

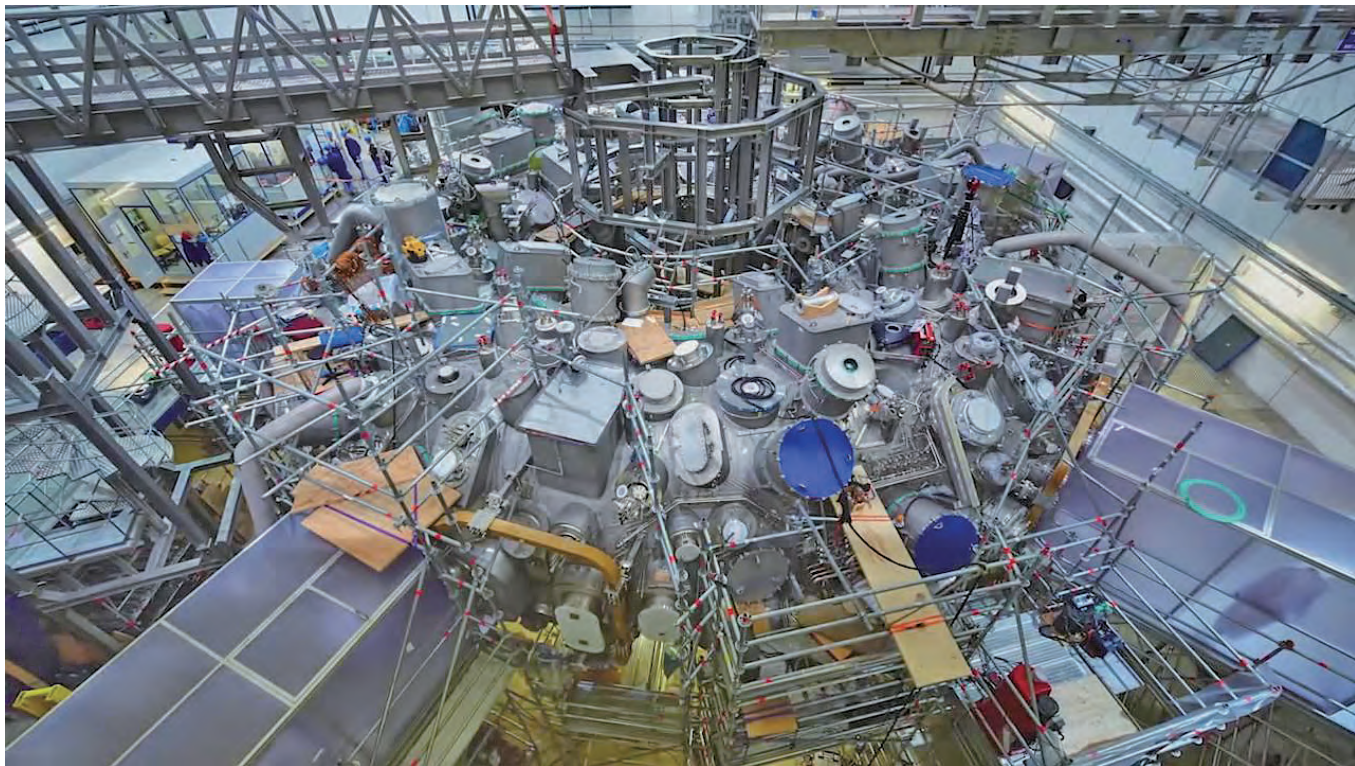


图 1 位于德国的核聚变装置 Wendelstein 7-X 仿星器

测量

API 激光跟踪仪在核反应堆建造与装配领域的应用

文 | 美国自动精密工程公司



更多精彩请扫描二维码

美国自动精密工程公司 (API 公司) 是 Kam Lau 博士在自主专利技术的基础上, 于 1987 年创建的, 总部位于美国马里兰州的洛克威尔城。API 公司自成立以来, 始终致力于机械制造领域精密测量仪器和高性能传感器的研发和生产, 产品已广泛应用于美国及世界各国的先进制造领域, 并在坐标测量和机床性能测试的高精度标准方面处于领先地位。API 激光跟踪仪可提供高精度的动态及静态的 3D 或 6D 测量。其设备携带方便, 为复杂的生产环境而设计, 最大测量范围超过 160 m, 水平角范围可达 $\pm 320^\circ$,

