

“拉索”如何接收“宇宙来信”

□ 曹 臻



曹臻，中国科学院院士，中国科学院高能物理研究所研究员，国家重大科技基础设施高海拔宇宙线观测站“拉索”首席科学家。自1994年起活跃于国内外宇宙线和伽马天文领域，参与多个国际宇宙线实验，提出并领导设计、建成了伽马射线探测装置——高海拔宇宙线观测站（LHAASO）。带领团队围绕宇宙线起源问题取得了一系列重大突破性成果，使得中国宇宙线研究实现了跨越式发展，达到国际领先水平。

“拉索”是藏语“好”的意思，它是观测宇宙线的大科学装置，建在青藏高原最大古冰体遗迹海子山上，这里海拔高达4410米。2022年10月9日是“拉索”的幸运日，它观测到了宇宙中最绚烂的“烟花”。那是一颗比太阳重20多倍的“超级太阳”在死亡瞬间坍塌引发的巨大爆炸火球，释放出持续几百秒的伽马射线暴。如此亮的伽马射线暴扫过地球的概率是几千年一次，而它却恰好被“拉索”捕捉到了。这些伽马射线被称为“宇宙来信”，科学家能从这封信里读出宇宙的奥秘。

好运爆棚的“拉索”

伽马射线暴是什么？其中一个最基本的过程，就是如果有一颗质量很大的恒星，它的“燃料”烧光之后，不能产生足够的辐射压强，那么它就扛不住这么巨大的一个质量形成的引力的效应。当引力的效应超过了它辐射出来的辐射压的抵抗力，这颗新星就开始往下坍缩，过程会越来越剧烈，剧烈到一定程度就是一次爆炸，这种爆炸通常称为超新星爆炸。爆炸过程中就会喷出一个大火球来，形成一个伽马射线暴。这是人类历史上看到的最高能量的一次爆炸，比通常情况下大家观测到的伽马射线暴能量要高出1万倍，大大地超出了人们的预料。

因为是首次测量到爆炸的瞬间，结果发现一个从未见过的现象，伽马射线暴的数量随着时间的增长，瞬间就增长到一个很高的水平，然后开始慢慢衰减。在衰减过程中，由于“拉索”测量到了非常多的光子，测量得非常完整和精细。其中发现它衰减到500秒钟左右后，衰减速度突然变快，明显有一个转折。经过对1万多个伽马射线暴研究之后，我们对这种现象充满期待，要是能够测量到在衰减过程中出现这样一个快速衰减，那就说明这个伽马射线暴实际上是一束光，而不是一个大火球。光束的大小

通过时间就能够推算出来。这是“拉索”首次在这么高的能量上测量到这样一个光束的宽度，大概是0.6度，就和一根针似的。这么细的一束光怎么会正好就照在“拉索”这个探测器上？这次伽马射线暴在宇宙里穿行了20多亿年，终于在2022年10月9日那天照到地球上。虽然很多探测器都看见它了，但对于“拉索”来说是很重要的，因为“拉索”可不是从任何方向都能去看的，它是放在地面上跟着地球转，如果正好转的时候还没转到，射线已经打到地上了，那就看不到了，或者地球转得太快，转过了，它也看不到了，所以“拉索”运气真好。

关于这个现象的研究，已经有60多年的历史，现在人类一共记录了1万多个伽马射线暴，而这一次“拉索”极其幸运地捕捉到了这次爆炸，它刚刚好发生在“拉索”视场的正中央，这个伽马射线暴是我们人类对天空里边出现的最为剧烈的爆炸行为、爆炸过程、爆炸事件的一个记录。

“伤人”的宇宙线

这次伽马射线暴，让“拉索”捕捉到了6万多个高能伽马光子，全世界天文学界都沸腾了，这些来自宇宙空间的高能粒子，是人类目前从宇宙深处获得的唯一物质样本，被称为传递宇宙大事件的“信使”，通过它们可以来探索过去宇宙的样子，这相当于“考古”的古”。

