

## 强子对撞机能否破世纪之谜

沈菡

**Abstract:** 欧洲核子研究中心的大型强子对撞机竣工,这是 2008 年世界科技界的一件大事。因为理论上的突破、建树、延拓,离不开实验实践的步步深入;尤其是一些标志性仪器的创制,对实验探索和理论研究至为关键。凡大型的加速器,往往是粒子物理发展的必要凭借,也是其发展水准的标志之一。

**[沈菡. 强子对撞机能否破世纪之谜. Rep Opinion 2026;18(6):75-77].** ISSN 1553-9873 (print); ISSN 2375-7205 (online). <http://www.sciencepub.net/report>. 03. doi:[10.7537/marsroj180626.03](https://doi.org/10.7537/marsroj180626.03)

**Keywords:** 欧洲核子研究中心; 强子对撞机; 科技; 实验探索; 理论研究; 加速器; 粒子物理

### 【0、引言】

由包括中国在内的 30 多个国家,共同出资 80 亿美元、几千名科技人员,共同建造的大型强子对撞机(LHC)已在 2008 年竣工。这被视为本世纪初,世界最重要科技事件的大科学装置,究竟能撞出什么,对新世纪物理学发展有何影响?曾令全球物理学家翘首以待。

### 【1、里程碑式宏伟工程 LHC】

欧洲核子研究中心的大型强子对撞机竣工,这是 2008 年世界科技界的一件大事。因为理论上的突破、建树、延拓,离不开实验实践的步步深入;尤其是一些标志性仪器的创制,对实验探索和理论研究至为关键。凡大型的加速器,往往是粒子物理发展的必要凭借,也是其发展水准的标志之一。

LHC 当然如此,它预示着:由相对论和量子论之百年辉煌所造就的现代物理学,还会在本世纪迎来其基本理论深层发展的热潮。

LHC 是世界上,迄今最庞大、最高超的加速器。27 千米周长的环形隧道中,安装两个粒子(质子等强子或重离子)束流管道,又配有四个非常精致、灵敏度极高的探测器,中国科学家也参与其研制。

两质子束分别沿两管道反向穿行,加速后对头碰撞;质子-质子相互作用的速率为  $10^9$  个事件/秒,而每个事件又会产生  $10^6$  信息组的数据。筛选、分析如此大量的数据,要求目前已相当发达的电子信息技术“更上一层楼”。再者,那么长的环形管道四周置有能产生甚强磁场的超导电磁铁,须用 1.9K 的液氦(有 70 万升之多)冷却,如此大规模的极低温设施实属罕见。

建造这台“顶级”加速器,不仅是粒子物理高度发展的标志,也称得上是当今高科技、“大科学”的一个里程碑式宏伟工程。

### 【2、窥探大自然奥秘】

众所周知,绝大部分微观粒子是在加速器里发现的。经过加速和碰撞,实现粒子反应,产生新粒子,并探测粒子的性状、结构以及相互作用机制。利用加速器,不仅会发现新粒子,而且可验证,并由此修缮、扩充相关的理论模型。

譬如说,欧洲核子研究中心的超质子同步加速器(SPS)于 1983 年,发现了传递弱相互作用的中间玻色子 W 和 Z<sub>0</sub>,这便证实了弱-电统一理论;美国费米实验室的太电子伏(TeV)质子-反质子对撞机(Tevatron)于 1995 年发现了第六种最重的夸克-顶夸克(t),由以扩充了夸克模型,并确认物质的“基底”粒子层次--夸克-轻子共有三“代”。这两台加速器的能量标度分别高于 W、Z<sub>0</sub> 玻色子和 t 夸克的质量。后来,在 Tevatron 等加速器里,没有产生质量比 t 更大的夸克和其他特异粒子。

LHC 里的质子束,可加速到极其接近于光速、质子的碰撞能量高达 14TeV,此标度比 Tevatron 提高了约 10 倍。其束流达到  $10^{34}$  个质子/厘米<sup>2</sup> 的甚高亮度,质子-质子相互作用的速率为  $10^9$  个事件/秒,而每个事件又会产生  $10^6$  信息组的数据。

筛选、分析如此大量的数据,要求目前已相当发达的电子信息技术“更上一层楼”。再者,27 千米长的环形管道四周置有能产生甚强磁场的超导电磁铁,须用 1.9K(即约为-271℃)的液氦(有 70 万升之多)冷却,如此大规模的极低温设施实属罕见。由此可见,建造这台“顶级”加速器,不单是粒子物理高度发展的标志,也算得当今高科技、“大科学”的一个里程碑式的宏伟工程。

