

高可靠工业微电网系统解决方案白皮书

专为全球最严苛工业场景而生

天津电气科学研究院有限公司

天传智能微网科技公司

引言：重新定义可靠

在钢铁冶金、石油化工、盐湖提锂、水泥建材、矿山冶炼等大工业孤岛电网和微电网场景，电力系统稳定性、可靠性极其关键，电力中断意味着生产中断、安全风险与巨额损失。传统解决方案在此类场景不足以提供可靠的电力保障，根源在于，这些工业负荷的剧烈波动特性与电网的脆弱性，已超出常规电力系统的调节与支撑能力。

我们，天津电气院天传微网，将七十载服务于中国核心工业的工程基因，注入现代能源科技。我们提供的不仅是绿色电力，更是保障大工业连续稳定运行的高可靠性，专为应对此类严苛挑战而设计。

第一部分：挑战——我们所专注的工业战场

我们所应对的，是流程工业电力可靠性挑战中最严峻的部分。

1.1 极限工况：五大典型工业场景的电力特征

- **钢铁冶金**：电弧炉、轧机产生的剧烈冲击，对电网造成剧烈扰动；连续铸造的中断将导致铁水冻结、设备报废。
- **石油化工**：连续裂解、催化反应过程对电压暂降“零容忍”；安全系统要求“零毫秒”级响应及备用电源切换，防止危险气体泄漏或爆炸。
- **盐湖提锂**：地处偏远电网末端，甚至无主网依托；高腐蚀性环境对设备防护提出苛刻要求；提纯、蒸发工序对供电连续性依赖极高。
- **水泥建材**：大型窑传动、高温风机需持续稳定供电；厂区分布式变频传动负荷易引发电网谐波、电压波动等电能质量问题，导致控制系统失灵。
- **矿山冶炼**：井下排水、通风系统关乎生命安全，必须绝对可靠；偏远矿区依赖长距离脆弱线路或柴油发电，成本高昂且不稳定。

尽管行业场景不同，但其核心负荷（如冲击性轧机、连续反应装置、安全通风系统）均对供电的连续性、稳定性、与电能质量提出极高要求。而在孤岛或弱网环境下，本地电源系统往往缺乏足够的惯性、短路容量与快速调节能力来应对此类负荷的剧烈波动与敏感需求，从而形成了可靠供电的底层瓶颈。

1.2 系统性矛盾：调节能力与负荷需求的根本失配

这一瓶颈可归结为一个结构性矛盾：系统可用的快速调节能力，无法匹配工业负荷的剧烈波动与高可靠需求。

- **速度失配**：冲击性负荷（如轧机、提升机）功率在毫秒至秒级剧烈变化，而柴油机、燃机等传统主力电源的调频响应速度为秒至分钟级，响应速度跟不上负荷变化。
- **支撑失配**：电弧炉、大电机启动等场景，需要电网提供瞬时大容量无功功率以支撑电压稳

定，而光伏、风电等新能源电源不具备主动提供这种电压支撑的能力。

- **控制失配：**孤岛系统中，新能源、储能、柴油发电机及多种负荷缺乏统一的毫秒级协同控制机制，容易因动作不同步引发系统震荡，或在故障时扩大停电范围。

1.3 我们的主张：生产可靠始于电力系统可靠

对于连续运行的流程工业，电力系统的可靠性是生产可靠性的先决条件。必须从源、网、荷、储的动态耦合关系出发，进行顶层设计与全局优化，这正是我们一切工作的核心逻辑。

第二部分：核心——源自重工业基因的方法论

我们的方法论，诞生于对重工业负荷本质的深刻理解。

2.1 顶层设计：基于流程工业知识的预判

- **基因传承：**我们源自国家级工业传动与自动化平台，深谙大惯量设备如何启动、冲击负荷如何影响电网、复杂故障如何引发在工艺链条中的连锁反应。
- **仿真先行：**在方案阶段，我们即采用高精度仿真工具，模拟您生产流程中的各类典型与极端工况，确保系统韧性源于设计，而非事后补救。

2.2 核心技术栈：与工艺流程深度耦合的主动支撑系统

我们的系统是一个能够主动预见、抵御并吸收电网扰动，保障生产连续性的有机整体。

- **主动构网与多机并联：**采用构网型变流器技术，使储能系统具备自主建立并维持稳定电网的能力。通过虚拟阻抗与协同控制算法，实现多机并联功率均分与环流抑制，支撑系统灵活扩容与可靠运行。
- **毫秒级无缝切换与故障隔离：**融合电压、频率、阻抗等多判据，实现 $\leq 10\text{ms}$ 的孤岛精准识别与并网无缝切换。自适应保护策略快速隔离故障，防止扰动在工艺链中扩散。
- **抗扰动与系统防崩溃：**储能系统提供瞬时惯量与功率支撑，平抑冲击负荷与新能源波动。机网协调控制系统（GEMS）执行“毫秒-秒-分钟”多时间尺度协同控制，确保系统在极端工况下稳定不崩溃。

