

ITER：世界上最大的核聚变实验装置

文/Wolfgang Picot

国际热核聚变实验堆（ITER）重达2.3万吨，近30米高，将蔚为大观。这座核聚变反应堆将位于一个占地180公顷的场地中心，配有辅助厂房和设备。ITER在拉丁语中意为“路”，其巨大规模将显著超过目前正在运行的最大实验聚变反应堆——位于英国的欧洲联合环（JET）和位于日本的欧洲-日本联合装置JT-60SA。

但是，ITER的潜力是什么？在一个小型化和最优化的时代，为什么有必要建造一个如此巨大规模的研究装置？

ITER的主要目标之一是证明核聚变反应可以产生比启动反应过程所提供的能量多得多的能量——导致功率整体增加。ITER之类的反应堆被称为托卡马克（tokamaks，见第6页文章），它利用加热系统、强磁体和其他装置的组合，在超高温等离子体中产生释放能量的聚变反应。由此产生的磁场约

束带电粒子并使其围绕环形反应堆容器旋转，以便这些粒子能够聚变并产生聚变能。

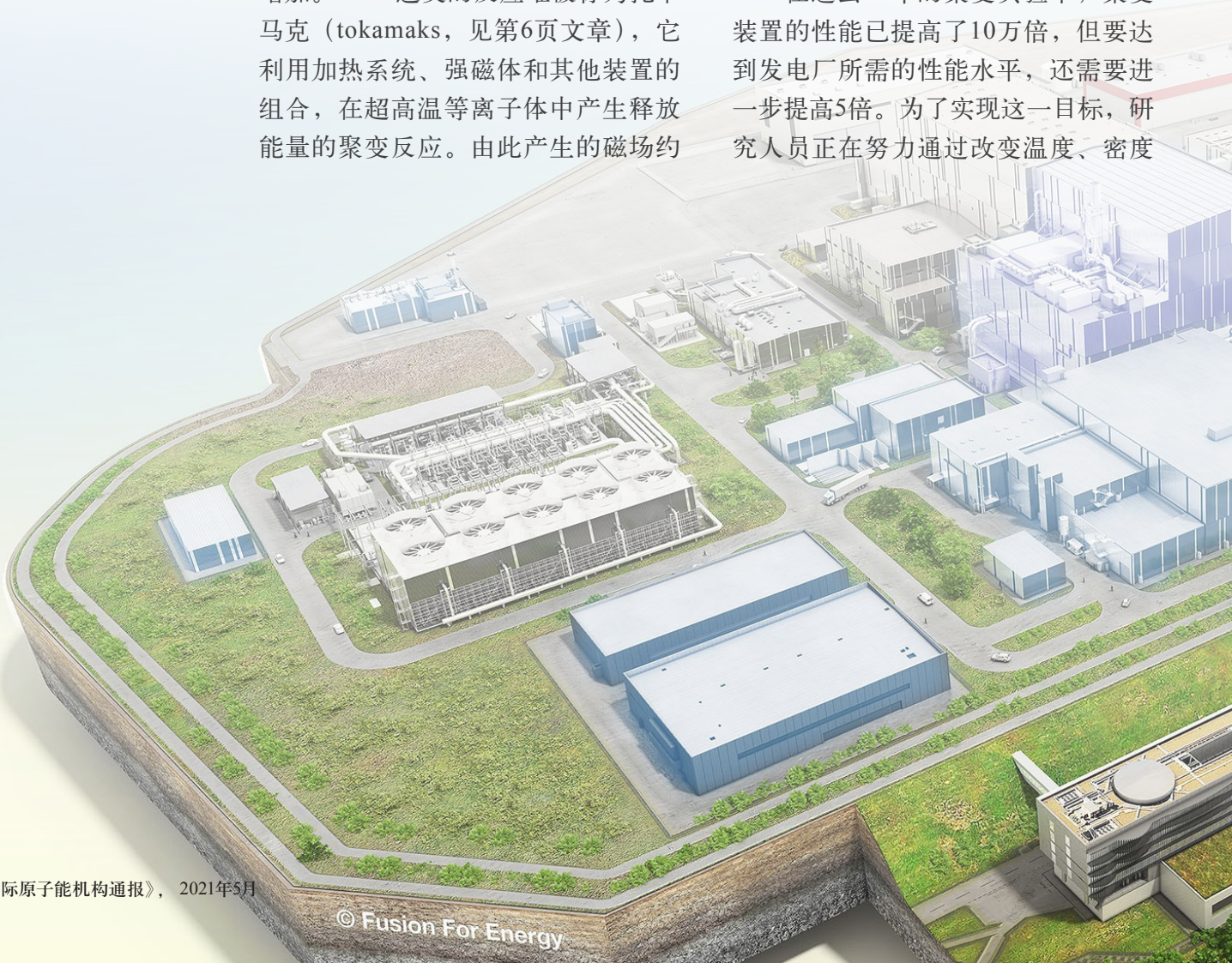
至于尺寸问题，较大的托卡马克能提供更好的绝缘性，并将聚变粒子进行较长时间约束，因此比较小装置产生更多的能量。

