美国电网现代化改造的市场机遇与中国电力设备出海

作者：SVSAC 硅谷战略顾问委员会

核心判断

美国电网现代化为设备企业提供观察窗口，能否参与取决于产品适配、采购规则与本地交付能力的共同作用。对企业而言，值得优先推进的是：从具体设备和目标客户出发，评估标准、供应商资格、服务半径和交易约束，再决定渠道投入。本篇结合公开资料与分析，讨论企业可以如何识别机会、组织能力并安排下一步投入。

关键词：电网现代化；电力设备；美国市场；中国出口；采购合同；市场准入；供应链

SVSAC - sv-sac.org

美国电网现代化为设备企业提供观察窗口，能否参与取决于产品适配、采购规则与本地交付能力的共同作用。

我们的建议是：从具体设备和目标客户出发，评估标准、供应商资格、服务半径和交易约束，再决定渠道投入。企业可以先据此梳理自己的产品、客户、能力与投入边界，把讨论推进到可以分工、可以验证的具体任务。

对管理层来说，这个议题值得放进经营议程。围绕“先做什么、凭什么做、做到哪一步再扩大投入”形成共识，往往比同时铺开多个方向更有推进价值。下文保留相关资料、比较和推演，供企业判断自身条件与行动顺序。

第一章 核心问题、市场边界与分析方法

1.1 从“电网投资热潮”到可实现的设备市场

近年美国电力投资、数据中心接入需求和老旧资产更新被频繁概括为一个庞大的“电网市场”。对设备出口研究而言，宏观支出数字只是问题的起点，而不是出口额的代理变量。一个项目即使进入长期规划，也可能因负荷预测、选址、成本分摊、许可或利率变化而延期；即使获得监管批准，也未必立即完成招标；招标与框架协议不等于具有不可撤销义务的设备订单；订单交付之后，收入确认还取决于合同条款、验收和会计处理。不同环节的主体、时间窗口和统计口径都不同。因此，本次分析不把“美国宣布投资多少”直接乘以设备占比，也不把负荷预测或输电规划项目数写成中国企业的潜在销售额。

本篇要回答三个相互关联但可分别检验的问题。第一，美国电网现代化的支出与规划需求，通过何种制度和采购链条，才会转化为变压器、开关设备、导线、保护控制和电力电子等设备的可竞争订单？第二，哪些已经公开可观察的供给约束会影响市场的交付时点、产品规格和可得供应商范围？第三，公开资料能支持怎样的中国企业出口机会判断，哪些关键条件仍不能由现有数据确认？研究观察截止日为 2026 年 10 月 23 日；动态政策、税则和贸易措施仅作为该日可检索的制度快照，不构成之后进口报关的税率意见。

分析单位不是“美国电网整体”，而是一个“项目阶段—设备类别—采购主体”三元组。例如，一个区域输电规划中被列入候选的线路，与一家具备资金来源、通过州级选址程序、发布设备技术规范并发出采购订单的变电站项目，不属于同一成熟度。设备类别也必须细分：大型电力变压器的设计和运输约束，不能用低压配电变压器或标准化开关器件的交期代替；产品属于同一 HS 税目，也未必具有同一工程用途或采购资格。本篇围绕电网设备工程链展开，重点分析项目状态、

SVSAC | sv-sac.org

产品适配与采购兑现；对适用法规和合规要求仅作解释采购证据所需的范围区分，不对任何具体产品作合规、通关或可售保证。

1.2 研究边界与证据规则

“电网现代化”在此指输电、变电、配电及其运行控制相关的新增、替换、扩容和数字化资产，不包括所有电源侧资本支出，也不把数据中心内部不属于公用电网采购的 UPS、机架配电和冷却设施自动计入。EIA 按公用事业财务报表汇总的输电、配电资本支出，可说明历史投资规模及变化方向，却不能识别每一美元中哪些是设备采购、土建、土地、工程服务或内部软件。其全国数值也不会自动落到特定州、特定项目、特定电压等级或海外供应商。[1]

本篇把市场证据分为五级，并在行文中明确其含义：

1. **需求与规划**：预测、综合资源规划、输电需求场景、系统评估中的需要量；它说明“可能需要什么”，不证明已批准支出。
2. **预算与监管/董事会批准**：企业资本预算、州公用事业委员会核准、联邦项目授奖或其他资金承诺；它表示资金或项目授权向前推进，但不一定等于采购承诺。
3. **招标与采购**：技术规范、询价、招标书、供应商入围、采购框架协议；招标可能取消、拆分或重新招标，框架协议也可能没有最低采购量。
4. **订单与交付**：供应商披露的订单、合同积压、生产排期、出货和验收；订单可被修改或延期，积压可能跨产品、地区和客户，不能全部归给美国公用事业或 AI 负荷。
5. **收入与投运**：财务报表确认的收入、设备安装和资产投运；收入反映已发生的商业活动，却未必能单独识别其最终需求来源。

该阶梯不是说各阶段之间有固定的转化率。市场份额分析若没有项目级链接，就不能把某一阶段的资金量“折算”为订单概率。本篇对公开文件作制度和机制分析，属于证据综合，不对未来销售额作实证估值，也不主张存在一个从规划到出口的稳定转化系数。若未来获得可逐项链接的公用事业采购记录、海关申报微观数据及供应商订单地域拆分，才可进一步检验这些阶段的转化率。

资料来源按用途分工。DOE 关于大型电力变压器和电网供应链的报告用于解释工程复杂度和历史供给瓶颈；EIA 资本支出用于识别已报告的公用事业投资方向；FERC 规则用于说明区域输电规划与成本分配程序，而不把规则出台当作线路已经获批；公司公告及申报用于观察供应商投资和报告口径；Census、USITC 及 USTR 资料用于确定商品统计和政策核查入口。政府研究可能引用访谈、行业

SVSAC | sv-sac.org

估计或特定年份样本；企业发布的投资、市场需求和交付能力叙述具有商业披露目的。二者都不能单独证明中国供应商取得具体订单。

第二章 从投资需求到设备可获得市场：一条有损耗的转换链

2.1 规划需求如何形成项目，但尚未形成采购

电力系统的“需要”可以出现在不同制度环节。公用事业本地规划通常针对设备老化、负荷增长、可靠性和接入申请；区域输电规划则比较跨区或区域方案。FERC 1920 规则及 1920-A、1920-B 后续命令，要求适用的输电规划者采用长期区域规划流程、考虑不少于 20 年的情景视野、定期复评，并评估长期区域输电设施及其成本分配；FERC 自己的说明同时保留了规划者工程判断与州监管者参与空间。[2],[3] 这使未来需求和潜在设施进入更系统的比较流程，却不会自动给某一条线路、变电站或变压器安排资本预算，更不意味着其技术规范已冻结。

这里存在一个容易误读的“规划即市场”推理。规划情景使用数据中心增长、发电资源变化或州政策假设后，模型可能显示新增输电容量有净收益；然而，该结果首先是特定输入条件下的系统比较。州际成本分配、线路选址、土地和环境许可、联邦或州审批、成本上限及替代方案仍可能改变项目范围。FERC 程序还涉及先选出潜在长期设施、再确定成本分配框架；各区域的合规申报、州参与和后续项目审查存在时滞。因此，公开规划表适合标识“需求出现在哪里、哪些设施值得进一步评估”，不宜把总规划投资量视为已承诺采购。

历史资本支出提供第二种、成熟度更高但仍然有限的信号。EIA 依据主要公用事业向 FERC 提交的财务报告汇总指出，按 2023 年不变美元计，2023 年输电系统支出为 277 亿美元，较 2003 年近三倍；配电投资为 509 亿美元，2003 至 2023 年增加 314 亿美元。EIA 还报告 2023 年线路变压器投资为 75 亿美元，比 2022 年增长 23%，配电变电站设备支出为 61 亿美元。[1] 这些是历史报告期的支出统计，不是 2026 年以后承诺的工程预算。它们也覆盖电网更新、恶劣天气韧性、可再生能源接入、普通负荷增长等多种驱动因素，无法从合计值分离出“AI 数据中心份额”。所以它们可以证明设备相关支出具备现实基线，却不能识别未来特定产品的可争取市场规模。

2.2 资本预算、审批、招标、订单、收入不能混为一谈

从规划走向采购至少需要五道实际过滤。第一，项目发起方须确定负荷、设施位置、容量、建设年份和可靠性要求。第二，资金要落入公用事业资本计划、监管核准的费率基数或项目融资中。第三，需有监管、董事会、州/联邦项目或其

SVSAC | sv-sac.org

他适用程序支持。第四，采购主体把设备要求转译为工程规格、测试要求、交期和合同风险分担。第五，供应商的制造能力、分包件、运输和现场安装条件要与施工窗口匹配。任一环节的变化都可能使采购拆分、推迟或取消。

EIA 所说的资本支出是财务统计，不等于监管委员会已批准的多年投资回收；监管批准也可能覆盖项目组合或成本上限，并不代表全部物料已订购。政府授予的拨款或贷款则是资金机制，其受款人、匹配资金、里程碑条件和项目范围需逐一读文件。招标公告只证明询价或竞争程序已启动，采购框架合同可能是多个潜在供应商的资格或价格机制，并非每家都能收到最低数量。对于设备制造商，财报“订单”或“积压”有其会计与披露定义，可能包含全球业务和多种终端市场；除非披露明确到国家、客户和产品，否则不能推定其中有多少来自美国输电公用事业。收入则可能在发货、验收或履约期间确认，时点不等于新订单签发日。

这一差别可用状态转换而不是市场乘数来表达。假设一个公用事业在长期规划中提出变电站扩容；只有当替代方案评估、成本回收、站址、电压等级和施工时间表逐步明晰时，规划需求才会成为可招标范围。若项目最终采用替换现有设备而非新增容量，市场中可采购设备数量与初始模型估算就不同；若以延寿、动态额定值或网络重构解决瓶颈，设备组成也可能转向软件、传感或控制装置。即便变压器招标落地，合同也可能要求本地备件、服务团队、验收测试或分阶段交货。该链条说明机遇来自工程采购的具体节点，而不是宏观数字本身。

2.3 电网资本开支中哪些部分更可能变为设备采购

输电侧潜在采购通常包括主变压器、断路器、隔离开关、互感器、继电保护、控制通信、导线和相关站内设备。配电侧还包括配电变压器、开关柜、重合器、架空与地下导体、计量和配网自动化。不同类别的单价、数量、设计定制程度、供应商结构和施工配套差异很大。把美国全口径输电和配电资本支出按某个平均设备比例分摊，会混淆工程、土地、土建、软件和设备采购，更会掩盖不同项目的技术架构。

美国 DOE 2024 年大型电力变压器韧性报告描述了 LPT 的采购链：制造商预审、竞争性投标、按用途设计、制造测试、特种运输和最终安装。报告强调设备昂贵、定制化且尺寸重量使最后数英里运输具有显著成本和难度；特定电压、阻抗、安全附件和地方要求都会影响设计。报告援引其与国内生产商的交流，称当时交期可达或超过 36 个月，同时指出专用钢材叠片、特种铜线和熟练劳动力会造成延误。[4] 这些陈述支持“LPT 从订单到可投运并非标准货物物流”的机制判断，

SVSAC | sv-sac.org

但 36 个月是 2024 报告的历史信息，并不自动代表 2026 每种变压器的报价交期；报告也不是对所有变压器型号和供应商的随机抽样调查。

DOE 2024 年供应链工业基础回顾则称，2023 年输配电设备组件交期平均约 38 周，接近前一年两倍，成本同比上升近 30%。[5] 该统计聚合多个组件和设备类，不能直接套用至每一台大型电力变压器或某家出口商的工厂。其用途是说明短期扩产时供应链并非单一“厂房产能”问题：原材料、关键部件、工装、测试设备、工程设计、认证流程、熟练工人以及运输能力均可能成为瓶颈。即使新增设备投资公告金额很大，产能形成也需要时间，且新增产出可能先满足已有订单积压。

2.4 “市场机会”需要地域、技术与采购主体的三重筛选

可获得市场应限定为：在具体时间范围内，有资金路径、技术规格、采购主体且可通过公开或商业记录确认采购行为的设备范围。首先是地域筛选。全国规划投资不能告诉我们负荷和变电站坐落于哪些州或哪个公用事业的服务区，也不能反映当地审批与互联流程。其次是技术筛选。电压等级、功率、短路能力、阻抗、环境条件、监测通信接口、安装空间和标准化程度会决定产品是否可替代，具体适用的合规要求仍须依据产品、用途和采购场景逐项核验。再次是采购主体筛选。美国公用事业、区域输电组织、承包商、数据中心业主、设备 OEM 和系统集成商可能在不同合同层级采购；在某一层供货不等于直接向电网运营者销售。

因此，中国出口机会宜先被表述为“可检验假设”：若美国某类设备存在已公开采购需求、供应端交期较长、采购方允许国际供应、产品与工程规格及当地供应链服务相容，且到岸成本、贸易措施、融资和售后保障满足采购评价，则海外供应商可能参与竞争。每个“若”都是需要证据的条件，而不是结论。相反，如果项目强调本土制造、采购规则设置来源限制、客户要求本地库存和快速现场服务、跨境税费吞噬成本优势，或所需型号并无闲置产能，即便总需求旺盛也可能没有可转化订单。

第三章 可核验的供需与交付瓶颈

3.1 关键设备供给受定制生产、关键投入与运输共同约束

设备供给并非简单地看工厂名义年产能。对于大型主变压器，采购方通常需要特定规格；设计变更会影响铁芯、绕组、套管、冷却、运输重量和测试安排。DOE 报告指出制造商预审和竞争招标先于设计与生产，设备在制造后仍须试验、

SVSAC | sv-sac.org

安排运输和安装。[4] 这意味着订单簿可能先占用工程资源，工程确认时间也会进入交期。若采购方通过预先标准化设计、共享备用设备或接受有限规格组合减少定制，潜在好处是缩短工程及库存周期；但代价可能是工程最优性下降，且不同电网的故障水平、接口条件和保护协调不能任意统一。标准化不是可无成本套用的“快速扩产”方案。

原材料与关键部件可能带来第二层约束。DOE 报告明确列出专用钢材叠片和特种铜线，以及技术工人可得性等延误来源。[4] 供应链回顾的平均 38 周统计意味着即使总装工厂有空档，核心部件也可能限制实际排产。[5] 供应商扩产公告可作为行业对需求和能力缺口的判断信号，但不代表设施已建成、设备已通过客户验证、爬坡良率达标或全部产能都可供出口。Hitachi Energy 于 2025 年宣布对美国关键电网设施投入超过 10 亿美元，其中约 4.57 亿美元计划用于弗吉尼亚州新大型电力变压器工厂，并称将扩展多处既有设施。[6] Siemens Energy 于 2024 年宣布在北卡罗来纳州扩大变压器运营，公告称投入 1.5 亿美元，并计划新工厂在 2026 年初开始制造首台变压器。[7] 这些公开公告说明供应商正投资增加本土能力；它们本身是公司计划，不是经核验的已交付产量或可供第三方的剩余产能。新产线何时爬坡、何种规格、由哪些客户预订，仍须以后续工厂投产、订单和财报验证。

运输、现场准备和安装亦可能构成关键路径。大型设备常需专用运输许可、桥梁/道路承载检查、轨道或驳船协同、站址吊装条件和基础改造。DOE 关于末端运输困难的说明尤其提示，国际贸易中的“出厂可交货”不等于电网项目能按时投运。[4] 进口供应商若产品交期短但目的地物流复杂，或到港后仍需现场改造、复测和本地服务，其项目总交期可能并不占优。反过来，国内生产也不保证及时交货：美国工厂同样受订单积压、部件、劳工和测试能力影响。交付竞争应比较从设计冻结至现场验收的总周期，而不能只比较名义制造时间。

3.2 资本支出增长是需求信号，未必等于需求缺口

EIA 报告的输配电历史投资增长可与供应链延误相互参照，但两者不能被解释为同一因果量。支出上升有可能来自设备价格上涨、材料成本和工程复杂度增加，也可能来自更多线路、变电站和设备更新；EIA 指出 2023 年配电资本投资增长，与老旧设备更新、新线路和变压器、应对极端天气及接入间歇性资源有关。[1] 因此，更高支出不必然意味着等量增加实物设备数量。本项 EIA 序列已按 2023 年不变美元计，不应把其实际增长直接归因为一般通胀；但设备品类、相对价格、工程范围和容量仍可能变化，故实际资本金额也不等于新增台数。对其他未

SVSAC | sv-sac.org

平减的名义序列，另须区分通胀影响；若单用台数，又会忽略容量、电压等级和工程范围差异。

还有反向情形：供应链短缺可能导致公用事业把一部分项目延期，短期订单减少却与长期基础设施需求不变并存；或者某批设备招标数量上升，反映延后多年项目集中补库，而非持续可复制的年需求。企业公布的大额积压也可能是多个市场和多年交付的合同总额，不能视作即时产能缺口。因而判断市场供需须并列观察采购活动、产能扩张、交期、取消/延期、价格与投运数据。单一指标出现异常时，替代解释至少包括项目集中度、产品规格组合、通胀、劳工短缺、物流拥堵、审批时序及设备寿命更新周期。

3.3 贸易数据和关税信息能说明什么、不能说明什么

Census 的国际贸易数据可按 Harmonized System 分类，支持月度和年度进口、出口及贸易伙伴检索。[8] USITC 的 DataWeb 提供按 HTS 商品分类的官方贸易数据，USITC 维护的 2026 年 HTS 则用于查看美国税则结构和当前统计编码。[9],[10] 这些工具适合回答历史上某类税目货物从何处进入、数量与金额如何变化；但 HS/HTS 是商品分类，不是设备的工程用途标签。一个税目可能包含多种静态变流器或变压器用途；零件可能归入不同项目；贸易金额也不告诉读者进口货物被哪个州、哪个公用事业或哪个数据中心项目使用。公开贸易数据更不能区分某个美国工厂的中国母公司投资与自中国直接进口的最终设备。

截至研究截点，2026 版 HTS 仍应按具体 HTSUS 统计编码查阅；该年内美国对华贸易措施也有行政行动和生效日期变化。白宫 2025 年 11 月贸易安排公告称，对华“提高后的互惠关税”暂停至 2026 年 11 月 10 日，在暂停期间保留 10%的互惠关税。[11] 这一点仅说明该公告所涵盖措施的当时政策安排，不等同于电力设备的最终综合税率。报关责任还可能涉及基础最惠国税率、既有 301 措施及其产品范围、其他法定附加税、原产地规则和当期生效修改；具体适用需以准确商品分类、原产地、进口日期及 CBP/HTS 有效注释核查。本篇不根据宽泛的“电力设备”名称列出统一税率，不判断哪家中国企业或某一设备可享受豁免，也不给出通关保证。政策快照具有易变性，任何商业决策都须在交易时重新查证。

更重要的是，进口统计只呈现已发生的边境贸易，而美国电网需求与出口商业机会之间还有招标、供应商准入、融资、履约担保、现场服务与长期保修等环节。即便某一 HTS 类目对华进口增长，也可能由非电力公用事业应用、库存补充、价格变化或非 AI 负荷驱动；即便历史进口占比低，也可能是本地产能强、市场集中、采购偏好或分类差异所致，并不独立证明市场壁垒。故本篇将贸易数

SVSAC | sv-sac.org

据作为供给结构的旁证，和具体项目采购资料、供应商产能与政策条文结合使用。

3.4 对出口市场判断的含义与证据边界

从供需证据可得出的有边界判断是：美国公用事业历史输配电资本开支规模可观，且 DOE 公开材料记录了若干关键设备在交期、价格、部件和运输方面的压力；企业也宣布在美国投资扩产。这共同构成设备领域值得进一步逐项跟踪的需求与供给信号。[1],[4],[5],[6],[7] 但目前公开材料不足以把这些信号转成中国厂商未来订单份额或出口收入预测。尤其是国内扩产与进口供应可能互为替代，也可能在不同产品层级互补；某个国家总进口增长与具体设备制造商的订单来源并非同一个统计概念。

后续可操作的验证路线应以项目为轴：建立输电/配电项目清单，记录批准机关与日期、项目状态、采购主体、设备类别、电压/功率范围、招标和授标状态、预计交期以及投运年份；再用供应商财报、公告、采购数据库和 Census/USITC 贸易数据交叉核对，并把未公开字段标为未知，而非插补成订单。项目层样本还应区分新建、替换、韧性加固和数据中心专用接入，避免把所有网架投资都归因于 AI。若无法获得标前采购与供应商地域拆分，可报告“从规划到可观测授标的漏斗”而不报告出口市场规模。

该方法也有自身限制。采购记录可能分散在公用事业采购系统、监管案卷和承包商合同中，且部分受商业保密限制；HTS 分类与实际用途错配；公司公告选择性披露成功案例和计划产能；政策执行常以进口时点与商品归类为准，而非企业营销口径。任何基于公开资料的中国企业机会图谱都应附带来源时点、设备边界和未知项，不能将分析性推断表述为已经确认的商业机会。本篇后续依据可核验的区域项目和供应商披露比较竞争条件；这些案例仍不足以预判具体产品的市场准入结果。

第四章 公共资金与项目状态：从“入选”到采购的证据阶梯

4.1 联邦资金是催化工具，不是设备需求的统一口径

联邦项目通常先确定法定额度和资助重点，再发布资金机会公告；项目申请、评审入选、授奖谈判、签署财务援助协议、履约、采购、交付和验收依次发生。不同公告中的“投资”“承诺”“选中”有各自定义，不能直接合并。对出口研究而言，联邦资金能定位一批具有公开项目说明的需求，但资金也可能用于工程设计、线路施工、软件部署、社区利益和劳务成本，并不等于设备采购预算。

SVSAC | sv-sac.org

DOE Grid Resilience and Innovation Partnerships（GRIP）项目说明，截至2024年10月18日，第二轮已宣布约42亿美元联邦投资，覆盖47州及华盛顿特区的46个项目；DOE页面另称第一、第二轮合计已宣布105个入选项目、总资金76亿美元，页面说明信息反映截至2024年12月的情况。[12] 这是官方“入选”口径而不是所有项目已签约或已采购的数量。DOE监察长2025年5月报告回看，截至2024年9月，Grid Deployment Office仍与44个项目处于授奖前谈判阶段，已执行的GRIP award有13项，横跨三类资助机制。[13] 该数字是特定时点和审计范围的快照，不应被误读为整个GRIP轮次的最终完成率；但它直接说明“项目选中”和“签署正式授奖”之间存在可观的行政与合同转换阶段。

项目进入财务协议后，采购仍未必发生。受款人可能需要完成环境审查、成本分担、州许可、土地权、互联研究和前置工程设计，才能确定招标包。联邦资金也不一定由设备最终买方直接持有：州政府、合作社、公共事业、项目开发商或研究机构可能分别是主申请人、共同申请人和实际采购者。若供应商只按资助公告中的项目总额推算潜在设备收入，就会把工程与非设备预算、成本分担资金和尚未确定的采购安排一并误作可捕获市场。

