

利用自动化海底钻探技术应对极端环境

深海钻探

B&R 为 MeBo200 提供了自动化解方案，这是一种海底钻机，可在水深 2,500 m 处取芯长达 200 m。结果造就了兼具可靠性和高效性的远程控制海底钻机，能够满足超深水商业用途的所有自动化、通信、诊断和维护要求。



01



Stefan Messerklinger
ABB 移动自动化事业部
奥地利 埃格尔斯贝格

Stefan.messerklinger@
br-automation.com

穿过黑暗，垫板的四条支腿伸展开来，准备将十吨重的仪器安全降落在海底。在未经勘探的目标地点稳固降落后，集成机器人钻机开始探测地形[1]。

这看似是火星任务的再现，而实际上是对深海钻探研究任务的描述，在这项任务中，钻机曾经穿越海洋降落到 2,500 m 下的海底，在那里，远程控制机器人钻机下钻 200 m 进行海底采样。这一惊人成就之所以能够实现，部分原因在于 B & R Industrial automation (ABB 于 2017 年收购的一家公司，现为 ABB 的机器自动化

部门) 应 Bauer Maschinen GmbH 要求提供的自动化、控制和通信技术。

挑战性环境

超深海在很大程度上未经观测、勘探和测绘，但它是了解地球气候的关键之一；也

— 借助 B&R 技术，远程控制钻机可在水深 2,500 m 处进行海底采样。



02

—
01 远程控制海底勘探钻机 MeBo200, 其是 MARUM 和 Bauer 联合打造的第二代钻机, 可在水深 2,500 m 处执行任务。

—
02 使用水冷绞盘收放 35.5 mm 粗的钢丝铠装电缆。ABB B&R 的 X20 模块可将该绞盘无缝集成到 MeBo200 架构的自动化系统中。

是能源、生计和商业的来源。要了解这些现象, 需要在物理上具挑战性的环境中克服严苛条件进行钻探, 就如同太空探索一样。

在这方面, 技术可发挥的作用将取决于水深、沉积物类型、潜在基础深度和土壤特性 [3]。例如, 在水深 4,000 米处, 温度低于 4°C, 环境压力达 40.0 MPa。通常, 会在水深 45 米处遇到软质细粒粘土, 其不排水抗剪强度为 5-30 kPa [2]。在这种条件下, 进行测量并获得未受干扰的样本非常困难但极其重要, 因此需要采用弹性技术。

协作解决方案

商业界和学术界为此携手开发强大的技术, 从而在此类恶劣条件下实现可靠运行。最新一代海底钻机就采用了这种技术, MeBo200 由海洋环境科学研究中

—
机器人钻机 MeBo200 降落到海底, 在那里下钻 200 m 进行海底采样和探测。

心 (MARUM) 和 Bauer 于 2014 年共同开发 →01。该钻机可以穿越海洋, 降落到水深 2,500 m 处的海底, 在那里下钻 200 m 进行海底采样和探测 →01。如此了不起的成就归功于 Bauer 和 B&R 专家之间的又一次长期合作。经过多年成功的研究性钻探, Bauer 希望 B&R 为其提供能够在极端环境条件下远程控制机器人钻探作业所需的自动化、控制和通信技术, 以便将 MeBo200 用于商业钻探 [1], 例如: 在从松散沉积物到硬石的底土中试钻; 海底基础

工业自动化技术

作为电气化、数字化和自动化技术的领先创新者，ABB 于 2017 年收购了 B&R Technology GmbH。这使得 ABB 成为唯一一家可为工业自动化客户提供全套集成硬件和软件解决方案的公司，产品范围涉及控制、执行、机器人、传感、分析和电气化。他们的优势在于能够将 ABB 和 B&R 的产品整合到一个解决方案中，并以所拥有的深厚应用专业知识作为支持。通过这种方式，ABB 与 B&R 完美配合，为 Bauer 提供了控制、通信和诊断系统，以满足 MeBo200 的商业用途。

