变压器与配电设备出口美国：从认证到渠道布局

作者：SVSAC 硅谷战略顾问委员会

核心判断

变压器出口美国不能停在取得一份证书，真正的商业能力是让技术、渠道、交付与售后形成闭环。对企业而言，值得优先推进的是：按目标应用核对产品规格和采购要求，选择能承担技术沟通与本地服务责任的合作模式。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：电力变压器；配电设备；美国公用事业采购；供应商资格；DOE 能效规则；NRTL；原产地；渠道；履约风险

SVSAC - sv-sac.org

变压器出口美国不能停在取得一份证书，真正的商业能力是让技术、渠道、交付与售后形成闭环。

我们的建议是：按目标应用核对产品规格和采购要求，选择能承担技术沟通与本地服务责任的合作模式。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 1 章　核心问题、边界与证据方法

1.1 从“美国需要设备”到“某家供应商可以交付”之间的断层

美国电网投资增加，并不自动等于某一种变压器或开关设备形成了可由中国企业取得的出口订单。中间至少有六个需要分别核验的环节：系统规划是否产生具体资产需求；资产是否进入已批准的资本计划或预算；采购人是否发布带技术规格的招标；供应商是否满足资格、型式和工厂质量要求；合同是否授予且形成采购订单；设备是否按约生产、运输、验收并获得付款。本次分析将“市场机会”限定为这些环节之间可观察的商业通道与阻断条件，不把规划金额、设备存量、系统负荷增长、招标公告或政策倡议直接等同于中国厂商的收入。

设备出口分析尤其需要区分金额口径。公共事业资本预算可能包括工程、土地、施工、通信、安装、间接费用、利息和备用金；项目批准未必已经采购；招标数量可能是多年预计量或框架合同上限；中标公告不必然意味着立即下达全量订单；采购订单也不等于已经交付和验收的收入。反过来，库存采购和紧急替换可在没有大型资本项目公告时出现。因而本次分析采用“规划/预算–招标–授标–采购订单–交付验收–付款”的分层观察框架，禁止把上一层的金额替换成下一层的销售额。

研究聚焦配电变压器和与其直接构成配电采购包的设备：杆上式、箱式、单相和三相配电变压器，以及其相关附件、熔断器、开关、套管、绝缘液和交付服务；也讨论大型电力变压器，但仅用于说明其不同的设计、运输和供应链约束。本篇不试图覆盖所有输电设备，也不提供具体产品的法律准入或报关保证。NRTL、AHJ、DOE 能效法规、IEEE/ANSI/NEMA 等规则只在采购技术接口处出现；通用法规路径另属认证专题，不能用“有某个 UL 标志”概括所有电力公司采购要求。

SVSAC | sv-sac.org

中国企业可能以制造商、美国子公司、授权代表、进口商、分销商、工程承包商或 OEM/贴牌供应商等身份参与。它们承担的责任、在投标文件中的可见性、原产地认定和付款链条并不相同。品牌注册地不能证明某台设备的制造地；美国生产线也不能证明投入品原产地；海关统计中的原产国更不能识别最终项目、品牌所有权或是否由中国资本控制。因此，凡公开资料没有揭示这些信息，本篇明确保留未知，不以品牌、集团所在地或贸易总额替代逐台设备证据。

1.2 证据等级与研究设计

证据按能支持的命题分层。第一层是采购人发布的招标书、规格书、合同条款、授标表和采购订单公告。它们能说明该采购人如何界定可响应的投标、交付和验收，但一个市政电力部门不能代表全美公用事业。第二层是 DOE、EIA、FERC、州监管机构及公共事业正式文件，可用于核实供需、投资或法规环境；这些文件通常不公开供应商逐单数据。第三层是企业年报、监管申报和正式新闻稿，用于核实公司披露的工厂、产能、订单、业务分部或风险；企业自述不等于独立审计过的产品级美国出货。第四层是同行评议研究，用于解释产业链机制或价格、效率、供应限制；它不能替代具体交易记录。新闻报道和行业营销材料不作为关键交易事实的唯一依据。