4.2 两种项目状态的对照：TFP容量合同与SPARK入选

DOE Transmission Facilitation Program（TFP）提供一个更接近项目融资成熟度的例子。DOE说明，容量合同是其为合资格输电项目购买部分拟议容量，以降低开发商风险、帮助项目获得其他客户与投资者承诺的融资工具。2024年10月，DOE选择四个第二轮项目进行附条件容量合同授予，拟承诺约15亿美元，项目预计新增近1,000英里输电线路和7,100 MW能力，覆盖路易斯安那、缅因、密西西比、新墨西哥、俄克拉何马和德克萨斯。[14] “条件性”是关键限定。TFP页面说明首轮在2024年签署了便利协议；达成发展阶段条件后，DOE才与输电提供方签署明确资金义务的容量合同。DOE还可能在新客户认购足够后、商业运行前退出承诺；若线路完成后仍未被其他客户充分认购，DOE才依约开始支付容量合同款。[14] 因此，容量合同不是设备采购合同，也不代表变压器、断路器或导线已向特定厂商下单；它改变的是线路融资风险与项目可融资性。

2026年SPARK提供另一种阶段辨析。DOE于2026年3月宣布约19亿美元资金机会，重点为增容导线、先进输电技术和现有走廊升级。[15] 9月24日，DOE宣布31个项目入选、覆盖26个州，拟涉及超过1,500英里线路重导线或重建、近21,000英里部署电网增强技术，并预期增加超过23 GW可用能力。[16] 但官方入选材料明确写明，项目细节来源于申请材料，仍“可能随正式财务援助协议最终

SVSAC | sv-sac.org

确定而变化”。[17] 这个例子呈现出一个有用分辨：资金机会已转成项目选择，项目清单也足以辨认可能涉及的设备类别和地区；但计划里程、容量增益和项目价值仍是受款申请内容，尚不能当成已施工、已形成订单的绩效观测。

DOE 2026 年 SPARK 项目入选材料列出 Alabama Power Company（阿拉巴马电力公司）的申请叙述，称计划升级线路、部署先进技术以支持东北阿拉巴马大型数据中心、工业制造和商业设施负荷。[17] 原清单把 1803 Electric Cooperative 另列为路易斯安那项目，二者不能混为一个申请人。这一案例能说明“大负荷–输电扩容–先进技术”如何进入联邦资金项目的叙事和申请范围；它不能证明数据中心最终落地、该项目会选择何种厂商、采购何种品牌，或该公用事业负荷已计入实际峰值。将申请文本当作客户订单会越过资金审批、正式协议、许可和采购多个阶段。

SPARK 材料也表明，新增市场未必表现为一条全新高压走廊。不同申请可能采用重导线、线路额定值、监测与控制等组合；部分项目通过既有通道提升传输能力，从而减少新建走廊的土地与许可需求。[16][17] 这可能把采购价值从新建线路土建和传统一次设备的一部分，转移到导线替换、监测传感器、软件、通信、保护协调、站端改造和施工服务。该变化是项目技术组合的含义，不是断言新建输电设备需求将下降；原有线路容量、地区电气条件、可靠性目标和所需增益都会改变选择。

4.3 取消、重审与时点风险：项目金额并非确定性

财政与行政程序也可能逆转。一方面，DOE 2025 年 10 月宣布跨多个办公室终止 321 项财务援助 award、涉及 223 个项目和约 75.6 亿美元；名单来源包括 Grid Deployment Office、EERE、MESC、OCED 等多个办公室。[18] 该公告摘要没有提供足以将其中金额归到特定 GRIP 轮次或设备采购品类的完整明细，因此不能据此认定某笔 GRIP 资助或设备订单已取消。它只能作为政策风险的总体反例：即使某项资助已经授予，后续个案审查、申诉和合同状态仍可能改变资金路径。审计报告也指出 GRIP 需改进内部控制及对外部项目管理的支持，反映授奖管理能力本身会影响项目推进速度。[13]

这类风险对供应商有实际含义。若厂商据新闻稿提前投资专用产能，而采购方尚未签署设备合同，需求确认与产能承担之间就存在时滞错配；如框架合同尚未触发最低采购，风险仍在供应商一侧。若订单采取阶段性通知开工（notice to proceed）或附带许可条件，报价有效期、原材料锁价、延迟赔偿和产能预留费用

SVSAC | sv-sac.org

会影响双方风险分配。公开资料通常没有披露这些合同细节，研究者不能擅自推定厂商已获得不可撤销订单。

因此，本次分析把项目级成熟度标成“规划/资金机会/申请入选/正式授奖/主要许可完成/采购招标/授标/制造/现场交付/投运”十类状态；对于仅有新闻稿或计划性描述的项目，保留“可能变化”标签。将来进行市场数量化时，应只对可确认的采购招标或授标范围计入“已进入可采购市场”，并对授奖前和规划阶段分别做情景，不把二者混成一个总额。

第五章 设备类别与价值链：市场不是一种“电力设备”

5.1 按电网功能而非出口企业目录界定设备

电网采购的技术分层大致沿着输电通道、变电站、配电网络和运行控制展开。输电通道涉及导线、杆塔或支撑结构、绝缘子、线路监测、线路保护和通道工程；变电站包含主变压器、断路器、隔离开关、互感器、母线、保护继电、控制和通信系统；配电侧可出现中低压开关柜、配电变压器、重合器、馈线自动化、计量和地下电缆；运行控制类还包括传感器、软件、通信、数据平台和调度接口。每类资产的采购者、替换周期、设计冻结点、试验和现场服务模式不同。行业出口统计中宽泛的“电气设备”并非同一工程市场。

市场规模比较首先需要按设备类别和采购用途切分；本节说明设备分类如何影响“潜在市场”统计：统计口径若把大型电力变压器、配电变压器、静态变流器、线路传感器和软件服务混合，设备价格、单位数量、生命周期、海关编码和本地服务要求都会失去可比性。相同名称也可能包含不同技术配置，例如变电站断路器的额定电压与开断能力不同，不能按台数简单比较；同一额定值下，是否包含数字保护、通信、控制集成和交付服务，也会改变合同金额。

5.2 既有线路增容把采购组合从“新建”推向“改造与感知”

DOE 将电网增强技术（GETs）描述为用于提高既有线路利用率的一组硬件、软件和分析工具。动态线路额定值可以根据实时天气和线路条件更新可用热容量；电力潮流控制设备可将功率从拥塞线路转向剩余容量线路；传感与分析工具采集运行状态，改善操作人员判断。[19] DOE 2024 输电互联路线图把先进导线、动态线路额定值、电力潮流控制和线路开关等列为替代输电技术，并指出这些技术需在规划或互联研究中评估其成本、可行性和节省时间，而不是一概替代传统网架。[20]

SVSAC | sv-sac.org

在硬件供应链上，先进导线或重导线工程需要与现有塔体、绝缘、接头、施工窗口和线路运行限制匹配；线路评级依赖传感器精度、通信可靠性、软件算法、基线设定、操作流程以及保护系统协调；潮流控制方案则依赖网络拓扑、潮流路径和系统保护。它们不是“买一台设备就释放确定容量”。如果新增容量需要同时加强变电站、保护定值、通信或局部线路，设备包会跨越多个采购部门。对设备供货商而言，单件产品能力只是进入项目的条件，工程兼容、数据接口、故障责任、现场调试和长期支持也可能影响授标。

需求的反例同样重要：在温和天气或特定潮流下，某条线路因采用保守静态额定值而显示有可挖掘容量；但若热浪、风速变化、雷击故障或其他线路停运，运行限制可能不同，模型中的额外容量未必可全年保证。动态评级解决的是“按条件测量和运用现有线路能力”的一类问题，不能创造无限传输容量。先进导线可以通过更高热容量或降低下垂实现线路增容，但仍可能受端点变电站、稳定极限、短路能力、路权与走廊条件和并网结构制约。因而以技术名义容量直接估算可销售设备和电力增益，会忽略系统瓶颈转移。

2026 年 SPARK 选择案例强调重导线、先进输电技术、既有通道利用和新增容量，显示联邦计划可能把近期、现有走廊改造作为政策重点。[16],[17] 但项目材料本身是申请阶段概要，且 DOE 说明将待财务援助协议定稿而可能变化。规划机会可支持“某些设备及服务需求进入项目评审范围”的判断，不能据此确认最终设计、具体招标份额或厂商来源。

5.3 价值链分层影响谁能获得设备收入

电网项目至少有三个商业层级。第一层是设备原厂或组件制造商，提供导线、断路器、变压器、保护控制或传感器等。第二层是系统集成商、工程采购施工承包商、专业线路承包队或软件供应商，负责技术设计、系统兼容、施工、调试和整体履约。第三层是业主/运营方，如公用事业、合作社、市政电力单位、输电项目公司或大型负荷业主，决定资本计划和采购策略。三层之间可能有直接供货，也可能通过总包商、OEM、经销商或本地服务商转售和集成。

供应商并非只与同类产品制造商竞争。若项目要解决的是线路拥塞，某种软件、潮流控制或重导线方案可能与新建线路、变电站扩容、负荷管理或更改运行约束竞争。若设备只作为一个大型 EPC 包的子项，技术价格优势可能被整体履约能力、质保和赔偿责任抵消。若采购方高度重视故障后的快速响应，拥有附近备件仓、维修队伍和既有客户装机记录的供应商可能比出厂价更低但服务网络薄弱

SVSAC | sv-sac.org

的供应商更有优势。相反，对小型标准件或短周期备件，分销商库存与交付速度可能比本地自建工厂更关键。

具体“采购责任图”必须按项目合同识别，不能把 RTO/ISO 当作设备买家。区域运营者可制定并运行规划流程、选择区域输电设施或组织市场，但线路资产可能由成员公用事业或独立输电开发商拥有，设备由资产业主或 EPC 采购。配电公司直接负责本地网设备；某些大型负荷也可能自行投资专线、站内变电和备用供电，并把接网边界之外的设备交由公用事业采购。若只观察项目的新闻发布者，会把政策协调者、项目开发者、资产所有者和实际采购人混为一谈。

5.4 技术替代与采购市场的限制

更高层级的市场测算应建立“问题–解决方案–设备包”映射，而不是用统一设备比例套资本支出。比如，某区域“传输能力不足”可能来自线路热极限、潮流分布、稳定性、电压支撑或变电站设备额定值；各机制对应的替代方案不同。某个模型建议新增变电站容量，不表示最终会采购原型设备；经营者可能选择重导线、潮流控制、局部改造、储能、需求响应或新建通道。另一种竞争解释是，某些项目数据中心负荷增长并不是唯一触发因素，可能同时由老旧资产替换、发电接入或可靠性标准驱动。

公开层面容易观察到投资公告或技术名称，却难看到完整规格、供应商资格和总拥有成本。若用项目总预算估计一类进口设备的 TAM，必需有设备包的预算占比、招标标的数量、各类竞标供应商及项目最终授标记录；目前这些公开链条尚未在全国范围连续可得。故第 5 章所述设备层级只用于组织后续调查和建立类目，不作为市场规模估值。一个有效市场清单至少需记录设备类别、额定范围、是否替换或新增、独立采购/总包范围、业主边界、计划招标季度和来源文件状态。

第六章 谁采购、谁集成、谁负责：从项目结构寻找销售入口

6.1 采购者不是规划者的同义词

区域输电组织（RTO）或独立系统运营商（ISO）可能识别区域需求、组织规划、运行市场或管理成本分摊流程，但这不意味着它在每个项目中拥有线路资产、直接招标全部设备或对供应商付款。资产可能归属既有公用事业、合作社、州级公共机构或独立输电开发商；建设合同可能由输电项目公司签署，设备包再由 EPC 承包商、线路承包商或设备 OEM 分层采购。配电资产通常由本地配电公用事业规划并采购，某些大负荷项目则可能由负荷业主自建站内设施，同时由公

SVSAC | sv-sac.org

用事业负责接网边界之外的系统升级。市场分析应对每个项目建立“提需求–批准资金–拥有资产–签署 EPC—下设备订单–验收付款”责任链。

实际的采购路线会影响潜在出口商能否见到标书。若公用事业直接发出变压器或开关设备 RFP，供货商通常要进入该公用事业的合格供应商或工程标准体系；若总包商取得设计、采购与建设合同，设备制造商可能先向 EPC 或系统集成商报价；若项目按框架协议采购，实际调用量则取决于采购订单或工作任务单。无论是哪一种，RTO/ISO 的规划文件通常只能确认系统需求或项目入选，不能替代资产业主的采购记录。

这种路线存在可竞争与封闭采购两种情形。公开竞争招标可能增加新供应商获取报价机会，但采购方也可能采用现有框架、指定兼容设备、依赖长期供应商名单或将设备与调试服务合并采购。国内分销商或 OEM 也可能持有库存并转售进口产品。反过来，直接对终端公用事业销售虽可能减少中间层，却增加工程规格回应、现场服务、信用、合同责任和长期质保要求。没有公开采购文件就无法判断具体项目采用哪一种模式，也不能从采购公告标题推断企业是否可直接投标。

6.2 公开公司资料显示的渠道结构

从顾问工作的角度看，渠道判断需要落实到具体买方和合作条件。建议企业同时比较产品适配、交易责任、交付要求与资金占用，以合作质量安排开发优先级。

Hubbell 2025 Form 10-K 把其 Utility Solutions 描述为公用事业网侧和网缘设备业务，覆盖避雷器、绝缘子、连接器、套管、外壳、开关、智能电表、通信、保护控制和高级计量基础设施。其披露说，这一业务的产品主要通过分销商销售，也有直接向公用事业销售；公司客户还包括 OEM、承包商、批发商、通信公司和零售渠道。[23] 这说明“出口商要找一个公用事业客户”的想法可能不完整：某些设备通过当地分销网络进入，某些由 EPC/OEM 采购，另一些则由业主直接购买。Hubbell 的披露是单一供应商的渠道实践，不能推广成全行业统一规则，但它可以证明公用事业设备市场存在多层销售模式。

在合同层级上，设备制造商需要确定报价责任覆盖到哪里：仅供货、工厂验收测试、现场安装、保护与控制集成、软件更新，还是多年维护与备件补充。若供应商并不负责现场施工，故障后责任可能分散于设备 OEM、承包商和业主；若供应商承担整体性能保证，则需控制相关工程接口。跨境供应商可以通过经销、代理、OEM 合作、本地合资或美国子公司参与不同层级，但这些方式改变的不仅

SVSAC | sv-sac.org

是关税归类和销售佣金，还包括库存、售后响应、质保责任、数据访问、责任保险、争端解决与合规尽调成本。此处仅为合同结构分析，不构成某种渠道一定更优的建议。

6.3 供应商选择并不只看首购价

设备采购的综合评价通常要比较技术规格适配、总交货时间、价格、质量记录、可靠性、维护成本和服务水平。Hubbell 年报将产品表现、可靠性、质量、技术创新、价格与服务水平列为竞争因素，并指出不同产品线的竞争者数量和规模不一。[23] 对复杂网架设备而言，低首购价未必降低全寿命成本：如果产品不兼容、调试缺件、现场返工或停电时间延长，项目的施工和可靠性风险可能超过购置价差。若是易替换的标准件，采购可能更看重供应商报价、可交期和分销库存；若设备失效会影响关键输电走廊，则既有运行记录和可应急维修能力可能权重更高。权重如何设定须从实际 RFP 和授标文件判断，不可把这套工程逻辑冒充为统一法定采购标准。

第七章 可观察的供应商订单与本土扩产：热度不等于可出口的缺口

7.1 财报订单和积压可以验证景气，但不能直接算出美国电网进口需求

上市设备企业披露为观察供应商市场状况提供一类不同于政府需求预测的证据。GE Vernova 在 2025 年第四季度业绩公告中报告，其 Electrification 业务 2025 年订单 193 亿美元、同比有机增长 21%，收入 96 亿美元、增长 28%；设备积压增至 305 亿美元，同比增加 105 亿美元，公告称需求来自欧洲、中东、北美和亚洲多个地区。[21] 这比规划投资更接近真实商业合同和收入，但仍是全球分部数据；该分部不仅包含美国公用事业输配电设备，也包含不同地域和电气化产品。因此，订单与收入差异可以提示供应链排期和合同转换，而不能单独识别美国市场份额或 AI 需求份额。

Eaton 在 2026 年第二季度披露 Electrical Americas 当季销售 40 亿美元，较 2025 年同期有机增长 18%，过去 12 个月滚动平均订单有机增长 41%，6 月底该业务积压同比增长 33%。本段引用的 2026 年第二季度公告把订单增长归因于“广泛终端市场强劲”，未将增幅拆给数据中心或公用事业；集团合并销售增长含 7 个百分点收购贡献，该数不能移用为 Electrical Americas 分部的收购贡献，也不能把集团整体销售变化当成纯有机需求增长。[22] 这表明订单热度可能强于当期确认收

SVSAC | sv-sac.org

入，积压可指向未来产能排期；却不告诉我们某批订单是否来自公用事业、在美国哪一州交付、供哪类工程使用，或能否由中国供应商替代。

Hubbell 的 2025 年报提供另一种不完全一致的行业信号。公司披露 Utility Solutions 2025 年净销售约 36.7 亿美元，同比增 2.0%；其中有机销售增约 1.1%，主要由低个位数价格增长、部分抵消低个位数销量下降所推动。公司认为，若公用事业采购显著波动，其 Utility Solutions 业务会受影响。[23] 同一报告披露其在 2025 年底“认为确定”的积压订单为 21.59 亿美元，与 2024 年底的 18.98 亿美元相比增加；但该积压是两个业务分部合计，并非单独的输电公用事业、AI 数据中心或美国市场订单。除约 2,000 万美元多年期仪表和电网监测合同外，绝大多数年末积压预期在 2026 年交付；年报也指出公司多数收入来自库存产品或短制造周期产品。[23]

这组资料构成重要的反例。GE Vernova 和 Eaton 披露大幅增长的电气业务订单，Hubbell 公用事业产品分部则报告有机销售仅温和增长且销量略降。表面相反并不必然表示其中一家错误，至少有几种可检验解释：GE Vernova 的全球电气化分部产品组合不同于 Hubbell Utility Solutions；Eaton 业务同时暴露于数据中心与工业建设；并购改变了名义收入和产品组合；积压数据含跨期交付；而公用事业需求可能集中于某些变压器、开关或监测细分产品。它们共同说明行业指数或少数龙头的销售，不能替代按设备类别、最终市场和交付地区拆分的供给数据。

7.2 产能公告、投产和可供市场的产量是三件事

设备企业近年的美国扩产公告增加，既反映管理层对需求和订单机会的评估，也意味着海外供应商将面对更强的本土供给。GE Vernova 于 2026 年 7 月公告扩大宾夕法尼亚州 Charleroi 设施，称这是其 1.38 亿美元持续投资的一部分，计划至 2028 年增加约 275 个岗位、加强电网关键设备国内生产。[24] Siemens Energy 于 2026 年 2 月宣布美国投资 10 亿美元计划，范围包括北卡罗来纳、阿拉巴马、纽约、得克萨斯和佛罗里达扩建，并计划在密西西比建造新开关设备工厂。[25] Eaton 于 2026 年 4 月宣布在内布拉斯加新建制造设施并投资超过 3,000 万美元，增加中压开关柜的美国生产能力，产品用于数据中心、公用事业和工业系统。[26] 这些公告均为企业的扩产计划或完成阶段描述，须按每家公告的原文区分“预计”“在建”“已投入生产”；不能把投资额直接当成产能、可用库存或市场份额。

投产也是供应能力链条中的中间环节。设备产线要形成可供某项工程的产能，还需配置关键部件、生产工装、检测设备、工艺认证、熟练劳工、质量追溯和客户认可。若工厂扩建投产，首先可能用于交付既有积压，且新品需要在采购

SVSAC | sv-sac.org

方的不同电压等级、保护方案和气候要求下完成工程确认。企业公告提到“增加国内产能”有助判断本地制造竞争将增强，但如果没有后续可核查的出货量、交期和产品类别，不能据此量化替代进口的数量。

相反，进口并不自动等于供应商缺位。全球厂商可能已经通过美国子公司、已在美制造工厂、当地维修商或授权分销网络供货。一个跨国品牌从母国进口部件、在美国完成组装或维保，海关来源统计也不等于其全部产业价值来源。中国出口企业的竞争对手既包括美国制造商，也包括在美运营的欧洲、日本、韩国及其他国际企业；“中国供货”还可能经由美国境内的组装、分销和系统集成渠道完成。分析应按制造地点、法律销售实体、原产地、系统集成和售后责任分别记录，而不能仅以公司总部国籍或品牌国籍划定竞争边界。

7.3 服务能力与地域履约是订单转化的组成部分

对网架关键设备，采购者购买的往往不只是工厂交货的单件硬件，而是一种跨越工程设计、试验、安装、调试和生命周期维护的履约能力。当地服务的价值通常在故障频率低时不易从报价看出，却可能在设备故障、施工延误或备用件不匹配时快速上升。该机制可由设备后果与合同责任推导，但尚不能据此断言所有美国公用事业都强制要求本地制造或服务中心。真实门槛应查 RFP、供应商资格规则、保修条款和客户的既有装机记录。

对于中国出口商，可检验的供应链选项包括：在美国聘用合格服务承包商、通过本地经销商保持关键备件、与 EPC/OEM 分包、许可本地维修、建立美国组装/测试环节或投资本地制造。选择取决于订单类别、售后频度、贸易措施、投资成本和规模阈值。无论采取哪种形式，都可能引入额外成本和风险，包括库存积压、当地劳动与保险、法律实体责任、技术资料和数据管理、产品责任索赔及跨境供应中断。若只将工厂出厂价与美国竞争者报价比较，遗漏这些项目就会高估毛利与可持续订单能力。

本章基于上市企业报告和官方扩产公告，能确认特定时点的订单积压、销售、公司计划及渠道描述；不能确认厂商交期是否缩短、哪些客户订单最终投运，或中国企业的中标概率。后续若要识别实质出口机会，优先追踪公司公告中可对应到具体设备和地域的授标、采购订单、工厂投产与发货记录，并与公用事业采购文件交叉验证。企业分部数据若没有地域或终端市场拆分，就只作为景气度旁证。

SVSAC | sv-sac.org

第八章 进口成本与本土内容规则：从“能不能卖”到“哪一种项目可以买”

8.1 设备的进入条件不是一张关税表

中国电力设备制造商面对的美国市场规则至少分为三条独立链：海关对商品分类与原产地的判断、进口货物的适用税费和贸易救济、特定项目或资金来源附带的本土采购条件。它们适用对象、决定机构与时间节点都不同。把它们压成“美国保护主义成本”一个数字，会把商品自身税率与项目合规条件混淆，也会错误地假设每一家公用事业项目都由联邦采购规则管辖。

第一条链从实物商品开始。美国国际贸易委员会（USITC）发布并维护《协调关税表》（HTS），商品税目不是供外国供应商自行选择的销售标签，而取决于产品的客观特征、功能、结构和归类规则。多绕组变压器、静止变流器、开关设备、控制柜、零部件和成套系统可能落入不同税目；不能只因都用于“电网升级”就用同一税率。HTS 的国际协调通常到六位数，之后美国统计后缀和税率可能不同；USITC 也明确提醒外国出口商给出的本国税号不必等于美国 HTS 号。[27] 归类还会受到设备是完整机器、零件还是组合成套单元的影响。某个项目若同时买变压器、保护继电器、通信模块和控制软件，合同项下的实物装运、组合关系、估价与原产地材料会决定申报分析，不能在看不到 BOM、产品结构和入境文件时作出确定归类。

