂的一生并论述她在 DNA 双螺旋结构发现中的杰出贡献。

关键词 罗萨琳·富兰克林, DNA 双螺旋

Rosalind Franklin and her contributions to the discovery of double helix structure of DNA

LIU Ji-Xing[†]

(*Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*)

Abstract In this brief essay, the short but colorful life of Rosalind Franklin is introduced with emphasis on her vital contributions to the discovery of the double helix structure of DNA.

Key words Rosalind Franklin, DNA double helix

提到 DNA 双螺旋结构的发现,人们往往只会想到因为此一发现而得到诺贝尔奖的沃森(Watson J D)、克里克(Crick F H C)和威尔金斯(Wilkins M H F)三人。其实,英国物理化学家罗萨琳·富兰克林(Rosalind Franklin, 1920—1958)女士在此一影响现代生命科学发展的伟大发现中,起了极为关键的作用,值得人们永远纪念。这篇短文打算对富兰克林女士的生平、她对 DNA 双螺旋结构发现的贡献以及她的贡献为何被人忽略等作一简略介绍,文后给出若干文献供对她的贡献感兴趣的读者参考。

1 富兰克林生平



富兰克林 1920 年 7 月 25 日出生于英国伦敦的一个犹太人家庭,其父为商业银行家。少年时期的罗萨琳表现出对物理、化学的特殊兴趣,在伦敦圣保罗女子中学毕业后,进入剑桥大学 Newnham 学院,于 1941 年

获得物理化学专业的自然科学学士学位。1941—1946 年她在大英煤炭利用协会从事国防研究,于

1945 年获剑桥大学哲学博士学位。1947 年至 1950 年她在法国巴黎法国国家应用化学中心实验室从事不完全结晶物质的实验研究,成为一位熟练的 X 射线晶体衍射专家。1950 年她应邀加入由兰德尔主持的伦敦大学国王学院英国国家医学委员会生物物理实验室,从事 DNA 结构研究,对 DNA 双螺旋结构的发现作出了关键贡献。1953 年由于种种原因,她选择离开国王学院,前往伦敦 Birkbeck 学院,加入由著名科学家贝尔纳(Bernal J D)领导的研究集体,从事烟草花叶病毒研究。之后的 5 年中,她充分显示了自己的科学才华,仅在 1955—1958 三年中就发表了 14 篇研究论文,并完成其他三项研究,有关研究论文在她逝世后由同事 Klug A 整理发表。富兰克林女士不幸于 1958 年因患癌症去世,享年 37 岁。贝尔纳在为富兰克林所写的悼词中,称她为“工业物理化学领域公认的权威”,并高度评价她的科学才能和科学品德,他写道:“作为一个科学家,在她所从事的所有研究工作中,富兰克林小姐均以极端的完美和清晰而不同于他人。她所拍摄的 X 射线照片是至今所拍摄的任何物质照片中最为漂亮的。”

* 2003-11-01 收到

[†] E-mail: jlx@itp.ac.cn

2 富兰克林在 DNA 双螺旋结构发现中的贡献

关于富兰克林女士对 DNA 双螺旋结构发现的贡献,已有许多文章和书籍论及^[1-4],其中刊登在 *Physics Today* 2003 年 3 月的一篇综述文章^[1],在我看来,颇为详尽公允.根据已有文献所公布的事实不难看出,富兰克林的工作在双螺旋结构的发现中起到了不容置疑的关键作用.具体主要表现在以下两点:

(1)富兰克林以其认真的科学态度和超人的专业技巧,拍摄出了极为清晰的 A 型和 B 型两种 DNA 分子的 X 射线衍射照片,这些照片,特别是 B 型照片对沃森和克里克构造双螺旋模型起到了特别关键的作用.

尽管沃森在他 1968 年出版的回忆录中对于富兰克林饱含敌意和歪曲,但他不得不承认当他在想出 DNA 双螺旋结构而又十分担心再次出错时关键时刻,威尔金斯在未得富兰克林允许,私下给他出示的富兰克林拍摄的 B 型 DNA 照片时的狂喜心情:“我一看到照片,立刻目瞪口呆,心跳也加快了.无疑,这种图像比以前得到的(“A 型”)要简单的多.而且,照片上的那种醒目的交叉形黑色发射线条说明只能是螺旋结构.根据“A 型”还不能直接提出螺旋结构的观点,而且,也无法说清存在的究竟是那一种螺旋对称.不过只要略为看一下“B 型”的 X 射线照片,就能发现不少重要的螺旋参数.可以想象,只要简单计算一下,就能确定分子内多核苷酸链的数目了.”^[5]沃森的此一生动自述,无疑是对富兰克林贡献的充分肯定,只可惜他在自己 6 年前的诺贝尔获奖演说中缺失了这里表现出的坦白.

