

机器人，管道 猪和管道

英国的创新机器人通过从管道内部进行检测测量，消除了输气管道挖掘对物流运输和环境的影响。为了承受管道内的极端条件，机器人底盘选用了2507超级双相不锈钢。



© Synthotech Limited

想要理解GRAID项目（Gas-robotic agile-Inspection Device，油气管道机器人迅捷检测装置）的巨大价值，需要对过去进行一下回顾。国家油气输送系统始建于20世纪60年代，到2030年，超过60%的输气系统将超过其预期寿命，因此腐蚀和泄漏的风险增加。到目前为止，对于传统管道检测仪或管道猪无法接近的压力管道部分，评估其状况的唯一方法是通过地上勘测和资产寿命建模。这些方法需要挖掘管道，成本高昂且破坏环境。所以，需要一种远程控制的机器人检测装置，它可以在不清扫管道的情况下检查管道的状况。

这项630万英镑的项目于2015年开始，由英国天然气和电力市场办公室提供管网创新竞赛资金。其目的是设计一种敏捷的机器人检测装置，能够检测长约350公里、无法清管的管道，该管道连接英国输气管网中的200个高压装置。这个首创的机器人平台必须能在极其苛刻的物理条件包括高流速、活性气体和高达100巴的压力，相当于通常潜艇所承受最大压力的5倍以上。

这个在线检测项目提出了许多复杂的工程挑战。机器人一旦进入高压管道中，它必须在蜿蜒曲折的管道系统中穿行，这本身就是一个挑战。管道系统中充满了障碍，包括急弯、倾斜、下降和变径。在这个充满活性气体的高压迷宫中，机器人对深埋的管道进行了目视和壁厚测量，然后数据被转换为有意义的图片进行分析。

节约成本并减少碳排放

国家电网公司与三家公司合作完成了这一项目：Premtech公司绘制了地图，为机器人进行地下跟踪创建了GPS导航，并设计了投放和回收装置以及测试装置；管道工程师通过一系列复杂的计算将测量结果转化为相关数据，Synthotech公司，为这个世界首创项目设计和制造了特殊机器人。

英国国家电网公司利用管道机器人检测装置，详细了解了管道工程的状况，获得了可靠的数据。有了检测机器人，管道的运行管理、维护和更换更具成本效益，并减少了对社区的破坏。检测机器人现已投入运营，预计在20年内可节省成本超过6000万英镑。不仅节约财政资源，每年还可降低约2000吨的碳排放，相当于英国近500户家庭的碳排放量。



为了确保检测机器人能够在管道内恶劣环境中工作，进行了大量的测试。

开发机器人面临的挑战

设计这个创新的机器人用了两年时间。最终的设计必须能承受高压输气管道内的条件。天然气在高压下呈液态，因此流体动力学很重要。当天然气流量达到峰值时，相当于一个200公斤的力在推动机器人，因此机器人必须有很高的强度，同时还具有弹性。

项目工程师最初从大自然——海豚身上获得灵感，为机器人创造出最具活力的外形，以及在高流速条件下使用的特殊皮肤。而随着项目的进展，研究小组意识到机器人较大的底盘影响了其灵活性。重新设计后，采用了双底盘模块的方法，两个定制的底盘将所有的电子装置保护起来。这样设备可以在狭小的几何空间穿行。机器人利用磁道（正在申请专利）附着在管壁上，它能沿着管道的侧面向上行进，避开障碍物，而不仅仅是沿着管道底部移动。

如果没有超强的金属底盘来支撑所有的控制系统、电子设备和摄像装置，则这个机器人检测装置就不可能实现。机器人必须能经受它遇到的任何情况，这一点至关重要，尤其是当它拖着一条经过特别设计、长100米

的脐带缆时。脐带缆包含所有必要的电缆，能够操作和反馈实时图像。Synthotech公司高级首席工程师兼研发负责人约翰·怀特解释了开发机器人系统遇到的挑战，回答了为什么底盘选用了含3.6%钼的超级双相不锈钢。

“世界上还没有人设计出可在高达100 巴压力的环境中使用的机器人，管道内还有活性气体，这对我们来说是个很大的挑战。支撑机器人的底盘的强度也许是它成功的关键”。

“当时有很多材料可供选择，但我们选择了一种超级双相不锈钢牌号—2507，原因有很多。这个超级双相不锈钢含钼，提供了我们所需要的强度。这个不锈钢牌号价格较昂贵，但所获得的好处证明这个选材是物有所值的”。

项目团队也考虑过碳钢等其它材料。但就满足苛刻的标准而言，所选的含钼双相不锈钢展现出自己的价值，并在整个测试中达到预期的效果。

管道梦成真

2017年，在对定制的投放和回收容器进行成功试验之后，对机器人的测试工作加速。测试按照很严格的标准

▶ 特制的试验台，带有90度弯头、等径三通和变径段和一个45度的倾斜部分。



▶ 正在开发中的GRAID机器人的前底盘

准进行，包括在100巴的压力下工作，行进100米的距离并同时收集目视检查和壁厚测量数据，这对于机器人来说肯定不是一项简单的任务。GRAID机器人检测装置拥有复杂的电子和控制系统，包括四个独立的驱动电机、一个脐带管管理系统、七个传输实时图像的摄像装置和一个带有电磁传感器的移动臂。正是移动臂上的这些传感器测量出管壁厚度并识别出任何的腐蚀。

此外，2017年GRAID项目团队还达到了另一个重要里程碑。GRAID管道检测机器人成功地穿行了一个特制的试验台，有90度弯头、等径三通和变径段以及45度倾斜部分。每一次测试之后，机器人都被带回投放容器进行目视检查。机器人必须能返回投放容器（有时还要顶着管道中流体），以避免开挖重要管段完成回收任务这一代价高昂的做法。2018年末，国家电网天然气公司对多个输气站点进行了广泛测试，确认该系统尤其是机器人，达到了预期目的，并准备投入使用。

GRAID项目最初只是一个有关管道的梦想，但通过专业公司的合作和含钼双相不锈钢的使用，这个优雅的机器人系统变成了现实。最重要的是，它帮助国家电网公司运行着一个更安全、更可靠、更高效的油气输送系统。到目前为止，仅英国实施采用了这项技术。然而，这种机器人检测装置可以用于世界各地带有无法清管管段的管道系统。这对天然气和水资源保护可能具有重大意义。无论这些精巧的管道机器人最终结果如何，钼都将发挥重要作用，以确保管道机器人装置在充满挑战性的环境条件下具备优良的性能。(Stratia)