因此，市场测算的最低可复核单位应是“产品配置–十位 HTS 号–原产地–入境日期–项目条款”，而非“输配电设备”总类。一般税率只是其中一层。以大型液体介质变压器为例，HTS 第 8504.23 税目包括额定容量超过 10,000 kVA 的相关变压器，其普通税率与适用贸易措施须分别读取当前版本的第 85 章和第 99 章附加税条款；本篇尚未取得支持第 8504.23.00 与 9903.88.01 及 25%之间具体挂接的原段，不以该精确组合计算税负。[27],[30] 这不是“所有电网产品均加 25%”的命题，也不等于进口商最终缴纳总税额的完整计算。产品排除、税目注释、其他独立措施、原产地、申报日期与商品配置都可能改变结果。近年的新贸易行动可能引入新的 99 章条款或例外，故本篇只报告截至 2026 年 10 月 23 日查阅到的官方规则结构，不把某个非官方计算器的合计率当作海关结论。

第二条链是原产地，而不是商标总部所在地。设备由中国品牌在第三国组装、由美国子公司销售或经美国分销商转售，不会仅凭这些事实自动改写原产地；反过来，跨国公司总部在美国也不能证明具体货物为美国原产。原产地判断可能涉及实质性转变等法律规则，具体商品须按适用规定评估。出口商应能沿供应链保存关键部件来源、制造步骤、装配地点、成本构成、最终测试和运输记

SVSAC | sv-sac.org

录。海关原产地与 BABA 项目资格亦不能互相替代：一个商品被认定为美国原产，未必自动满足具体联邦资助项目要求的制造品成分计算；一个产品满足某一项目的国内内容条件，也不当然证明其在任何关税用途下的原产地结论相同。

第三条链是项目合同条件。公用事业、州政府、合作社、联邦受资助的州/市政府项目和联邦机构直接采购，可能分别面对不同条款。对商业市场而言，进口设备交纳适用税费并满足工程验收后，原则上仍可成为某些私营或州级项目的候选；对纳入联邦资金条款的基础设施项目，国内含量要求可能下传至受款人、分包商、合同和采购订单。出口机会因而是产品与项目的交集：同一电力设备在一个完全私营的扩容项目中可参与竞争，却可能在另一个联邦资助项目中须证明国内制造内容、申请项目豁免或被排除在投标之外。这些是条件化路径，不构成任何具体供应商的通关或中标保证。

8.2 BABA、Buy American 与豁免：覆盖范围和证据程序

《基础设施投资与就业法》（IIJA）中的《建设美国、购买美国法》（BABA）为联邦财政援助的基础设施项目建立国内内容采购偏好。DOE 的公开说明称，对含公共基础设施项目的有关 DOE 财政援助奖项，2022 年 5 月 14 日当日或之后新发、续期或作任何资金修改（包括延续、补充或增量/追加资金）时，条款需落实到受资助基础设施中使用的钢铁、制成品和建筑材料；受款人还必须使要求流转至下游采购合同和分包关系。[28] 这不意味着所有由私人资本投资的数据中心供电工程都自动适用 BABA，也不意味着某个公用事业在所有采购中都必须按同一套百分比执行。决定因素是项目是否属于法规意义的基础设施项目、适用联邦奖项及其条款、设备类别、合同纳入方式和具体豁免，而非项目名称里是否出现“电网现代化”。

在 DOE 对 BABA 的说明中，钢铁制成品、其他制成品和建筑材料分属不同类别。对于一般制成品，若无豁免，制造品须在美国制造，且美国开采、生产或制造的组件成本须超过所有组件成本的 55%，除非适用法律或规章另有标准；钢铁产品则涉及从初始熔炼到涂层在美国完成的流程要求，建筑材料也须按对应的制造过程定义判断。[28] 此处应防止把“最后一道组装在美国”与“所有适用的国内内容条件均已满足”画等号。设备包含钢材、线圈、绝缘介质、传感器、断路器部件及控制组件时，最终如何分类为钢铁产品、制成品或项目采购包组成部分，需结合适用规则和具体奖项文书，并保存组件成本与来源材料。面向现场销售的市场报告如果没有项目招标条款、BOM 和受款人声明，就不宜断言一类产品在联邦资助项目中绝对可用或绝对不可用。

SVSAC | sv-sac.org

豁免不是自动免税或面向全市场的准入许可。DOE 说明其可以基于公共利益、美国市场没有足够数量/可得性/满意质量，或本土合规材料使项目总体成本增加超过 25%等法定理由，针对特定奖项或一般适用范围评估豁免；申请需要说明相关项目、商品、数量、国别、市场调研和国内投标努力，并接受 DOE、OMB 审查及不少于 15 日的公众评论程序。[29] DOE 也提示审查可耗时，最终可能部分批准、驳回或附加条件。[28],[29] 对商业决策的含义不是“有豁免就可依赖进口”，而是供应商必须让受款方有足够可审查资料证明申请理由，且审批与时间存在风险。若配套资金和施工期限有严格节点，等待豁免本身就可能削弱该方案的商业价值。

一个 2026 年的具体程序例子显示这种条件性。DOE 公开的 BABA 2026-29 项目特定非可得性豁免草案，针对佛罗里达 Fort Pierce Utilities Authority 使用 72.5 kV 死罐式断路器的单一 GRIP 项目；申请材料称，业主在 2024 年 3 月至 12 月进行了市场尽调，指定型号是既有电网统一标准，偏离会要求重新工程设计并产生兼容、维护和停电风险。[31] 该文件是拟议豁免草案，不是批准决定，也不证明全美市场缺少同类产品。反而它显示项目方申请理由可能不仅是“本土没有货”，还包含既有设备标准化、重新设计和运维成本；这也构成一个反例：即便某外国设备技术可用，买方也可能因既有网架兼容性而优先维持现有型号。另一方面，具体个案的理由不能机械外推至其他电压级、地区和设备型号。

联邦机构直接采购的《购买美国法》（BAA）与 BABA 是另一套路径。FAR 条款依据合同标的把供应品、建筑材料或主要由钢铁构成的物品分组，设置偏好、组件含量或豁免规则，且适用条款可随采购方式与贸易协定门槛而变化。[32] FAR 52.225-9 关于建筑材料的定义和门槛展示，分类和价格评估甚至可能随年度、产品是否属于 COTS 及铁钢占比而变化；对相关建筑材料，规则还要求在合理价格申请中把送达地点的交付成本与适用关税纳入比较。[32] DOE 的 2026 年指南解释 BAA 联邦合同采购中的一般国内含量条件，但其归纳不能代替具体合同中的 FAR 条款。[33] 因而，出口商不应仅凭“由美国联邦资金支持”推断适用 BAA 而忽略 BABA，也不应因一个项目适用 BABA 就把其测试标准套在所有商业公用事业项目。

8.3 关税变化、到岸成本与项目窗口的错配

贸易成本可按层次表示，而不可把每一层都误称“税率”。对给定产品 (i)、来源国 (o) 和入境日期 (t)，可定义研究用到岸成本：

$$LC_{i,o,t} = P_i + F_i + I_i + C_i + \Sigma_j D_{i,o,t,j} + K_{i,o,t}$$

SVSAC | sv-sac.org

其中 (P) 为货价，(F) 为国际运输，(I) 为保险，(C) 为港口、清关、内陆运送等费用，(D_j) 为适用的各类进口税/贸易救济税，(K) 为原产地证明、代理、测试、合规和合同安排产生的成本。它是分析记账框架，不是海关估价法规的替代，也没有预设利润、税率或运费。不同贸易措施可能使用不同计税基础、适用条件和豁免；若数据仅有公司年报所报“营业成本”，不得反推其某条进口设备的实际完税价。

时间变量 (t) 重要，是因为政策既可能因 HTS 年度更新改变分类或统计后缀，也可能在政策生效、到期、暂停、延长或法院审查时改变。USITC 页面记录 2026 年 HTS 至少经历多次修订，截至 2026 年 10 月已有 Revision 21；HTS 修订说明应与所用税目和入境日期绑定，而非仅引用年度 PDF。[27] 文献 34 所列排除延期仍是待核线索，本篇不采用未取得对应原段的 2026 年 11 月 9 日到期断言；实际适用范围和期限须以对应第 99 章及延期文件核对。[34] 因此，若采购周期是 18 个月，今天可用的排除未必在下一次交付时仍然有效；若设备在项目现场本地组装，进口的是部件，则该部件排除和最终成套设备原产地要分别看。对于已进入美国的货物，特定入境日期和申报状态仍然关键。

截至 2026 年 7 月，USTR 又发布对多个经济体的 Section 301 行动，按国家组别规定附加税率和产品例外；中国被列入 12.5%的一般类别，该税率是该行动按国别组别设定的一般附加税率，具体货品是否适用仍取决于附件清单与 HTS 注释；部分类别另适用 MFN 净额规则、豁免或对其他贸易措施货品的排除。[35] 最终通知将新增税适用于美国东部时间 2026 年 7 月 24 日凌晨 12:01 起消费入境或从保税仓提取消费的货物；此前已装船并进入最终运输段、且 7 月 28 日凌晨 12:01 前消费入境或提取消费的货物有过渡例外。Annex I 新增美国注释 52(f)对列明 HTS 税号及其条件下的商品规定不适用该新增税，涉及所列金属、汽车及零部件等类别；另有 Annex I/II 产品例外。不能仅由“受第 232 条”标签推定个案当然豁免。[35] 因此，这一新增税不得机械叠加到其明确排除的 232 货品，也不能通过一个总税率折算成每件中国电气设备的应缴总税。产品的 HTS 子目是否受原有中国技术转让/知识产权 301 清单覆盖，是否符合某项有效排除、是否适用新行动的附件豁免、是否另有第 232 条钢铝衍生品或其他措施，都须逐条核对现行 HTS99 章注释和 CBP 实施指引。美国政府和 USITC 明确指出，HTS 附加税索引是查询入口，最终需以规则、注释和实施文件确认。[30],[35] 本次分析因此把政策负担作为产品级、日期级情景参数，不在本章给出一个涵盖所有输配电设备的“对华税率”。

SVSAC | sv-sac.org

关税变化还可能改变采购的决策顺序。进口商、EPC 或业主通常需要在投标时锁定报价、到货日期和风险分担；但海运交付的交期、入境时间、库存所有权和合同中的关税变更条款，未必与项目开工、采购订单或补助资金核销时间一致。若贸易税费在报价后上升，固定价合同可能把风险推给承包商或供应商；若合同设有价格调整，则采购方预算不确定性增加。若订货在有效排除到期前入库但交付或转售在到期后，影响如何分配取决于入境事件、原始采购关系、监管规则和合同条款，不能从新闻稿的政策标题直接推出。分析公开项目时应分别标示招标、授标、下单、入境、现场交付和最终验收时点，而非用“宣布采购年份”替代税务时点。

8.4 原产地与本土化如何改变可争取市场，而不构成准入保证

本土含量规则至少以三种方式改变竞争边界。第一，它可使某些联邦援助项目中非合规货品失去资格或需要豁免。第二，规则产生可审计的组件来源与成本记录负担，可能给有美国制造或透明供应链的竞争者带来结构性优势。第三，它也可能提高项目成本和交付风险，从而激发限期、定向豁免、替代配置或项目延期。DOE 对豁免理由和审查程序的规定及其项目级草案实例显示，这三种效应可以同时存在，而非简单地认为“本土化消除进口”或“豁免使进口恢复竞争”。[28],[29],[31]

制造商可以评估多条进入路径：从海外直接销售、通过美国分销商/工程总包集成、在美设立销售与售后实体、在美进行最终装配，或与本地厂商形成 OEM/合资供应。每一路径都可能改变商业成本、供货时间、质保责任、对采购条款的响应和合规凭证能力，但“美国装配”本身并不能保证满足 HTS 原产地规则、BABA 组件含量、BAA 合同条件或其他特定激励的国内含量测试。具体测试规则有各自的定义和例外；DOE 对 BABA 的说明要求相关制成品的美国组件成本超过 55%，FAR 的某些类别另有时间进度、铁钢特殊规则和 COTS 条件。[28],[32] 因而，在美加工有可能提升合规适配性，却并非对所有设备和项目都有相同边际价值。

从市场估计角度，可以把潜在采购分成三个不重叠层次：第一，项目技术上可用且采购文件无特定国内来源限制的交易；第二，须满足可核验的本土内容或本地合同能力要求才能参与的交易；第三，当前规则下不满足条件但有可能申请项目豁免、通过本地合作或变更工程设计进入的交易。第二层需要逐项取得招标文件、资助条款、供应商证明和评标要求，第三层还需要把审批时间和失败风险计入。以联邦援助金额或某个州的输电投资总额乘以出口份额来估算中国设备市

SVSAC | sv-sac.org

场，会把第一、第二和第三层全部当成可自由销售市场，既漏掉合规门槛，也忽略本土厂商扩产和既有供应商渠道。

本章所述规则以 2026 年 10 月 23 日的公开版本为准。法规版本能帮助研究者确定应查哪些材料，却不是针对具体商品的海关法律意见；出口商仍需对照入境日期有效的 HTS、CBP 执行指引、原产地事实、合同条款与相关奖项文件。第九章转向采购流程的可观察材料，进一步讨论一笔项目从资格预审进入到供应商报价、授标和合同履约之间的证据距离。

第九章 供应商进入采购流程：注册、资格、报价与订单不是同一件事

9.1 供应商入口是一条分阶段通道

对跨境制造商而言，最常见的误读之一，是把“供应商已注册”当作“已获准投标”，再把“受邀投标”当作“已成为供应商”。实际采购流程通常至少有四级：登记供应商基本信息；采购方筛选某一商品或业务类别的候选人；按具体招标文件提交响应并通过商务、技术与风险审查；最后完成供应商入驻、合同和采购订单。公开材料只显示一层时，不应推断后面各层也已完成。

National Grid 的美国供应商网页将此顺序写得很清楚：新供应商需注册，注册是参与采购机会的第一步，但不保证符合资格或完成入驻；采购方代表会联系被选中进一步审查的企业，符合资格后才进入最终入驻，且只有完成入驻后才能收到采购订单。[37] 页面还说明，供应商通过 Ariba 网络接收采购订单、提交发票、管理目录和查看付款；不同采购订单可采用不同交货条件，页面列出 EXW、CIF、FOB 及 Delivered Duty Paid 等编码。[37] 这既是管理系统门槛，也是风险与成本分配机制：谁承担国际运费、保险、进口清关和关税，何时货权/风险转移，必须在实际采购订单中落实。网页上出现“DDP”选项不表示电力设备合同一定由供应商承担进口税费；它只证明该采购体系容许对不同交易配置交付条件。

注册信息本身可能包括公司法定名称、税务资料、收款与银行资料、产品范围、保险和合规声明等。这些资料维护会产生固定成本，但不代表采购方已核验具体设备型号，更不代表它承担过实际交付风险。出口企业可以通过美国分销商或本地 OEM/集成商降低直接进入终端采购系统的前期成本；相应代价则可能是渠道利润、客户关系由中间商掌握、对终端工程要求反馈较慢、合同责任与售后依赖伙伴能力。直接进入终端公用事业名录可以增加获取采购机会的可能，却不

SVSAC | sv-sac.org

能确保获得询价或订单。渠道的经济性须与产品类型、采购规模、在美库存、合同责任和服务网络一起分析，不能仅比较产品出厂价格。

9.2 采购包如何切分决定谁能报价

公开招标文件可能把一笔项目拆成设备供货、工程设计、安装施工、现场调试、保护控制集成、备件和维护等不同合同包。也可能把工程与设备合并，由 EPC 承包商或总包商选定 OEM。若公用事业直接招标指定设备，制造商或经销商可按设备包报价；若 EPC 承担整体性能与进度，设备生产商可能在总包商的分包商筛选中竞争；若既有供货框架已经把型号和供应商锁定，外部企业即使技术相当，也未必有独立报价入口。

合同责任的边界尤其重要。设备报价可能包含工厂交货、送达公用事业仓库、现场安装、试验/验收、培训、备件，或仅含设备本体。若报价采用 F.O.B.起运地，买方可能承担运输与在途风险；若采用送达或 DDP 方式，销售方的成本和清关责任可能更大。工程延期的赔偿上限、外部事件免责、价格调整和数量选择权，也会影响供货商的真实报价。对跨境企业而言，这些合同条款会把货币汇率、海运、关税、港口滞留、现场协调和索赔风险变成可观测但经常未公开的成本。

因此分析“可争取市场”时，先问谁有权签采购单、什么部门持有预算和技术规格、项目是公用事业直接购买还是 EPC 转采、供货是否受既有框架协议约束，再判断某外部 OEM 是否在该项目的报价入口内。只凭 DOE 项目名单、RTO 规划图或公用事业资本预算无法回答这些问题。即便招标文件公开，文件也只反映招标发起时的要求；授标记录、合同签署、采购订单及交付记录才逐步显示项目是否从机会变成交易。

9.3 区分合格资格与设备认证专题

本次分析关注市场进入和合同履约；产品安全认证或型式试验仅在解释采购证据时作必要区分，不在此展开其技术要求。此处所需的仅是采购分析层面区分：供应商资质审查确认一个企业可以参与某类交易或承担特定合同责任；产品合规材料支持设备满足招标规格和适用法规；特定产品认证/型式试验则可能证明型号在规定测试条件下达到要求。三者可能在采购文件中相互引用，但不互相替代。

采购方可先排除合同责任能力不足的主体，再评估设备对设计规格、接口、交付、质保和运维的适配。工程质量文件通常嵌入具体招标或合同：业主定义电压、短路容量、安装接口、文件和交期要求；供应商提交满足性表格、异常清

SVSAC | sv-sac.org

单、制造商/型号和质量证据；采购工程师核对偏差；授标后项目经理再跟踪图纸批准、制造、检验、发运、到货与验收。任何具体标准、证书或测试过程都须结合产品、用途和采购条件解释，不能包装成普遍适用的市场准入门槛。公开项目文件的价值在于显示客户如何把抽象规格转成合同条件，而不是替任何出口产品提前判定符合性。

9.4 从采购日志判断机会成熟度

建议研究者把采购事件编码为互不等价的节点：招标计划/预告、供应商资格登记、RFI/RFP 发布、投标截止、报价开启、评审/谈判、委员会批准、正式合同、采购订单、工厂生产/发运、现场验收和付款。每个节点代表的证据强度不同。公用事业宣布“寻找设备”或发布 RFP，只能证明采购过程启动；董事会批准签约说明已进入授标授权，但可能仍附有合同、履约保证或预算条件；合同已执行也不等于全部数量均下单，若合同包含期权、上限价或分年度调取，真实数量仍需按 PO 验证。

为衡量中国供应商的潜在进入，需另设“供应商来源”字段：投标法律主体、OEM 品牌、制造工厂、最终组装地、分销商/总包商、原产地、服务合同承担者。公开数据常只显示经销商和品牌，不能判断制造地点；公司总部所在国更不能替代原产地。若一个公用事业项目采购了美国分销商销售的外国品牌设备，进口货值、美国渠道毛利和项目合同价值都不是同一概念。更不能用项目整体造价推算设备制造商能够取得的收入。

第十章 公共采购案例：从公开招标到已授权合同，再到仍待启动的设备需求

10.1 Grant County PUD 高压断路器：公开招标、单一投标和合同风险配置

我们的立场是，把责任与适用条件提前说清楚，有助于提高合作效率。企业可以据此把合规准备、合同沟通和能力建设列为同一项目的工作项，在投入扩大之前核实关键前提。

Grant County Public Utility District（Grant PUD）在 2024 年公开了 115 kV 和 230 kV 高压 SF6 断路器重新招标文件，并将授标议案带入委员会程序。文件称投标于 2024 年 9 月 5 日公开开启；呈报的 Irby Electrical Utilities 报价列明由 GE Grid Solutions 供货，基础报价 1,481.889 万美元、增项报价 1,505.131 万美元。已读合同及决议支持单一报价和授权，但本次分析尚未核到 24 家取件及无预审的对应原

SVSAC | sv-sac.org

段，不采用这两项细节；公开招标本身不证明多家实际报价。[36] 委员会决议认定该投标符合商务与技术要求，低于工程师估算，并授权与俄勒冈州波特兰的 Irby 签订 29,870,200 美元合同，另加适用销售税。[36] 这是一笔有董事会授权且对手方明确的交易，证据强度高于项目规划或设备需求预测；它也说明供货渠道可以由美国分销商担任合同方，OEM 在其下游提供设备。公开文件并没有显示 GE 设备的工厂国家、海外零部件占比或产品制造价值分配，因此这例不能证明外国 OEM 已直接进入公用事业采购，更不能用合同额等同某一外国出口收入。

同一招标文书显示，设备需求按电压、额定电流和开断能力等项目切分，包含基础数量与可选增项；采购方要求投标方报告制造商、型号、工厂地点、供货内容与交期，并保留对满足文件条件的提案作商务和技术评估的权利。[36] 此外，第 7.O 项在说明制造与服务保障理由后规定，投标人或其拟供制造商须在北美拥有并维持可随时提供文件所需材料的服务机构。这一具体准入条件不能简化为只报制造地点与报价，也不等于设备必须在美国制造；实际符合性仍须按本合同其他条件判断，不能推广到所有公用事业。上述细节的市场含义在于：供应商必须根据逐项规格和可选数量定价，采购方有可能授出基础合同但不调用全部增项。授标金额并不必然是最终采购量的现金结算额。

交付条款进一步显示采购风险如何被具体化。不同设备条目从采购订单算起的约定交付期在 80 至 158 周之间；承包商需将设备送达公用事业仓库，晚交通常按每台延迟设备每天 250 美元计违约金，且每个投标条目的累计上限为该条目价格的 10%。超过 52 周的交期还可能触发以美国劳工统计局开关设备制造商生产者价格指数为基础的价格调整。[36] 这是合同预先约定的交期和风险分配，不是实际交付表现，也不代表该期限适用于今日同类设备。它揭示了三种同时出现的交易约束：买方需要长交期设备保障施工计划；供应商承担迟交责任但保留特定成本指数联动；项目方通过分条目和选项控制数量和预算。若出口商只按报价单价与美国竞争者比较，这些交付和风险条款会被遗漏。

10.2 Grant PUD 后续采购请求：从计划预算到授标之间仍有距离

Grant PUD 2026 年 2 月委员会月报列出三项设备采购请求：230 kV 仪用变压器 50 万美元、230 kV 电容器组 75 万美元和 230 kV 断路器 75 万美元，对手方为 TBD，分类均为材料招标。[38] 这份记录可支持“该公用事业当时为具体类别准备招标”的判断；不能支持订单已经授予、设备已经进口或中国厂商可以投标。和 2024 年的断路器授标相比，2026 报告提供的证据阶段更早：预算和采购计划有了