(2)富兰克林通过对 B 型 DNA 物理参数的测量,以及她对 A 型 DNA 所作的圆柱 Patterson 映射计算(cylindrical Patterson map calculation),确定了 DNA 分子的密度、单位原胞尺度和含水量.在此基础上建议了一种 DNA 双螺旋结构,她的此一结构包括了双螺旋直径的精确测量,同轴纤维沿纤维轴向的间隔以及螺旋的螺距.沃森与克里克在构建模型的最后阶段,未经富兰克林的同意,从其他渠道得到富兰克林的实验测量数据,坚定了建模信心.

富兰克林的结果,详尽程度不同地记载于她 1952 年呈交给英国医学委员会的报告和一篇完成于 1953 年 3 月 17 日的未发表文章草稿中.她的这篇文章草稿多年后被发现并分别于 1968 年和 1974 年由其同事, Klug A 在 *Nature* 杂志加以报道.然而

她提交给医学委员会的报告的内容却在并不知情的情况下由克里克的博士导师佩鲁兹(Perutz M)在沃森和克里克构造模型的关键时刻交给了他们二人,使他们得知富兰克林的数据,加强了信心.对此,克里克在自己的回忆录中没有具体提及,只是笼统地承认:“我们自己曾构建过一个完全错误的模型.后来,利用伦敦研究人员的实验数据和查戈夫规则,我和沃森终于推测出了正确的结构.”^[6]沃森对此倒回忆得十分详细.根据他的回忆,在他从威尔金斯处看到富兰克林拍摄的 B 型 DNA 照片后不久,佩鲁兹就将包含有富兰克林报告内容在内的医学委员会的总结交给他们二人.“佛朗西斯(克里克)很快地浏览这篇报告后,感到放心的是我从国王学院回来后,准确地向他报告了 B 型图片的基本特点.因此我们只需对我们的骨架作不大的修改就行了.”^[5]之后不久,二人的 DNA 双螺旋模型成功建成.

以上两点事实,应当足以使人们公正判断富兰克林在双螺旋结构的发现中起到的作用.

3 富兰克林的贡献为何被忽略

DNA 双螺旋结构的发现使得沃森、克里克、威尔金斯获得 1962 年诺贝尔医学和生理学奖,以后人们一提起 DNA 双螺旋,想到的只是他们三人乃至只有沃森、克里克两位.那个对此一发现作出杰出贡献的富兰克林的名字为什么会被忘记呢?笔者根据已发表的文献判断,明显的原因有二:

其一,引证不公.得奖的人算不上好汉,明明是富兰克林女士的照片和数据对前二人起了关键作用,他们二人先是在 *Nature* 发表的首篇文章上含糊其词,后是在诺贝尔获奖报告中一字不提,似乎唯恐这位在他们做报告时已经逝世 4 年的女士会因他们私看了她拍的照片与测量的数据而跳出来与他们争夺荣光.威尔金斯虽与富兰克林同一个实验室工作,理当提到这位比他能干的同事的成果,可他就是不说,甚至在今年 10 月刚刚出版的名为《DNA 双螺旋发现的第三条汉子》的回忆录中,仍然对富兰克林在首次公布 DNA 双螺旋结构的 *Nature* 上,不与他联名非要单独发表自己的结果颇有微辞,实在算不上一条好汉^[7].

其二,报道不实.首次使富兰克林女士闻名于世的作品是沃森 1968 年出版的回忆录^[5],然而就是在这本广为流传的介绍 DNA 双螺旋结构发现过程的书中,罗萨琳·富兰克林女士的形象被歪曲了,她被描写成一个学术思想保守、脾气古怪、难于合作、令

人畏惧的女科学家。而且在他看来,富兰克林对于 DNA 所知甚少,完全拒绝 DNA 的双螺旋模型。此后出版的克里克的回忆录中,虽对富兰克林的为人表示了一定尊重,但也认为她对 DNA 所知甚少,对她在 DNA 双螺旋结构发现中的贡献基本不提。两位诺贝尔奖获奖人如此对待一位早已逝世的女科学家,自然容易使人产生富兰克林贡献不大的印象。

