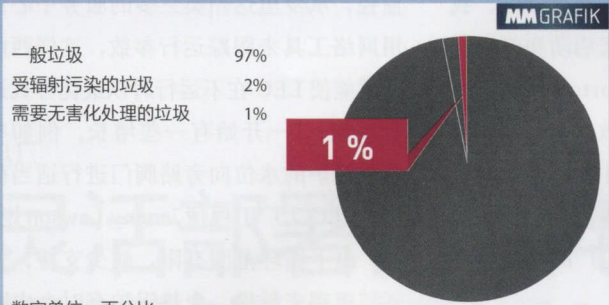




数字单位：百分比

Zahlenangaben in Prozent

核技术设施拆除后，大部分的垃圾是一般建筑垃圾，只有少量拆卸废弃物受到了辐射污染，必须进行无害化处理，但德国核技术设施拆除后的这类垃圾数量相当多

核电站

重返绿色

建造一座核电站需要很长的时间，但拆除它们需要的时间更长。拆除核电站的第一步已经迈出，专家们估计，到 2020 年，将会迎来拆除核电站的高潮。对于机床设备制造商来讲，这里的机遇与挑战并存。

文 | Christa Friedl

一些人在完成他们的日常工作之后才能离开终日不见阳光、呼吸着人工提供的氧气、用厚厚的焊接钢板隔离开来的工作环境，他们才是真正的英雄。工作时，他们穿着厚厚的、带有呼吸面罩的全密封防护服，带着三层重叠防护的工作手套。他们在9 m×5 m的钢质隔离室内的每一步都像美国宇航员Neil Armstrong在月球上行走一样艰难。

对于Heike Merx来讲，其同事在拆除室中的工作情况不亚于在太空中的工作。“在钢质隔离室中，将把受到核辐射污染的反应器零部件、泵和电动机拆卸开来、清理干净、分好类别。在这样的环境中每工作2 h就要休息一下。”勒沃库森市Eggenstein地区WAK拆卸和废旧物资分类有限责任公司拆卸部门的领导人Merx说。作为联邦州的企业，WAK公司在核技术设施的拆卸领域中已经有着25年的发展历史了，也是世界上为数不多的具有核电站、试验反应堆等设施拆卸和拆除经验的企业。

但在登月防护服中的人们还不能很快地完成他们的工作，因为德国政府计划到2022年，将所有的核电站从电网中脱离出来，重返绿色。这里的拆卸工作不仅仅指那些向电网供电的核电站。根据德国原子工业公会公布的数据：从1957～2004年，德国共有大约100台套核技术设备投入运行，其中有不少是科研设备和试验设备。据德国原子工业公会报道，目前已经关闭了27个商用发电的核反应堆，只有8座仍在发电。有40台套试验和科研用核设施已经停用，7台套仍在运行。

这些数据显得非常平常，但它背后却隐藏着巨大的挑战，每一台套试验设备都是独一无二的“孤版”设备，没有一个核电站和另外一个一模一样。而且总体相似的工业用核发电设备所采用的核技术设备也有两种完全不同的类型。“它们的结构都非常地复杂。”卡尔斯沃市工艺技术研究所以KIT民用和核技术建筑拆卸再利用领域的领导人Sascha



图1 拆卸受核辐射污染的零部件时，劳动保护是第一位的，拆卸工人要穿戴好外部供氧的防护服和配戴无线通信设备

Gentes教授说道。它们都设计、制造得非常紧凑，在设备部件之间常常没有空隙能够容纳一个人进出或者使用拆卸工具。

高安全性成为重要的问题

这种异常紧凑的结构设计源于这样的想法，受辐射污染的装备尽可能地集中在一起，从而把飞机坠毁或者地震灾害带来的损害降到最低。十几年前，或者几十年前，人们在设计、制造核技术设备时，在这样考虑问题的时候还根本没有想到终有一天会拆除这些核电站或者核技术试验设备，需要对它们进行无害化处理。