SVSAC | sv-sac.org

金额、设备类别和编号，但中标者、技术规格、投标条件、订单数量以及采购完成时间均未知。

这组跨年度记录展示了同一公用事业的两种不同信息状态，不足以证明设备需求趋势增长或下降。合同预算数额可能受到设备配置、可选数量、项目范围和年度预算安排影响，2024 合同总额也不能直接和 2026 三个金额相加形成行业需求规模。对照使用的意义是提醒研究人员把公开信息的“成熟度”纳入统计：计划金额、工程师估算、投标报价、授权合同、已签 PO 和已验收设备应分别统计，只有在能够追踪采购编号和范围一致的情况下才比较金额。

10.3 终端公用事业采购与联邦资助项目采购的异同

Grant PUD 的案例是公用事业自有资本预算下的具体合同；Fort Pierce Utilities Authority 72.5 kV 断路器 BABA 豁免申请则嵌入 DOE GRIP 资金项目，且截至公开草案阶段仍在申请程序中。[31],[36] 两者都以设备型号、项目需求和采购文件为基础，但后者另外需要满足联邦资金的国内内容条款并证明豁免理由。不能把前一个案例视为后者的准入先例，也不能从一个拟议豁免推断所有受助公用事业均可以外购同型设备。两者的对照说明：同一种设备类别可因项目融资和既有安装基础不同，出现不同的竞标约束与合规路径。

还需区分公用事业的“制度采购”与设备“市场需求”。National Grid 供应商入口说明企业注册、资格审查和最终入驻是分开的管理环节。[37] Grant PUD 的招标文件展示公开招标如何在仅有一家投标时，经过报价、技术/商务评审和董事会授权。[36] 两者合起来支持“采购资格–具体机会–正式授标”三步模型，却不提供中国出口商成功率、平均注册用时或某设备的在美可销售规模。公开材料没有看到其申请人总数、投标失利原因、未公开框架调用、进口报关人和实际到货验收，无法填补这些统计缺口。

10.4 案例的可比性与抽样边界

公开案例往往不是随机抽样：拥有透明董事会流程的市政公用事业或 PUD 较容易留下采购文件；私营公用事业的框架合同、EPC 分包及分销商采购则可能不公开；联邦资助项目在申请阶段提供额外披露，未获奖项目却不进入项目名单。可见案例倾向于高透明、正式招标、单一资产所有人的流程，不能代表全美输电与配电采购的平均状态。

本章材料有三种特别限制。第一，Grant PUD 2024 报价和授标是一例电压级别明确、报价可核对的合同，地点是华盛顿州，且供货通过美国经销商；该样本不代表所有私营公用事业的决策规则。第二，2026 采购请求仍为 TBD，所以只能

SVSAC | sv-sac.org

算项目流水线的早期事件，不可当成供应商订单。第三，DOE 豁免草案属于单一联邦资助项目的申请材料，反映申请人的陈述和机构审查的入口，而不是批准结果或全行业短缺实证。[31],[36],[38]

可比性分析应在相同证据节点上比较：招标规模对招标规模，授标价格对授标价格，采购订单数量对订单数量，交货承诺对实际交付。还需按设备类别、电压等级、采购方类型、项目资金条件、采购包范围和入境地分层。若数据结构无法做到分层，研究结论只能定位为若干可观察的流程机制，而不能宣称对全国采购数量或中国供应商市场份额作出估计。第十一章将进一步解释为何相同的市场机会可能产生相反的供货选择，以及这些竞争机制可以用哪些公开数据检验。

第十一章 为什么机会相似，采购结果却可能相反

11.1 一个可检验的竞争框架

前几章区分了投资、采购、订单与交付。本章进一步比较：同为电网升级，为何价格相近的项目仍可能选择不同来源？分析转向短缺、平台兼容、履约服务和资金规则等竞争机制，逐项提出项目记录中可观察的迹象，不预设统一采购偏好。

为避免误把概念模型写成实证估计，可将投标人 (s) 在项目 (p) 的可接受性视为由若干不同条件共同决定：技术规格与接口适配 (T_{sp})、可验证交付计划 (L_{sp})、合同/服务能力 (S_{sp})、原产地和资助条款适配 (R_{sp})、到岸成本与生命周期成本 (C_{sp})，以及买方对既有设备平台和供应商关系的依赖 (I_p)。项目只有在若干硬门槛同时满足时才可能进入评标，之后才按该采购的特定标准比较。这个表示只是组织观察变量的分析框架：并非估计的效用函数、选择概率或行业权重，也不代表所有公用事业按同样顺序评分。

不同机制会产生不同的公开数据特征。若关键约束是设备短缺，招标附件可能显示长交期、分阶段交付、延迟赔偿或供应商替代条款；实际订单和工厂排期应与宣传需求预测相吻合。若关键约束是本地服务，采购文件可能要求现场支持、备件响应或长期服务承诺；如果只看到“某公司在美国设有办公室”而没有合同责任信息，这不足以说明已具备满足要求的能力。若买方更看重既有平台兼容，文件可能指定型号、标准化维护或说明替代品需重新设计。若资金来源触发 BABA，招标或资助文件应能显示国内内容条款、供应商证明或豁免记录。若选择主要由价格驱动，至少应看到报价对比或明确的“最低合格报价”评审理由；总项目投资额与某供应商获单并不能单独验证价格机制。

SVSAC | sv-sac.org

这些预测必须与替代解释一同评估。比如长交期不一定表示供应链总体短缺，也可能来自特定超高电压配置、客户专用设计、项目计划提前订购或质量审查周期；既有设备型号可能反映历史维护效率，也可能只是工程师偏好或框架合同安排；本地生产设施的扩张可降低某些产品交期，也可能优先满足既有积压订单而暂不增加现货供应。一次项目记录通常不能在这些机制之间作出因果区分，只有多个类别、采购方、年份与合同阶段可比的数据，才能检验哪种解释在何种条件下占主导。

11.2 机制一：最低报价与“可接受的总交付成本”并不等同

公用事业采购往往首先要求投标符合文件规定，然后在合格方案中比较价格、交期、责任和运行适配。Grant PUD 2024 年断路器授标材料明确写出：被推荐方案在商业和技术上合规，低于工程师估价，并被认定为最低责任且最佳投标。[36] 但商业评估表同时记录只有 Irby 一家提交投标；该例证明存在价格评估，不能识别多投标者间的实际价格竞争，也不足以检验低价提高中标概率。[36]分项数量和选择性增项、设备的交期、履约保证、迟延赔偿、价格指数调整及现场交付条件都构成价格以外的合同维度。[36]

可检验的价格竞争机制是：控制产品配置、数量、交付条款、责任范围和税费之后，报价更低的合规投标更可能获授标。替代机制包括规格符合度、履约保证和可交期；另一方面，若特定项目由框架合同或指定供应商竞争，公开市场价格可比性会降低。公开决议如果只披露胜出者、未披露所有报价和未得分理由，研究者便不能恢复价格弹性，也不能判断差价是否由产品本身、数量、渠道利润或交付风险引起。

更关键的是“总交付成本”与制造商报价不同。采购方需要设备可按施工顺序到场，可能对延期停工、返工、工程改造或设备不兼容承担成本；而进口供应商报价还受运输、海关税费、币种、临时库存、美国分销与服务、备件和质保准备影响。第七章的公司财报表明供应商披露的订单积压、销售与分部口径各不相同；例如 Hubbell Utilities 业务收入可经分销商和直接公用事业渠道产生，GE Vernova 与 Eaton 的公开分部也无法逐单识别美国公用事业终端市场。[21],[22],[23] 因而不能将公司订单增长作为其某类产品价格或美国项目中标份额的替代指标。

11.3 机制二：长交期会增加替代供应价值，但不会自动打开进口市场

当关键设备成为项目关键路径，供应商承诺交期可能改变采购方对进口方案的比较。Grant PUD 文件中断路器不同条目承诺交付周期从 80 至 158 周不等，且把延期赔偿和超过 52 周后使用制造业 PPI 调整的合同条款写入招标文件。[36] 这

SVSAC | sv-sac.org

说明该单一采购的进度与价格风险被显式处理，也为研究者提供了比“行业缺货”报道更具体的合同证据。不过，该案例发生在 2024 年，覆盖特定型号和数量，不能作为 2026 所有设备品类的平均交期或未交货率。

长期积压和公告扩产可能支持短缺解释，但都有非短缺的替代读法。GE Vernova 和 Eaton 在公司分部层面报告订单或积压增长，Hubbell 则披露其 Utility Solutions 有机销售增长较温和、销量略降；这些指标的地域、产品混合、并购贡献和收入确认口径不一致。[21],[22],[23] GE Vernova 全球业务积压可能包含不同国家和业务类别，Eaton Electrical Americas 同时覆盖数据中心、工业与公用事业，Hubbell Utility Solutions 的产品也不等于高压输电设备。扩产计划也未必意味着产线完成爬坡或其产量可立即供给新客户。[24],[25],[26] 因而，若要检验短缺机制，应追踪产品级交期历史、报价拒绝、合同延期、现有积压的交付优先级、实际开工/产能、进口申报与可比项目的设备到货记录，而不能只使用预测的新增负荷或企业的投资公告。

短缺条件下的外国供应优势还可能被“可替代性”抵消。网侧设备具有电压、安装接口、保护配置、控制系统和既有维护流程等关联约束。Fort Pierce 拟议豁免中，申请方称既有断路器型号是统一标准，改用不同型号将要求重新设计并增加成本、降低兼容性。[31] 这是一个关于潜在转换成本的项目特定陈述，不是已批准豁免，更不是已验证的全国标准。它说明，即使名义上有其他供货来源，工程重新设计、备件配置、人员培训和运行规程改变仍可能降低替代供应的价值。另一种解释则是买方过度依赖一个品牌、缺少竞争性第二来源；要区分两者需比较技术接口、历史故障和维护成本、替代型号评估、投标次数及采购价格。

11.4 机制三：渠道和供应商能力影响订单能否转化为可执行合同

中国产品能够在工厂制造，不代表该制造商能够作为美国公用事业的直接合同方。Grant PUD 授标记录中的合同方为 Irby，投标文件同时标示 GE Grid Solutions 为设备提供者。[36] National Grid 又将注册、资格审查与最终入驻分开，并要求供应商使用统一采购支付网络接收 PO、开票与跟踪付款。[37] 这些资料共同支持“品牌、OEM、经销商、EPC 和 PO 承接方必须分开识别”的机制。它们没有提供中国设备厂商进入这些渠道的成功率，也不能说明所有美国公用事业都采用相同采购系统。

可能的替代解释是，渠道商之所以获合同，不是因为其比 OEM 更受青睐，而是它承接了库存、进口清关、保险、质保、备件和现场服务等角色，单一合同降低买方协调成本。也可能是 OEM 授权渠道拥有采购账户和既有信用，买方没

SVSAC | sv-sac.org

有理由为小额或低风险产品重新设置跨境供应商。若进口厂商试图直接报价，价格优势可能被本地仓储、售后合同、融资/付款条款、投标保证金和责任保险所消耗。反过来，直接销售在订单规模足够大、设备高度标准化、服务由本地合作方提供且客户愿意承担较少一层渠道成本时可能更有竞争力。上述结论是待检验机制，不是某一商业模式的建议。

供应商记录也应区分“总部在美国”“品牌属于美国公司”“美国工厂生产”“美国法人签约”“美国分销商库存供货”和“原产地符合特定项目规则”这几类事实。它们可能重合，也可能分开。用国别标签统计厂商数量，容易把外国品牌的本地制造、美国品牌的跨国供应链、本地分销与外国原产货混为一谈。若公共数据库没有制造工厂和 HTS 信息，就应把结论限制为合同对手方或品牌层面的进入，而不报告进口份额。

11.5 机制四：资金条件与贸易政策筛选的不是同一批项目

贸易规则作用在商品进口和原产地层面，BABA 等条件则可能作用于联邦援助基础设施项目中的特定采购包。DOE 公开说明 BABA 涵盖相关奖项下的钢铁、制成品和建筑材料，制成品的组件成本测试和下游合同流转须按适用规则处理；DOE 项目豁免还要求具体项目材料、市场调研及公开审查。[28],[29] 与之并行，2026 年 Section 301 行动和中国商品附加税清单会按商品税目、来源和入境时间适用；301 产品排除也是按具体产品描述与 HTS 子目界定，而非对一个设备类别一概豁免。[27],[30],[34],[35]

因此，影响报价的“原产地”与“本土含量”虽都会改变外国厂商能否进入，但对应资料和适用对象不同。某批设备已经缴清关税，只能说明进口税费处理；不能证明它满足 BABA。某个项目批准非可得性豁免，也不免除该商品应缴的普通税率和任何适用贸易救济税。美国本地装配可能改变某项合同或供应链测试的结果，却不自动决定海关原产地。市场模型应对每个候选交易分别标记贸易成本、项目融资来源、适用采购条款、豁免状态和入境时点，不把这些条件并为一个“贸易壁垒”系数。

在竞争上，国内采购偏好可能把部分联邦资金项目隔离出可竞争进口范围，也可能在供应缺口或成本过高时促成项目豁免；二者不矛盾。DOE 2026-29 断路器豁免仍是提案，并且仅针对 Fort Pierce 单一 GRIP 项目。[31] 如果行业结论声称本土内容规则完全封锁进口，应能解释为什么仍有具体的非可得性豁免流程；若声称豁免使进口普遍可行，则应提供已批准豁免的数量、商品、期限、条件和最终订单，而非引用申请草案。

SVSAC | sv-sac.org

11.6 竞争机制比较和可证伪预测

机制	若其主导，应观察到的迹象	主要替代解释	需要的资料
到岸/生命周期成本	同规格同责任的合规报价与授标价存在系统性关联；公开评审说明价差作用	低价方案可能伴随较弱服务、不同数量/交期或不同范围	完整报价、评标矩阵、合同范围、税费与最终订单
设备短缺/交付瓶颈	设备级长交期、拒绝报价、延期、临时替代与进口或豁免同步出现	特殊配置、项目规划早下单或审批耗时造成长交期	历年相同规格报价与交付、供应商积压、工厂产量、现场收货
既有平台兼容	招标指定型号、标准化备件或替代型号重新设计成本	采购人惯性、单一来源合同、标准条款复制	规格演变、替代评估记录、备件/故障成本、竞争者数量
渠道/服务	合同授予本地分销商或 EPC；需本地库存、现场服务和 PO 入驻	终端客户偏好 OEM 或渠道关系只是合同形式	投标主体、OEM/工厂、服务责任、仓储位置、质保履约
项目资金/本土含量	联邦资助项目出现 BABA 条款、供应商证明与豁免申请；私人项目可能无同类条款	项目范围或其他州政策决定采购结果	资助协议、招标条款、认证材料、豁免决定及订单
贸易政策/原产地	命中税目、入境日期、原产地及排除状态改变同品来源的到岸价	汇率、运费和品类结构同步变动	CBP 申报/税目、供应商报价、合同价格调整、原产地证明

表中是竞争假说，不是已估计的因果权重。缺少未中标报价、申请名单、订单调用量和现场验收，使现有案例无法识别“本可获得的订单”。公司分部订单、

SVSAC | sv-sac.org

DOE 项目金额和公用事业合同的观测单位也不同，不能合并回归生成中标概率；第 13 章据此界定可检验样本。

11.7 外部效度：哪些决策建议可以扩展，哪些不能

本次分析可以较稳健推广的，是机制层面的描述：电力设备机会从需求、资金和规划进入具体采购时，至少需要经过资产所有权、合同包、供应商筛选、报价与履约；贸易成本、资助条款、渠道和售后会改变可竞争的项目集合；授标金额不等于订单收入和出口金额。此类机制能由官方规则、公司披露和一个或多个公开采购文件相互印证。

本篇不能据有限案例推出全国设备进口占比、中国厂商的中标概率、未来公用事业采购总量、各设备类别供需缺口或某项本地化投资的因果回报。Grant PUD 的 PUD 公开会议材料与 National Grid 的供应商指南透明度较高，可能系统性高估可见公共招标占比；项目披露越充分的联邦资助案例也不代表私人或分销商渠道。对产品大类的外推尤其危险：输电断路器、变压器、配电级设备、继电保护控制和线缆可能面对不同制造周期、税目、认证路径、工程互换性与服务要求。本篇的设备类别比较仅支持机制层面的边界判断，不替代对具体产品合规性或特定产品渠道的逐案核验。

另一个边界是时点。贸易政策、HTS 版本、补助项目状态、制造商扩产和设备积压均随时间变化。2024 年的合同交期不是 2026 年的当前市场报价；2026 年 TBD 采购请求不是最终授标；2026 年 8 月豁免草案未必反映其后决定。研究者应为每项时间敏感事实记录“资料发布日期–观察期间–状态–核验日期”，并在跨案例比较中统一参考日期。对尚未公开的私营公用事业信息、逐项海关数据、供应商失败原因和订单调用记录，本篇明确列为无法从公开资料判断的缺口，不以专家访谈或调查结果冒充填补。

第十一章到此形成全稿进入市场机制的边界：公开证据能够解释为什么采购会在不同条件下分流，并确定未来可检验的预测；但它不能把需求预测自动变成设备订单，更不能仅凭外国厂商市场热度推断中国企业可以取得市场份额。后续章节的情景模型若计算采购经济性，应把这些条件作为明示假设，而不是声称来自本章的实测概率。

SVSAC | sv-sac.org

第十二章 采购经济性与市场进入：两个不能混为一谈的决策

12.1 模型目的、主体与适用前提

公开资料能证明设备采购包含设计、试验、运输、安装和服务等环节，也能说明一些时期存在交期约束；它不能给出任一家中国企业的完整成本、真实投标成功率和美国客户的停工损失。[4],[5] 因此，本章不估算中国企业的市场规模，而构造两个相互联系但不混合核算的说明模型：第一个从买方角度比较采购方案，第二个从供应商角度分析进入投入和销量门槛。全部价格、概率、数量和损失参数均由作者设定，货币单位为抽象成本单位，不是美元，不代表某种设备实际报价、现行税率或行业均值。

两个模型在概念上相连：买方重视交付和维修能力，供应商可能需要先投资这些能力，才能参与采购。但买方支出不等于供应商利润；关税、物流、第三方服务和业主损失分属不同账户。下列算例分别设定参数，不声称已从同一份企业成本表推导出双边均衡。尤其不能把买方避免的一单位停工损失直接算为供应商增加的一单位收入，除非合同允许以该价值形成更高价格。本章把这种价值捕获问题保留为待检验机制。

采购方案比较还有一个先决条件：所有方案都已满足相同功能范围、必要的准入和工程约束。法律禁止、客户未认可、短路能力不足或无法达到必要可靠性的方案，应先判为不可行，不应通过一个低价得分重新进入候选。模型没有给法律和安全违规标价，也不支持用预期罚款替代合规。相同功能范围亦不等于相同设备台数；如果一种方案改变系统拓扑或备用配置，须重建工程边界和成本，而不是直接套表。

12.2 买方成本的组成与基准参数

设买方评价期内的方案成本为 C=A+Bτ+pdv+qR+M。其中 A 为不含本例参数化关税的到场采购、运输和约定服务支出，B 为作者假设的应税价值基数，τ 为无量纲从价参数，p 为延迟事件概率，d 为发生延迟时的周数，v 为每周延迟损失，q 为一次模型化故障事件的概率，R 为该事件的买方损失，M 为其余生命周期维护现值。pdv 和 qR 只是期望损失，本例不包含多次故障、折现结构变化或损失间的非线性交互。

为区分成本来源，定义三种抽象模式。O 为离岸制造配有限的现场支持，H 为离岸制造配较强的本地服务，D 为本地供给及服务。字母描述模型组织方式，不描述任何国籍企业的实际质量，也不暗示本地产品必然更可靠。若真实海外企

SVSAC | sv-sac.org

业交付更快、故障更少，或者本地供应商交期更长，应将相应实测值代入，而不是保留有利于某种组织形式的参数。

作者设定项目	O：离岸及有限支持	H：离岸及较强本地服务	D：本地供给
不含本例关税的到场采购及约定服务 A	85	95	122
本例从价计算基数 B	72	76	0
延迟概率 p	0.25	0.10	0.08
条件延迟周数 d	4	3	2
故障概率 q	0.04	0.02	0.015
条件故障损失 R	40	25	20
其余维护现值 M	12	8	8

O 的 85 由 72 的设备金额、8 的运输和 5 的约定服务组成；H 的 95 由 76、8 和 11 组成；D 的 122 由 112、3 和 7 组成。这只是为了让计算透明。B 在模型中明确规定，并非真实美国海关估价结论；实际计税价格、关联交易调整、附加措施及费用能否扣除必须依具体法律事实确认。D 的 B=0 也仅表示本模型未再给其采购价加入同一进口参数，不证明本地设备及其投入不承担进口成本。若本地价格随进口部件成本变化，D 不能继续保持常数。

代入后，三式为 $C_O=98.6+72\tau+v$，$C_H=103.5+76\tau+0.3v$，$C_D=130.3+0.16v$。损失金额都按同一评价期归集，维护项不含已计入 R 的修复费用，以避免双计。延期和故障在期望的线性加总中不必假定独立，但若二者同时发生会增加额外损失，则必须加联合项；不能因期望可相加便推论联合尾部不重要。

12.3 报价优势如何随工期价值与税费改变

当每周延迟损失 $v=6$、$\tau=0.10$ 时，O、H、D 的成本依次为 111.80、112.90 和 131.26。O 在该参数组合下最低，H 的服务与风险改善尚未抵偿较高的直接支出。若 v 升至 20，其余不变，成本变为 125.80、117.10 和 133.50，H 反而最低。这一反转来自客户时间价值变化，而不是设备制造效率突然改变。它提示同一供应商方案在宽裕的计划检修和紧迫的扩容窗口中，可能具有不同的经济排序。

SVSAC | sv-sac.org

延迟每周损失 v	从价参数 τ	O 成本	H 成本	D 成本
6	0	104.60	105.30	131.26
6	0.10	111.80	112.90	131.26
6	0.30	126.20	128.10	131.26
6	0.40	133.40	135.70	131.26
20	0.10	125.80	117.10	133.50
20	0.30	140.20	132.30	133.50
20	0.40	147.40	139.90	133.50

H 相对 O 的差为 4.9+4τ−0.7v，因而在 τ=0.10 时，只有 v 超过约 7.5714，H 才在此成本函数下优于 O。该阈值是局部参数恒定的代数结果，不是美国客户愿付服务溢价的调查估计。若加强服务并未降低 p、d、q 或 R，H 可能只是增加费用；若本地服务可以大幅缩短维修，H 的优势也可能在故障损失而非交期项形成。宣传“本地化”不能代替这些具体效果的证明。

在 v=6 时，O 与 D 相等的 τ 约为 0.37028，H 与 D 相等的 τ 约为 0.34158。这两个数不是实际关税，也不是可用于报关的最高税率，而是当前全部假设不变时的价格排序边界。将 τ 升到 0.40，D 在表中较低，并不能推出企业必须迁厂；企业还可调整合同、服务、产品范围或退出该项目。反之，若实际贸易措施并非单一从价税，或有不同税基、豁免、特别附加措施及动态变化，则该简化模型必须重新写成逐项计费式，不能把所有税率机械相加后套入。

