

萨哈：破解恒星大气之秘的 先驱者和科学活动家

程民治 王向贤



曾在古代创造过灿烂科学技术文化的印度自19世纪中叶之后开始复苏,先是在数学和化学领域中崭露头角,涌现出一些具有现代意义的著名学者;后来又又在物理学上捷报频传,脱颖而出—批具有国际影响的物理学家,米格纳德·萨哈(Meghnad Saha)就是其中的杰出代表。

贫寒神童的成才之路

萨哈于1893年10月6日出生于英属印度孟加拉省达卡近郊的一座小村庄,父亲是小商贩,母亲是家庭主妇,萨哈手足8人,他排行第五。养活如此之多的儿女,父母的艰辛不言而喻。贫困的家境使萨哈在小学阶段就不得不一边上学、一边在自家的店铺帮忙,其父根本不想让他接受比小学更高的教育。但是由于萨哈从小就才智超群,于是他的老师极力劝说其父送他到中学深造。在大哥的不懈争取下终于得到父亲的应允,萨哈有幸受村医戴斯先生资助,就近进入离他家仅7英里开外的一所不尽人意的乡村中学。萨哈在中学里遇到了最让他满意和尊敬的数学老师,因为正是这位老师使他深深沉迷于数学;但同时也遇到了最令他失望与遗憾的英语老师。对于远亲戴斯先生所给予的巨大帮助,萨哈充满感激之情,以至于终生都难以忘怀。

1905年,年仅12岁的萨哈以全优成绩考入达卡市的一所大学预科学校。进入这所学校不久,他就因积极参加当时孟加拉省反分治运动的示威游行而遭受当局的惩罚,丧失了免缴学费和享受优等生津贴的待遇,学业、生活受到严重威胁的萨哈不得不另谋出路。他几经周折最终进入一所私立教会学校,但所获津贴仍难以维计,只好靠大哥补贴一点坚持学习。4年后(即1909年)萨哈从该校毕业,在当年全孟加拉毕业会考中成绩名列榜首,其中英语、孟加拉语、梵语和数学均得了满分。接着升入达卡学院,两年后转入加尔各答首府学院。萨哈在取得学士学位后,又开始攻读应用数学方面的硕士学位。在整个大学求学期间,完全依靠学生津贴度日的萨哈,生活清贫,甚至曾几次因生活困难而想到辍学报

考财政部的职位,但终被老师、同学诚恳劝阻。无奈之中他选择当家庭教师,萨哈在很长一段时期内每天利用课余时间骑自行车奔波于加尔各答市区各处为富人子弟辅导功课。

决定不再辍学的萨哈,在尽力维持温饱、关心国家时局变化的同时,一直发奋读书。因为刻苦好学,特别是全班唯一的德语课选修者,一位同学开玩笑说:萨哈的Eigenschaften(德文,意指性格)不屈不挠,从此他便在朋友中获得了这个德文绰号Eigenschaft。虽然他当时也是一个关心和渴望祖国独立的热血青年,但他不想在政治上走得太远。之所以做出这样的抉择,首先取决于他科学救国的信念。在他看来,只有科学才是经济进步的原动力;那种离开经济进展的革命,对他来说并没有意义;相反,只有努力从事科学研究,才是自己对自由运动最有力的介入。其次是由于家庭贫困,父母一直希望他能在经济上自立并给家里一些资助,以供养其他兄弟念书。再次,致力于科学研究的志向使这位一度激进的爱国青年最终安于书斋和实验室的生活。

步入印度科学界后一举成名

萨哈取得硕士学位后,正赶上1916年加尔各答大学掀起的波澜壮阔的改革运动:该校副总管、印度数学家穆克伊爵士制定一项计划,旨在把过去那种只负责教学大纲、考试等事务的管理协调型的加尔各答大学,改为集教学与研究于一身的真正意义上的高等学府。计划包括建立一个科学研究院,招聘若干教师进行科学硕士研究生的培养工作。这个创举很快得到该校两位著名律师帕里特和哥什的慷慨资助。由于此项计划急需一批有真才实学的教师,所以首府学院成绩优异的萨哈幸运地被加尔各答大学新成立的理学院直接聘为助教。先是在教学系辅导学生的流体静力学和地理制图学等课程;不久转入物理系教授热力学。此时正值蓬勃兴起的物理学革命席卷全球,经典物理学中的许多概念正处于急

