

国际原子能机构数据库如何助力推进聚变商用研究

文/Aleksandra Peeva

通过商业聚变利用核聚变丰富的能源潜力的前景，需要更好地了解等离子体（过热电离气体）和开发高性能反应堆材料。国际原子能机构数据库通过支持科学家研究等离子体行为并对聚变能研究中所用材料的特性进行建模，正在助力推进研究，以最终实现商业规模的能源生产。

发展聚变能的核心是实现并维持“聚变点火”——即聚变反应由自身产生的能量维持的那个点——所需的极端条件。这要求把实现反应所用的等离子体燃料在一个空间内约束足够长的时间，以形成聚变，并自加热到自持。

点火也要求工程师开发高性能的反应堆壁材料，能够承受以释放的热量和中子形式存在的稳定能量通量。这种能量会加热反应堆壁，而中子轰击会导致材料损坏——破坏反应堆壁材料的完整性，或导致材料溅射返回

等离子体并冷却它。

反应堆的材料还应该尽可能少地吸收氙——聚变燃料的氢同位素之一。吸收的氙燃料是反应的燃料损失。但更重要的是，氙具有放射性，为了尽量减少最终产生的核废物数量和放射毒性，反应堆壁最好不要吸收氙并在这个过程中变得具有放射性。

探索等离子体行为

深入了解等离子体在反应堆中的行为对于增加等离子体被磁力约束的时间是必要的。国际原子能机构数据库载有堆芯等离子体和边缘等离子体中以及为实现点火用来加热等离子体的中性束注入系统中发生的各种过程的信息，还包含为诊断目的和缓解不稳定性而故意注入等离子体的各种杂质性质的数据。

国际原子能机构的ALADDIN数据库是一个可搜索存储库，其中存储了

“只有通过从精确的计算和实验中得到的可靠数据，才能预测候选材料的相关性能。”

——国际原子能机构原子和分子数据科科长Christian Hill

核聚变相关过程的评估碰撞数据。该数据库被研究界用来进行等离子体诊断和了解重要的等离子体参数，例如温度和密度。利用ALADDIN数据库，科学家们可以更好地了解对于可靠的等离子体诊断至关重要的离子碰撞-辐射特性。

聚变材料建模

由于缺乏复制聚变反应堆极端状况的装置，因此为未来聚变电厂制造新材料变得十分复杂。利用计算建模技术、高性能计算平台和分析实验表征工具，专家们可以设计出能在聚变能环境中性能良好的材料。

通过建模，正在发现一些新材料，同时可以预测现有材料的可靠性。这对反应堆的最内壁尤其重要，因为它位于反应堆容器中最接近等离子体的位置，可以保护容器部件免受等离子体引起的损害。

“核聚变反应堆第一壁的极端环境要求谨慎地选择材料，这些材料必须能够承受高温和粒子轰击，而不会被侵蚀、变脆或具有放射性，也不会保留氢燃料。”国际原子能机构原子和分子数据科科长Christian Hill说，“只

有通过从精确的计算和实验中得到的可靠数据，才能预测候选材料的相关性能。”

研究人员利用国际原子能机构数据库开展聚变能研究和其他等离子体科学技术应用。数据由国际原子能机构通过其网络、协调研究项目和技术会议收集和评估，并通过国际原子能机构免费、可搜索和精选的在线数据库分发。

“一个精心策划的国际数据库的价值在于它作为一个永久、可依赖和可访问的评估数据库的作用，可供聚变界自由使用。国际原子能机构原子和分子数据科在其他方面也是独一无二的：它已存在40多年，在‘聚变数据年头’上算是相当老了。”Hill说。

国际原子能机构的数据库根据研究人员的具体数据需求不断改进和扩大，包括数据中不确定性的量化和影响，以及数据验证、策划和传播技术。

可在下列网址访问国际原子能机构维护的所有聚变相关数据库：amdis.iaea.org。

对导致晶体材料损坏的一连串碰撞的可视化图。

(图/阿尔托大学Andrea Sand)