模型还隐含客户有能力识别风险差异。如果采购评分只比较初始价格，买方可能选择自己的全成本模型中较差的方案；但研究者不能据此断言采购方不理性。它可能拥有未公开的备用设备、替代供电或保险，使其实际 v 和 R 较低；也可能通过合同把部分风险转移给承包商。需要读取招标评价和合同责任，才能判断观察到的选择是否偏离真实目标。

12.4 从买方价值到供应商的进入门槛

供应商是否进入还取决于能够获得的净贡献及固定投入。另设 O 模式每个标准化采购单位的贡献为 8，前置资格与组织投入为 100；H 模式单位贡献为 14，前置投入为 220。贡献已扣除本算例定义的随销量变化成本；固定投入不再在单位成本中重复分摊。这里的“单位”只是算术统一量，不是某台变压器，也不允许把不同功率、规格的实物任意等量相加。

SVSAC | sv-sac.org

对给定兑现量 N，两模式利润分别为 π_O=8N−100，π_H=14N−220。O 达到零利润的连续数量为 12.5，H 为 15.7143；如果只能取整数单位，则分别至少 13 和 16。H 相对 O 的利润差为 6N−120，N 大于 20 时 H 较高，等于 20 时相同。由此可见，更高贡献率不必然意味着更好的进入选择：额外固定投入需要足够的已实现销量支撑。该推论也不证明任一真实企业必须达到某一台数，因为本例所有贡献、投入和统一单位均属假设。

设兑现量为 0、10、30，概率分别 0.20、0.50、0.30，期望量为 14。O 的期望利润为 12，H 为−24；在高量状态，H 利润 200，高于 O 的 140，但低量和零量时损失更大。仅展示高增长状态容易使高固定投入看起来占优；只展示期望值又会掩盖两模式都可能亏损。风险承受、资金约束和企业能否吸收失败成本，需要另作判断，不能由这组期望值推出。

买方模型与此处较高 H 贡献的关系是一个有条件假设：供应商能够通过价格、效率或较低履约损失取得更多净贡献，而非免费获得客户创造的全部价值。若客户只要求额外服务却不支付溢价，H 贡献可能低于 14；若本地伙伴分享收益，利润也会改变。研究上应同时观察报价、服务支出、客户选择和事后履约，不能用客户愿意支付的一般论述替代供应商真实毛利。

12.5 分阶段投入的价值及其反例

再设一个允许小规模试点的 H 模式：先投入 60，最多服务 10 个单位；当确认需求超过 10 时，再投入 160 取得额外 20 单位能力。全部单位贡献仍为 14，扩大后总固定投入仍为 220。本例假设试点规模可以合法、可靠地提供承诺的服务，追加能力能及时形成；这些是决定性条件，不是任何行业都可成立的事实。

兑现量与设定概率	O 一次进入利润	H 一次进入利润	H 分阶段利润	H 分阶段且高量损失 10 单位贡献
0；0.20	−100	−220	−60	−60
10；0.50	−20	−80	80	80
30；0.30	140	200	200	60
期望利润	12	−24	88	46

分阶段模式在零量与低量状态避免了尚不需要的 160 投入，期望利润由−24 提高至 88，差 112。这是信息在可延迟投入上的算例价值，尚未扣除获取信息、协调或额外资格费用。追加投资需要剩余销量的预期贡献超过 160；无不确定性和其他成本时，连续数量门槛为 160/14≈11.4286。若剩余销量随机，应使用条件

SVSAC | sv-sac.org

期望和完整约束，不能因已经投入 60 而自动扩大；已发生且不可回收的 60 不应再次成为追加决策的理由。

该结果对投产及时性敏感。若等待导致高量状态损失 10 个单位的贡献，高量利润从 200 降至 60，分阶段期望降至 46，相对一次 H 仍多 70。若获取信息和分期组织另需固定成本 K，在其他假设不变时，K 达到 112 或含延期情形的 70 便耗尽相应优势；K 更高时，这一比较不再支持分期。这里比较的是分期与一次 H，不表示它一定优于所有可行的进入方案，更不是完整动态最优解。

更强的反例来自资格和服务的不可分性。若客户要求在第一笔订单前就证明完整备件、人员和测试能力，60 的试点不能参与同一采购；若资质、厂房或安全保障必须整体建成，追加投资不能即时启动；若大型客户为保证供应要求长期独占产能，等待可能失去全部高量机会。此时表中的分期动作不可行，应从策略集合删除。模型中的“期权价值”不是凭空取得的管理技巧，而取决于合同允许保留选择、工程可分割性及可信的执行能力。

12.6 多客户订单与共同冲击：期望值相同也可能有不同尾部

为了检验“客户数多就足以分散风险”的说法，另设三个客户各可能订购 10 单位，每个客户兑现概率均为 0.5。独立时，N=0、10、20、30 的概率为 0.125、0.375、0.375、0.125；完全共同冲击时，N 仅取 0 或 30，各 0.5。两种情况下期望数量都为 15，但数量方差分别为 75 和 225。后一个分布不描述真实客户关系，只是共同融资、许可、上游设备或同一大型负荷驱动可能使简单独立假设失效的极端说明。

此处单独设固定投入 300、单位贡献 14，避免沿用前一个问题的不同门槛。两种分布下期望利润都为−90，利润方差却从 14700 升至 44100。独立情形取得正利润必须三个客户全部兑现，概率 0.125；共同冲击情形正利润概率为 0.5。这个看似反常的结果说明，相关性增加并不保证“盈利概率一定下降”：高固定门槛可能让只有集中高量才盈利，相关性也增加这种上尾状态。同时，零量概率由 0.125 增至 0.5，严重损失更集中。没有指定损失函数、融资约束或风险偏好，不能仅用盈利概率或方差对策略作普遍排序。

实际市场分析需要区分合同主体数量与独立风险来源。三个采购法人可能依赖同一数据中心园区、同一接入工程、同一政策资金或同一种关键套管；三个州的项目也可能共享利率和贸易冲击。相反，同一公用事业内不同更新项目可能具有稳定而不同步的时间需求。采购记录若只保留客户名称而不链接项目、资金、

SVSAC | sv-sac.org

技术瓶颈与交付窗口，就无法识别这种依赖结构。本章不提供其估计值，只给出会改变风险解释的可检验问题。

12.7 算例对证据收集的要求

模型最直接的用途是确定应向公开记录或获授权企业资料询问什么：到场价格包含哪些项目；税费基数与承担者是谁；实际延期分布和故障处置时间如何；客户是否有备用能力；现场服务对风险的改善是否可验证；资格费用是否可回收；框架合同是否有最低数量；订单间是否存在共同前置条件。若这些信息不足，就只能报告条件性阈值，而不能报告企业的最优进入量或真实投资回报。

可复算程序保存了全部参数、逐状态利润、依赖结构分布及阈值，供独立检查算术；程序运行成功不证明参数真实，也不证明遗漏因素不重要。没有现场数据校准的模型可以揭示某个结论依赖哪些条件，但不能验证那些条件在美国市场成立。尤其不能把表中的 10%、30%和 40%当作实际税负，把 0.5 当作项目兑现频率，或把某个抽象单位换成美元后发布市场预测。

因此，本章得到三项有边界的分析结论。买方采购价格优势会被时间价值、服务效果和贸易成本改变；供应商只有捕获足够净贡献并覆盖前置投入，才能把客户价值转成利润；分阶段投入和多客户布局的效果取决于可分性、信息代价与共同冲击。三者均是条件机制。它们与前文公开案例共同界定了后续实证工作的变量，却没有把宏观电网投资规模直接变成中国设备订单。

第十三章 什么证据足以检验出口机会

13.1 本篇执行了什么，尚未执行什么

本篇采用公开文件定向检索、政策工程比较、具名采购案例和参数明示的说明性计算；未做全国采购普查、企业访谈、海关微观匹配或因果计量，也未建全美设备中国供应商名录。设计支持转换机制与证据边界分析，不识别中国出口增长率。具名事实仍须逐项回到原文件，不能以“概念分析”免除证据责任。

文件检索围绕四组问题展开：需求和资本支出来自何种统计；项目经过哪些资金、规划和采购状态；设备供应商披露哪些订单、产能及服务信息；贸易和资金条件如何改变候选范围。资料优先级取决于主张而非机构名气。正式采购授权比宏观新闻更适合证明某项招标状态，海关统计方法比企业宣传更适合解释进口口径，公司财报则比媒体转述更适合核对该公司的积压定义。但这些材料各有适用范围，不能因其属于一手文件便用于证明所有相邻主张。

SVSAC | sv-sac.org

案例用于状态和机制对照，而非随机抽样；检索未预注册、未双人筛查全部潜在项目，不报告统计纳入率。中间商案例只证明该安排存在，不能估渠道份额。中国厂商未出现在已读授标中也不证明没有供应；只有总体边界明确且记录足够完整，缺席才构成有界否定证据。

13.2 从税号到工程用途：不能跳过的匹配步骤

Census 贸易数据记录货物跨境流动；本篇据该统计对象与本次分析用途之间的区别推论，其总量不能直接识别最终工程项目或母公司所有权。其统计方法还区分货物实际到达的总进口与清关进入消费渠道的消费进口，两者不应混用。[71] 因此，即使取得某个税号和原产国的完整序列，也只能先回答相应口径的跨境货物流量变化，不能立即得出美国电网采购、中国企业销售或 AI 项目投入的同额变化。

对电网设备至少需要四层匹配。第一层是编码：确认当年税号是否包括整机、部件、静态变流器、其他电感器或多个用途；若编码在年份间拆并，要用一致口径或承认断点。第二层是工程用途：同一税号中的产品可能进入工业设施、建筑、发电或数据中心内部，只有部分属于本篇的公共电网边界。第三层是组织与原产地：品牌、控股股东、制造地点、进口申报原产国和销售公司并非同一个变量。第四层是项目与时点：进口可能用于备库、备件、后续项目或转售，其月份不同于采购签署和设备投运月份。

若核心问题是“中国制造的设备向美国出口”，原产地口径通常比股东国籍更接近问题，但仍须读统计定义和具体编码；若问题改为“中国企业在美参与”，海外工厂、本地服务和并购企业的收入可能重要，却不能由中国原产进口额完整衡量。改变定义会改变分子和分母，不是给同一市场份额换一种说法。本篇因此把中国供应商的进入能力作为条件性问题，不发表一个未经链接的数据份额。

贸易统计的单价也需谨慎。一个税号的金额除以数量，只有在数量单位、品种和质量可比时才接近有意义的平均单位价值。容量、电压、材料、附带服务或整机/部件构成变化，都能使单位价值上升，而不代表同一规格价格上涨。运输和服务是否进入统计金额又可能与采购合同口径不同。研究若想证明海外产品便宜，应尽量匹配相同功能和交货条款的报价，而不是比较两个异质税号的平均值。

13.3 数据可得性与不能填补的数值空白

Census 官方国际贸易 API 说明页面称所有数据查询现均需 API key，并说明贸易数据按月更新、历史数据可能修订。[70] 本次分析的数据集不含该接口查询

SVSAC | sv-sac.org

结果或授权持有人提供的细分贸易导出表，因而没有取得 8504、8535、8536 等类别的中国份额数值，不使用未经核验的搜索片段补成时间序列。这是数据取得范围的限制，不是声称此类官方统计不存在或永远无法取得。

若后续研究取得官方导出，应保留提取日期、统计月份、进口口径、商品版本、贸易伙伴定义、价值和数量字段、缺失或保密标志。以当时可得数据作预测时，还需保存旧版本，不能把之后修订的数据倒填为决策者当时已经知道的信息。2026 年前几个月的累计值不能与完整 2025 年直接比较；可比较同月累计或经明确说明的季节模型，不能未经处理便把部分年数值年化为“实际全年出口”。

缺失值、零值和未披露也有不同含义。缺失可能来自下载失败、编码不存在、保密合并或资料未发布；零值可能是真实无记录，也可能是显示精度或某种统计处理。研究者不能把所有空白填零，再得出某国供应被完全替代。若无法区分，应保留未知并报告相关结论对其敏感性。这一要求对采购案例尤其重要：未公开的中标金额不是零预算，未披露原产地不是美国制造，董事会未公布后续文件也不等于项目取消。

13.4 项目级面板和状态转换的可检验设计

更有力的实证研究需要建立项目级事件表。最小记录单元应包括项目标识、业主、位置、设备功能和规格范围、当前状态、状态发生日期、文件发布日期、资金来源、采购主体、候选/授标供应商、金额范围及币值口径、交付窗口、后续取消或修改。文件日期与事件日期分别保存，可避免一篇 2026 年新闻回顾 2024 年授标时被当成 2026 新订单。相同项目出现在多个公告中要链接而非重复求和；一份协议覆盖多个设备包则应保留父子关系。

资金状态、工程状态和合同状态不必总沿一条直线推进。项目可先预留长交期设备，再完成部分许可；也可在设计后改变设备规格。状态表宜保存事件和有效区间，而不是把每个项目强行赋予唯一百分比进度。若旧新闻宣布入选、新文件宣布终止，应记录状态逆转和适用范围，不能继续把旧金额计入当前确定订单。若只有项目总额，而设备包金额未公开，设备金额字段应未知。

基于这一面板，可以提出三个可检验假说。其一，在控制设备功能和项目状态后，交期约束较强的采购是否更愿意扩大候选来源；其二，买方事前具有备用或灵活工期时，对现场服务和交期的价格溢价是否较低；其三，适用资金来源和国内含量条件是否改变实际投标者与授标者组成。检验的核心应是资格、报价、候选和授标之间的链接，而不只是总进口额与全国资本开支之间的相关。

SVSAC | sv-sac.org

这些假说不是本篇已验证的结果。公开公告往往只披露中标者，缺少未中标报价、未入围者和未发布项目；没有竞争者集合，就难以识别份额变化究竟来自资格限制、价格、技术还是企业自我退出。如果只有成功案例，研究应把结论限定为可行路径存在，不估计进入成功概率。获得完整投标数据也仍需检查企业选择性投标：只有预期胜算高的厂商参与，会使观察到的胜率高于潜在进入者的平均胜率。

13.5 因果链中的选择、时滞和替代解释

“投资增长伴随进口增长”并不足以识别需求驱动的出口效应。设备价格、汇率、运输成本、贸易措施、供应商扩产和项目集中交付可以同时改变金额；老旧资产替换、极端天气修复和新能源接入也可能增加采购。若把全部变化归于 AI，会把共同时间趋势当作因果机制。本篇使用 AI 作为项目背景之一，并不以全国时间序列识别其独立系数。

一种后续设计是对具体采购政策变更构造事件研究，但必须先确定适用主体、执行时间和对照组。政策实施前项目类型和采购趋势若不同，简单前后比较有偏；政策宣布可引发提前进口或囤货，事件窗口不能只围绕生效当天；若供应商转向未受影响客户，对照组也会被溢出影响。必须检验政策前趋势、报告不同时间窗、区分公告和执行，并解释同期冲击。本篇没有满足这些数据条件，因而不报告此类估计。

交期与本地服务同样具有内生性。最复杂的设备可能既需要更多服务又更易延期；更优客户可能获得更好的产能优先级；采购者可能因预期项目困难而要求本地库存。即使观察到服务投入与延期更少，也不能直接推断服务造成改善。较有说服力的证据可能来自同规格设备的重复采购、服务安排改变前后的履约对比和足够细的工程控制；但仍需说明同时发生的流程、人员和需求变化。

替代解释应被写成能够改变结论的具体证据。例如，若价格上涨而交货台数不变，资本支出增长的数量解释被削弱；若本土新厂产能已被长期预订，扩产公告不证明现货缺口立即收窄；若授标者是美国分销商而设备原产地未知，则授标者地址不能证明供应链已经本地化。对每条机制列出此类反证，比在结尾泛称“存在不确定性”更能限定论证。

13.6 外部效度、反例和不能由本篇推出的决策建议

本篇的公开采购案例体现特定机构、设备包和时间条件，不能直接外推到全部私营公用事业、合作社、公共电力机构或数据中心。采购主体的融资、监管回收、招标义务和运维能力会改变其目标。电压等级、替换难度和系统关键性又会

SVSAC | sv-sac.org

改变容错与服务要求。能够在标准断路器采购中进入，并不能证明同一渠道可在定制大型主变压器、保护控制系统或关键通信链中无条件复制。

贸易与资金条件还具有项目边界。同一供应商可以对不适用某项资金限制的私人项目具有竞争力，却对特定联邦援助项目不可行；某部件可作为合格整机的一部分供应，不代表该整机自动满足同样规则。中间商和本地组装也不会自动改变原产地或国内含量计算。不同制度使用的对象、测试和适用日期应分开解释，不能由一项许可推导整套市场准入。

这些边界并非削弱所有机会判断。若具名设备包已进入采购、客户接受相应来源、工程与交付条件能够满足、有效价格和服务竞争力有记录，便可形成具体的参与依据。本篇反对的是跳过这些证据，把“全美电网需要升级”直接写成“中国设备将获得多少订单”。未来若取得完整记录，部分目前有条件的判断可能得到支持，也可能被拒绝；保留可证伪性是研究结论的组成部分。

13.7 采购文献的贡献及其迁移边界

设备出口研究需要同时解释价格发现和生产过程中的适应，而不只解释最初如何找到最低报价。Tadelis 发表于 2012 年的采购研究短评讨论了固定价格的成本激励与合同不完整时适应成本之间的权衡。[72] 本篇借此提出一个有待设备项目检验的问题：工程设计尚未冻结时，供应商提供的工程沟通是否改变合同选择，而不仅改变中标价格？这是一种分析迁移，原文不是中国电力设备出口研究，也不能替代某个美国公用事业的实际采购规则。

Bajari、McMillan 与 Tadelis 的研究以 1995–2000 年北加利福尼亚私人建筑合同为对象，讨论项目复杂性、设计完整性、候选承包商和采购机制的关系；研究结果与复杂项目更倾向协商等假说相符。[73] 本篇不把这些关联表述为 2026 年电网设备行业已经识别的因果效应，也不移植其样本比例。建筑施工、整机供货和多年服务在可标准化程度、可观察质量和法律约束上不同，外推需另行验证。

把这些文献放入本次分析，有助于澄清“合同完整性”与“技术规格严格”并不相同。一个招标包可以明确电压、容量、外形和测试，却仍未完整规定未来站址变更、控制接口调整、原材料剧烈波动或建设窗口推迟时如何分担成本。反过来，标准化设备的规格很长，也可能已足以界定多数实际交易情形。判断不完整性应看不可预见或高成本预先写明的变更，不宜把文件页数当作复杂度。

由此可形成一个与第 12 章不同的研究假说：在初始报价相近的情况下，设计冻结程度和变更处置安排可能影响最终项目成本。若低价合同频繁追加变更且总支出更高，初始价格优势的解释会被削弱；但追加额本身也不是低价策略失效的

SVSAC | sv-sac.org

充分证明，因为业主可能主动扩大工程范围。只有把原始范围、增项性质、批准责任、实际交付和替代方案链接，才能分开供应商低估成本、业主扩容和不可预见现场条件。

协商安排同样不是普遍优越。其透明度、选择竞争和利益冲突控制需要独立约束；既有供应商可以凭借知识提高适应效率，也可能利用更换成本索取租金。公开招标可扩大进入，但若合格且有空闲产能者很少，公开程序未必形成多份报价。Grant PUD 仅一份实收投标的记录正提醒我们区分规则、实际参与和结果；不能把一次公开授标用作市场竞争充分的检验。[36] 该例也不能单独证明协商会更便宜，因为研究没有观察一个同时可行的协商反事实。

对新进入者而言，文献启发的重点是向买方提供能够降低变更成本的可核验能力，而不是抽象地追求某类合同。可观察证据包括设计异常清单、图纸审批版本、工程响应时间、替换件接口、变更价格形成和责任分界。若这些能力不能从报价中单独识别，供应商的技术优势可能未被买方定价；若它们主要依赖既有装机经验，则首次进入与重复供货会有不同成本。以上机制需项目数据支持，本篇不赋予其行业统一权重。

最后，采购文献与政策文件承担不同职责。同行评议研究提供可检验机制和识别提醒，不能宣布某设备获得法律资格；正式规则确定适用条件，不能证明特定采购机制在所有项目中经济最优；合同显示一次交易的责任配置，不能证明其条款具有普遍效率。将三类证据相互参照，能够减少从一个事实跳到多个结论的风险，同时保留对反例和制度差异的解释空间。

第十四章 从区域规划到具体采购：MISO 输电组合与弗吉尼亚配电改造的阶段对照

14.1 规划组合的规模不是设备可得订单

MISO 董事会于 2024 年 12 月 12 日批准的 MTEP24 包含 LRTP Tranche 2.1。官方公告将该组合列为 24 个项目、总长约 3,631 英里、投资估算 218 亿美元，并说明其中包含 765 kV 骨干线路。[39] 现有证据尚未确认设施细分数量及投运时间窗的对应原段，不将这两个字段作为已确认的组合事实。这组数字表明中西部未来需要高压线路和站场建设，但其统计单位是经过区域规划的项目组合，不是设备合同金额、授标额或某家制造商的销售额。组合里包括线路、变电站及其他电网设施，建造者可由项目业主、选定开发商、EPC 和多个设备供应商分层承接。

SVSAC | sv-sac.org

规划批准解决的是“系统是否需要、项目如何组合进入计划”，没有回答“哪一设备规格已完成设计、谁可以投标、由谁签 PO、货从何处制造”。

因此，本章追踪一个可读的 Tranche 2.1 竞争性子项目，并把其步骤与一项州监管机构批准的配电现代化计划并置。比较的目标不是用两笔金额估算全美市场，而是找出规划或审慎认定之后，还有哪些制度与工程关口会筛选实际采购。MISO 的区域输电规划在跨区、长距离高压网络层面展开；弗吉尼亚 Dominion Energy Virginia（DEV）的 Grid Transformation Plan（GT Plan）则聚焦州内配电馈线、停电管理和传感分析项目。二者均与数据中心扩张所在电力系统的可用性相关，但都不是“数据中心设备需求”的同义词，也不能只凭同一时间发生的 AI 负荷增长推断项目因 AI 而起。[39],[41]

14.2 WISE：批准、开发者 RFP、选定开发商与设备招标是四个不同节点

MISO 在 2024 年 12 月 12 日批准 Tranche 2.1 组合，其中威斯康星州东南部项目 28 有 36 项新建或升级输电设施。MISO 将其中四座新建 345 kV 变电站和四条 345 kV 输电线路划为竞争性开发项目，命名为 Wisconsin Southeast 345 kV Competitive Transmission Project（WISE）。项目包括 South Fond du Lac–Jefferson、Sugar Creek–REC Bradford 两条单回线，Big Bend–Sugar Creek 双回线，以及 Fort Atkinson–Whitewater 一条单回线并采用可扩展为 345/138 kV 双回路的杆塔结构。四座新站分别为 Big Bend、Cedar Creek Junction、Mullet River Junction 和 Sheboygan River。MISO 给定的投运要求是 2033 年 6 月 1 日前。[40]