剧变革之中。而在加尔各答首府学院占统治地位的保守派——那些英国教授却无视这些变化，这就为风华正茂而又对新生事物异常敏感的萨哈提供了出人头的极好良机。他凭借念大学时选修过德语的扎实功底，很快从德文文献中了解和熟悉了量子辐射理论和狭义相对论等新知识，并通过撰写文章或翻译有关原始论文，将这些新物理学精髓介绍给印度科学界。尽管萨哈当年只是名不见经传的小青年，居然就在加尔各答最畅销的报纸《活动家报》上向广大读者系统介绍了广义相对论以及爱丁顿对其光线弯曲效应的预言所作的实验论证。此后不久，萨哈又同玻色通力合作，将爱因斯坦的一些原始论文翻译成英文，由加尔各答大学结集出版。

萨哈在如饥似渴自学现代物理科学理论的同时，亦开始了独立研究工作。他题为《论麦克斯韦应力的处女作》，于1917年发表在英国的《哲学杂志》上。该论文对彭加勒的电磁应力解释提出了不同看法，并从狭义相对论观点出发，给出带电运动粒子的李纳-维谢尔势的一种简单表述方式。初出茅庐的萨哈，由于敏锐而准确地捕捉到世界科学的“热门”课题，从而使他于1917~1919的短短3年中，分别在《哲学杂志》《物理学评论》等国际权威性杂志上先后发表近10篇论文，内容牵涉到热力学、电磁学、狭义相对论、量子辐射理论和天体物理学等当时的前沿性领域。此外，萨哈还擅长物理实验，他曾用其潜心设计的简单、精巧装置测量过光压，以检验麦克斯韦的预言。

萨哈在物理学上做出的最卓越贡献，就是提出著名的“热电离理论”。关于它在物理学上的重要地位，1925年度诺贝尔物理学奖得主之一弗兰克是这样评价的：“我们当时还不能预见到这个理论注定要在现代天体物理学中打开全新的一章，它的重要性是怎么估计也不过分的。”曾任美国哈佛大学天文台台长的门泽尔则这样写道：“他对天体物理的早期贡献正是促使我进入此领域的动力，以他的名字命名的著名公式，已成为解开恒星大气之秘的钥匙。”1927年度诺贝尔奖获得者康普顿甚至据此推荐萨哈为荣誉此奖的候选人。虽然最终与诺贝尔奖失之交臂，但他的这项开创性成果，的确是天体物理学领域早期的杰出贡献之一。

萨哈作为一个破解恒星大气之秘的先驱者，锋芒毕露、身手不凡，在印度科学界引起了强烈反响。

加尔各答大学不仅因此授予他博士学位，而且提供两项研究资助，使他得以踏上欧洲游学之途。1919年9月，他先到英国皇家理工学院，师从天体物理学家富勒教授，从事光谱学和天体物理学方面的理论和实验研究。在伦敦的5个多月里，萨哈曾去剑桥短暂访问，见到了仰慕已久的汤姆孙。此时的萨哈一边修改过去完成的几篇论文初稿，一边竭尽全力为自己的热电离理论寻找实验证据。后来经富勒推荐转到德国能斯脱的实验室。能斯脱爽快接受了来自南亚的萨哈，并为他提供了良好的工作条件。萨哈在欧洲为期两年的研究和进修活动中为他的热电离理论找到了一些有利证据，这个问题还将在下文进一步论述。