第二个特点是核辐射风险。首先是防止核辐射，不同结构型式、不同厚度的核辐射防护壳。一般情况下，这样的环境中禁止采用人工操作，所有的拆卸过程都要用远距离遥控的设备来完成。其他在核技术设备工作时能够受到核辐射或者原子核污染的表面、零部件的拆卸、拆除也都应遵循同样的规则。

拆除后产生大量废弃物

迄今为止，德国已经拆除了3台套核技术设备，Landshut市Niedereichbach区的一座核电厂设备和Kahl市的两台套试验设备。Würzgassen市、Obrigheim和Stade市的三座原子能发电厂目前正

在拆除，Philippsburg 市核电厂拆除的审批程序也已经开始了。拆除后的废弃物数量很大，额度发电能力 640 MW 核电设备的废弃物总重为 25.5 万 t，其中混凝土建筑废料占 80%。核电厂拆除后 97% 的垃圾是一般性的建筑垃圾，只有 2% ~ 3% 的垃圾废料是受到核污染的，必须无害化处理的垃圾废料。据专家估计，几乎所有德国的核反应堆都能产生这一数量等级的核污染垃圾。

核技术设施的拆卸工程常常要持续十几年。安全可靠地拆卸核技术设施时，需要一些高精度的专用工具和专用设备，



图 2 为拆除几吨重的反应堆防护壳，需要专用的起重工具，这里要利用远程遥控的钻削设备钻孔，完成一个防护壳部件的固定和起吊



图 3 利用专用的带锯即可在大气环境中在水中将大型零部分隔成小块



图 4 德国的核电厂和无害化处理设施分布图

每一个拆卸操作步骤都要思考得非常仔细，每 1 m² 的面积都应能够自由地测量，只有这样才能开始拆卸核技术设施、进行无害化处理。另外，安全和劳动保护一直是最重要的事情，垃圾或者释放辐射射线的物质不得对拆卸工人的人身健康产生任何损害，也不得对当地的能源经济和政策造成损害。

核技术设施拆卸时的困难还包括某些核技术设施的技术资料缺失，或者是错误的。“资料中显示的是点焊焊缝，而我们见到的是封闭的电焊焊缝，替代内六角螺栓的是十字头螺钉。” WAK 公司核技术设施拆卸负责人 Erwin Prechtl 说道。另外，人员进出的门和出入口也常常太小、缺少运输拆卸废弃物的运输通道、放置拆卸下来废弃物的场地和空间。这些问题也都极大延长了审批过程的时间，有些审批过程常常会长达 3 ~ 4 年。

核技术设施拆卸工程持续时间很长，也与经验不足有关。为了把可用的核技术设施拆卸技术经验都汇总到一起，KIT 工艺技术研究所以从 2015 年开始在研究所中建造了核技术设施拆卸虚拟技

术中心。“我们计划利用这一中心经济地实现核技术设施拆卸技术方案标准化。” Gentes 说。为了把这一领域中的技术和知识汇集到一起，就必须加强所有项目相关者之间的合作与协调。

据 Gentes 说，不久前在这方面有了很大的进步。各个核电厂运营商之间的经验交流比过去增强了，也包括了与供电企业、供应商和科研机构的合作，比几年前有了明显的改善。为了保证核电厂拆除时合资、合作各方的经济利益，例如，在 Eon 和 Vattenfall 欧洲公司两家企业合作经营核电厂拆除时双方的经济利益，他们在 2015 年 5 月达成了一份协议，大型部件拆除和运输的共同方案。

也可以利用国际间的经验交流，德国专家们与法国、日本和美国的专家们保持着密切的联系和接触，这就给德国的核技术拆卸人员提供了很好的、突破国界的限制向其他国家核技术设施拆卸专家咨询的机会了。欧盟委员会估计，到 2025 年，正在使用运行的 131 座核电厂将有 1/3 会退出历史舞台。MM