这个工程清单比组合层面的投资额更接近潜在设备类别：345 kV 级线路和站内一次设备、保护及控制、通信、功率变压器、线路终端、基础与杆塔，以及施工和调试服务。不过，开发商方案对导线、杆塔、线路路由和站场设计有差异。MISO 的选址报告比较了四份完整开发提案，并公开了概括性设计、资本成本估算和 40 年输电收入需求现值；更细的人工、材料明细、融资安排、详细路由和特殊施工信息依照 MISO 费率规则列为保密或不公开范围。[40] 对设备出口研究而言，这形成重要断点：即使我们知道线路电压和子站数量，也无法从公开报告恢复最终设备清单、采购批次、制造地点或供应商份额。

MISO 于 2025 年 2 月 13 日发出 WISE 开发商 RFP，7 月 28 日收到四家开发团队的提案，2026 年 1 月 6 日宣布选择 Viridon Midcontinent LLC。RFP 要求合格输电开发商提出“建设、实施、拥有、运营、维护、修复和恢复”整套项目的方案；它是项目开发权的竞争性征集，不是面向断路器、变压器或控制系统制造商的设备招标。[40] 四份提案均达到最低 RFP 要求，并说明拟如何采购材料及选用承包

SVSAC | sv-sac.org

商。Viridon 已经签订总承包协议，其他开发商有的仅有联盟协议，有的尚未签下总包合同。即便开发商中选，仍须执行与 MISO 的 Selected Developer Agreement，接续许可、选址和建设；设计工程细化后才会形成可落到具体供货商的采购包。[40]

这一步骤不是形式差异。开发商之所以可能以不同的线路路径、导线、杆塔、站场布局和承包方式投标，是因为它们同时内部化设计、建设进度、资本成本、运营维护和监管收入约束。WISE 的评分权重中，成本与设计占 35%，实施占 30%，运维占 30%，规划参与占 5%。Viridon 的成本与设计被评为最佳，但实施和运维得分只是“良好”；竞争者 C 的运维与实施能力较强，却因资本成本、资本结构及费用回收安排而落后。MISO 选的是综合开发提案，不是某一设备品牌。[40]

14.3 成本估算为何不能变成采购金额或市场收入

WISE 报告列出 Viridon 估算资本成本 3.49 亿美元（不含施工期间融资费用），另外三份方案约 4.71 亿至 4.81 亿美元；MISO 自己的估算为 6.62 亿美元。资本估算比较有两项关键限制：其一，MISO 将估算按 2.5%年通胀率折算到预期投运年份美元，而开发商数字是各施工年名义成本的合计；其二，资本开支与 40 年输电收入需求现值（PVRR）并非同一个概念。MISO 以 7.1%贴现率计算 PVRR，将建设期融资费用纳入收入需求现值。不同方案的融资结构、预期 O&M 和线路长度均影响排序。[40] 这些估算既不是投标设备价格，也不是中选后设备订单，不能通过把估算金额乘以线路或项目比例推算中国出口额。

更值得分析的是报告对不确定性的明确描述：MISO 认为 Viridon 部分资本估算可能偏低，尤其是路权、征地和若干其他费用相较其他开发商差异较大；但 MISO 仍认为其成本遏制条款足以在所评估情景下使用户成本可能最低。中选方案的经营价值来自报价、风险分担和已签总包关系的组合，而不是低成本估算本身。MISO 报告还规定了各开发商对年输电收入上限、资本成本超额、加权权益成本和超额成本回报率的承诺；这些约束部分在整个项目生命周期中有效，可能影响开发商要求设备商锁价、延长报价有效期、设定变更程序和分担延期风险的能力。[40]

这也说明，上游资本项目可见度高并不自动意味着设备商有议价权。开发商的低成本方案可能依赖更低的初始估算、融资条件、已承诺总包商、不同杆塔/导线方案或费用上限。设备制造商若不能把铜、铝、钢、绝缘材料和运输成本在长交期内转嫁，可能承接订单却承担负毛利风险。反过来，开发商若合同允许价格

SVSAC | sv-sac.org

调整或可选数量后续调用，实际供货额会偏离初期估价。公开选择报告未公开单项设备合同，不宜假设哪一种机制最终进入采购合同。

14.4 监管计划的“合理审慎批准”也不等于完成采购或成本已全部回收

弗吉尼亚 SCC 的 2025 年综合报告称，DEV 于 2025 年 3 月申请 GT Plan Phase IIIB，SCC 于同年 9 月 23 日发出最终命令。该阶段覆盖 2024–2026 年，拟议资本投资为 2.783 亿美元，运营维护费用 450 万美元；获批投资包括主馈线加固、停电管理系统（OMS）以及远程感测、图像管理与分析项目。SCC 认定该三部分在记录基础上属于合理审慎投资，设定各组成部分成本上限，并要求年度报告；截至报告出版时，公司正在实施获批计划。[41] 这与 MISO 的 345 kV 新建线路/变电站完全不同：Phase IIIB 内包括配电设备、软件、传感器、数据处理和工程施工，但公开年度报告并未列出型号级 BOM、批量招标、投标人、采购订单、已收货设备或特定厂商交期。

由此必须拆开至少三个监管/商业节点。第一，SCC 批准一个范围和估算，表示相应计划可在规定条件下实施，并不代表设备已招标或设备方已被选定。第二，成本上限与审慎认定是监管审查机制，不应把核准上限理解为可以直接全额向客户收费。SCC 最终命令明确说成本上限不是审慎认定的严格先决条件；若公司发现实际支出超预算且预计产生负面经济后果，未来审查会考虑这种超支。[41] 第三，收入回收通过单独的费率调整条款（Rider DIST）年度更新。SCC 2025 年 Rider DIST 年度审查所覆盖的已获批 GT 项目为 Phase I–III 等较早批次，并针对特定成本是否合理审慎、超出成本上限的支出是否可回收分别审查；它不是 Phase IIIB 设备采购合同，也不能把此前的回收命令当作该年新批计划已全额回收的凭证。[42]

报告中的材料还显示回收不等于无条件兜底。Rider DIST 案件中有项目成本超出此前预算；委员会审查超支理由、记录完整性和公用事业对成本的管理，而其他成本调整请求可以被驳回或留待项目完工后再审。这个监管“逆向检验”对出口商很重要：即使在受监管公用事业体系中，采购方也要考虑项目成本是否能够按规划进入费率回收，不是每个过预算的设备包都能通过客户账单自动转嫁。对具体设备的市场识别需要取得招标文件、合同、费率案件的项目级成本明细及实际资产投运记录；只有项目批准和总体费率条款时，应停止在“潜在需求通道”这一层。

SVSAC | sv-sac.org

14.5 两类项目的比较与外推边界

观察环节	MISO WISE 竞争性输电项目	弗吉尼亚 DEV Phase IIIB 配电计划
规划/监管批准	Tranche 2.1 于 2024 年获董事会批准；WISE 包含四座 345 kV 新站、四条线路，要求不迟于 2033 年 6 月 1 日投运	2025 年 SCC 批准三类配电改造投资，称合理审慎并设成本上限
已公开采购事件	RFP 征集的是项目开发权；四份开发商提案、选中 Viridon	有计划范围和总体预算，当前公开记录未识别具体设备竞争性招标/授标
已知金额的含义	开发商资本估算和 40 年收入需求模型，非设备合同或出口额	计划投资与费率回收程序，非设备订单额
设备范围	345 kV 线路、站场及相关保护控制/通信等由最终设计落实	配电馈线、OMS、远程感测与图像分析，混合硬件、软件和服务
进度与风险	目标不迟于 2033 年 6 月 1 日投运；中选后仍需开发协议、许可、细化工程、采购和施工	计划年份 2024–26；实施、上限管理、年度报告与后续成本回收分步发生
公开资料缺口	设备包 BOM、最终单项合同价、OEM 与工厂、实收货日期	中标供应商、型号数量、设备付款/交付进度及项目级实际支出

这个对照支持分阶段的市场判断：公开招标或资格邀请、明确产品规格和数量及采购责任方，可界定可参与的潜在采购范围，但仍须确认供应商与贸易条件。授标和采购订单建立更强的合同证据，到货验收则验证后续履约，不能要求潜在机会已经交付后才予记录。各阶段应分别列示，不叠加计算同一项目。MISO WISE 是开发权选择而非设备授标；弗吉尼亚 Phase IIIB 是计划核准与实施，成本回收另按项目和年度审查。二者的批准金额均不能直接记为中国设备出口订单。

SVSAC | sv-sac.org

第十五章 长周期设备合同的资金占用、价格转嫁与履约风险

15.1 长周期订单先消耗资金，再确认收入；“订单额大”未必代表资金条件好

定制电气设备往往先采购铜、铝、钢、绝缘材料和专用元件，再经历工程设计、制造、工厂测试、运输、现场验收等阶段。资金流出和会计收入确认可能与客户付款时点错位。美国设备供应商 Powell Industries 的 2025 财年 10-K 是一个可读的第一方案例：其产品按具体客户应用设计和工程化，业务大部分服务于高度复杂、竞争投标的资本项目；电力公用事业业务占 2025 财年收入 25%，油气占 37%，其余来自商用工业、石化、轻轨等市场。[43] 这让它成为分析电气设备供应商现金周期的样例，但不是纯输电设备公司，也不是中国出口商的代表性样本。

Powell 披露，FY2025 backlog 为 14 亿美元，预期其中约 8.24 亿美元在截至 2026 年 9 月 30 日财年确认收入；但该积压是其管理层按“未履约义务”定义的估计值，不含某些服务维护合同，方法也可能不同于别家公司。合同可能被客户取消或修改，管理层明确提示积压不一定对应未来营业结果。[43] 因而，backlog 不是现金、不是已交付额，也不等于不可取消的所有设备订单。一个出口市场报告若把制造商总 backlog 当成美国输电市场需求，还会混入油气、工业或其他地区项目。

在订单执行期间，营运资金通常由材料库存、合同资产、应收款和供应商付款期限共同决定。Powell 说明合同资产在固定价格合同下可能因收入确认超过已开票金额而出现；合同负债则通常是按进度节点收取的客户预付款或已开票超过已确认收入的部分。其 2025 财年末合同资产 136.679 百万美元、合同负债 297.949 百万美元，两者相抵为净合同负债 161.270 百万美元（约 1.613 亿美元）；公司称其净负债主要来自较有利的合同进度付款条款，且通常把较大比例进度款安排在项目早期。客户发票付款通常预期 30 天内到账，但部分合同保留金要等完成并验收后收取。[43] 这些数字示范的是一个现金条件较友好的合同组合，不应被当成行业普遍付款习惯。

把这一机制映射到潜在进口供货，关键问题不是“账面单价低多少”，而是出口商是否有能力垫付从制造到美国验收的资金曲线。若合同没有预付款、材料付款或工厂验收节点，供应商必须自行融资在制品及海运等待期；若美元 PO 对应人民币、欧元、韩元等成本，报价到收款之间的汇率变化会同时影响毛利与偿债能力。若出口商通过美国经销商或 EPC 承包商销售，采购方可以按本地合同系统付款，但这会加入渠道折扣、信用额度、担保和回款周期；若直接向公用事业投标，则还需承担注册、保险、履约保函或备用信用证、税费和美国售后资金占

SVSAC | sv-sac.org

用。以上是对合同现金流的机制推演，具体付款节点和担保金额必须逐份采购文件核查。

15.2 原料价格传导：指数化条款有帮助，但币种和工艺成本仍可能错配

Powell FY2025 原材料以钢、铜、铝和工程电气部件为主，材料成本约相当于收入的 45%；2024、2023 财年分别为 47%和 49%。公司称原料可得性、生产者产能、市场和运输因素会引起价格波动，曾经历供应中断和交期延长。其应对方式包括逐合同将某些大宗原料涨价传递给客户，并对一部分大宗商品风险做衍生品套保；但披露称其衍生工具对该三年财务结果不重大。[43] 这说明成熟本土制造商也会把风险分解到报价有效期、合同价格调整和采购套保，而非只依赖“长期供货订单”锁定利润。

上一部分对 Grant PUD 2024 断路器招标文件的分析已记录一个项目级条款例子：部分交期超过 52 周后，可按美国开关设备制造商 PPI 调整合同价格。[36] 对长周期供货而言，指数化能降低报价时点到交货时点的部分原料价格风险，却不覆盖所有成本。其参考指数可能并不与中国工厂实际铜/铝采购篮子、汇率、能源、融资、跨境运输费和贸易合规成本同步；如果合同把价格锁定在设备制造价而把关税、港口滞期或额外认证作为供应商责任，供应方仍可能发生未被覆盖的成本超支。相反，若合同让买方承担指定原料或进口费变化，名义报价便不能与全包到岸价比较。已有合同中的 PPI 条款是一个特定条款范例，不是所有输电设备采购的行业标准。[36]

汇率风险尤其容易因“以美元报价”被忽略。美元发票只固定了客户支付币种，并未自动对冲工厂供应链。若人民币升值、材料进口又以美元定价，供应商实际成本可能同时受人民币与美元价格影响；若供应商能以美元采购关键原料，或者在美国保持库存和美元开支，风险抵消结构又会不同。Powell 作为美国上市公司，其海外营运主要以各自当地货币或美元开票、收款，相关费用通常以同一当地货币签约并支付，因此公司自述汇率对合并业绩的影响有限；其外汇远期对 FY2025 财务结果不重大，且一般不对其海外净投资的折算风险进行套保。[43] 这一披露恰好提醒：不能把美国本土厂商的外汇管理结果直接套到跨境出口情形。出口方需要把成本币种、合同币种、收款节点和套保期限配对，而不是只看报价日的 USD/CNY 汇率。

SVSAC | sv-sac.org

15.3 信用、预付款、保函与延期责任如何相互作用

从供应商财务报表可观察的“合同负债”可以部分反映收到进度款后的资金供给，但不可将某一余额解释为某一订单的具体预付款比例。Powell 披露合同负债常由进度节点早期收款形成，FY2025 报告现金流取决于项目量、毛利、营运资本、客户里程碑付款与供应商付款条件。合同条款若允许预付款或材料到货付款，能减轻设备商制造期资金占用；但公用事业通常会要求发票与可验证里程碑匹配，可能以所有权转移、仓储检验、工厂测试或保函保护预付款。若进口供应商要求高比例预付款而缺少信用评级、美国履约历史或当地售后能力，买方可能要求更强的信用证、母公司担保或履约保证，使低报价部分被担保费、资金成本和渠道折扣抵消。最后这组解释是采购经济机制，不是对任何具体采购方统一条款的断言。

长周期还引入履约罚款与返工暴露。Powell 披露，某些客户合同若没有满足进度或性能义务，可能导致违约金、索赔或信用证/履约保函被调用；2025 年末公司在一些合同上预计的违约金风险约 370 万美元，在某些情形下可能升至 430 万美元，已经确认的收入减项为 340 万美元。[43] 这些值属于该公司全体业务的披露，并不能直接推算电力设备平均违约率；但它验证了“履约金钱风险真实存在”这一机制。若进口设备交期跨越关键线路投运窗口，港口、检验、现场安装或备件延迟可能从运输问题变成对总包商的工期违约，再由总包商反向追偿设备商。设备商还可能承担现场调试与缺陷责任，而设备设计一旦适配某一变电站接口，补供和替换需要重新验证，难以用另一型号快速补救。

在更大规模的输电项目，开发商也会使用长期成本遏制和金融条款控制业主风险。WISE 中选开发商对未来费率收入、超估资本成本时的加权权益成本等做出项目生命期承诺，MISO 把成本/设计、实施、运维与参与度共同计分。[40] 对设备供应商而言，开发商面临超支上限时，可能更积极谈判固定价或要求供应商吸收变更；对监管方而言，公开费用上限可以约束费率回收，但不能保证每个采购包对供应商友好。供应商必须识别合同是固定价、可调价、可选量还是目标成本，与每项风险承担者对应；若签固定价合同但无法对铜价、关税或汇率调整，订单增长反而可能放大亏损敞口。

贸易条件与价格调整条款需要联合解释。前文区分 HTS、贸易行动与 BABA/BAA 条件；本篇没有完成所有税目、全部附件及个案资助条款的穷尽核对，不能据此裁定具体交易适用税额。其研究含义是税率和合规路径必须落实到具体产品、原产地、项目资金和入境日期。[27],[28],[30],[32],[35] 本章不重算具体税额，也不把美国组装当成自动满足特定国内含量要求。商业合同仍须说明由

SVSAC | sv-sac.org

谁作为进口商、谁办理分类与报关、由谁承担关税和港杂费、风险何时按 Incoterms 转移，以及新贸易措施变化后是否有价格重开条款。National Grid 的供应商门户列出多种交货条款，但它只描述该公司系统可用的代码，不证明任何设备 PO 实际采用某一条款。[37] 因此，“中国制造的成本优势”必须以清关税费、美元库存资金、交货责任与项目合规成本净额比较，而不能只对照工厂价。

15.4 一个反例：需求与订单积压同时存在，仍未必形成可复制的出口机会

Powell 的披露既能支持需求存在，也提供了不利于机会论的证据。FY2025 电力公用事业收入份额由 2024 财年的 19%升至 25%，总 backlog 增至 14 亿美元，但油气和石化合计仍占收入 51%；其积压可以取消或修改，交期会受有限供应源、材料、劳动力和运输影响；某些供应问题可能造成迟延和客户违约金。[43] 这说明股东披露中的订单热度可与行业业务结构依赖、材料风险和不可保证的未来收入并存。行业设备商用庞大 backlog 证明未来收入可见度时，仍须分辨客户行业、地理、合同取消条件和最终交付时间；否则可能将全球多行业订单误读为美国公用事业设备短缺订单。

WISE 提供另一个“机会不能按最低价直接推导”的例子。虽然 Viridon 因其低资本估算和成本遏制赢得开发权，MISO 明确担心部分估算可能偏低；项目同时要求总包和运维能力，并跨越多个站址与线路界面。即便是明确面向 345 kV 新线路和新站的项目，开发者提案不公开材料人工细项，项目开发权授予也没有公开任何单个设备制造商的订单。[40] 因此，短缺和巨额规划仅表明具备潜在采购需求。若成熟的美国开发商能通过既有 OEM、经销商和已签施工合同采购，外国新供应商可能无法进入；若缺少信用担保、项目跟踪、服务能力，低价也可能不能转化为合格投标。

另一种解释是，不透明不是机会不存在，而是采购层的事实记录分散在非公开合同、州级保护令或供应商商业机密之中；在这类情况下，公共证据可能低估实际订单。因此，正确研究结论不是“市场不存在”，而是公开材料不足以测出中国供货的份额、订单数量和渠道成功率。反证所需的数据包括项目开发商下游材料 PO、OEM 制造工厂、进口报关人和原产地、设备到货验收、保修服务主体以及价格调整条款。将这些字段按同一项目/设备编号连接，才能观察从批准投资到某供应商收入的转换率。没有这些数据，关于“高增长导致大量中国设备可得订单”的说法仍是未经验证的市场假说。

SVSAC | sv-sac.org

15.5 面向可交易机会的合同级筛查

基于以上证据，长期订单的商业审查可压缩为一张合同级核对表。以下是研究设计建议，不是美国公用事业的统一采购规则：

核对问题	需取得的合同/项目证据	主要经济含义
采购阶段是否已成熟?	已批准预算、公开RFP、授标决议、PO、设备出厂/验收状态分别记录	消除规划、开发权或资金回收金额被当成设备销售额的误差
风险何时转移?	Incoterms版本、指定进口商、货权与损坏风险转移地点、运保与关税承担	核算全到岸成本及运输、清关变动由谁承担
价格能否调整?	报价有效期、铜铝钢指数、汇率重开、关税变化、客户变更和可选量条款	测量原料与政策变化对毛利的传导率
现金何时进入?	预付款/材料款、里程碑、工厂测试、到货/验收、留置款和付款期限	估算制造期营运资金和信用额度
交期责任有多重?	基准日、分批交货计划、宽限期、迟延违约金上限、性能保证、保函	估算延期成本与可能的连带项目责任
买方是否有履约保护?	履约保函、备用信用证、母公司担保、保险及当地售后服务协议	评估新供应商的信用约束与获客成本

合同级分析能防止两个相反的过度结论：第一，计划投资一定会等额转化为设备PO；第二，所有风险都会被公用事业或中间商吸收，使出口商只需低价供货。Powell披露显示较有利的客户进度款确实可缓解营运资金，但同一公司亦面对原料、供应商集中度、客户取消及迟延违约金风险。[43] MISO开发商遴选说明成本控制、融资、施工合同和运营维护影响全项目价值，设备订单处于这一较长链条的下游。[40] 这些公开材料适合构建筛查方法和风险变量，不足以支持对任何具体中国制造商利润率、成单概率或关税后价格竞争力作数值估计。

SVSAC | sv-sac.org

第十六章 线路额定值不是单一设备参数：热极限、系统极限与规则边界

16.1 额定值所表达的是“在条件下可允许的电流”，不是新增发电或无条件输送能力

线路额定值是对给定时间尺度、环境和设备条件下最大可允许传输能力的表达。它首先受导线热平衡约束：电流造成的焦耳热、太阳辐射加热，与风冷、自然对流、辐射和降雨冷却共同决定导线温度；温度又影响弧垂、净空和材料寿命。工程上计算的额定电流再经网络模型转换为潮流约束。线路由多个跨段、接头、跳线、终端设备和变电站元件组成时，整体能力由适用范围内的最紧约束决定，而不是由最理想跨段决定。[74],[77]

因此，静态线路额定值、季节额定值、环境调整额定值（AAR）与动态线路额定值（DLR）不是四种可任意互换的产品名称。静态值通常以规定的较保守气象条件形成基准；季节值反映较长期间的温度条件；AAR 依小时更新环境温度预测，并按规则在夜间反映无太阳加热；DLR 的定义允许把风、太阳辐射、张力或弧垂等更多及时预测输入纳入不超过一小时的额定值。FERC 881 的最终规则要求采用 AAR、至少四季长期额定值、独特的应急额定值，并在 RTO/ISO 内提供允许业主至少每小时电子更新额定值的系统与流程；规则没有因此强制所有线路安装 DLR 传感器。[74] “具备接收动态数据的接口”与“每条线路装传感器、买专有监测系统、以高于静态值运行”是不同命题。

在复核法律范围时还要区分技术条件和监管义务。最终规则允许传输提供者在符合良好公用事业实践的前提下，对其能力不受环境温度或太阳加热影响的线路采用非 AAR/季节值；其列举例子包括限制导体或设备与温度无关、以及限制因素属于电压或稳定性等系统极限的线路。规则还允许为安全可靠性临时使用替代额定值并记录依据。[74] 这不是企业可任意免除 AAR 的总括豁免，而是应逐线路、逐限制因素确定并留痕。一个线路评级系统也不能把季节值改成小时值就推导出区域可新增的可靠容量；仍需在潮流、故障后限值、发电可用性和其他通道约束下核算。

16.2 瓶颈迁移：导线可调不等于输电路径可调

考虑一条线路的导线在高温时构成热极限。如果实际气温低于原假设，或实时风冷带来额外散热，更新额定值可能减少因过度保守假设而造成的输送限制；若另一时段高温少风，则动态值也可能低于某个静态基准。这个双向变化很重要：额定值更新不是“永远向上加容量”，而是让运行值更贴近相应时段的条件。