当时年仅26岁的萨哈是如何开创“热电离理论”研究的？又为什么称它是解开“恒星大气之秘的钥匙”呢？

自从19世纪中叶光谱分析被应用于恒星的研究之后，随着天文光谱资料的日趋丰富，一些怪异天文现象引起了科学家的广泛关注。尤其是20世纪初富勒等人在系统拍摄太阳色球光谱时所发现的一种不同寻常的现象，即太阳大气中钙元素的H和K谱线远远高于氢、氦和钠等一些较轻元素同类光谱线。萨哈也由此入手，步入天体物理学理论的殿堂。他首先从量子辐射理论出发，提出了一种选择辐射压的观点，认为光压对不同元素存在不同方式的压力作用，特别是对钙元素的压力之强远远超过了其他元素，这就导致了其谱线发生了异常。拟就对这一问题的讨论，萨哈分别撰写了两篇论文，第一篇发表在《天体物理杂志》上；然而经过推广和精确化之后的水平更高的第二篇论文，在寄给该杂志社之后，由于工作人员的疏忽大意，竟在抽屉里被遗忘了18年之久。无奈之中，他只得将其中一小部分摘要刊登在本地的一家小杂志上，所以并未引起国际物理学界的关注。但是这项研究工作却使萨哈开始探讨热电离理论。针对爱丁顿构建的恒星内部理论所做出的一项定性假设：恒星内部的高温将使原子丢掉其大部分电子。即使后来有些科学工作者（如德国物理学家科尔舒特等）曾试图给出一种定量解释，但均以失败告终。惟有萨哈取得了突破性进展。他利用热力学中的相平衡理论，很快就得到了一个公式，他在公式中利用气体温度和压力来表征极热气体的电离度。萨哈公式为 $\alpha^2/(1-\alpha^2) = [2.4 \times$
现代物理知识

$10^{-4}/p] T^{2.5} e^{W_i/KT}$, 电离系数 $\alpha =$ 离子密度/气体原子密度, T 为气体的热力学温度(K), W_i 为原子的电离能(eV), p 为气压, K 为玻耳兹曼常数; 公式说明气体的电离度与其温度、压强有关。因为处于热平衡状态的气体, 其原子或分子的运动遵循麦克斯韦速度分布律, 大部分都处于最概然速度附近, 其值与气体温度的平方根成正比。爱丁顿假设被赋予具体的量化形式。鉴于室温下气体原子或分子的动能低, 很难发生碰撞电离, 若将气体加热到高温, 如将铯蒸汽加热到 10000K, 则约 2000 次碰撞中就能产生一次碰撞电离。这种因高温气体原子、分子的热运动而引起的电离称为热电离, 故萨哈公式又称热电离公式。作为实例, 他用此公式解释太阳或恒星的大气性质, 很容易地阐述了外层弧光的消失和闪光的增强乃是压力降低所致。

特别值得一提的是, 利用萨哈公式还能成功解释另一个长期悬而未决的问题——导致太阳光谱中总缺少铷、铯这两种元素特征谱线的原因。在萨哈看来, 这是因为电离度随温度的升高而增加、随压力的增高而减小。在同等条件下, 对低电离势的元素而言, 其电离度亦必须低下。由此即可根据电离势的大小预言热动平衡条件下元素的分布区域。萨哈的这项卓越成果, 以《论太阳色球中的电离》为题, 于 1919 年他赴英国访学之前就已经定稿并寄给《哲学杂志》社, 并于次年刊出。尽管后来有人质疑萨哈的这篇不朽之作写于何处, 但事实雄辩地表明这篇原创性论文是在印度本土完成的。