03

岩土工程勘探；矿产勘探；海底天然气或石油勘探；海底硫化物储量勘探；以及海洋天然气水合物勘探。

钻探选择

虽然在传统上，会使用专门的钻探船来勘探海底，但由于风、浪和流对船舶和钻柱运动的影响，以及所遇到软质细粒沉积物的特性，其可用性低且成本高，这为超深水钻探过程带来可行性上的挑战[2]。然而，机器人海底钻机能够减少甚至消除其中一些困难：现场取芯可减少样本干扰；由于风、浪、流与钻探过程无关，因此钻探质量得以保持不变；由于多用途船舶可部署钻机，因此现场取芯的机动成本降低；由于无需组装从船上延伸至海床的钻柱，因此钻探成本降低[4]。为了节省成本和时间，机器人海底钻机如今被广泛应用于勘探并取得成功。

直达海底

MeBo200 就是其中一款钻机，它是在首款 MeBo 钻机的成功基础上建造的第二代海底钻机，首款 MeBo 钻机自 2004 年开始运

行，能够下钻 70 m →01。MeBo200 将下钻能力提升到 200 m。2014 年，MeBo200 在北海成功通过测试，它不仅可以在水深达 2,500 m 的海底工作，还可以钻入沉积物、岩石和天然气水合物，其样本干扰通常比由钻井船操作的钻机要少[2]。

现代自动化技术

尽管前两代 MeBo 成功为研究界提供了有价值的成果，但仍需进一步改进，才能实现符合 DNV 标准的广泛商业用途。Bauer 为 MeBo200 开发了钻井技术、机械装置、液压装置，以及下放和回收系统，要

Bauer GmbH 希望 B&R 能够增强 MeBo 的自动化、控制和通信能力，从而使商业钻探得以实现。

求 B&R 可以通过以下方面增强这款钻机，从而使商业应用得以实现：

- 最先进的控制技术
- 扩展通信网络
- 用于外部自动化组件的接口
- 最新诊断维护系统

B&R 无疑是升级自动化架构的理想合作伙伴。来自 Bauer 的 Lothar Schirmel 表示，“我们与 B&R 的成功合作关系由来已久，几十年来，我们的深海钻机一直在使用他们的技术。”

恶劣环境下的性能

MeBo200 安装在机架内，在空气中重 10 吨（在水中重 8 吨）。整台 MeBo 的尺寸相当于一个 20 英尺的集装箱，由一艘可用的研究船运送到目的地 →01。船舶到达后，勘探钻机通过 2,700 m 的钢丝铠装型脐带缆下降到海底 →02。该线缆是将 MeBo200