2.3 大脑：智慧能源管理系统（EMS）

EMS 是微电网的上层优化中枢，在确保电网安全（由 GEMS 保障）与生产连续的前提下，以能效最优或成本最低为目标。

- **工艺协同优化：**内置钢铁、化工、矿山等典型生产场景的调度策略库，通过与 PLC、DCS 系统交互，实时匹配发电与负荷，支撑稳定生产。
- **开放式工业平台：**支持 IEC61850、IEC104、EtherCAT、Profinet 等多种工业协议，可

无缝接入现有自动化架构。

- **价值导向型运行：**通过可再生能源最大化就地消纳、负荷精细化调度与需量控制，实现系统整体能效提升与用能成本节约。

第三部分：验证——源于严苛工业现场

我们的能力，由项目背书。

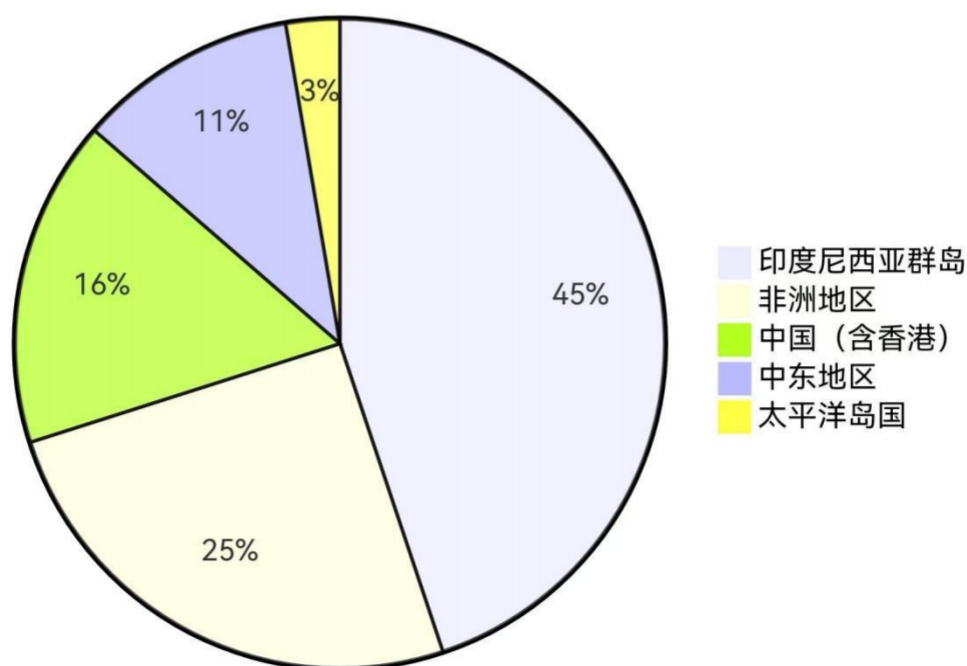
3.1 权威身份与标准

- **出身：**天津电气院——中国工业电气传动与自动化领域的国家级技术归口单位。
- **话语权：**深度参与多项国家相关标准制定和验证工作。
- **认证：**产品与系统满足流程工业最严苛的安全、并网与电磁兼容标准。

3.2 工业项目实证

- **全球工程实践：**我们的高可靠工业微网解决方案已深入全球资源核心区域与工业基地，在亚洲、非洲、中东等地拥有数十个极端工况下的成功项目经验。

- **累计装机规模：**工业微网储能累计投运>1GWh
- **项目数量：**>100 个
- **覆盖国家/地区：**中国偏远矿区、东南亚、非洲、中东等无电、弱电地区
- **项目分布（按区域，MWh）：**