宇宙线也称为宇宙射线，是来自外太空的带电高能次原子粒子。宇宙线对人类来说，到底有多重要？虽说看不见摸不着，实际上它一直存在我们周围。之所以感受不到它的影响，有两个原因：一是大气层本身是一个非常好的物质铠甲，宇宙线进入大气之后，立刻就和大气中的原子核发生碰撞，能量低的就被吸收掉，能量高的就被碰撞成多个小碎块，挡来挡去，最后到达地面上的粒子能量就变

得很低，而且数目变得很少；二是地球有一个非常强大的磁场，这使得低能量的宇宙线粒子被磁场分开了，被带到极地去，这个地方宇宙线的密度越来越强，跟大气发生碰撞，产生了极光效应，这就是宇宙线引起的。宇宙线和人类密切相关，最新研究表明，宇宙线很可能还引起了物种的演化，所以我们应该把宇宙线搞清楚。

通过对宇宙线的研究，我们发现了很多新的粒子，这些粒子远远地超过了人类原来的认知，真正打开了科学的边界和疆界，可以看到一个全新的粒子世界。

解开宇宙线加速之谜

基于对宇宙线的研究，一个伟大的发明诞生了，这就是用人工的方法去产生高速带电粒子的装置——加速器。科学家们利用粒子加速器产生的高能粒子轰击各种目标，不仅深化了微观与宇宙的探索，还在工业、农业、医疗领域发挥重要作用。欧洲核子研究中心的“大型强子对撞机”是目前世界上能量最高的加速器，在其27公里周长的环形管道中，可将两个质子分别加速到7万亿电子伏特的极高能量状态，并使之对撞。但是，这么高能量的人造高能粒子束要是和宇宙线比起来，根本不值一提。多年测量显示，宇宙线能量远超人工加速器，能高出千万倍。研究宇宙线能否增进对加速器的理解，乃至创造出同等高能的奇迹？此举或将引领我们迈

入物理认知的新纪元。

“拉索”要怎么来解决这个事呢？一是全天普查。“拉索”是在北半球，每天跟着地球转一圈，就把北半球天空扫一遍，不断地去扫，就会积累下大量的统计量。普查啥呢？寻找高能伽马射线源，即宇宙线起源线索。二是精细测量。研究它到底是由什么东西构成，最简单的一个办法就是测光谱。每一种光谱，实际上对应一种元素的存在，对于宇宙线来说也是一样的，光谱的行为以及它的形状，尤其是高能的行为能够很好地体现出那个地方发生了什么事，就可以去探索它产生伽马射线的机制和原理。

我国自20世纪50年代起观测宇宙线，历经三代观测站，从3200米的云南东川到4300米的西藏羊八井，再到4410米的四川稻城“拉索”站。科学家们在1.36平方公里圆形区域里，布设了一个巨型观测阵列，捕获宇宙深空信息。在高海拔地区布设如此精密的探测设备，困难可想而知，但是恶劣的自然条件并没有让科学家们退缩，从2015年12月获得立项批复，到2021年7月全阵列建设完成，2023年5月通过国家验收，“拉索”的诞生速度创造了世界纪录。如今在伽马射线观测领域，“拉索”是世界上最大的探测装置，灵敏度也达到了国际领先水平。

当初，刚提出建造“拉索”的想法时，一些国外科学家认为根本没有必要，因为按照他们的理论计算和推测，再先进的探测装置，最终可能也是无所获，完全是一种浪费。但是，中国的实验物理学家们不盲从纯粹的理论推导，他们坚持要眼见为实，用事实说话。果然，“拉索”才建设到一半，就看到了人类从未见过的宇宙奇观——最高能量的光子。顺着这些光子，“拉索”还收获了更多令全世界科学家惊叹不已的新发现。作为一个国家的重大科技基础设施，“拉索”这个实验必然会产生非常重要的一些科学成果，从而助力我国真正在科技的自立自强方面，跑出中国的速度。



