

·基金纵横·

追踪 G 的一群年轻人

——记华中科技大学引力实验与理论创新研究群体

张婷姣* 蒲 钊†

(* 华中科技大学科技处, 武汉 430074; † 国家自然科学基金委员会数理科学部, 北京 100085)

人类对天文现象的认识曾经历过漫长的道路,从托勒密的“地球中心说”到哥白尼的“日心地说”,从开普勒的行星运动三定律到牛顿的万有引力定律,从牛顿的绝对时空观到爱因斯坦的相对论时空观,人类对宇宙的探索不断深入,对时空的认识几经更新。然而一些最基本的问题尚未得到令人满意的答案:如万有引力常数 G 的精确值究竟是多大?它是一个常数,还是会随时间和地点而变化?牛顿反平方定律严格成立吗?引力质量与惯性质量等效吗?光子的静止质量严格为零吗?这一个个问号深深地吸引了一群受好奇心驱动、乐于探索的年轻人——他们就是以长江学者罗俊教授为带头人的华中科技大学引力实验与理论研究群体。近 20 年来,他们埋头于喻家山下山洞内的引力实验室,远离尘嚣、潜心钻研,取得了一项项引人注目的成果。

1 穷追不舍探奥秘

万有引力常数 G 是人类最早认识和测量的最基本的物理学常数,但其精度却是目前物理学常数中最低的。作为一个难点, G 的精确测量为各国科学家所关注。近三十年来,很多实验者公布了 10^{-4} 数量级相对精度的实验结果,但这些实验结果之间的吻合度仅达到 10^{-3} 数量级。那么, G 的绝对数值究竟是多大?

为了回答这个问题,华中科技大学引力实验中心选择了 G 的精确测量这一基础研究课题。1985 年陈应天教授提出了机械共振法测量万有引力常数 G 研究课题并得到自然科学基金 9.7 万元的准重点项目资助。深入研究发现,共振法在放大引力信号的同时也放大了背景噪声,因而实验精度仅达到 1×10^{-3} 。经过反复实验,罗俊教授提出了电磁引力静平衡法测量 G ,并先后得到 1993 年自然科学

基金面上项目和 1994 年首届国家杰出青年科学基金的资助。然而,大家发现 G 的绝对测量异常困难,在过去的两个世纪内其测量精度仅提高了一个数量级。为了攻克这一难题,他们集中所有力量,提出一个又一个方案,研制了一台又一台的仪器,也经历了一次又一次的失败。他们没有退却,没有放弃,而是卯足劲、齐心协力地探索万有引力之谜。一份耕耘,一份收获,他们的汗水没有白流,他们的努力赢得了累累硕果。

历时 13 年的艰辛努力,1998 年他们终于取得了 1×10^{-4} 相对精度的实验结果。当年 8 月,该成果在乌兹别克斯坦举行的第三届国际实验引力物理研讨会上作为大会特邀报告,得到美、俄、意、法等国际同行的广泛称赞,并被大会邀请写成综述论文(Classical Quantum Gravity, 17, 2000:2351)。该测量结果还被国际物理学基本常数委员会推荐的 1998 CODATA 值所录用,标记为 HUST-99。在此基础上,他们又提出了四吸引质量优化配置测 G 值的新方案,向 1×10^{-5} 相对精度的国际领先水平挑战,并于 1998 年得到国家自然科学基金重点项目的支持。

在引力测量过程中,他们攻克了一个又一个难题。在静电平衡法的关键环节安培环的加工精度国内无法保证的情况下,罗俊教授及时探索技术新途径——采用扭秤周期法,实现了历史性转折。胡忠坤博士在国际上首次提出了基于互补性原理的单参量周期拟合方法,采用该方法可使扭秤周期拟合的相对精度提高两个数量级,他还系统研究了精密扭秤的物理特性和扭秤实验的各种系统误差来源,并首次注意到扭丝的热弹性对测 G 的重要影响。范淑华教授在国际上首次提出并成功实现将折叠摆用于实验背景地倾斜固体潮的测量,折叠摆倾斜仪已于 2000 年获得国家发明专利。吴书朝博士研制出

本文于 2002 年 1 月 18 日收到。

分辨本领达到 0.0001°C 的温度监测系统,从而解决了实验环境背景温度场监测的难题。周泽兵博士实施了基于准静止参照系主动阻尼的新隔振方法,解决了实验背景振动的隔离问题。