—
03 ABB 收购 B&R 的说明概述。

—
04 X90 移动控制器系统具有足够的弹性,可应对深海极端环境。

04a 图示为 X90 移动控制器单元。

04b X90 移动控制器放置在密封压力容器中,可保护电子设备免受海水侵蚀。

连接到船舶的生命线,向它提供电力和控制命令,从船上远程操纵。

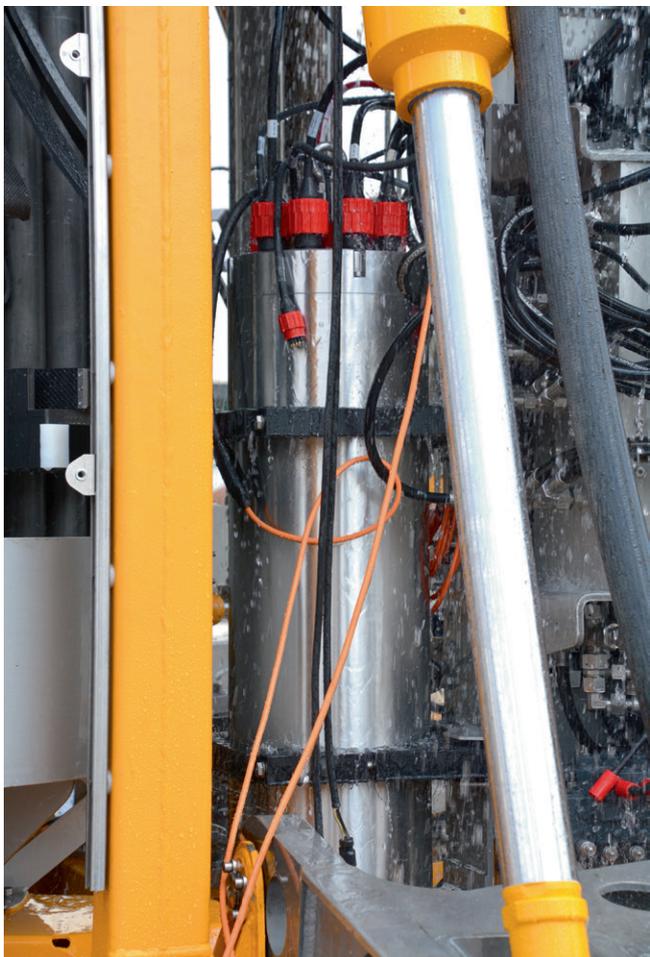
为了可靠地从海底收集数据,并将其发送到距离数公里的海面船舶上,MeBo200 需要采用极具弹性的技术 →03。Schirmel 指出,“在海平面下 2,500 m 处,环境非常恶劣,因此使用的所有组件都必须坚固可靠。这就是我们选择 B&R X90 移

动控制系统的原因,它可以轻松应对这些极端条件。”

X90 控制器配备标准化组件,因此易于通过选件模块适应不同需求 →04。该系统的核心是 ARM 处理器。针对 MeBo200,它们被配置为具有大量集成 I/O 连接的智能 POWERLINK 总线控制器。POWERLINK 协议通过波分复用介质转换器在单模光缆上传输,并在到达船上时转换回来。在这



04a



04b

—
在极端条件下可靠运行实时网络是一项重大挑战,但 B&R 让这成为可能。

些极端条件下可靠运行实时网络是一项重大挑战,但携手 B&R,我们便具备了解决这一问题的能力。他们提供了转换器选型方面的专业指导,并且了解如何调整网络设置来控制最初的通信中断。这正是我们希望从自动化合作伙伴那里获得的支持,”Schirmel 肯定地说。

在甲板上更新软件

通过光纤,可以从船舶甲板访问 X90 控制器上的集成以太网接口。Schirmel 解释道,“这对我们来说非常重要,它允许按需更新钻机上的软件,要访问控制器时,无需将其带到海面或打开压力容器。”

采用特殊的插入式连接器,可保护进入压力容器的电信号,该等连接器能够轻松承受 40.0 MPa 的压力,从容应对水深 4,000 m 处的情况。通过这种方式,将近 100 个比例阀、绝对式编码器、位移传感器等装置连接到 X90 控制器设备的 I/O 上。

全方位控制和视野

从研究船甲板上的集装箱中,可轻松实现对钻探装置的远程控制。

经过彻底改造的操作台配备一张座椅,其扶手上安装了操纵杆控制装置,与起重机驾驶室类似 →05。19 英寸触摸屏显示器上,可找到其他控件,这些显示器选自 B&R 的 Singletouch Automation Panel 系

列，有三种带模拟电阻单点触屏（宽屏格式）的面板可供选择，该系统具有高度灵活性，允许在继续使用 HMI 应用程序的同时进行升级 →05。

这三个面板可显示控制 MeBo200 钻机和所有其他辅助设备所需的所有关键信息。在它们上方，有另外两个监视器，用于显

从研究船甲板上的集装箱中，可轻松实现对最新钻探装置的远程控制。

示来自 8 个预装水下摄像头的实时视频。操作员可以密切监视主要采用人工钻探的过程。

数据会汇集在 B & R APROL 过程控制系统中，该系统在两个冗余 Automation PC 910 单元上运行 →06。Automation PC 3100 产品系列中的另外三款工业计算机被用作远程人机界面（HMI）服务器。