学习时报与央视中国经济大讲堂合办



更多精彩内容扫码看视频

加强组织领导，推动形成进一步全面深化改革的强大合力

党的领导是进一步全面深化改革、推进中国式现代化的根本保证。全省各级党委（党组）将坚决落实《决定》关于坚持党中央对进一步全面深化改革的集中统一领导的各项要求，严格执行重大事项向党中央请示报告制度，扎实抓好涉及本地区重大改革举措的组织实施，着力构建上下贯通、执行有力的严密组织体系，做到党中央提倡的坚决响应、党中央决定的坚决照办、党中央禁止的坚决不做。强化领导干部领学促学作用，发挥“头雁”效应，原原本本学习领会习近平总书记重要讲话和《决定》精神，精心组织开展宣传宣讲工作，推动全会精神深入人心、指导实践。健全完善改革推进机制，周密开展改革调研，对标《决定》制定我省贯彻举措，系统提出改革任务清单和实施路径，并明确分工、定期调度、跟踪督办、评估问效，形成“一盘棋”推动进一步全面深化改革的工作格局。尊重基层和群众首创精神，在坚持改革原则、守好安全底线的前提下，鼓励支持基层结合实际因地制宜开展创新，形成一批可复制、可推广的标志性成果。以钉钉子精神抓改革落实，保持锐气、增强韧性、提高本领，抓铁有痕、踏石留印，坚决反对形式主义、官僚主义，确保改革取得实效。

比较突出，地区差距、城乡差距、收入差距仍然较大，民生领域还有不少短板弱项。湖南扎实推进改革落实，要走好新时代党的群众路线，大兴调查研究，问需于民、问计于民，坚持人民有所呼、改革有所应，群众关心什么、期盼什么，改革就抓住什么、推进什么。认真践行以人民为中心的发展思想，注重从就业、增收、入学、就医、住房、养老、托幼等群众急难愁盼问题中找准改革的发力点和突破口，汇集民智、凝聚民心，推出一批民生所急、民心所向的改革举措，不断满足全省人民对美好生活的期待，紧紧依靠全省人民把进一步全面深化改革推向前进。

增强底线思维抓改革落实。习近平总书记指出，“国家安全是中国式现代化行稳致远的重要基础”，“要以新安全格局保障新发展格局”。《决定》对推进国家安全和能力现代化作出部署，在健全国家安全体系、完善公共安全治理机制、健全社会治理体系、完善涉外国家安全机制等方面明确了一系列重大改革举措，充分体现了我们党强烈的忧患意识和底线思维。湖南扎实推进改革落实，要把全面深化改革同防范化解重大风险结合起来，全面贯彻总体国家安全观，筑牢防范化解政治安全、经济金融、意识形态、社会治理、生态环保、安全生产等各领域风险隐患的制度体系，通过健全制度、强化执行来防范化解风险、有效应对挑战，实现高质量发展和高水平安全的良性互动。

（上接1版）湖南扎实推进改革落实，要抓住主要矛盾和矛盾的主要方面，紧紧牵住经济体制改革这个“牛鼻子”，把全会重大改革部署要求融入实施“三个高地”建设标志性工程、构建“4×4”现代化产业体系、培育和发展新质生产力、推进长株潭一体化发展等各项工作中，不断激发高质量发展新动能、塑造高质量发展新优势。

增强系统观念抓改革落实。习近平总书记指出，“改革要更加注重系统集成，坚持以全局观念和系统思维谋划推进，加强各项改革举措的协调配套”。《决定》按照统筹推进改革发展稳定、内政外交国防、治党治国治军的总体框架，提出了涉及经济、政治、文化、社会、生态文明和党的建设等各领域的重要改革举措，体现了对进一步全面深化改革的整体谋划和系统布局。湖南扎实推进改革落实，要坚持系统观念，加强统筹谋划，深入研究全省各领域改革的关联性和各项改革举措的耦合性，正确处理好经济和社会、政府和市场、效率和公平、活力和秩序、发展和安全等重大关系，打好改革“组合拳”，推动各领域各方面改革同向发力、形成合力，增强改革的系统性、整体性、协同性。