在引力实验中心,除了G的精确测量外,还取得了一些国际同行认可的其他研究成果。罗俊教授于1990年赴俄罗斯参加了由莫斯科大学组织的有11个国家的代表参加的日全食联合考察团,利用自制的高精密扭摆观测了发生在俄罗斯境内的日全食,其结果在高一个数量级的精度水平上否定了美国哈佛大学Saxl教授的结论,并与其他小组的观测结果完全吻合。此外,他们还研究了带电扭摆的特性,研究结果表明Saxl观测到的现象并非新的物理效应,而是一种电容作用力。相关研究成果发表在《Phys. Rev. D》等国际权威期刊上,从而解开了使实验物理学家长期感到困惑的所谓的“引力异常之谜”。关于中微子反常相干散射的理论和实验结果否定了美国马里兰大学Weber教授的理论实验。1994年7月在美国召开的第七届广义相对论格罗斯曼会议上,罗俊教授的报告得到了与会者的一致好评,并应邀到澳大利亚西澳大学作了学术报告,《西澳州报》还对此进行了专访,称之为是对Weber晶体理论的致命一击。罗俊教授和中国科学院张元仲、聂玉昕研究员一道在国际上首次提出检验宏观旋转物体的等效性,并得到国家科技部攀登预研项目的资助。群体成员采用自由落体激光干涉法测量了这一效应,目前已完成的10m自由下落实验结果表明:对宏观旋转物体而言,在 $1-2 \times 10^{-7}$ 的相对精度内,等效原理仍然成立。

正是这一系列国际同行认可的成果使大家认识华中科技大学引力中心,使大家注目罗俊教授领导的这个研究群体,并使我国引力实验研究在国际舞台上逐步占有一席之地。

2 漫漫求索履坎坷

华中科技大学引力实验中心的骄人成就让大家赞不绝口,而它曲折艰辛的发展道路更让人倍加感动。1983年陈应天教授从剑桥大学卡文迪许实验室回国,带回了一套玻璃容器扭秤,想在中国建立一个比卡文迪许实验室环境更好的引力实验室。当时华中工学院求贤若渴的朱九思老院长让学校为陈应天教授在喻家山下的人防工程内开凿改建了一个山洞作为实验室,并组建了有14位研究人员的引力实验中心。但由于受当时大环境的影响,引力研究的

不景气以及研究经费严重不足,研究人员先后离去,最后仅剩罗俊教授一人独守山洞实验室。罗俊教授面对当时的情景内心感到非常痛苦。在研究处于最低迷落寞的时候,是罗俊教授对引力研究不可割舍的情缘支撑他坚持并努力寻求一条发展的途径,他始终怀有坚定的信念:中国需要引力实验研究,引力实验中心必将兴旺起来。也就是在这举步维艰的时候,学校科研处将引力实验中心挂靠在校科研处直接管理,鼎力支持,共度难关。同时,也相继得到了国家自然科学基金委员会、国家教育部、学校以及国内同行们的大力支持,使实验中心一步一步地恢复了生机。这恰似“山重水复疑无路,柳暗花明又一村”,正是这一转折使罗俊教授找回了基础科学研究的春天。

自中心成立以来,国家自然科学基金资助引力实验中心9项研究课题,资助经费累计290万元。尤其是1994年国家杰出青年科学基金和1998年重点项目的较高强度的支持,不仅使群体的研究手段和能力上了一个台阶,而且给这个群体注入无限的激情和旺盛的斗志。正是在国家自然科学基金持续稳定集中方向的支持下,研究群体在国际物理学基本常数委员会推荐的1998 CODATA值中写入了中国人独立测量的G值。

华中科技大学历届领导一直对引力实验中心的发展予以高度重视和支持,为群体的生存发展提供了强有力的保障。在研究处于最困难的时期,是学校保全和扶持引力实验中心,并积极创造条件使中心的发展上了快车道。校领导和科研处的负责同志与引力中心的研究人员共同度过最艰苦的时期。在关注学科发展的同时,积极改善引力中心的工作条件。起初,引力中心的十个成员在山洞实验室和一间不足12平方米的平房里开展研究工作。1996年修建了800平方米的引力实验楼,大大改善了群体的研究工作环境。2001年拨款扩建3000平方米的引力实验办公楼,进一步为群体的研究工作、国内外学术交流及合作提供更好的支撑条件,也为群体的发展壮大创造良好的研究氛围。