“自 2005 年以来，我们的石油和天然气深海钻机一直使用 APROL 作为强大的 HMI、数据采集和数据管理解决方案，”Schirmel 解释道 →06，“APROL 可提供高性能数据存储和长期归档功能，这是我们选用它的一个主要原因。其中包括 Trend Viewer，它使我们可以将记录的数据可视化，然后分析错误原因。”

逐步试运

MeBo200 控制解决方案在 B & R X20 系统的 PLC 上运行，这是一套完整而详细的控制解决方案，具有巧妙的人体工程学设计。X20 系统使所有标准控制系统的可能性得到扩展，可与其他 B & R 组件无缝集成，允许以超乎想象的性能和灵活性实施应用。

由于控制和 HMI 可以分开运行，即使没有 APROL 服务器，操作员也可以对钻机和辅助设备逐步启动、测试或/和操作。



05

此外，B & R X20 系统还可用于集成各种辅助装置，包括液压动力装置、用于 MeBo200 甲板操作的无线电遥控器，以及用于钻机高压供电的带变压器的动力中心。

连接第三方组件

Schirmel 表示，“某些辅助装置为外购部件。就这些辅助装置而言，我们对使用何种现场总线没有发言权。因此，我们非常感谢 B & R 为所有通用现场总线提供接口和库。”这种设置使得来自 Bauer 的 Schirmel 及其团队能够轻松连接遥控接收器、操纵杆和相关控制面板，从而充分发挥该自动化系统的优势。

值得信赖的合作伙伴

“B & R 的所有产品均具备灵活性和一致性，这使我们能够无缝捕获一切必要数据，并将其传输到 HMI 和数据管理系统，而无需自己定义或实施各种接口，”Schirmel 称赞道，“再加上产品组合的开放性和可扩展性，这就是我们放心依赖 B & R 作为自动化合作伙伴的原因，尤其是对于特大型或独特的自动化项目，如我们新的海上应用项目。”



06

—
05 在船舶甲板上的集装箱中，通过操纵杆、控制面板和触摸屏操作控制钻探过程。来自 8 个水下摄像头的实时视频流可帮助操作员监视钻探过程。

—
06 强大计算能力：B&R 的五款工业计算机能够使 HMI 操作和数据存储始终保持可靠运行。

拓展钻探的未来

在 B&R 的帮助下，最新型自动化 MeBo200 因一流的工业质量、强大而开放的架构、全面的连接性、一致的数据管理和无缝的数据存储而得到增强。从概念设计到产品创建，B&R 致力于实现自动化、控制、连接和通信方面的目标，帮助扩大 MeBo200 的应用范围，以便 Bauer 可以瞄准商业钻探领域（现已拥有另一种超深水钻探方法）。•

—
通过实现自动化、控制、连接和通信方面的目标，B&R 正在帮助扩大 MeBo200 的应用范围

参考文献

[1] Franz Rossmann
“Good Automation Runs Deep”, in preparation, pp. 1–5.

[2] G. Spagnoli et al.,
“First Deployment of the Underwater Drill Rig MeBo200 in the North Sea and its Applications for the Geotechnical Exploration” *Society of Petroleum Engineers*

Publication SPE-175456-MS 2015, pp. 1–14.

[3] W. McCarron, “*Deep-water Foundations and Pipeline Geomechanics*”. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing, 2011, pp. 1–304

[4] T. Freudenthal, T. and G. Wefer, “Drilling Cores on the Sea Floor with the Remote-Controlled Sea Floor Drilling Rig MeBo”, *Geoscience Instrument Method Data System*, Vol. 2, 2013, pp. 329–337.