树立法治思维抓改革落实。习近平总书记指出，“‘改革与法治如鸟之两翼、车之两轮’，要坚持在法治下推进改革，在改革中完善法治”。《决定》对完善中国特色社会主义法治体系进行专章部署，各领域具

体改革任务不少也涉及法律法规的制定、修改、废止、解释、编纂以及相关授权、批准等工作，对法治工作提出了新的更高要求。比如，《决定》提出制定民营经济促进法、金融法、民族团结进步促进法、反跨境腐败法，完善监督法及其实施机制，修改监察法，编纂生态环境法典，等等，释放了沿着法治轨道进一步全面深化改革的鲜明信号。湖南扎实推进改革落实，要把法治思维和法治方式贯穿进一步全面深化改革各方面、全过程，推动改革与法治相互衔接、相得益彰。既要坚持在法治下推进改革，统筹用好立、改、废、释等方式，充分发挥法治对改革的引导、推动、规范、保障作用，做到重大改革于法有据；也要坚持在改革中完善法治，针对法治建设中存在的突出问题，协同推进立法、执法、司法、守法各环节改革，及时把改革成果上升为法律制度，加快建设更高水平的法治湖南。

把牢价值取向抓改革落实。习近平总书记指出，“为了人民而改革，改革才有意义；依靠人民而改革，改革才有动力”。人民群众既是改革的主体，也是改革的受益者，更是改革的原动力。《决定》从人民整体利益、根本利益、长远利益出发，针对收入分配制度、就业优先政策、社会保障体系、医药卫生体制等提出了一系列重大改革举措，充分彰显了改革为了人民、改革依靠人民、改革成果由人民共享的价值取向。湖南现阶段发展不平衡不充分的问题还

自锂离子电池1991年商用以来，能量密度大幅提升，我国技术创新更将其从90Wh/kg推向近300Wh/kg新高。历经30余年发展，2023年中国锂离子电池出货量达887.4GWh，占全球市场的73.8%，极大促进了新能源汽车的繁荣，使中国在汽车制造业中脱颖而出。同期，中国新能源汽车产销量全球占比超60%，动力电池装机量前10中6家为中国企业，彰显了我国电池技术的全球领先地位。

高性能需求催生固态电池的崛起。随着电动汽车、储能、电动航空、智能终端及国家安全等领域的迅猛发展，市场对高能量密度、高安全、长寿命及低成本锂电池的需求愈发迫切。然而，现有锂离子电池受限于易燃的液态电解质，难以满足上述多重性能需求。在这一背景下，固态电池以其固态电解质的独特优势，展现出巨大的市场潜力和技术前景。固态电池不仅有望同时实现高能量密度、高安全、长寿命和低成本，更被全球公认为颠覆现有锂离子电池技术的关键所在。近年来，固态电池的研究热潮席卷学术界与产业界，各国政府亦纷纷加大投入，视其为先进电池技术的未来发展方向，是实现下一代高性能电池的重要途径，有望引领电动汽车、储能等行业的革命性变革，为全球能源结构的优化与可持续发展注入源源不断的动力。

全球固态电池技术路线大比拼。固态电池，凭借其固态电解质替代液态电解质的独特优势，正引领电池技术向更高能量密度与安全性迈进，成为国际电池领域的技术革新前沿。全球范围内，各国竞相研发固态电池，探索不同的技术路线。法国专注于聚合物电解质固态电池，尽管已具备产业化能力，但受限于能量密度无法超越现有水平，商业竞争力略显不足。美国则主攻固态金属锂电池，虽能量密度高，却面临安全性能及循环寿命的挑战，尚处于多路线摸索阶段。日本和韩国则主要投资于硫化物固态电池技术，尤其是丰田与三星在知识产权和技术上占据领先地位，但成本高昂、量产难度大，预计量产时间仍需5年以上。同时，一些国家发展了无机氧化物固态电池，该技术工程化制造困难，尚处于样件制作阶段。