观察窗口截止 2026 年 10 月 23 日。历史招标可揭示制度与技术细节，但其报价、规格版本和竞争环境不能推定为当前市场价格或未来中标概率。2026 年在截止日之后发生的事情不纳入。动态网页复核仅确认其访问日可见内容，不能代替截止日存档。若文件只给出投标截止日而未公开授标结果，本篇仅称其为招标或征求建议书；若官方列表标记“awarded”，也只说明官方页面记录了授标，不说明执行金额、全量交货或中国供应商参与。该限制对本次分析的外推至关重要：公开资料更擅长观察正式规则，较难观察保密报价、供应商被邀请但未投标、框架合同实际调用量及采购方内部风险评估。

1.3 核心问题与可证伪命题

我们提出三个可检验问题。第一，哪些设备规格、资格要求和交付条款会把潜在制造能力转变为采购人可比较的有效报价？第二，OEM、分销商、EPC 和直接销售等渠道分别承担哪一段风险，又在哪些情况下形成可进入的路径？第三，当技术等效、供货速度、全寿命成本和原产地/关税风险并不一致时，低出厂报价是否仍能转化为可执行订单？

这些问题不预设“市场巨大”“中国必有优势”或“本地制造必然优胜”。至少存在三组相互竞争的机制：一是进口商或分销商可通过库存、既有供应商注册和本地

SVSAC | sv-sac.org

服务弥补海外制造商距离劣势；二是设备高度定制、需要多年现场记录和快速故障响应时，买方可能愿意为本地工程及备件能力支付溢价；三是当采购需求是标准化、可替代且较小批量的库存单位时，竞争可能对价格和交期更敏感，但小订单、投标保证、备货资金和质保负担也可能使海外厂商缺乏经济性。本篇后续将以实际采购条款和公司披露对这些机制逐条检验，不把机制假设写成已测得的市场事实。

第 2 章　设备类别、规格适配与买方风险

2.1 “变压器”不是一个可互换的商品类别

招标中的“变压器”可能是 5 kVA 杆上单相设备，也可能是数百 kVA 箱式配电设备，或数十至数百 MVA 变电站/发电厂大型电力变压器。仅按容量归类会忽略产品结构、安装环境和运行方式。实际的可比性至少由下列维度共同决定：额定容量与过载设计；一次、二次电压及接线组别；单相/三相和杆上/箱式/地下/室内结构；径向馈电或环网馈电；绝缘介质与温升；绝缘水平和短路承受能力；阻抗与损耗；套管、熔断器、分接开关和故障指示器配置；外形尺寸、重量、油量和吊装接口；腐蚀、防火、污染和环境条件；检测报告、序列号、资料语言和交货批次。

同一“kVA”标签不能证明两个设备能直接替换。一次电压相同而接线端子、套管方向或安装净空不同，可能导致现场无法接线或柜体不匹配；阻抗差异会改变短路电流和并联运行条件；馈电结构与熔断器方案不匹配则涉及保护协调；介质差异会改变防火、安全、维护和采购偏好；损耗标准则影响资本化或长期能耗评价。工程上，设备技术文件应从单线图、系统接地、保护配置、负荷曲线和现场空间条件出发，而不是仅依据目录型号比价。

采购语言也会产生重要边界。“标准产品加买方指定改装”允许制造商从现有平台出发；“必须使用某些可互换附件”把兼容性放在维修和库存管理上；“approved equal”并非任意等效自我声明，往往要求候选者主动提交数据并接受采购方判断；“manufacturer’s standard warranty”则可能把保修长度留给投标人，而不是统一承诺。进口商的实际能力由其能否把本地公用事业材料标准、产品设计、工厂检验和售后备件对齐来衡量，不能只看产品目录是否满足宽泛的 IEEE 或 ANSI 标题。