LHC 的期望,主要有如下几项。其一,或许会有质量大于 t 夸克的新夸克产生,那么,已发现的三代夸

克-轻子的“代”数就该突破，抑或有四代或更多代？其二，致使 W、Z<sub>0</sub> 玻色子等粒子获得质量的假设希格斯场的量子——希格斯粒子（2012 年已被发现确认）。其三，所有已发现粒子的超对称对偶粒子隐蔽很深，不仅质量较大，而且有特异的性状和相互作用机制，LHC 能否使其崭露其容、即便只是寻觅到间接地证明其存在的隐约踪影？其四，与以往已实现的粒子碰撞反应相比，LHC 对撞反应所产生的物质气泡，其密度会更大、温度会更高，能量达到  $10^3\text{TeV}$  以上，可能与大爆炸后一瞬间的早期宇宙状态相仿佛。其五，LHC 或许会产生多种新的特异粒子（包括超对称对偶粒子），并披露其特异相互作用机制，则为所谓的暗物质、暗能量乃至真空背景的微观机理提供较为确切的解释。

凡此种种，都联系着大自然的深层奥秘，涉及宏观、微观、宇观各个物质层面；LHC 乃是窥探这大自然奥秘的新窗口。

### 【3、扩展粒子世界疆域】

通过高能粒子反应产生重粒子，其实是量子场论与狭义相对论的质能相当原理相结合的推理结论。基于此，加速器工程的改进和增建，不断地提高其能量标度，则便使有目的地搜索、扩展粒子世界的宽阔疆域成为可能。仅凭这一点，就足以证明，相对论和量子论有无限深厚的物质基础和真理涵容，尚待进一步探索、更充分地展示。

诚然，这两个伟大理论之形式结合的结晶，不限于上述之推理结论，相对论量子力学、量子场论本身、量子统一理论等皆然；的确，现代物理的基本理论研究已趋于深入。然而，所谓“形式结合”者，意指这两个理论的概念基础、基本观念相互抵牾。

就量子统一理论而言，从 1960 年代起，弱-电统一理论和强作用、弱作用、电磁作用的“大统一”理论先后告捷，后者又称为粒子物理标准模型。进而，包括引力在内的四种相互作用的“超统一”理论以“超弦-超膜”理论为首选模型，也受到普遍关注。该理论还被有些人称作“万物论”，因为它将所有已知的实物粒子及其相互作用场都囊括无遗，甚至还导出引力场和黑洞的量子性状。那么，本已容纳狭义相对论一些原理的量子场论与广义相对论亦便结合一体。

所谓“超”者，假设每种粒子都有其超对称对偶粒子；又假设直观的三维空间扩张成非直观的高维超空间，弦和膜即为其中的量子客体。看来 LHC 首先要承担的重任是，搜索超对称对偶粒子、尽可能辨认从高维空间紧缩并呈现为三维空间的“蛛丝马迹”。

LHC 倘若搜索到比 t 夸克更重的新夸克，因“夸克禁闭”之故，谅必以强子喷注的形式显示。物理学家希望有很多未知的强子露面，希望 LHC 展现一个品种增添而繁富得多的“粒子动物园”；最期盼出现的是特异粒子和特异相互作用机制，因为这关系到对宇宙早期的具体面貌以及对宏观尺度的真空背景的物质构成这两方面的细致探讨。

其实，标准模型和弦-膜模型已预言数量可观的未知粒子和未知相互作用（包括非常规的粒子和相互作用）可能出现。所以，无论从基本原理还是具体理论模型，从理论研究结论还是实验探索成果，从微观层面还是宇观和宏观层面来看，粒子世界的疆域必定不断扩展、越来越宽阔。而唯有了解更宽阔的粒子世界，才能充分揭示大自然的深层奥秘。

### 【4、物理学理论发展趋势】

20 世纪初叶起始的现代物理学，以相对论和量子论为理论支柱，成就了无与伦比的辉煌功业；无疑，这辉煌会延续到 21 世纪，现代物理的理论支柱更显稳固。这两个伟大理论依然充满着蓬勃向上的生命活力，表现在两个方面。一是应用：它们对于现代科技的应用非常广泛，新应用的生长点层出不穷，在新生长点上并形成新的学科和科技前沿领域，如量子信息论即是前景看好之一例。