萨哈赴英国和德国的实验室工作, 正是希望进一步在实验上确证自己的理论。如在富勒实验室工作期间, 萨哈曾利用自己的理论深入分析太阳元素, 并预言通常太阳光谱中缺少的铷、铯两种元素的谱线将可以在太阳黑子的较冷气体中找到。数月后便被美国威尔逊山天文台的罗素部分证实——罗素在太阳黑子光谱中发现了铷的共振谱线。福勒和米尔恩利用萨哈的理论定量处理恒星温度和压强问题的方法也非常令人满意, 他们首次为哈佛巨星光谱型建立一种理论温标, 这是天体物理学的一个真正的里程碑。萨哈在德国访学的又一重大收获, 就是参加每周定期在柏林大学物理研究所举行的讨论会。他在这里有幸见到了普朗克、爱因斯坦和冯·劳厄等许多国际物理学大师, 与他们的交流讨论大大开阔了萨哈的视野, 使他基本完成了为自己的热电离理

论寻找证据的研究工作。此外, 自热电离理论于 1920 年问世以来, 萨哈还与富勒合作, 试图寻找计算总星系之熵的新方法, 将他的热电离理论建立在一个稳固的基础上。其中最重要的一个公式就是上文提及的“萨哈公式”, 美国天体物理学家门泽尔于 1933 年运用统计物理的方法又对它作了系统推导, 至今它仍是天体物理学研究中的一个重要公式。以上足以确证萨哈的“热电离理论”奠基性工作是在印度国内完成的, 因此他是地道印度本土成长起来的杰出科学家。

1921 年底从欧洲载誉而归的萨哈回到加尔各答大学, 被聘为凯拉物理学教授。1 年后转入新建的阿拉阿巴德大学, 成为该校唯一的物理学教授。在该校长达 16 年的教学与科研生涯中, 他以自己的学识和心血, 培养一批又一批的青年学子, 其中有的后来成为著名科学家(如德里大学教授、国防部技术顾问科萨里); 有的后来成为政府部长、大法官和企业家等。他全力以赴投入科学研究工作, 萨哈受弗兰克分子吸收光谱研究的启发, 曾带领助手和学生研究光化学作用, 获得了一些结果和新想法。20 世纪 30 年代中期, 在他的影响和领导下, 该校还形成了“电离层研究学派”, 曾较为系统和深入地研究大气电离层或臭氧层。1938 年萨哈重返加尔各答大学任教时, 又将这一课题带来, 继续探索了与他的热电离理论相关的两个问题: 垂直无线电波通过电离层的传播、电离层中各分层的不同成因。萨哈据此获得的一些新成果, 后被美国科罗拉多大学的研究小组在 80 千米高度所拍摄的太阳光谱所证实, 由此进一步证实了萨哈公式的正确性。

倡导东西方文化合流的科学风范

萨哈不仅是卓越的现代物理学家、精于治学的物理学教授, 而且还是博览各种印度古籍、具有强烈民族情感的爱国主义者。但他却极力反对那种倒退式的复古主义, 特别是义无反顾地顶住了来自各方面的巨大压力, 对那些诸如“返回村社”“尊崇卡塔”等复古言行, 身体力行地对此激烈批评。声称: “科学技术是自由的同盟者, 而不像提倡复古主义者所指责的那样, 是自由的敌人。”萨哈一贯主张的是: 应该正确摆正民族传统文化与现代科学的关系, 倡导东西方文化的合流。

1925 年他被选为印度科学会议数理分会主席时, 就严厉斥责了贬低甚至无视印度本土文化的观

点。他在就职演说中一针见血地指出：“有一种普遍的想法，即认为那些我们今天正在教授给学生的创造性工作从未在这个国家中出现过，是完全从欧洲输入的。这仅仅是半个真理，否则，我们决不会有富有成果的医学、天文学和数学。”接着还有力抨击了排斥西方先进的科学文化和盲目自信的观点。他引述自己一位老师的话、毫不留情地说：“我已从贤哲们的嘴里听到了许多，我也在典籍中看到了许多，但我决不会轻信任何未经我验证的东西。”然后总结性评述：“很不幸地，在印度，这个真知灼见被愚昧蒙蔽了，人们只把古代经典奉为最高的学术。……但最近的一些例证表明：印度人的大脑在创造性科学工作上是有潜力的。”