SVSAC | sv-sac.org

2.2 由一个采购规格看细分技术要求

塞金市（City of Seguin, Texas）2024 年 IFB AF-2024-11 的文件标题称购买 40 台箱式变压器，但明细实际上包括 37 台 5、15、25 和 50 kVA 杆上设备及 3 台 750 kVA 箱式设备。这是一个有用的反例：文件的封面或范围概述不能替代逐行物料清单。三台 750 kVA 设备被描述为三相箱式，额定一次电压 7.2/12.47Y kV、二次 277/480 V；更细的市政材料标准指定地下服务、公众可接近户外场所、油浸、自冷、65 摄氏度温升，并要求非 PCB 绝缘液及交付认证。材料标准还写有“domestic manufacture”。[1]

这条“国内制造”要求尤其说明：技术参数合格与采购资格是两件事。一个海外制造商即使设备电气参数完全匹配，也必须处理来源条件的适用范围、采购文件更新及具体资金来源约束；本篇不能仅据旧材料标准判断其在所有采购中都受同一条件约束，也不把该句解释为联邦普遍禁令。它是单个买方文件中的明示要求，需以本次采购文件、有效补遗、适用法律和授标记录核对。

该文件其他条款要求投标人陈述订单后交期，按 FOB 目的地预付运费交到市政运营中心，买方可检查损坏或不符规格的货物；无可接受理由未按承诺交货时，市政府可另行采购并向违约供应商追收增量费用和处理费。订单通过采购订单发出，收到发票与验收货物后 30 天处理付款。投标可逐项授予，评标包括价格及服务、交付历史。旧版技术附录列出若干“Approved Mfg. Part#”品牌名，但文件日期为 2003 年，不能将其当作 2024 年新招标的现行制造商资格名单，更不能据此推断品牌当前产地。[1]

塞金采购可见的是一组相互耦合的商业约束：固定终端交付地点使供应商须把运费和最后一程包装纳入报价；交期承诺使投标时产能和排产可信度进入风险评估；验收与替代采购条款把延误的经济后果从买方转回供应商；逐项授标使多个产品线可以由不同投标人履行。对海外制造商而言，“出厂价低”不足以回答谁承担运输损坏、海关迟延、缺件、返修和替换采购成本。

塞勒姆市（City of Salem, Virginia）2024 年发布的 RFP 2025-014 提供另一种细化方式。该 RFP 要求投标人提交至少三家曾购买所报制造商变压器、能说明制造商经验和服务的公用事业/电力公司参考对象；文件保留联系参考对象的裁量权。单相杆上设备条款列出一次 7,200/12,470Y V、二次规格依清单、分接头、0.8 功率因数满载下的调压设计、介质和故障指示装置；箱式单相设备进一步规定 dead-front、loop-feed、低压中性点直接接地、一次/二次额定、BIL 和套管布局。[2]

SVSAC | sv-sac.org

塞勒姆对箱式设备不仅要求总效率符合 DOE Part 431，还把熔断器、负荷开关、分段开关及物理/电气互换性写进材料规范。三相径向馈电箱式设备又有不同的中低压额定、BIL、套管安排及工厂试验结果要求：每台设备需提供满载和空载损耗、阻抗分量和励磁电流等数据。招标因此实际购买的不是“变压器铁芯加绕组”，而是一个可接入本地配电系统、保护方案和维护流程的配置包。用标准产品报价而未说明附件差异，可能在技术评审中不响应；未经买方批准的替代熔断器，即使单件额定值看似接近，也未必在曲线、插拔尺寸和互换性上满足要求。[2]

塞勒姆同时要求说明投标人代表的制造商和/或供货来源，并提供制造商经验与服务参考；“制造商”与“投标人”在文件结构中可为不同主体。其含义是分销或代理路径并未被原则性排除，但分销商不能以自身销售历史代替制造商产品在相似公用事业中的运行记录。另一方面，塞勒姆文件所列某些 ANSI 年代版本、型号配件或介质是该买方的规范实例，而不是对全美 utility 市场的普遍描述。此处的分析重点是采购文本如何将技术风险转化为可审查数据，不是判定该规格是否为行业最佳或法规底线。