反应堆性能的一个重要指标是聚变功率增益，即产生的聚变功率与注入等离子体以驱动反应的功率之比率，用符号“Q”表示。

迄今，JET已从24兆瓦加热功率产生16兆瓦聚变功率，实现的最佳增益Q值为0.67。然而，进行发电，还需要高得多的Q值。

发电的先决条件

在过去50年的聚变实验中，聚变装置的性能已提高了10万倍，但要达到发电厂所需的性能水平，还需要进一步提高5倍。为了实现这一目标，研究人员正在努力通过改变温度、密度



和约束时间来优化等离子体工况（见第8页文章）。

其中一些改进是聚变实验反应堆变得更大的结果。由于ITER的高度和半径是JET的两倍，其等离子体体积将增加10倍。ITER应用新颖设计和创新材料，还将整合一些有史以来最强大的等离子体加热装置。它的目标是，只需向等离子体注入50兆瓦的加热功率，便在每个大约5~10分钟的脉冲中产生500兆瓦的聚变功率，使Q值至少达到10。

虽然ITER的峰值性能将令人注目，但它只会在很短的时间内达到。为了成为稳定的电力来源，未来的核聚变电厂将需要持续运行。Q值为5代表临界阈值，高出这个阈值，等离子体开始自加热，以自行维持核聚变反应。为更好地了解如何实现这种自持反应，ITER的目标是在时间远远长于10分钟，最终产生并保持Q值为5。

全球协作

ITER的35个参与国占世界人口的一半以上，占全球国内生产总值（GDP）的85%。虽然在全球范围内

正在进行许多其他较小规模的聚变实验，但它们中的大多数仍然与ITER组织保持协调、合作或协作。

国际原子能机构和ITER组织从一开始就有着密切的关系，特别是在核聚变研究、知识管理、人力资源发展以及教育活动和外联方面。国际原子能机构还协助ITER组织与国际原子能机构成员国，包括未参与该项目的成员国分享他们在核安全和辐射防护方面的经验。今年，ITER组织将与法国原子能和可替代能源委员会一起，共同主办第二十八届国际原子能机构聚变能会议。

希望ITER将证明聚变发电的科学和技术可行性，并根据其分阶段研究计划，在2025年开始进行首次实验。全功率实验将在2035年开始。如果成功，这些发展将是一个重要的里程碑，并将代表实验研究和第一座核聚变示范电厂（或称DEMO）之间的历史性桥梁（见第12页文章）。设想中的DEMO将实现净电能增益。DEMO型反应堆的多个初步概念已在考虑之中。如果一切按计划进行，它们可能在本世纪中期投入运行。

ITER施工现场。
(图/ITER)