这些年来教育部、科技部、湖北省以及中国科学院等有关部门也极为关注和关心华中科技大学引力实验中心的发展,并通过各种渠道予以支持。

3 志同道合齐努力

1993年孤军奋战的罗俊教授首次招收了3名硕士研究生,从此引力中心开始吸引了一批又一批

的新生力量。这些朝气蓬勃、才思敏捷的年轻人在引力实验中心严谨的学风、浓厚的学术气氛和务实奉献精神熏陶下迅速成长。自1993年以来,中心共培养硕士研究生30人、博士研究生6人,其中有四人毕业后留中心工作,成为研究群体的学术骨干。罗俊教授获得首届国家杰出青年科学基金的资助进一步加速了研究群体的形成。群体严谨的学风和务实的精神吸引了众多的同行,物理系的刘中柱教授于1996年加盟群体,国家地震局武汉地震研究所的蒋骏研究员于2000年加入群体,甚至有海外的年轻学者也愿意加入。

在山洞实验室条件艰苦,待遇较低,工作强度又大的情况下,引力实验中心却能留住这些年轻人,形成这样一个稳定的研究队伍,这不能不让人深思。对未知事物的好奇心和对基础研究的责任感是群体的灵魂,这正是引力中心群体成员的动力和凝聚力所在。实验中心每周例行一次学术讨论,会上大家畅所欲言,针对各种假设、各种不起眼的疑点,大家会提出一连串的“为什么?”。正是这种刨根究底的讨论解决了一系列问题。对基本假设的质疑和对新事物的痴迷是群体能在引力这纯基础研究扎根的关键。“引力实验中心是一个能干事的地方!”,这是每个群体成员的切身体会,也是同行对引力实验中心的评价。随着课题量的增加、研究队伍的壮大,群体成员个个干劲十足。这里的师生们没有固定的休息日,节假日和下班后仍在做实验、伏案研究已是平常的事,甚至在万家团圆的春节,实验室也常有师生们忙碌的身影。正是这种严谨务实奉献的精神凝聚了这群年轻人,使他们无论走到哪里都能感到这一强大“引力场”的吸引。1999年周泽兵博士应邀在澳大利亚进行学术访问,半年期满后,对方希望他能再延长半年,但优厚的待遇没能挽留他,对群体课题的责任心使他按时回国。2001年胡忠坤博士毕业后有一个去美国做博士后的机会,对方要求工作至少三年,但作为任务重、时间紧以及国际竞争激烈的测G重点项目主要承担者之一,他毅然放弃了这次难得的深造机会。

强烈的民族自尊心是群体埋头基础研究的精神支柱。1994年7月罗俊教授在美国召开的第七届广义相对论罗格斯曼国际会议上否定了马里兰大学著名的Weber教授关于中微子反常相干散射的实验结果,得到国际同行广泛的认同和赞许,但傲慢的Weber教授对引力实验中心的实验结果提出了各种质疑,不相信年轻的中国学者能在中国国内做出如

此高精度的实验。强烈的民族自尊心极大地刺激了罗俊教授,他发誓要在国内建立国际知名的引力实验研究基地。“要有科学精神,但也要有民族精神!”这是罗俊教授经常在学术讨论会上强调的,也是群体成员的精神支柱和行为准则。

4 而今迈步从头越

华中科技大学引力实验与理论研究群体经过十几年的奋斗,已经走出低谷和困境,步入良性发展的轨道,并取得了令人惊叹的成就。然而,面对成绩和荣誉,他们没有自我陶醉,没有停步。他们在学术带头人罗俊的带领下确定了下阶段的奋斗目标。今后五年内,要进一步建设和形成具有学科优势,以中青年为主体,联合国内引力实验与理论的研究力量,把引力实验中心建成具有国际一流水平的引力实验与理论研究的中心与基地,在研究能力方面能提出并承担重大基础研究项目,为我国科学和社会发展服务;在实验能力方面拥有一系列高精度精密测量仪器与手段,能迅速组织与实施重大科研项目。同时,还要把引力实验中心建成我国引力实验与理论研究领域的人才培养基地,培养和储备后备研究队伍。

研究群体未来将围绕下面四个主要研究方向细致地开展具有探索性的研究工作:

(1)万有引力常数G的测量。目前国际基本物理学基本常数委员会推荐的1998—CODATA值中G值的精度为 1.5×10^{-3} 。群体希望在前期工作的基础上将实验精度提高到 1×10^{-5} 左右,从而确保我国在这一领域达到国际领先水平。