至于不明显的原因,还有很多。以笔者所见,世界各国都存在的对女科学家的不同程度的歧视在大英帝国并不例外,当也是原因之一。

然而“成也萧何,败也萧何”,沃森的回忆录尽管歪曲了富兰克林的形象,却也毕竟使人们知道了一个研究过 DNA 的富兰克林。1968 年后对富兰克林的研究表明,这位女科学家不仅个人品德高尚,而且专业科学水平超群。随着这些研究的开展,富兰克林在 DNA 双螺旋结构发现中的贡献日益为人所知,那些无视和贬低富兰克林贡献的说法越来越站不住脚。她确曾反对过 DNA 双螺旋结构模型,但随着她对 DNA 实验研究的开展逐步认识到此结构的正确,并独立提出了自己基于精确实验测量和理论计算的螺旋模型。图 1 中我们给出引至文献 [1] 的一张图,它表明富兰克林从 1951 年 1 月开始起,已逐步掌握了 DNA 双螺旋结构的基本要素。

富兰克林这位令人佩服的女科学家的事迹以及她对 DNA 双螺旋结构发现中的贡献,已有不少出版物发表,有兴趣的读者,请参看文末所列的参考文献 [1—4]。

值此 DNA 双螺旋结构发现 50 周年之际,谨以本篇短文纪念此一伟大发现作出关键贡献的女科

学家罗萨琳·富兰克林博士,但愿这位在短短两年多 DNA 研究中为人类理解自身贡献了如此之多,乃至因为拍摄 B 型 DNA X 射线照片受到高辐射剂量危及自己身体,最后却又被迫保证不再从事 DNA 研究的杰出女性,在她逝世 45 年后因为人们对她所做出贡献的承认而得到宽慰。

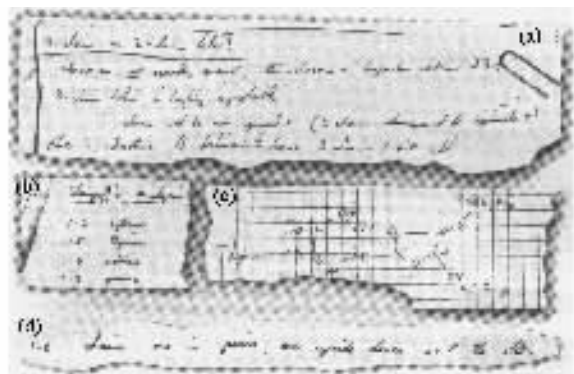


图 1 富兰克林女士从 1951 年 1 月起使用的笔记本摘录^[1]。(a)表明她已认识到 B 型 DNA 很可能具有双股螺旋结构 (b)表明她知道查伽夫比例规则 (c)表明她至少知道 DNA 四种碱基中的三种具有酮式构象 (d)她已确定了 A 型 DNA 的两股骨架链是反平行的

参 考 文 献

- [1] Elkin L O. *Physics Today*, 2003, 42 (3) : #2
- [2] Klug A. *Nature*, 1968, 219, 808, 1968, 219, 843, 1974, 248, 787
- [3] Maddox B. *Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA*. New York: Harper - Collins, 2002
- [4] Sayre A. *Rosalind Franklin and DNA*. New York: W. W. Norton & Company, 1975
- [5] Watson J D. *The Double Helix: A personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. New York: W. W. Norton & Company, 1968
- [6] Crick F. *What mad Pursuit: A personal view of scientific discovery*. New York: Basic Books, 1988
- [7] Wilkins M. *The Third Man of the Double Helix: Memoirs of a life in sciences*. Oxford: Oxford University Press, 2003

· 读者和编者 ·

《物理》2004 年征订启事

《物理》1972 年创刊,中国物理学会主办,国内外公开发行。其宗旨是传播与普及当代物理学各分支学科及其交叉领域的前沿新进展、新动向和新思想,集知识传播与信息服务为一体,兼具科学性和可读性,在国内物理学期刊中独树一帜。读者为具有大学水平的全体物理学及其相关学科工作者,包括从事研究、教学、技术开发、科研管理的研究人员、大学和中学物理教师、工程技术人员、科研管理人员、研究生和大学生,以及物理学爱好者等。

从 2004 年起,每月 12 日发行,订价 15 元/月,180 元/年(含邮费,年底送当年数据光盘一张);大学生和研究生订价为 130 元/年(凭学生证直接向编辑部订阅)。各地邮局均可订阅,邮发代号 2-805。

编辑部订阅方式:1、邮局汇款:北京 603 信箱《物理》编辑部收(邮编 100080)2、银行电汇:户名:中国科学院物理研究所,开户行:农行海东支行营业室,帐号:30948821-250101040005699(汇款时请注明“物理 D07-3”)。

欢迎广大读者订阅!