二是理论本身，且就此稍作评述。其一，两理论有深厚的真理涵容，有待进一步挖掘和阐发。例如，20 世纪末叶由天文观测确定宇宙因暗能量驱使而在加速地膨胀，并测出暗物质、暗能量对于物质总量所占的比例数值，这就促使对广义相对论重作考查，深入研究后已得到满意的理论诠释。而 LHC 运转后的新发现，也会促成对粒子物理标准模型中尚存疑难深入探讨后予以适当解释。

其二，两理论体系在继续拓展。例如，已延拓出的相对论宇宙学标准模型、相对论天体物理、黑洞理论、粒子物理标准模型、超统一理论以及与技术应用联系较密切的量子电子论、量子光学等等，都尚待进一步充实、修缮、拓展。其三，两理论的结合体系还会延拓出新的理论领域，例如，量子宇宙学、量子黑洞理论、量子真空理论等。

其四，量子统一理论探索会取得更大进展，此探索或许会成为新世纪（以至更晚）物理学基本理论深层

研究的主流。超弦--超膜理论的缔造者之一威滕说得明白：“弦论是 21 世纪的物理学，它是出于偶然才闯入 20 世纪的”。有人以其无实验验证而质疑之，但是优越的实验条件要待 21 世纪高科技总的水准一再提升以后才可逐步创造。

而 LHC 或许会使近十余年来，粒子实验搜索的（相对）冷落景况有所转机。超弦--超膜理论是粒子物理标准模型的逻辑拓展体系，采用优美的对称性数学表述，属于量子规范场论范畴。它虽然没有化解相对论与量子论的观念抵牾，却从原则上实现了引力场的量子化，并推导得出广义相对论的一些结论。而圈量子引力论是另一种超统一模型，它更推崇广义相对论的基本观念，从时空量子化着手实现引力场量子化，以达成其引力理论与量子场论相结合的结果，并可望部分地解除观念抵牾所造成的统一困难。

不同的超统一模型都旨在使相对论与量子论进一步结合；这是现代物理基本理论研究最重要、也最棘手的课题，此难题从 20 世纪遗留到 21 世纪。解决此难题或许宜以解析真空本质作为切入口。当然，此难题不是短时间所能解决的，因为这归结到对一些最基本概念（诸如时空、量子场等）之认识的革命性转变。然而，本世纪的探索者或许会尽量避开上述观念抵牾的障碍，依然着力于构建一个比现有超统一模型更巧妙、更圆满的高级统一理论体系，把两个理论作为适用于不同场合的特例包容其内；这不失为一种聪明而气度非凡的设想。

### 【5、结束语】

尚须指出一点，LHC 的能量标度与实现大统一、超统一所需的甚高能量尺度相去很远，故而它还只能为弦论等模型提供间接的验证。甚至可能连超对称对偶粒子的隐约踪影也搜索不到，则便至少表明这些粒子具有比理论预言值更高的质量下限，抑或就需修改理论模型；即使如此，也算得是一项进展。可见，困难终究不小。

但爱因斯坦所倡导之统一场论的壮美建树，毕竟是现代物理基本理论之深层研究的最高目标。所幸者，相对论、量子论及其诸多延拓体系，在 21 世纪将会显示愈益强大的应用能力；反过来，或可另辟蹊径，亦即为基本理论本身开发多样化的深入探讨和有效验证的途径和手段。因此，以后可能会掀起大统一、超统一研究的新热潮。

这种研究热潮将会带来基本理论体系的卓越创新和巨大发展，而无数新奇应用更会出乎意料、出神入化。所以说，相对论和量子论还会再创新的百年辉煌，新世纪物理学必定精彩异常、前程似锦。

### References

1. Baidu. <http://www.baidu.com>. 2026.
2. Cancer Biology. <http://www.cancerbio.net>. 2026.
3. Google. <http://www.google.com>. 2026.
4. Journal of American Science. <http://www.jofamericanscience.org>. 2026.
5. Life Science Journal. <http://www.lifesciencesite.com>. 2026.
6. Marsland Press. <http://www.sciencepub.net>. 2026.
7. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. 2026.
8. Nature and Science. <http://www.sciencepub.net/nature>. 2026.
9. Stem Cell. <http://www.sciencepub.net/stem>. 2026.
10. Wikipedia. The free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org>. 2026.
11. ChatGTP. <https://chat.openai.com/auth/login>. 2026.