项目分布图

- **标杆案例深度剖析：**

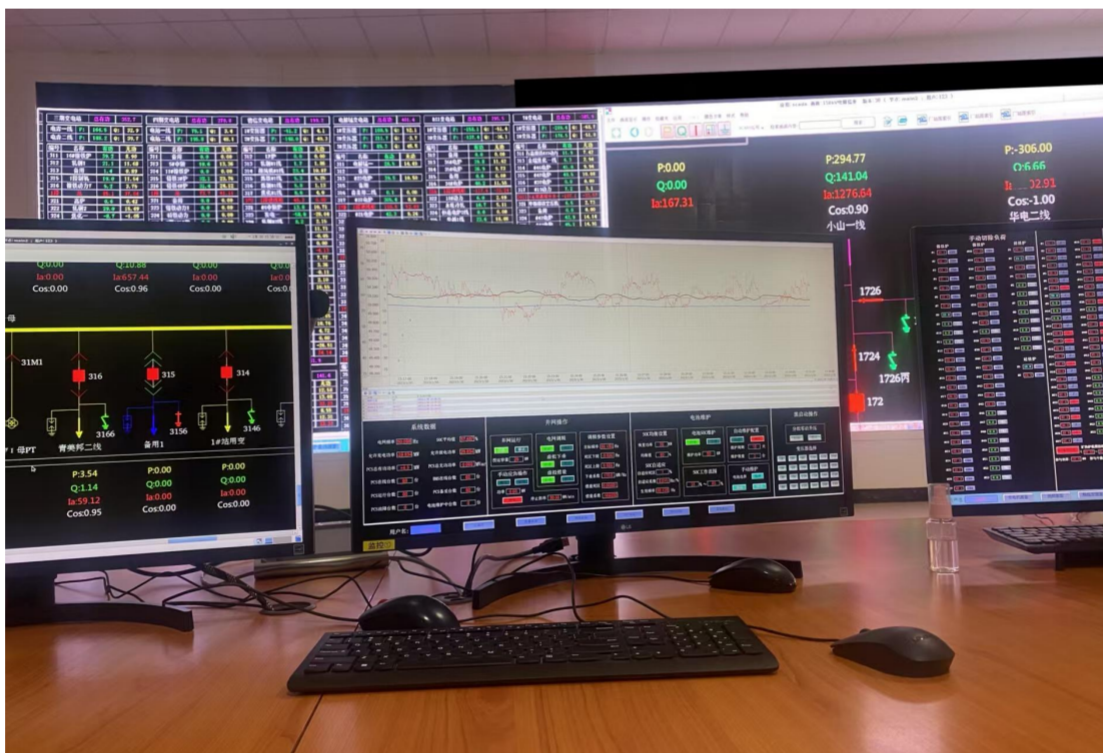
1. 项目名称：印尼矿区孤岛电网储能项目

· **行业：**矿山冶炼

· **挑战：**矿区孤岛电网为百兆瓦级镍金属冶炼负荷供电，负荷冲击剧烈。原有柴油发电机响应慢、惯性小，系统频率电压极不稳定，频繁威胁全矿区连续生产，且柴油发电成本高昂。

· **我们的方案：**部署 60MW/60MWh 构网型储能系统，该系统主动提供惯性与瞬时功率支撑，平抑冶炼负荷的秒级冲击，并将柴油发电机调整为高效、平稳的基荷状态运行。

· **交付价值：**1) 稳定生产：根本性提升电网频率稳定性，保障核心冶炼负荷连续生产；2) 经济效益：通过调频与优化发电，每天节约电量约 60 万 kwh，年节约电费超 8000 万元人民币。所释放的电网容量每年可额外创造 2 亿元供电收益。3) 行业标杆：该项目成为全球大规模工业孤岛电网绿色升级的标杆，验证了通过“光储柴”融合，高载能产业可在保障可靠性的同时实现低碳转型。