2.3 从目录参数到可验收设备的“证据接口”

投标报价至少要在四层证据间保持一致。第一层是采购规范：逐项声明符合或列出例外。第二层是产品数据与图纸：外形、重量、套管、接地、介质、配件和接口。第三层是设计/型式/例行试验材料及效率申报：报告必须对应报价型号、容量、配置和制造地点，而不能拿同系列或相似平台的报告替代。第四层是交货时的铭牌、序列号、材料证明、检验/测试记录与包装状态。若任何一层的型号后缀、配件或工厂发生变更，买方需要判断之前提交的技术文件是否仍适用于交付设备。

塔科马电力 2026 年单相箱式变压器 RFP 将这种证据链写得很清楚：响应文件必须提交典型设备高度、直径、带油重量、油量、最大保证空载/负载损耗、阻抗及 DOE 申报效率；每台交货设备的损耗不得超过报价中的保证上限，否则买方可要求退回工厂更换。报价评估后，被确定为授标候选者须在合同最终批准前提供制造商认证图纸，列出该公用事业材料编号、一次/二次电压、kVA、尺寸、重量、绝缘液及标准之外的特殊特征；图纸获批本身不解除规范义务，事先有书面协议记载的例外须另行辨明；供货仍须符合技术条款，否则可能被拒收。[3]

这类“按报价数据约束每台交货单位”的设计有两层后果。一方面，它减少采购方只能依赖营销目录的风险，使可量化损耗与设备实物对应；另一方面，它把

SVSAC | sv-sac.org

低报价策略转化为可追责的履约保证。如果报出的典型效率依赖未列明的材料或配置，而实际生产因供应链替代改用不同铁芯或导体，供应商就必须证明交付品满足保证值，而不能仅以产品家族证书兜底。故对于制造商或进口商来说，关键的前期工程成本可能是建成一套型号级参数治理、设计冻结和变更通知流程，而非单纯取得一次“产品认证”。这一结论来自采购文件的控制结构；本篇尚无公开数据量化该流程的成本或对中国供应商的平均影响。

2.4 规格适配失败的反例与边界

常见误读是将 ANSI/IEEE 标准符合性当作完整投标资格。塞勒姆文件把行业标准、买方另行指定的电气/机械参数、指定介质和附件、参考业绩以及投标人服务能力放在同一采购文件中；其中一项达标不自动满足其他要求。[2] 另一种误读是认为“approved equal”意味着供应商可以先卖后证。塔科马的替代品条款要求随标提交完整物理数据、技术数据、认证试验结果、目录、用户清单、故障数据、样品及最近授权服务代表地址；买方可自行判定，并可要求测试且将判定费用交由提出替代的投标人承担。[3]

但严格规格并不意味着制造商永远不能进入。塔科马将替代品提交和等同性判定列为正式路径；塞金表示最低规格以上的特征可依据成本/收益评价；塞勒姆采用竞争性协商并保留部分或多重授标权。[1],[2],[3] 这些条款显示的是有条件的灵活性，而不是买方必然愿意接受任何新品牌。候选者必须用可比较、可追溯的证据降低设计与运行风险，并在投标前回答“发生故障时，谁能在何地提供替换部件和响应”。

反例也可能来自采购人本身：文件陈旧或技术条款间有冲突，会让供应商报价不确定。塞金项目标题/范围提及 40 台 pad-mount，而项目明细大部分为杆上设备；材料附录日期早于本次招标多年。研究者若只读首页，会误报设备构成；供应商若照抄旧名单，则可能误以为所有列出的厂商都对本次采购预先合格。尽职工作应检查每次招标的补遗、问题答复、材料标准版本和授标文件；本次分析目前仅据公开 RFP 本体分析，不声称已经取得两市全部问题答复、合同修改、实际采购订单或验收记录。