(2)等效原理的实验检验

在前期检验宏观旋转物体等效性的基础上,将实验精度提高两至三个数量级。

(3)光子静止质量上限的测量

根据狭义相对论的基本假设,光在真空中以恒定速度C传播,因而光子静止质量 m_r 为零。现有的实验和天文观测并不排除光子具有一个极小的静止质量,一些零实验给出了 m_r 的上限。群体拟采用扭秤调制方法,希望将目前 m_r 的上限提高两个多数量级。

(4)牛顿反平方定律的实验检验

目前反平方定律的检验精度仅为 10^{-4} ,且作用距离在亚毫米量级和更小尺度范围内的实验结果几乎没有。群体拟利用精密扭秤和加速度计在亚毫米量级上检验反平方定律,力争填补这一领域的空白。

(下转121页)

实施国家“211工程”建设项目起到了重要作用,对内蒙古农业大学的博士授权点的获取和发展起到了积极的作用。

近10年来,内蒙古大学除了组织好自治区内的各类活动外,还积极组织本地区受资助单位的管理人员,参加国家自然科学基金华北片工作会议,通过参加华北片会议,内蒙古地区的管理人员向北京、天津、河北、山西等地区的管理人员,学习到了许多先进的管理经验。大家普遍感到通过经常沟通信息、交流经验、理论研讨和管理知识培训得益匪浅,使近年来内蒙古地区承担的科学基金项目完成质量和管理工作水平有了明显提高,如在国家自然科学基金委员会综合计划局1999年编辑的《国家自然科学基金委员会地区科学基金十周年成果选编》一书中所收录的120项优秀成果中,内蒙古地区就有28项,占总数23.33%。为提高科学基金管理人员的工作水平,丰富科学基金管理工作者的学习借鉴资料,内蒙古大学科技处于1995年编辑出版了地区联络网的第1部基金管理研究论文集——《自然科学基金管理研究》,受到同行们的好评。

13年来,内蒙古大学作为组长单位,团结、协调本地区的成员单位和邀请单位,为使本地区的科技工作者能够更多地承担国家自然科学基金资助项目并保质保量地完成,在努力做好宣传科学基金制和国家自然科学基金委员会的各项方针、政策和办法,及时、准确传达有关信息,为本地区科技人员申请科

学基金项目提供高质量咨询服务的同时,督促各受资助单位按时按要求报送各种报表和完成基金委临时交办的工作,并积极组织科学基金管理人员进行经验交流、理论研讨和业务培训以及按时报送地区联络网工作计划、工作总结和财务决算表等方面做了一些工作,起到了承上启下的桥梁和纽带作用。

回顾这些年的工作,我们深深地体会到要做好地区联络网的工作,一是离不开国家自然科学基金委员会的正确领导和经费支持,二是离不开本地区受资助单位和申请单位的积极参与和团结互助,三是离不开挂靠单位领导的具体指导和大力支持,四是离不开承担具体工作的同志们无私奉献和辛勤工作,这四者是密不可分和缺一不可的。

今后,内蒙古地区联络网的工作要以陈佳洱主任所指出的“要从发展我国基础研究的战略高度出发,支持基金管理人员的工作,使他们成为基金项目的管理者,国家科研投资的监督者,基金法规的维护者,完善和发展科学基金制的推动者”^[1]为目标,要与本地区的兄弟高校和科研院所携手并肩,密切合作,共同来做好地区联络网工作,共同推动本地区基础研究工作持续、稳定和健康的发展,争取为完善与发展具有中国特色的科学基金制做出更大的贡献。

参 考 文 献

- [1] 陈佳洱.实践“三个代表”重要思想,大力推动科技源头创新——在国家自然科学基金管理工作会议上的讲话.2001年12月25日.

GIVING FULL PLAY TO THE FUNCTION OF THE LIAISON NET AMPLY AND SERVING THE RESEARCHERS OF SCIENCE FOUNDATION EFFECTIVELY

Li Qihong Zhou Linping Wang Zhang

(Science and Technology Department of Inner Mongolia University, Hohhot 010021)

(上接 114 页)

A GROUP OF YOUTHS STUDYING ON THE NEWTONIAN GRAVITATIONAL CONSTANT G ——INTRODUCTION TO THE INNOVATED RESEARCH GROUP OF THE GRAVITATIONAL EXPERIMENTS AND THEORIES IN HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Zhang Tingjiao* Pu Men†

(* Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074;

†Department of Mathematics and Physics, NSFC, Beijing 100085)