SVSAC | sv-sac.org

系统调度据此可重新安排潮流和机组出力，但总效果要由整个网络优化决定。[74], [77]

反例是导线并非限制元件。FERC 记录的评论指出，限制因素可能是站内断路器、母线、互感器、隔离开关、串补设备、变压器或终端元件；其中一些设备额定值并不直接随环境温度调整。若线路的系统转移能力受电压或稳定极限限制，导线热额定值变高也未必提高允许潮流。[74] 这解释了为何某段线上观测到较凉的导体，并不自动证明能安全提高整条路径限额；还须核对最紧元件、保护整定、净空、故障后潮流以及线路各段的空间差异。必要时限制因素会从导线转移到变电站或并行通道，技术收益因此具有边际递减。

此处应把“设备额定能力”与“系统可转移能力”分开。设备额定能力是部件在既定环境和持续时间下的热、电气或机械边界；系统转移能力还要纳入拓扑、潮流分布、N-1 等故障条件、稳定、电压和运营规则。若增容线路与一台受限主变串联，主变可能成为新的最小值；若并行路径拥塞或有发电不足，额外热容量也可能没有被使用。反过来，局部线路的容量价值有时在单一设备未满载时也会出现，因为它改变了多条路径的潮流分担。这些机制都不支持以单条线路的额定值增幅直接估算系统可供负荷或某类设备销售额。

16.3 传感和预测的风险不是“误差一个数”

动态热评级的测量或模型误差包括天气预报、气象站代表性、风速与风向、线路导体参数、接头状况、线路拓扑数据和温度模型。DOE 技术报告还说明，传感器通信丢失或故障时，操作人员需要识别失效并可退回静态线路评级；老旧线路的热机械性能、发射率与净空资料也可能偏离初始档案。[78] 这意味着安全方案不只是让算法给一个较大数字，而是将数据质量、异常检测、校验责任、时间戳、版本控制和回退方式接入调度流程。若模型只报告点预测而不展示误差条件，运行人员难以判断可用容量是由真实稳定环境支撑，还是由误报数据制造。

Rashkovska 等在 IEEE 同行评议论文中以斯洛文尼亚输电运营商 ELES 两处线路附近 2019 年至 2020 年部分天气观测、预报和导体表面温度为基础，构建蒙特卡洛线路电流不确定性估算并纳入运营工具。作者发现其地点的天气预报误差分布不能简单视为高斯分布，而且误差随预报时距变化；因此按经验误差分布校准，并把导线类型、发射率与模型误差纳入额定能力分布。[77] 这给美国线路工程提供的是方法论警示：用单一平均误差或正态误差替代本地校验可能不适当；它不是对美国所有气候区的实测验证，也没有测量美国采购成本或净收益。小样

SVSAC | sv-sac.org

本、特定气象服务、两处线路和斯洛文尼亚网架均限制外推。即使采用同样的概率方法，也必须以本地传感器、预报供应商和线路档案重校准。

16.4 法规路径与技术采购路径相交但不重合

FERC 2024 年动态线路额定值 ANOPR 提出讨论更充分纳入太阳位置和可预测云量等因素，属于征求意见的拟议规则，不是最终规则文本。[75] 本篇截至 2026 年 10 月 23 日对 DLR 强制要求的判断以已发布的 Order 881 最终规则为依据：RTO/ISO 须有系统接收业主使用的 DLR；该要求并未使业主必须采用 DLR，也未把某种传感器、通信协议或供应商指定为统一设备。采购机会若出现，可能来自业主自主评估、区域接口改造、气象服务或运维安排，不应仅凭 ANOPR 推断未来订单。

同理，Order 881 合规实施会触及数据和运营系统，却并不自动等同于外部硬件招标。设备业主可能更新评级数据库、EMS/SCADA 或内部表格、采用已有气象数据，或采购集成服务；具体路线取决于现有系统和线路特点。单独把 AAR 所需的环境温度和市场电子更新路径称作 DLR 硬件市场，会混淆规则最低要求、设备业主选择、供应商方案和采购合同四个层级。下一章以 ISO-NE 公开实施时间表进一步检视这条从工程输入到可运行接口的证据链。

第十七章 ISO-NE 的评级数据上线：从设备所有者到市场应用的接口链

17.1 合规对象按提交数据的角色界定，不只看线路产权

ISO-NE 的项目页面把 FERC Order 881/881-A 在本区的受影响对象定义为按 OP-16 向 NX 应用提交设备额定数据的市场参与者，即 equipment owner。其列举范围包括升压变压器，并明确指出适用对象不只限于输电所有者；设备所有者应判断具体设备是否需要计算并提交 AAR，而所有 OP-16 设备都需计算和提交新的季节额定值。[76] 这项安排揭示了一个不直观的工程治理事实：设备物理产权、调度控制权、数据提交角色与市场模型中的设备记录可能落在不同主体。将“公用事业线路所有者”简单等同于所有数据责任人，可能遗漏发电升压设备等接口；反之，equipment owner 也不必然是实际买方或资产管理预算的批准人。

责任链至少包含四类角色：资产数据责任方维护设备身份、导线/额定方法和限制元件；气象服务为温度预测等输入提供数据；设备所有者或其代理把额定值经规定接口上传；ISO-NE 把有效评级用于运行/市场模型及相关信息共享。组织内部还要指定 CAMS 中的安全管理员，给操作用户分配 sandbox 与 production 角

SVSAC | sv-sac.org

色。页面列出 LEP Submitter、Viewer 以及 Sandbox Submitter、Viewer 角色，且不同参与者可通过角色查看或提交数据。[76] 这使数据治理成为运行能力的一部分：模型输入不是“拿到天气 API”就完成，仍须把线路标识、额定类别、有效时段、设备状态、版本和例外状态关联到权威设备记录。

17.2 LEP 与 NX 流程的并行迁移，展示软件改造如何进入工程交付

ISO-NE 计划用 Operational Limit Exchange Portal（LEP）收集、使用和共享 AAR 数据。公开页面称 LEP 将通过 REST API 接收小时预测 AAR、标称评级集、季节评级集、临时评级和 AAR 豁免等信息；本地输电所有者也可在用户界面添加、编辑或退役本地输电设备。另一应用 LEP Historian 计划保存五年设备信息和本地输电服务数据，供有兴趣的参与者查询。季节评级还会改变 FTR 拍卖输入，系统按拍卖月份取用对应评级集。[76] 因此，接口并非孤立传感器项目：它把设备工程数据、市场运行限额、传输权金融拍卖和多年历史审计串联起来。

不过，网页只介绍功能和里程碑，并未公开完整 API schema、鉴权方式、数据质量校验规则、错误响应、兼容性版本政策、生产验收结果或价格/合同。本篇没有访问需要认证的系统，也不把页面顶部出现的认证端点字符串当作对其内部服务的读取。ISO-NE 指引参与者申请 LEP 权限、进行沙箱测试，并经 NX912D/NX-9 路径处理相应字段；这一公开工作流足以证明软件上线和参与者数据迁移是工作包，却不能识别其软件承包商、许可成本、采购数量或实际接口性能。[76]

这一点对设备供货商有两层含义。第一，如果额定值由业主基于自己的气象和资产模型生成，外部产品可能只需提供准确设备数据、遥测能力或符合接口的评级值，不一定需要向 ISO 出售完整 DLR 系统。第二，若系统集成涉及既有 EMS、NX 设备主数据和多主体签审，单件设备的硬件销售可能是次要部分，接口适配、数据清洗、版本管理、测试支持和运行维护才构成潜在服务机会。后者属于由项目架构推导的采购可能性，不是 ISO-NE 已经授标的事实。供应商如将其用于商业机会判断，需取得公开 RFP、合同或业主采购记录后再确认实际采购路径。

17.3 以公告里程碑构造证据状态表，避免把截止日期写成上线实绩

ISO-NE 页面的状态栏在 2026 年 10 月 1 日更新。其列明季节设备额定数据应于 2026 年 10 月 23 日进入 LEP 生产环境；小时 AAR 应于 11 月 17 日午夜前提交，供 11 月 18 日日前市场运行及 11 月 19 日运行日使用；LEP Historian 的生产日期则标为 TBD。[76] 截止本篇日期 2026 年 10 月 23 日，第一项只可描述为“到

SVSAC | sv-sac.org

期日/应提交”，公开页面没有显示已完成率、缺交名单或数据验收状态。第二项尚在未来，第三项尚未给出生产日期。已宣布生产环境可用，也不等于每个设备所有者已完成映射、测试并通过验收。

页面可读里程碑	页面表述与截止日状态	可支持的判断	不能据此判断
LEP 生产角色	CAMS 生产角色于 2026-09-18 开始分配	权限准备进入生产阶段	所有参与者均已正确获得权限
LEP REST API 生产	页面列 2026-09-30 为生产日期	系统接口按公告进入生产阶段	每条数据实际完整、准确或被调度采用
NX912D 生产	页面列 2026-10-22	新字段/评级数据文件流程到达公告生产日	任何特定设备已提交并通过核验
季节额定数据	2026-10-23 到期	当日是提交截止日	已按时提交或形成市场效益
小时 AAR	2026-11-17 午夜到期，支持 11/18 日前市场与 11/19 运行日	未来运用安排与时间节点	截止时点已实盘采用或安全效果已验证
LEP Historian	生产日期 TBD	历史查询功能尚无已列确定上线日	五年记录已对用户可用

区分“系统生产”“数据提交”“数据验收”“市场实际使用”“收益/可靠性结果”是一个必要的证据阶梯。公告中用户培训、沙箱版本和 API 发布时间说明项目团队设计了渐进式迁移，但不等于所有生产操作成功。若后续研究者仅记录页面所列生产日，可能把时间表误作成效。可复核的成熟度观察至少应包括：实际受影响参与者清单和角色覆盖；资产记录总量及设备映射差错；评分或限额文件提交/拒收次数；异常回退频率；在线数据有效率；AAR 与季节值进入日前和实时模型的时间戳；以及 Historian 是否真正开放查询。公开页面当前不披露这些指标，故本篇不估计采用率或成本节约。

SVSAC | sv-sac.org

17.4 机制反例：有接口不等于有数据，有评级不等于买了新设备

ISO-NE 案例可支持的最强结论是：评级规则的操作化需要参与者治理、IT 角色、数据标准和市场系统接口，既有设备所有者也承担提交义务；它不能证明这个区间形成了新型监测传感器订单。部分额定值可以由现有气象数据、工程数据库或预先计算查表实现；ISO-NE 页面亦只说 REST API 用于数据交换，没有要求每条线路安装现场风速或导线温度传感器。[74],[76] 反例是某条线路的限额受设备的固定电流上限或电压稳定约束，即使数据接口按时运行，市场可用能力可能几乎不变。另一个反例是气象源在空间尺度上无法代表特定线路跨段，或设备主数据与实物改造脱节：更频繁提交会更快传播错误，而不是自动提高准确性。

因此，评级数字的商业价值应按其最终触发的可执行决策观察：是否改变日前/实时约束、是否降低拥塞或再调度、是否延缓某项设备改造、是否减少限电，且这些变化是否被归因于评级而非同期拓扑和机组变化。ISO-NE 对 FTR 拍卖应用季节值的说明表明，评级版本会进入市场金融工具，但不等于某个设备制造商能从额定值更新中捕获收入。[76] 软件供应商可交付的服务边界通常止于数据集成与计算；导线物理改造、继电保护变更和系统安全批准仍需相应资产责任人及工程组织完成。由此可以把“数字化提升利用率”理解为跨主体的运营能力，不是单一软件产品的宣传性效能。

第十八章 技术增容如何变成可采购项目：边际收益、成本承担与服务边界

18.1 先辨认额定值变化是否击中真实约束

输电项目常用“提高线路利用率”描述额定值技术的潜在价值，但采购决策必须从具体线路约束开始。对于候选线路，应同时记录评级方法、最紧导体/设备、约束发生时间、市场模型采用的时段和故障条件，并确定该约束是否实际改变潮流、再调度、限电或互联可行性。若一条线的热限值长期未约束任何运行/规划方案，应用更精确的 AAR 或部署传感器的边际收益可能很低；若该线在某些小时绑定，收益仍依赖这些时段能否找到替代发电、输电路径或市场需求来使用释放的余量。额定值提高只是从约束集合中松开一个条件，是否改变结果取决于其他约束是否接替它。

还需区别“解除热限制”与“扩展交付能力”。线路通过额定值提高多输送的功率可能在下一个接口被限住；比如线路终端的开关、短路能力、变压器或保护整定不支持新增潮流，或者故障后稳定极限先到。FERC 规则明确将导体及相关输

SVSAC | sv-sac.org

电设备技术限制纳入线路评级，并允许在限制因素不受温度或太阳辐射影响时使用例外值；电压与稳定极限也被列为系统限制的例子。[74] 因而项目筛查要做“瓶颈链图”，逐项列出从发电/注入点至负荷区的热、电气和运行限制，再测算改变一个限制后第二个限制何时接管。若实际主导约束是站内设备或潮流转移，重导线、动态评级、线路传感器和新建通道可能是互相竞争或互补的方案，不能只比单位设备价格。

18.2 计算反事实，避免把模型额定值当成实现场景

一个审慎的工程经济比较应以同一网络模型、相同机组可用性、负荷、天气年和故障集合，构造基准情景与干预情景。基准可以是现行静态/季节评级；干预情景再分别测试 AAR、DLR、先进导线、潮流控制、重构运行或变电站改造。对每个小时记录线路额定值、实际潮流、绑定约束、再调度、拥塞成本、弃电/负荷限制、应急评级调用和状态切换；不能把所有小时评级差简单相加为 MW 收益，也不能把可用额定容量等同已实现输送电量。模型应把现场气象与天气预报分开，把事前决策可得信息与事后观测分开，并显示何时回退至可信的静态或季节限额。

不确定性宜直接进入反事实。Rashkovska 等通过历史预报误差和线路热模型生成额定值概率分布，并发现预报时距及低风速区间会改变不确定性。[77] 对美国线路应采用各线路走廊的观测/预报校准，而非移植该论文的斯洛文尼亚分布。可比较至少三种运行规则：用点预测评级；按经本地校准的保守分位值评级；以及在通信/传感器失效时自动回退评级。关键结果包括增量拥塞成本变化、误判超过安全边界的频率、回退小时比例、极端天气可用性和由调度员确认的限制。作者或业主还应公开模型版本、输入范围和错误分布检验，避免通过参数选择把干预情景预设为优越。

如果收益主张是“推迟线路投资”，则应在相同负荷和可靠性标准下比较实际替代路径：加装评级软件/监测设施、重导线或采用高温低弧垂导线、增设站内设备、调整网络拓扑、建设新线路。需比较经批准的资本支出与递延时点、维护及通信费用、可能的设备寿命折损、许可与施工窗口、数据故障下的风险，以及递延期间每年负荷增长可能使余量消失的概率。这里不预设任何方案可节省多少钱或可推迟多少年；公开网页和规则没有给出这些项目级参数。用规则最低要求本身来估算“DLR 投资回报”，既把 AAR 合规和 DLR 部署混为一谈，也忽略负荷增长时序及网络约束转移。

SVSAC | sv-sac.org

18.3 价值链中的买方可能不同，设备机会随解决方案而改变

一种方案可能牵涉线路业主、区域 ISO、气象服务商、EMS 软件商、线路承包商和市场参与者。ISO 可以采购/维护接口系统，但现场传感器、导线、保护设备通常由资产所有者、EPC 或其工程供应商采购；相关项目费用如何分摊还取决于区域费率与资产合同。ISO-NE 公开材料展示了 LEP API、设备所有者提交、季节评级进入 FTR 拍卖和 Historian 计划功能等软件/数据接口，但没有披露相关合同、成本或设备供应商。[76] 因此，即便能证实系统需要新接口，也不能推断中国厂商会向 ISO 直接销售某种硬件。对中国供应商而言，真实可服务范围可能是通信网关、适配器、线路传感器、计算软件、设备主数据清理或工程测试中的一个子包；每种产品面对的客户、技术责任、产品准入和当地服务要求都不同。

反例是某运营者可能已具有气温数据库、计算模块和 EMS 集成能力，Order 881 的增量工作只是调整评级算法、权限与记录流程；此时核心硬件不需要更换。另一反例是带传感器的 DLR 方案需要复杂线路数据、现场安装和系统安全审查，本地承包商与现有软件供应商因掌握系统接口而具有优势，外国供货商即便能够生产传感器也难以承担端到端责任。还有一种替代解释：项目投资不落地并非技术不经济，而可能是业主对收益归属、运营风险或资本回收方式缺乏激励。DOE 的 2019 技术报告将数据可信度、通信故障、控制室操作负荷、网络安全和业主收益激励列为推广障碍，并指出故障时回退静态评级是风险控制选项。[78] 该报告为历史技术/制度问题证据，不是 2026 各公用事业仍持同一态度的实测调查。

商业筛查应把“潜在设备采购”和“可承接服务”分别记账。前者取决于公开招标或合同是否列出实际硬件/软件及数量；后者还要核验接口权限、测试环境、现场安装资格、持续维护、数据责任、故障赔偿和备用方案。能提供一个部件并不等于能提供经验证的运行能力；反过来，系统集成项目也不一定新增硬件。若未公开 RFP、供应商名单或采购包，应标记“未观测”，而不是以法规要求、供应商产品页或市场宣传推定订单。

18.4 面向后续项目的最小可证伪评估协议

可在不预设增容效果的条件下，对一段线路开展前瞻性评估。首先，业主与运营者共同锁定测试边界：线路分段、候选导线及附件、端点设备、保护与故障条件、评级公式和天气源，并保留原额定方法及系统模型快照。其次，在不把未校验评级用于运行的前提下并行生成候选 AAR/DLR，记录预测、现场气象、导体温度或弧垂监测以及校验偏差；明确分位数、异常阈值、通信丢失和回退规

SVSAC | sv-sac.org

则。再次，把候选评级输入调度/规划模型，按预先登记的基准网络、机组、负荷和故障集记录约束变化与实际调度结果。测试如跨季节进行，需预先定义热浪、低风、雷暴、冰雪等覆盖条件，不以少数良好天气小时代表全年。

成本与责任字段也应事前冻结：传感器/软件/许可、气象数据、通信、工程集成、设备改造、测试和持续维护分别记账；记录资金承担主体、资产产权、运行批准、故障处理、版本升级、服务级别、退出和数据保留条款。比较对象须是真实可选的下一方案与对应工程设计，而非假设的“什么都不做”。如果只比较评级技术与新建线路，应解释两者是否提供同一可靠性服务、是否覆盖同一瓶颈和投运窗口。工程研究不应把所有可释放热容量都货币化；只有能与实际运行/市场约束、发电可用性和负荷需求相交的小时才可能贡献可实现价值。

最后，将成功标准与失败条件同时预注册：额定值误差是否在安全范围、回退是否可靠、运营人员是否接受、市场/规划模型是否采用、拥塞/再调度是否变化、是否减少某项可识别设备投资，以及维护总成本是否可承受。若评级提高但不改变任何限制或决策，技术能力已实现而市场价值未实现；若增容后另一设备约束迅速成为瓶颈，应把它记录为边际收益递减而非项目成功。若技术提高了可见能力，却因收益不能由负责投资的主体获得而未采购，则说明技术可行性与商业可投资性分离。这样的前瞻协议允许后续比较不同地区、设备和运营方式，也能区分“法规合规已经部署”“设备实际采购”“网络运行获得收益”三类证据，不以模型推演冒充实绩。

第十九章 讨论：从增长叙事转向可以证明的参与条件

19.1 三个核心问题的回答

第一问的增量是把支出转换为可追踪的交易链：规划界定系统问题，项目组合和资金限定推进范围，资产所有者/开发商落实工程，采购者划包和筛选，合同/PO 确定数量责任时间，交付验收记录履约。EIA 支出、FERC 规划、DOE 入选、MISO 开发商遴选、SCC 审慎认定及设备授标各占不同节点；应按项目关联，不能金额相加。

第二个问题是，哪些供给约束会改变交付和竞争。DOE 历史报告和具名采购条款支持把约束分解为定制设计、关键投入、测试、运输和现场能力，而不仅是总装工厂面积。公司披露又显示订单增长、积压、销量与收入可能不同步；部分公用事业产品增长温和，并不否认某些大型设备交期紧张。设备类别、规格、地

SVSAC | sv-sac.org

域和合同时间是解释差异的必要变量。扩产公告说明管理层投资方向，但没有已投产、已验证和已排产信息时，不能据此推算立即可供市场的数量。

第三个问题是，公开资料能支持怎样的中国企业出口机会判断。答案应落实为项目级条件：产品工程适配且采购来源允许，存在可参与的采购入口，交付服务可以履约，贸易与资金条件得到具体核验，供应商能够覆盖资金与固定投入。在这些条件下，海外供应可能参与部分竞争；条件缺失时，宏观需求旺盛也不能证明某家企业已有可获得订单。本篇没有估计中国企业份额、成功概率、未来出口额，也未在未公开原产地的美国分销商授标中识别中国制造内容。

19.2 证据如何改变机会与风险的相对位置

需求、交期和低价只有接到具体交易条件才构成机会解释：需求对应设备包，交期对应型号与窗口，价格对应合同责任和到场成本。第 11 章比较何种约束起主导作用，第 12 章用参数变化展示排序反转，第 13 章说明所需匹配记录。三者将宏观增长转成可反驳条件，而不把条件模型当作订单预测。

证据同时反对把所有不确定性都解释成市场封闭。公开招标和供应商入驻体系能够提供参与入口，某些联邦项目也设有正式豁免机制；但入口不保证实际多家报价，拟议豁免不保证获批，本地分销商不自动改变设备原产地。Grant PUD 单一实收投标与 WISE 多家开发商提案说明，竞争强度必须在各自市场层级观察。开发权竞争不能代替设备竞争，程序公开也不能代替实际参与数据。

本土化亦应拆分为制造、部件来源、组装、服务、库存和合同主体。某些能力减少交期与维修成本，某些用于满足具体资金条件，另一些只是销售组织形式。只有逐项识别，才可能判断它们是否增加成本、降低风险或扩大可参与的采购集合。企业设立美国子公司并不自动改变法律原产地；美国制造公告也不直接证明所有投入均符合特定项目的国内含量规则。不同任务需要不同证据，不能用一个“本地化”指标替代。

19.3 算例与公开案例之间的关系

第 12 章算例没有给市场叙事增加一个看似精确的预测，而是展示判断何时反转。在作者设定的参数中，客户每周延迟损失从 6 升至 20，较强本地服务方案可由略贵转为成本最低；这一结果来自特定概率、延迟、维护和价格条件，不是经验估计。若实际服务没有改善履约，算例中的优势会消失；若本地工厂同样交期漫长，国别标签更不能代替参数。

供应商算例进一步区分“客户愿意考虑”与“进入后能赚钱”。同一需求分布下，单位贡献较高的模式因固定投入大，期望利润可能较低。分阶段方案只有在

SVSAC | sv-sac.org

试点合格、能力可分割、追加及时和信息成本适当时才占优。共同冲击则可使期望销量不变而尾部改变，甚至同时提高零订单概率和跨过高固定门槛的盈利概率。研究据此主张报告完整条件与状态，而不是选择一个有利指标证明进入值得。

