

亚伦氢煅烧试点示范计划 经验教训报告第2号（2024年7月至2024年9月）

力拓铝业 · Summit氢能格拉德斯通 · 2024年11月17日

Translated by Summon Translator · EN → ZH-CN

Demonstration-Program-Lessons-Learnt-Report-2

亚伦氢煅烧试点示范计划

2024年11月17日

经验教训报告第2号（2024年7月至2024年9月）

力拓铝业有限公司 Summit氢能格拉德斯通

作者：Austin John、Natasha Penno 和 Koji Kanamaru

本项目通过中央昆士兰氢能枢纽（CQHH）和澳大利亚可再生能源署（ARENA）获得澳大利亚政府资助，是ARENA推进可再生能源计划的组成部分。

本文所表达的观点不一定代表澳大利亚政府的立场，澳大利亚政府对本文所含任何信息或建议不承担责任。

目录

项目背景

执行摘要

主要经验

- 安全关键任务分析
- 施工通道——降低运营现场的业务风险
- 绩效测量：交接计量
- 流量计接头
- 打桩延误：与主要统包承包商的协调及打桩分包商的参与

结论

1.0 项目背景

澳大利亚氧化铝精炼行业每年排放约1490万吨二氧化碳当量，占澳大利亚温室气体排放总量的3%。

煅烧炉利用高温从氧化铝晶体中提取化学结合水，传统上使用化石燃料作为工艺热源，占氧化铝精炼排放量的25%。

氢燃烧技术有望减少格拉德斯通炼油厂约25%的排放量。按目前的生产水平，在亚伦全面实施该技术有潜力将排放量每年减少50万吨二氧化碳当量。

力拓与住友商事子公司Summit氢能格拉德斯通（SHG）旨在联合开展一个项目，以示范在力拓亚伦氧化铝精炼厂生产氢气并运行氢燃料燃烧工艺加热。

该项目的目标是证明氢燃烧技术在氧化铝精炼厂具有技术可行性。

该项目旨在验证氢气在运营中的精炼厂燃烧工艺中的应用，并开发管理现场氢气并将其整合到现有基础设施中的系统、流程和技能。该项目还旨在加速氢燃烧技术的开发和商业化，如果成功，也将支持格拉德斯通氢能产业的建立。

氢气将通过一台2.5 MW电解槽生产，然后压缩至超过200 barg。约4,000千克氢气将被储存，当K1煅烧炉机组需要进行试运行时，氢气将从约200 barg减压至10 barg，即氢气燃烧器点火的供给压力。选择这种供应配置（即压缩-储存-减压）是为了在将电解槽规模保持在最小的同时，实现测试所需的全规模氢气流量和持续时间。

该项目将通过两个并行工作包交付：

工作包1将由SHG交付，涉及在亚伦精炼厂现场安装一台2.5 MW聚合物电解质膜氢电解槽及相关设备，年产氢气能力为250至300吨。

工作包2将由力拓交付，涉及：

- 在力拓亚伦精炼厂设计和安装全规模氢气燃烧器及蒸汽循环回路。
- 安装4吨氢气储存设施，该设施需储存足够的氢气，以使煅烧炉使用100%氢燃料运行2小时。这被认为是模拟和降低氢燃烧技术全规模运行风险所需的最短运行窗口。

2.0 执行摘要

本第二份经验教训报告涵盖了力拓和SHG在施工阶段的过程安全与风险缓解、计量设备规范以及尽早检查地方法规合规性和引入第三方专业承包商的重要性等方面的经验。

主要经验包括：

建议在高风险项目中使用安全关键任务分析（SCTA）。

在运营现场内进行棕地施工可能同时带来安全和业务生产风险。通过获取相邻地役权走廊并为住友施工人员建立安全可靠的通道，有效降低了相关风险。

2017年昆士兰州法规（《石油和天然气（生产和安全）法》2004年（昆士兰州））要求氢气计量精度为 $\pm 1\%$ 。需要采用带法兰连接的外置流量计，这就需要对管道设计进行变更，以符合ASME B31.12（氢气管道和管线）标准及相关危险区域评估要求。流量计被重新安置在防护墙内，以降

低潜在喷射泄漏的风险。

该项目还因与分包商的协调问题而出现延误，影响了土建设计和政府审批。早期引入分包商有助于协调设计路径。在设计中融入灵活性并考虑当地熟练劳动力的可用性，也有助于更有效地管理工期。

3.0 主要经验

3.1 安全关键任务分析

类别： 风险

作为本项目安全保障流程的一部分，聘请了外部专家主持研讨会，以评估人为失误对过程安全风险的影响。

安全关键任务分析（SCTA）研讨会由三个不同阶段组成：

关键任务筛选

任务优先级排序和筛查，以识别高后果事件的潜在可能性

关键任务分析，以识别单点人为失误。

SHERPA软件采用层次任务分析法，描绘操作人员执行特定任务的可能方式，并将其分解为各个组成部分。任何人为失误的负面后果将通过绩效影响因素（PIFs）进行建模，以识别因果因素和降低风险概率的潜在干预措施。