第 3 章　公共事业采购如何形成渠道与订单机会

3.1 招标、授标、订单、交货与收入不可混为一层

塞金的 IFB 说明密封投标、逐项授标和按采购订单实际下单的可能流程。文件邀请 40 台设备竞价，但公开的招标本体只能证明“采购人征求这组货物的报

SVSAC | sv-sac.org

价”，不能证明已采购 40 台、供应商身份、合同价格、交付时点或收入。即便合同被授予，条款仍允许采购人拒绝任一或全部投标，并明确订单须由采购部门出具；这提示研究者不得把招标总数乘以未经核实单价，推导为市场销售额。[1]

塞勒姆 RFP 采取竞争性谈判，不同于简单的最低价密封投标。该市表示成立评审委员会、谈判后公开投标文件，并可选择完全合格且最适配的多个投标人；规格要求投标人承诺报价有效期，且市政府可以全部或部分授标。[2] 这一制度形态使供应商可能通过技术澄清、可选配置和交期方案影响结果，但投标人也承担准备技术资料、参考客户、分销关系和报价有效期的成本。公开 RFP 并未说明谁中标，本篇不推测结果。

塔科马 2026 年 RFP 展示更成熟的多年材料采购方案。其首页给出“合同期估计 200 万美元”，同时技术附录说价格表数量是前三年预计需求；这属于采购预算/估算及预计数量，而非已经承诺的采购订单。文件将 FOB 目的地、运费预付包含在单位价格中，考虑以按月分配生产时段、预留产能或按需采购等不同计划满足需求。投标人需提出可供选择的物料规划方案，采购方可在合同期内采用其中一种或多种。[3]

在塔科马的分配方案中，生产时段和价格需要至少提前 30 天确认，理想提前 90 天；较早锁定的安排在规定窗口内仍可改变项目或取消生产槽位；按需采购则要求供应商给出尽可能短的交付周期。文件将年度价格调整关联到固定基价与供应商说明的原材料权重/指数，同时要求协商运输等成本效率；这不是对原料成本全额自动转嫁，而是价格调整需按规范审查。它将供应商的销售角色扩展成需求计划、生产排程、库存管理和成本透明度提供方。[3]

但 RFP 依然不是最终订单：塔科马的每次交付由采购订单通知，且 RFP 保留拒绝投标等权利。[3] 因此可将公开市场证据标记为：RFP 发布=需求意向和规则；预估合同金额=采购预算/估算；授标=供应商选择但执行规模不明；采购订单=可识别的具体调用；验收和付款=已执行供货证据。公开文件没有全部环节时，应停止推断而不是用其它城市或行业的平均价格填补。

3.2 库存分销与制造商直接供货：从公开授标表能看到什么

特拉华州多佛市（City of Dover）采购页面对多年度设备招标列出项目状态及授标对象。FY2024 栏的单相箱式库存项目（24-0011WH）索引日期为 2023 年 11 月 15 日，当前状态记为授予 PulseMAX；FY2025 三相箱式库存项目（25-0023WH）列 2025 年 7 月 16 日、状态为授予 PulseMac；FY2026“Distribution Transformers for Stock”（26-0011WH）列 2026 年 1 月 20 日、状态为授予

SVSAC | sv-sac.org

NexGen，三相箱式项目（26-0019WH）列 2026 年 7 月 16 日、状态为第 1–4 项授予 PulseMac、第 5–7 项授予 AR Transformer。上述是日期列、财政年度归类和查阅时授标状态的分别记录，索引日期本身不能当作已经核实的实际授标日期。该页面还记录部分年度将变压器授予 WEG、Central Moloney、Anixter 等主体。[5]

这类列表适合证明一个有限命题：市政采购人会持续对库存品开展按品类/线路授标，公开授标名称可能是制造商、分销商或采购渠道商；不同年度及项目产品类别不同，获授对象也可能不同。它不足以证明授标价、实际交付量、设备的实际制造工厂、最终原产地或全部需求由单一企业承担。多佛名单中的名称形式不能作为识别制造主体的依据；若要研究其渠道结构，应继续取得各项目 bid tab、招标文件、采购订单和合同，且区分“被授标的法人”与“制造该设备的工厂”。