俯仰角范围从 $+79^\circ \sim -59^\circ$ 。超大的测量范围使其可轻松适用于大型工件的尺寸及形位公差测量; 也适用于数控加工中心三坐标测量机以及大型装置的校准。此外, 6D 激光跟踪仪还可以进行机器人位置与姿态的测量。

API 激光跟踪仪在核反应堆及相关设施的建造和装配领域发挥着举足轻重的作用, 其精度高、量程长、体积小和操作便捷的特点可充分满足核反应堆建设与装配过程中对几何量测量与控制的各种需求。API 系列激光跟踪仪已得到全球各大核反应堆科研和建设方的认可,

并广泛应用于诸多世界知名核反应堆项目的建设之中。

仿星器上的等离子体容器检测

德国马克斯-普朗克等离子物理研究所 (Max Planck Institute Greifswald) 是德国联邦和州政府支持的一个非营利性研究机构, 也是国际上从事核聚变研究最重要的机构之一, 在正负离子源的研制和中性束注入等领域处于国际先进地位。其科研项目 Wendelstein 7-X 仿星器是一种核反应堆 (图 1), 工作时, 仿星器将炽热的等

离子体限制于扭曲的磁场中进行聚变反应，反应堆的等离子体容器会容纳高达 1 亿℃ 的热等离子体。这就对其等离子体容器在建造时的要求极为严格，需要极高的制造和装配精度来确保容器的密闭以保障安全并达到最佳使用效果。

API Radian 激光跟踪仪在项目中的应用使反应堆建设中严苛的测量要求得到了保障。在满足稳定的超高测量精度的同时，Radian 激光跟踪仪的高集成便携式设计特点也发挥出了强大的优势：整套激光跟踪仪测量系统可被轻松携带至聚变装置中复杂的管道与通道里，进行狭小空间内的高精度测量作业（图 2）。整套 Radian 激光跟踪仪测量系统无需预调平，可以以任何姿态（包括倒置）安装在狭小空间内，从激光出光口即是有效测量范围（无盲区），最大程度上为测量作业的实施提供了方便与效率保障。

“人造太阳”低温恒温器的检测

API 团队很自豪能够为举世闻名的 ITER（国际热核聚变实验堆）的建设提供 3D 测量解决方案。ITER 是目前全球规模最大、影响最深远的国际科研合作项目之一。ITER 装置是一个基于托卡马克原理（Tokamak Principle）



图 3 使用 API Radian 激光跟踪仪配合 vProbe 隐藏点智能测头测量 ITER 项目低温恒温器（跟踪仪安装在 29 m 高支架上）

的能产生大规模核聚变反应的设施，俗称“人造太阳”。API 激光跟踪仪为该装置每天的建设、装配作业提供着精确、稳定的 3D 测量数据保障。ITER 预计将产生 500 MW 的聚变能量，输入功率为 50 MW。根据目前的计划（截至 2020 年 1 月），该设施计划在 2025 年 12 月首次生产氢等离子体。到 2035 年左右，进行要求更加严苛的基于使用氦的实验作业。

核反应堆低温恒温器的作用是将内

部的热部件与经过低温冷却的超导磁体隔离开来。在 ITER 项目中，其低温恒温器由厚不锈钢板焊接而成，各个位置的厚度从 40 ~ 180 mm 不等。它是世界上最大的不锈钢真空仓，重量约 3400 t，外径 28 m，高 30 m。对于这样一个大型部件来讲，在没有指导工具的情况下进行高精度的对齐和安装作业几乎是不可能的，而 API Radian 激光跟踪仪以其优越的大尺寸精密测量性能，成功为这一巨大部件的高精度对齐及装配提供了数据指导解决方案。

Radian 激光跟踪仪采用高集成紧凑式设计理念，体积小巧，便于携带至狭小空间内进行测量作业，而且可以与 vProbe 隐藏点智能测头组成完全无线精密测量系统，可以轻松应对深孔、隐藏点和工件遮挡部位的测量作业，极大丰富了激光跟踪仪的使用功能。在 ITER 项目中，基于 Radian 激光跟踪仪和 vProbe 智能测头组成的极致便携、无线传输的大尺寸精密测量系统的技术特点，在测量作业中避免了频繁移动测量设备，而只需在一个约 29 m 高的支架上安置激光跟踪仪，就可以轻松建立坐标系并进行部件的测量以及装配指导工作（图 3）。MM



图 2 使用 API Radian 激光跟踪仪在聚变反应堆等离子体容器中进行测量作业