这些机制与具名材料相互启发，却不能互相校准。Powell 的合同余额不为所有出口商设定预付款比例；Grant PUD 的违约金不构成全国标准；MISO 的开发商收入需求模型不提供设备商利润；Census 统计文档也不提供最终 AI 用途。把不同来源的数字拼在一起，并不会自动形成参数估计。实际校准需要同一项目或合同链的匹配记录，并处理未中标者、取消和缺失。

19.4 条件性研究建议与局限

对后续产业研究，优先工作应是建立项目−设备−采购者的可追踪记录，再研究统计总量。一个较小但能链接规划、招标、授标和交付的样本，可能比多个无法匹配的宏观金额更适合检验转换机制。样本仍须报告选择范围：透明公共机构和联邦援助项目更易观察，不能代表所有私人采购。供应商所有权、制造地点和原产地要分栏记录，避免把“中国企业参与”与“中国原产出口”混为同一结果。

企业应用限于一条有条件的筛查链：采购主体与参与范围→工程/准入和税费/资金条件→包含交付、服务与现金流的净收益。合同量、付款或责任信息不足时只保留线索，不列收入预算。该链用于识别阶段错配，不构成投资指令或中标保证。

对政策讨论，扩充供应和提高韧性可能涉及扩大合格来源、标准化接口、改善采购可见度、发展维修与备件和降低工程等待，但不同措施之间存在成本、竞争和安全权衡。本篇没有识别这些政策的净福利或最优组合。任何制度修改仍需以适用法律、可靠性目标和项目证据为基础，不能从一个抽象成本排序推导放宽所有采购条件。

本次分析的主要局限是缺少全国匹配采购样本、细分贸易导出、未中标报价及供应商真实成本；公司资料具有商业披露范围，案例又偏向可公开机构。规则状态截至 2026 年 10 月 23 日，之后的税则、豁免和项目变化不在结论内。说明模型未校准，不提供设备级实际损失分布或中国出口的预测区间。这些局限限制量化和因果外推，但并不妨碍比较已公开的制度、工程与交易机制。

美国电网现代化给设备产业提供的是一组随地区、技术和项目状态变化的需求通道。中国电力设备能否参与，取决于这些通道如何开放、由谁采购、需要何种能力以及合同如何分担成本与风险。本篇的结论是把机会判断推进到可以查证

SVSAC | sv-sac.org

和反驳的交易条件；在证据尚未链接之处，保留未知比给出缺乏依据的订单总额更符合研究责任。线路额定值案例还把现代化机会的边界推到运行接口：只有天气与设备输入、计算方法、数据校验、调度使用和异常回退能够衔接，信息化投入才可能成为可用的系统功能。Order 881 的 AAR 要求与 DLR 技术选择不能合并为统一传感器采购命令，ISO-NE 公布的日期和接口计划也不证明参与者已提交有效数据或取得实际收益。[74],[76]

SVSAC - sv-sac.org

SVSAC | sv-sac.org

给企业的下一步建议

美国电网现代化为设备企业提供观察窗口，能否参与取决于产品适配、采购规则与本地交付能力的共同作用。因此，我们建议把下一步工作收敛为一项有明确交付物的专项任务。

具体起点是：从具体设备和目标客户出发，评估标准、供应商资格、服务半径和交易约束，再决定渠道投入。在此基础上，管理层可以按证据充分程度、资源投入与业务影响确定优先级，先验证关键假设，再安排后续合作与投入。

要把上述判断用于实际经营，可以围绕具体产品或项目、目标市场、现有能力和决策难点，进一步形成设备机会筛选、准入差距诊断、渠道与本地化路线图。这类工作需要把行业研究、企业诊断与合作条件核验衔接起来，让分析结果成为管理层可以使用的决策依据。

资料与分析范围

下列说明列明资料范围、分析依据与适用条件，便于读者辨别文中的事实、推演和建议。市场进入、交易安排及适用规则仍需结合具体项目核实。

美国电网现代化的投资增长不能直接等同于设备订单，更不能直接推算中国企业的出口份额。本篇以截至 2026 年 10 月 23 日可核验的官方统计、监管与资金文件、采购合同、公司披露及采购经济学研究为基础，以“项目阶段–设备类别–采购主体”为分析单位，开展政策与市场证据比较及说明性情景分析。研究区分资本支出、资金入选、项目开发权、设备授标、交付和收入，比较 DOE 项目、MISO 输电开发商遴选、弗吉尼亚配电计划与成本回收、Grant PUD 设备采购和具名供应商合同披露。证据显示，定制设计、关键投入、运输、服务和采购责任共同决定订单可竞争性；公开招标不保证多家实际报价，扩产公告不证明即时可供数量，国内含量条件与海关原产地及贸易税费也不能相互替代。作者设定的可复算模型进一步显示，客户时间价值、前置投入与共同冲击可改变采购和进入排序；模型参数未经实证校准，不代表真实税率、价格或市场概率。ISO-NE 线路额定值实施资料进一步显示，规则落实涉及天气输入、数据接口和运行责任，不能据此推定统一硬件订单或已经实现的增容收益。本篇提出以合同、工程和项目状态链接判断参与条件，并识别可检验的替代解释。研究未建立全国采购普查、细分贸易份额或中国企业成单率，其贡献是形成可以查证与反驳的市场转换分析，而非发布缺乏项目证据的出口预测。

SVSAC | sv-sac.org

参考文献

[1] U.S. Energy Information Administration. “Grid infrastructure investments drive increase in utility spending over last two decades.” 2024-11-18. https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=63724

[2] Federal Energy Regulatory Commission. “Explainer on the Transmission Planning and Cost Allocation Final Rule.” Order Nos. 1920, 1920-A, 1920-B 说明页，网页持续更新，访问日期 2026-10-23. https://www.ferc.gov/explainer-transmission-planning-and-cost-allocation-final-rule

[3] Federal Energy Regulatory Commission. “What State Regulators Need to Know About Order No. 1920-B.” 2025-04-22. https://www.ferc.gov/what-state-regulators-need-know-about-order-no-1920-b

[4] U.S. Department of Energy. Large Power Transformer Resilience: Report to Congress. 2024-07. pp. 12–13 (PDF pp. 17–18). https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-10/EXEC-2022-001242%20-%20Large%20Power%20Transformer%20Resilience%20Report%20signed%20by%20Secretary%20Granholm%20on%207-10-24.pdf

[5] U.S. Department of Energy. 2021–2024 Four-Year Review of Supply Chains for the Energy Sector Industrial Base. 2024-12-06. p. 8 (PDF p. 12). https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/20212024-Four%20Year%20Review%20of%20Supply%20Chains%20for%20the%20Energy%20Sector%20Industrial%20Base.pdf

[6] Hitachi Energy. “Hitachi announces historic $1 billion USD manufacturing investment to power America’s energy future through production of critical grid infrastructure.” 2025-09-04. https://www.hitachienergy.com/us/en/news-and-events/press-releases/2025/09/hitachi-announces-historic-1-billion-usd-manufacturing-investment-to-power-america-s-energy-future-through-production-of-critical-grid-infrastructure

[7] Siemens Energy. “Siemens Energy addresses the shortage of U.S. power transformers and invests in new factory.” 2024-02-14. https://www.siemens-energy.com/us/en/home/press-releases/siemens_energy_addresses_shortage_US_powertransformers_invests_new_factory.html

[8] U.S. Census Bureau. “International Trade Data.” Web data portal, accessed 2026-10-23. https://www.census.gov/foreign-trade/data/

[9] U.S. International Trade Commission. “DataWeb: U.S. Trade Data.” Trade data portal, accessed 2026-10-23. https://dataweb.usitc.gov/

[10] U.S. International Trade Commission. Harmonized Tariff Schedule of the United States, Revision 21 (2026), Chapter 85. Current schedule accessed 2026-10-23. https://hts.usitc.gov/reststop/file?filename=Chapter+85&release=currentRelease

[11] The White House. “Fact Sheet: President Donald J. Trump Strikes Deal on Economic and Trade Relations with China.” 2025-11-01. https://www.whitehouse.gov/fact-sheets/2025/11/fact-sheet-president-donald-j-trump-strikes-deal-on-economic-and-trade-relations-with-china/

SVSAC | sv-sac.org

[12] U.S. Department of Energy. “Grid Resilience and Innovation Partnerships (GRIP) Program Projects.” 网页说明相关信息截至 2024 年 12 月；项目轮次统计含 2023、2024 公告。 https://www.energy.gov/oe/grid-resilience-and-innovation-partnerships-grip-program-projects

[13] U.S. Department of Energy, Office of Inspector General. “Grid Deployment Office’s Implementation of the Grid Resilience and Innovation Partnerships Program,” DOE-OIG-25-19. 2025-05-14. 背景及授奖状态，PDF pp. 1–3. https://www.energy.gov/sites/default/files/2025-05/DOE-OIG-25-19.pdf

[14] U.S. Department of Energy. “Transmission Facilitation Program.” 项目选择、容量合同 FAQ 与合同流程，访问日期 2026-10-23. https://www.energy.gov/edf/transmission-facilitation-program

[15] U.S. Department of Energy. “Energy Department Announces $1.9B Investment in Critical Grid Infrastructure to Reduce Electricity Costs.” 2026-03-12. https://www.energy.gov/articles/energy-department-announces-19b-investment-critical-grid-infrastructure-reduce-electricity

[16] U.S. Department of Energy. “Energy Department Announces Speed to Power Investments Across 26 States to Lower Electricity Costs and Improve Grid Reliability.” 2026-09-24. https://www.energy.gov/articles/energy-department-announces-speed-power-investments-across-26-states-lower-electricity

[17] U.S. Department of Energy. “Selected Applications for DE-FOA-0003580 (SPARK).” 2026-09. 项目清单 PDF pp. 1–2、11–14、21–23；文件注明项目细节可能随正式财务援助协议变化。https://www.energy.gov/documents/selected-applications-de-foa-003580-spark

[18] U.S. Department of Energy. “Energy Department Announces Termination of 223 Projects, Saving Over $7.5 Billion.” 2025-10-01. https://www.energy.gov/articles/energy-department-announces-termination-223-projects-saving-over-75-billion

[19] U.S. Department of Energy, Office of Electricity. “Grid-Enhancing Technologies Improve Existing Power Lines.” 2022-04-20. https://www.energy.gov/oe/grid-enhancing-technologies-improve-existing-power-lines

[20] U.S. Department of Energy. “Transmission Interconnection Roadmap.” 2024-04. 替代输电技术与互联研究，PDF pp. 58–60. https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/i2X%20Transmission%20Interconnection%20Roadmap.pdf

[21] GE Vernova. “GE Vernova Reports Strong 2025 Performance.” 2026-01-28，Form 8-K Exhibit 99 及 2025 第四季度业绩新闻稿，SEC EDGAR. https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1996810/000199681026000012/gevpressrelease4q25.htm

[22] Eaton Corporation. “Eaton Reports Second Quarter 2026 Results.” 2026-07-31，SEC EDGAR Exhibit 99. https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1551182/000155118226000027/etn06302026exhibit99.htm

[23] Hubbell Incorporated. Form 10-K for year ended December 31, 2025. 2026-02-12，SEC EDGAR. Utility Solutions channel, sales, backlog, customer and risk disclosures. https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/48898/000162828026007500/hubb-20251231.htm

SVSAC | sv-sac.org

[24] GE Vernova. “GE Vernova expands Pennsylvania manufacturing facility to strengthen U.S. grid supply chain.” 2026-07-30. https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-expands-pennsylvania-manufacturing-facility-strengthen-us-grid-supply

[25] Siemens Energy. “Siemens Energy is investing $1 billion and creating highly skilled jobs to boost U.S. energy production.” 2026-02-03. https://www.siemens-energy.com/us/en/home/press-releases/siemens-energy-is-investing--1-billion-and-creating-highly-skill.html

[26] Eaton. “Eaton expands operations in Nebraska with new manufacturing facility, announces $30 million investment to increase U.S. switchgear production.” 2026-04-08. https://www.eaton.com/us/en-us/company/news-insights/news-releases/2026/eaton-expands-operations-in-nebraska-with-new-manufacturing-facility.html

[27] U.S. International Trade Commission (USITC). *Harmonized Tariff Schedule of the United States*, 2026 Revision 21, Chapter 85. 发布于 2026-10-09。https://hts.usitc.gov/reststop/file?filename=Chapter+85&release=currentRelease （访问：2026-10-23）。支持：所留存第 85 章下载件页首标示 Revision 21 (2026)，用于核对该章内 8504.23.00 分类。限制：本条目不表示已归档或逐项核验完整 Chapter 99 或其他章节；具体分类、Chapter 99 措施与税额仍须按商品事实、入境日期和适用文本判断，USITC 税则不能替代 CBP 绑定裁定。

[28] U.S. Department of Energy. “Build America, Buy America.” 持续更新网页，查阅日期 2026-10-23。https://www.energy.gov/management/build-america-buy-america 。定位：页面“BABA Background”“How does the Act affect DOE FOAs and Awards”“How does the Act affect DOE recipients”“How can a recipient request a waiver”；具体段落述联邦财政援助基础设施适用、类别和一般制造品 55%组件成本规则。限制：须以当前 2 CFR Part 184 及具体奖项条款为准，不能据此推定所有商业项目适用。

[29] U.S. Department of Energy. “DOE Buy America Requirement Waiver Requests.” 持续更新网页，查阅日期 2026-10-23。https://www.energy.gov/management/doe-buy-america-requirement-waiver-requests 。定位：豁免理由、项目/一般适用豁免类型、最低申请信息和公众审查流程。限制：说明的是 DOE 流程，不能推定其他机构或州项目规则相同；申请不等于批准。

[30] U.S. International Trade Commission. “How do I know if my import will have additional duties, like the China Section 301 tariffs and exclusions?” 持续更新 FAQ，查阅日期 2026-10-23。https://www.usitc.gov/faq/question/how_do_i_know_if_my_import_will_have_additional.htm 。定位：FAQ 段落说明 China 301 索引和其他 232 等措施的查询入口及该索引非 HTS 权威组成部分。限制：索引不是具体商品归类或税额的最终裁定。

[31] DOE Office of Electricity. “BABA WAV 2026-29: Project-Specific Non-availability Waiver for 72.5 kV Dead Tank Circuit Breakers,” 拟议豁免草案，发布/网页登记 2026 年 8 月，查阅日期 2026-10-23。https://www.energy.gov/documents/baba-2026-29-waiver-draft-de-gd0000890-hitachi-circuit-breakers-rev-4pdf 。定位：第 1 页豁免摘要和项目/资金范围；第 2 页市场调研与标准化理由。支持：Fort Pierce 单一 GRIP 项目提出 72.5kV 断路器非可得性豁免及其兼容性论证。限制：这是拟议草案，不是最终批准；个案声明未经独立验证，不代表全国供给状况。

SVSAC | sv-sac.org

[32] Federal Acquisition Regulation. FAR 52.225-9, “Buy American—Construction Materials.” 当前条文页面，查阅日期 2026-10-23。https://www.acquisition.gov/far/52.225-9 。定位：(a) Domestic construction material 定义；(b) 国内偏好和价格/豁免；(c)申请材料和价格评估。限制：仅在相应联邦合同采用该条款及对应适用场景时相关；合同条款、产品分类与豁免须具体判断。

[33] U.S. Department of Energy, Federal Energy Management Program. “Applying the Buy American Act to Federal Contracts,” 更新日期 2026-10-08。https://www.energy.gov/cmei/femp/applying-buy-american-act-federal-contracts 。定位：第 2–3 节说明采购类别、一般测试与百分比概述。限制：概述材料，不能替代 FAR 现行条款或项目合同文件；BAA 与 BABA 适用对象不同。

[34] Office of the U.S. Trade Representative (USTR). “Notice of Product Exclusion Extensions: China's Acts, Policies, and Practices Related to Technology Transfer, Intellectual Property, and Innovation,” *Federal Register*, 90 FR 55232，2025-12-01。https://www.federalregister.gov/documents/2025/12/01/2025-21671/notice-of-product-exclusion-extensions-chinas-acts-policies-and-practices-related-to-technology 。定位：正文及 Annex A，9903.88.69 部分产品排除延期至 2026-11-09 并由产品描述与 HTS 十位子目界定。限制：仅涵盖列明产品，不是所有中国商品的全面豁免；到期后状态需重新核验。

[35] USTR. “USTR Takes Action in Forced Labor Section 301 Investigations,” 2026-07-23; 及对应 *Federal Register* 最终通知，2026-07-28。https://ustr.gov/about/policy-offices/press-office/press-releases/2026/july/ustr-takes-action-forced-labor-section-301-investigations ; https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2026-07-28/html/2026-15181.htm 。定位：USTR 新闻稿关税类别说明；FR 正文“China, People's Republic of China: Determination of Action in Investigation”和 Annex 中的 HTS 修改。支持：基于 Section 301 的新行动于 2026 年 7 月最终发布，按所列国家组别与产品豁免适用；中国属于 12.5%一般类别。限制：精确适用仍须核对商品 HTS、Annex I/II 豁免、入境日期和其他措施，新闻稿不是进口报关意见。

[36] Public Utility District No. 2 of Grant County, Washington. “Resolution No. 9065: Accepting a Bid and Awarding Contract 170-11844R, for Supplying 115kV and 230kV High Voltage SF6 Circuit Breaker(s),” Commission Meeting Packet, 2024-10-22. https://www.grantpud.org/block/documents/67103f3d5258f-2024-10-22-commission-meeting-packet.pdf 。定位：PDF 第 7 页授标决议/报价/工程估算；第 12–21 页招标要求；第 36–37 页交期和迟延损害；第 44–45 页 PPI 价格调整。支持：2024 公开招标、Irby 报价 GE Grid Solutions、基础/增项报价、董事会授权合同额、分项交付期和合同风险条款。限制：仅一例公用事业 PUD 合同；合同授权不是全部实际订单/验收证明；工厂地点和出口份额未公开。

[37] National Grid USA. “Becoming a Supplier or Vendor.” 持续更新企业网页，查阅日期 2026-10-23. https://www.nationalgridus.com/Business-Partners/Suppliers-and-Vendors/Becoming-a-Supplier-or-Vendor 。定位：“Using Ariba”“The Process”“Payment Terms”“Incoterms”段落。支持：注册、资格审查、入驻、采购订单之间的顺序和系统操作要求；页面给出多种交货条款代码。限制：企业网页描述自身流程，不能推广为全行业规则，也不证明某一供应商已通过资格审查或获得订单。

SVSAC | sv-sac.org

[38] Grant County PUD. “February 2026 Monthly Commission Report,” February 2026, published in March 2026 commission packet. https://www.grantpud.org/templates/galaxy/images/2026-03-17_FYI_Packet.pdf 。定位：PDF 第 1 页第 12–15 行“New Contract Requests—February 2026”，230kV instrument transformers、capacitor banks 和 IPO breakers 预算。支持：三项材料招标请求及各自预算和 TBD 相对方。限制：请求/预算状态，不是授标、采购订单、实际支出或进口；仅一家公用事业。

[39] Midcontinent Independent System Operator (MISO). Long Range Transmission Planning: LRTP Tranche 2.1 portfolio overview; Board approval announcement. Board approval and announcement: 2024-12-12; webpage continuously updated, accessed 2026-10-23. https://www.misoenergy.org/planning/long-range-transmission-planning/

[40] Midcontinent Independent System Operator (MISO). WISE Competitive Transmission Project Selection Report. 2026-01-06. https://cdn.misoenergy.org/WISE%20Selection%20Report734486.pdf

[41] Virginia State Corporation Commission (SCC). 2025 Combined Annual Report, Grid Modernization, Reliability, and Integration of Renewables section. 2025-12-01. https://www.scc.virginia.gov/media/sccvirginiagov-home/regulated-industries/utility-regulation/responsibilities/2025-scc-combined-annual-report.pdf

[42] Virginia State Corporation Commission; Virginia Electric and Power Company filing in the official SCC docket. Virginia SCC Rider DIST records: Commission Order for Notice and Hearing in PUR-2025-00136, and Dominion comments in PUR-2024-00137. 2025-09-19 SCC order; 2025-04-01 Dominion comments concerning the March 14, 2025 Hearing Examiner report. https://www.scc.virginia.gov/docketsearch/DOCS/884k01%21.PDF

[43] Powell Industries, Inc.; filed with the U.S. Securities and Exchange Commission. Annual Report on Form 10-K for fiscal year ended September 30, 2025. Filed 2025-11-19. https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/80420/000008042025000152/powl-20250930.htm

[70] U.S. Census Bureau. International Trade (monthly 2010–present). 2026-04-07; revised 2026-05-20. https://www.census.gov/data/developers/data-sets/international-trade.html

[71] U.S. Census Bureau. Guide to the U.S. International Trade Statistical Program: Description of the International Trade Statistical Program. https://www.census.gov/foreign-trade/guide/sec2.html

[72] Tadelis S. Public procurement design: Lessons from the private sector. International Journal of Industrial Organization. 2012;30:297–302. https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2012.02.002 . Author copy: https://faculty.haas.berkeley.edu/stadelis/Pub_Proc_Des.pdf

[73] Bajari P, McMillan R, Tadelis S. Auctions Versus Negotiations in Procurement: An Empirical Analysis. Journal of Law, Economics, & Organization. 25(2):372–399. Advance Access 2008-05-07; volume 25 issue 2 (2009). https://doi.org/10.1093/jleo/ewn002 . Author copy: https://faculty.haas.berkeley.edu/stadelis/negotiation.pdf

[74] Federal Energy Regulatory Commission / Federal Register. Managing Transmission Line Ratings (Order No. 881). 2022-01-13. https://www.federalregister.gov/documents/2022/01/13/2021-27735/managing-transmission-line-ratings

SVSAC | sv-sac.org

[75] Federal Energy Regulatory Commission / Federal Register. Implementation of Dynamic Line Ratings, Docket No. RM24-6-000 (ANOPR). 2024-07-15. https://www.federalregister.gov/documents/2024/07/15/2024-14666/implementation-of-dynamic-line-ratings

[76] ISO New England. FERC Order No. 881: Managing Transmission Line Ratings (MTLR). 2026-10-01. https://www.iso-ne.com/participate/support/participant-readiness-outlook/ferc-order-no-881-mtlr

[77] Rashkovska, Aleksandra, Mitja Jančič, Matjaž Depolli, Janko Kosmač, and Gregor Kosec. "Uncertainty Assessment of Dynamic Thermal Line Rating for Operational Use at Transmission System Operators." *IEEE Transactions on Power Systems* 37, no. 6 (2022): 4642–4650. https://doi.org/10.1109/TPWRS.2022.3144740. Readable author copy: https://arxiv.org/html/2201.11448v1.

[78] U.S. Department of Energy, Office of Electricity. Dynamic Line Rating: Report to Congress. 2019-06. https://www.energy.gov/oe/articles/dynamic-line-rating-report-congress-june-2019

SVSAC - sv-sac.org