在此背景下，中国则率先实现了氧化物和聚合物复合的固液混合动力电池的量产，即半固态电池。该技术路线能够兼容现有电池生产设备，不仅能推动电池技术的变革，还能快速迭代升级现有动力电池产业体系。此外，我国多个龙头企业 and 研发机构也在积极布局硫化物和聚合物复合全固态电池技术路线，有望在未来继续保持强劲势头和巨大潜力。

中国固态电池的发展历程与突破。中国在固态锂电池领域拥有深厚的研究历史和显著的技术突破。早在1976年便开始探索固态锂电池技术，中国科学院在多个五年计划中将其列为重点课题。1987年启动的“863计划”也将固态锂电池列为重点课题。然而，受限于当时对电池制造的理解，这些研发成果并未形成产业规模。进入21世纪，特别是2013年后，中国固态电池研究迎来新热潮，取得了显著进展，现已跻身全球高性能固态电池领域前沿。2023年，中国实现重大技术飞跃：利用原位固态化技术路线，成功将液态电解质转化为固态电解质，生产出了聚合物和氧化物复合电解质的半固态动力电池。这款电池能量密度高达360Wh/kg，刷新了全球量产动力电池电芯能量密度的纪录。此外，该半固态动力电池已实现GWh级的规模化量产，为电动汽车提供了单次充电续航超1000km的强劲动力，并在无人机、储能电站等领域得到了广泛应用和推广。

固态电池发展面临的双重挑战。固态电池作为前沿电池技术，潜力巨大，但也面临多重挑战。在基础科学层面，固固界面接触和离子传输等难题尚待攻克，这些基础难题制约了固态电池性能的进一步提升。同时，全固态电池的核心材料和工艺装备等技术尚未全面突破，阻碍了其大规模生产和商业化步伐。在产业层面，我国锂离子电池产业面临利润压缩的困境，企业资金与研发投入不足，难以支撑固态电池前瞻技术的研发，这不仅延缓了技术创新，也限制了产业升级。因此，为应对这些挑战，需深化基础科学研究，攻克技术难关，

固态电池研发动态与前瞻

□ 李 泓

并加大产业投入，加速固态电池技术的研发与商业化进程。

我国固态电池产业的未来发展展望。结合当前全球态势和国内研发实际，我国固态电池产业未来发展总体可分为三个阶段。近期，专注于氧化物和聚合物半固态电池，提升能量密度与循环稳定性，拓展其在新能源汽车、储能、智能装备等领域的应用。同时，加速全固态电池研发，以此带动固态电池产业链的战略布局与协同发展。中期，目标是提升原位固态化电池性能，实现从半固态到全固态的技术飞跃。此阶段将推动固态电池的规模化生产和工业化成熟应用，完善产业化布局，研发硫化物、卤素等新型电解质材料，并量产相应器件，力争2027年量产400Wh/kg全固态电池，推动其在汽车整车中应用。远期，则致力于实现500—600Wh/kg高功率、长寿命全固态电池量产。这些电池将广泛应用于新能源汽车、储能、电动航空、船舶等领域，为各行业提供革命性能源方案。

打造固态电池完整生态链。为达成固态电池领域的目标，必须构建一个覆盖原材料、电池材料、工艺、应用，直至测试诊断与回收的完整产业链条。为了加速这一进程并提升全社会的投资效率，应充分利用并优化现有生产设备，重点聚焦于材料和工艺流程的创新，以推动全固态电池技术的突破。此外，紧密结合数字研发、数字制造、数字检测、数字运维等先进手段，致力于实现极致制造、极简制造、极致性能、极低成本以及更大规模的产业目标。由此进一步推动固态电池技术的产业化、规模化和国际化。

在全球竞争加剧下，我国需深化固态电池技术、产业及支撑体系认知，制定明确规划。依托现有产业链优势，强化产学研合作，以应用为导向推动创新。利用全生命周期测试数据为基准，突破全固态电池全产业链技术。通过这一系列举措，构建坚实的技术标准和知识产权体系，巩固我国锂电池全球领先地位，并抢占电动航空、智能终端、新能源存储及国家安全等领域的制高点。