对关键任务的分析未发现任何明显的单点人为失误，该类失误本身会导致任何重大非预期事件序列

（例如氢气输送管道的泄漏等）。然而，分析确实发现了在所有可预见操作条件下最大化人员可靠性的机会，通过提供具体建议，这些建议可能同时：

a) 优化绩效影响因素；以及 b) 降低人为因素对风险的贡献

对未来项目的启示： 为降低过程安全关键任务中人为失误的风险，特别是涉及向设施引入新的高后果危害的程序，应考虑将SCTA纳入整体过程安全保障体系。

3.2 施工通道——降低运营现场的业务风险

类别： 项目管理

在运营现场电池边界内进行棕地施工，可能会同时带来安全和业务生产风险，原因在于第三方施工人员和设备大量涌入。项目团队修建了临时现场通道道路和围栏门区，使住友及其主要统包承包商能够独立进入新租赁区域开展电解槽装置施工，同时最大限度地降低施工团队与运营精炼厂之间的越界或交叉风险。经过全面的利益相关方沟通，施工道路经过一条管线走廊定制修建，并设有临时通行许可，以确保项目人员安全通行，不干扰精炼厂内的交通或其他人员流动。

项目进行了风险评估，以确定控制措施及持续的界面管理，包括力拓和住友各自施工队伍之间的应急响应。从监管角度来看，这包括根据昆士兰州《2011年工作健康与安全条例》，将住友指定的施工承包商任命为主要承包商。

对未来项目的启示： 为施工现场设置专用出入通道或物理隔离，既可降低事故风险，又可在执行阶段明确健康、安全、保安和环境（HSSE）现场政策的单一责任主体。

3.3 绩效测量：交接计量

类别： 技术

2017年昆士兰州法规（《石油和天然气（生产和安全）法》2004年（昆士兰州））要求氢气计量仪器的测量精度为 $\pm 1\%$ 。项目团队最初考虑利用电解槽内部的氢气计量单元用于交接计量，但电解槽供应商提供的标准计量单元不符合昆士兰州《石油和天然气（生产和安全）法》2004年（昆士兰州）的规定；因此需要另外安装一台能够在允许误差范围内测量的外置流量计。在辅助工厂管道中新增了一台流量计，并对工厂管道设计进行了修改以适应该变更。

对未来项目的启示： 应在早期阶段考虑对仪器进行氢气相关地方法规的合规性审查。

3.4 流量计接头

类别： 技术

尽管出于防止氢气泄漏的考虑优先采用焊接接头，但主要统包承包商被限制使用法兰端流量计。这些由氢气流量计供应商提供的仪表，在连接时需要使用垫片。虽然由于氢分子体积小，垫片可能导致氢气泄漏，但对法兰进行焊接也可能损坏高度精密的仪器，从而影响测量精度。

为适应法兰端连接，管道设计进行了修订，以符合氢气系统ASME B31.12标准。依据AS 60079进行的同步危险区域评估，在防护墙内为流量计确定了新的安装位置。这一布置策略可降低法兰处发生喷射泄漏的风险。

危险区域计算确认，预期泄漏等级将维持在二级，可能升级至一级。该评估基于排气频率，预计排气频率将低于AS 60079规定的每年10小时的可接受阈值。

对未来项目的启示： 尽早进行合规性检查并与供应商联络以确定设计规范，将有助于最大程度地减少需要修改设计的可能性。

3.5 打桩延误：与主要统包承包商的协调及打桩分包商的参与

类别： 项目管理

该项目在分包商管理协调及关键采购包最终确定方面经历了一些延误。由于总包商和业主方所需投入的复杂性，民用设计时间表受到影响，进而导致政府建筑审批延迟。这一系列事件造成桩基承包商的

介入时间晚于预期，其可用时间窗口因此比初始计划延后约三个月。

值得注意的是，尽管岩土工程报告中推荐的替代打桩分包商及技术方案未被采用，但这些方案在未来类似情况下可能提供额外的灵活性。

对未来项目的启示：

对于未来项目，提前与分包商接洽可能大有裨益，以确保关键设计路径和里程碑与供应商输入更紧密地对齐。考虑到本地区即将开展的大量项目，纳入设计灵活性——例如替代基础解决方案——可能有助于防止延误并适应当地资源的可用性。

熟练本地劳动力的重要性也将是管理未来项目时间表时需要重点考量的关键因素。

4.0 结论

总体而言，本项目在多个领域揭示了若干重要经验教训。安全关键任务分析（SCTA）强调了识别和缓解人为错误以提升过程安全的重要性，并建议将SCTA纳入未来的安全保证流程。施工通道管理展示了设置专用通道在减少运营干扰和提升安全性方面的价值。针对交接计量和流量计接头等技术评估，强调了早期合规检查和供应商参与对确保法规遵从的必要性。最后，与分包商的协调工作揭示了提前介入和灵活设计策略对于缓解延误、优化项目时间表的必要性。这些见解共同为提升未来项目的安全性、合规性和效率提供了坚实的框架。