20 世纪初期，日益觉醒的印度人民在尊重和弘扬本土传统文化的同时，开始注重和加强将欧洲的科学精神引入国内，决心以先进的现代科学技术手段促进印度经济的振兴。其中一个最显著的标志之一，就是在 1907 年、1909 年和 1914 年分别成立了数学学会、科学促进会和科学会议以后，至 1930 年之前共相继设立各类学术团体约 30 个。萨哈无疑是一位推进科学建制活动的积极倡导者和领导者。他除了担任如上所述的印度科学会议数理分会的主席之外，1932 年 3 月由他一手创办和担任院长之职的北方邦科学院正式落成并开始活动。他还创办了一份刊物《科学与文化》，并亲自撰写了几十篇文章，有力批判了与科学精神不相符的狭隘民族主义情绪，倡导科学精神要与印度传统文化相融合，强调科学文化必须服务于印度经济的发展。1935 年在萨哈的提议下，以印度已有的几个“科学院”（包括拉曼等所领导的）为基础，成立了全国性的“印度科学研究院”（NISI）。萨哈原先任副院长，1937~1939 成为第二任院长。萨哈还是印度最早倡议国家规范河流整治的著名科学家之一。他关于河流系统的治理和利用等方面的研究，使他成为独立后印度政府整治河流问题的高级顾问。

1938 年，重返加尔各答大学执掌帕里特物理学教席的萨哈，被新兴的核物理学所吸引。因为他深深地懂得，这是一个与国家经济命脉与安全保障都有至关重要意义的领域。为此，他于 1944 年创办了加尔各答大学核物理研究所，并亲自担任所长。

1949 年任印度原子能委员会委员，亲临第一线的研究工作。萨哈曾用“威尔逊云雾室”测量中微子寿命，寻找不稳定核的 β 射线放射能量释放表达式等理论探索，均取得了良好结果，并在此领域发表了数十篇论文。萨哈倡导东西方文化的融合，其根本目的是推动印度科学的发展，籍以实现本国经济的突飞猛进。他宣称：“如果我们想成功地与困扰着我国 90% 人民的贫穷做斗争，建立富裕和进步生活的基础，我们就必须最大限度地利用自然界给予我们的知识。”

一生致力于科学研究的萨哈，不仅为印度现代物理学发展做出了杰出贡献，也令当时强烈歧视印度的宗主国——英国刮目相看；而且在他的祖国独立后，为了使印度科学、教育和国防工业等方面迅速崛起，他在后半生又努力担负起科学家的社会责任，为祖国的振兴立下了汗马功劳。他一生共发表学术论文 100 余篇、学术专著 4 部，涉及科学与文化、教育、计划、河谷整治、原子能的利用等其他方面发表的文章也超过 100 余篇，可谓硕果累累、功勋卓著，赢得了世人的普遍尊敬、钦佩和景仰。1953 年 9~10 月正值萨哈 60 岁寿辰，除了国内各界人士专门为他成立了一个庆祝委员会以外，来自世界各地的贺信犹如雪片一样飞向加尔各答。发信者中不乏许多国际顶尖的物理学大师，如玻尔、海森堡、玻恩、哈恩、费米、劳伦斯、奥本海默、康普顿兄弟和约里奥·居里等人。不仅如此，1958 年印度科学院（INSA）还决定设立萨哈科学奖，这是 INSA 创建以来首次以人名命名的奖项。

1956 年 2 月，萨哈到新德里与政府部门商讨发展本国核科学的一些计划，因劳累过度而突发重病，几天之后不幸与世长辞，年仅 63 岁。对于这位成长于印度本土的物理学大师和科学活动家的生平业绩，英国著名科学史家李约瑟曾作了恰如其分的概括。当年他在致萨哈 60 岁寿辰庆典活动的贺信中指出：“作为印度最杰出的科学家之一，萨哈教授的智慧之光远远超出自然科学本身，他毅然承担起科学家的社会责任，就像今天印度民族在国际上所起的作用一样，他在印度社会中发挥了卓越的作用。”

（安徽巢湖学院物理系 238000）