系统监控图

2. 项目名称：巴斯夫湛江一体化基地中压 UPS 项目

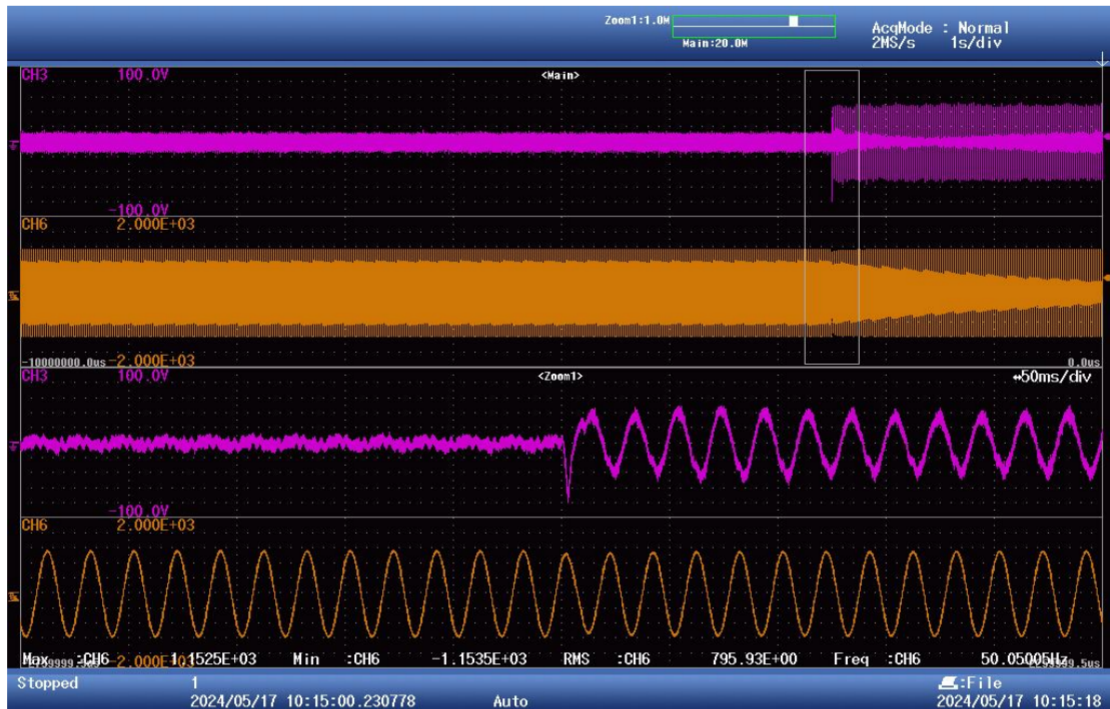
· **行业：**石油化工

· **挑战：**巴斯夫连续化生产对电压波动“零容忍”，毫秒级的电压暂降或中断即可能导致反应失控、安全风险及巨额财产损失。其生产装置高度集成且自动化，任何一个单元的电力扰动都可能引发全厂范围内的连锁停产。传统基于机械切换的备用电源方案，其切换时间（通常大于 100 毫秒）完全无法满足此级别的保护要求。

· **我们的方案：**为其核心装置定制开发 10KV/10MVA 中压 UPS 系统。该系统以高速

功率转换与中压固态开关为核心，结合电网在线监测与故障判断装置，实现从故障侦测到无缝切换的全过程在 10ms 内完成。在电网故障时，系统可瞬时无缝接管负载，并协调柴油发电机启动，形成多层次保护。

· **交付价值：**系统投运后，彻底消除因电网抖动导致非计划停车的风险，保障了单套价值数亿元生产装置与工艺安全。项目以领先的技术方案和高标准工程执行，通过了巴斯夫全球严苛的安全与质量验证，成为其战略供应链中的可靠能源合作伙伴。



系统波形图：HSS 切断瞬间 HUPS 电压无缝切换同时接管负载功率

3. 项目名称：马达加斯加石墨矿光储柴微电网项目

· **行业：**矿山冶炼

· **挑战：**矿区地处偏远孤岛，无公共电网。完全依赖柴油发电，面临三项挑战：1) 燃料成本极高且波动大；2) 柴油机连续运行，可靠性差、维护难；3) 大型采矿设备启停导致电网冲击，威胁生产安全。

· **我们的方案：**以一套 8MWh 构网型储能系统为核心，整合 7.1MW 光伏与 2.5MW 柴油发电机，构建离网微电网。

· **交付价值：**1) 可靠运行：实现全年离网无人值守运行，关键负荷供电可靠性超 99.99%，彻底杜绝因电停产。2) 极致降本：柴油机日均运行时间从 24 小时降至 1-2 小时，全场油耗降低 95% 以上，年省柴油约 2000 吨，直接燃料成本节省达数百万美元。



项目现场图

3.3 全生命周期伙伴承诺

我们提供从前期咨询、系统设计、工程实施到长期运营支持的“全生命周期”服务，成为您生产体系中最可靠的能源保障合作伙伴。

结语：选择确定性

当电力可靠性关乎企业核心利益时，选择意味着信任。我们邀请您选择的，不仅仅是一项技术，更是一个拥有相同工业血脉、理解生产之重、并值得将核心能源安全托付的长期伙伴。

让我们，为您的核心生产保驾护航。

开启对话

让我们共同应对您的能源挑战

联系我们 | Contact Us

Address: 中国·天津市河东区津塘路 174 号

Web: <http://www.tried.com.cn>

Mail: lihuimin@tried.com.cn

Tel: +86 22 84376168, Cell: 15001324981



天津电气院
TRIED

| © 2026 TRIED. All rights reserved | Document: MG-SOL-2026-CN-01 | Engineered
for the World's Most Demanding Industries