因此，分销路径的价值不能仅按经销差价理解。库存分销商可能掌握采购人认可的投标实体、当地纳税和保险文件、技术资料翻译、紧急备件、仓储、最后一程运输和信用额度。制造商直接投标可减少中间层，但也必须直接管理上述接口；若制造商没有美国可响应地址和库存，买方可能不会因工厂报价低就接受交付和质保不确定性。上述是由公开采购文件条款推导的商业机制，不是对某一分销商利润率或中国制造商参与情况的实证测量。

3.3 采购渠道如何分配履约责任

在“制造商直接合同”路径中，公用事业可直接对制造商要求图纸、型号锁定、原材料成本披露、质量问题整改和延迟赔偿；但制造商须自行承担美国投标、保险、税务、售后响应、仓储、进口和付款条件。对高价值大型设备，采购人可能进行制造商资格预审和工厂审查；DOE 的大型电力变压器韧性报告将 LPT 描述为高度定制、制造测试运输安装周期长的设备，并说明采购和生产一般含制造商预资格。[4] 该报告定义 LPT 为 100 MVA 及以上，仅可用于说明该类超大型设备的工程供应链结构，不能直接外推至小型配电变压器。

“制造商–授权分销商–公用事业”路径可以把当地投标、仓库、税务和日常沟通交给渠道伙伴，而制造商仍负责设计、工厂试验和产品保修。风险在于合同责任是否清楚分配：经销商是否有足够授权处理索赔；制造商是否承认当地服务代表；质量缺陷导致换货时，由谁承担跨境运输、拆装、现场人工和停电损失；分销商库存的旧型号是否仍满足采购人更新后的设计。若授权只有销售范围而无售后及零件承诺，渠道名称本身不能降低履约风险。

SVSAC | sv-sac.org

“EPC 或系统集成商总包”路径在配电站、数据中心或大型工业用户项目中可能把变压器、开关柜、保护、施工及调试一并交给承包商。此时最终业主可能通过项目技术规范和批准供应商表控制设备品牌/型号，但付款关系位于承包商和设备商之间；设备厂商还面临工程变更、接口延误和总包现金流传导风险。本篇目前没有取得足够公开的中国制造变压器通过美国 EPC 供应项目并完成验收的合同资料，因此这一路径仅作机制说明，不能写成已被验证的中国出口案例。

采购合同中的 FOB 目的地、交期担保、损坏拒收、缺陷替换和发票条件决定了渠道不是抽象的“销售覆盖”。以塞金文件为例，货物须送到具体运营中心、提前预约并由买方验收；塞勒姆将运输及其他附带成本纳入全额补偿；塔科马要求目的地交付、货物包装和预先通知，并保留拒收不当运输设备的权利。[1],[2],[3] 这些条款共同支持一个务实判断：海外厂商即便技术响应成功，仍需要一个能覆盖物流异常与售后责任的履约结构。

3.4 初步决策建议与证据空白

上述采购资料的分析得到三项可检验认识。第一，细分产品的可获得市场是“型号/附件/本地系统兼容”与“招标法人/制造商资格/交付条款”共同定义的；单看容量、美国投资额或设备短缺，都不足以估计可竞争空间。第二，公共采购文件将交期、保证损耗、按需/产能槽位、服务历史、当地交付、验收和替代采购责任写入采购机制，说明供应商需要证明的不只是工厂能做，而是型号化产品能够按特定窗口、特定配置被买方接受。第三，公开采购页面可识别竞标和授标通道，却常不公开订单调用、实际工厂、实际原产地和交付绩效；对中国出口机会的判断必须在这些缺失处保持未决。

有两个方向相反的解释仍然成立。其一，既有 approved-vendor、参考业绩和本地服务要求可能形成稳定渠道壁垒，海外厂商应优先通过成熟的美国分销商或 OEM 伙伴进入。其二，公开规格允许 approved equal、部分授标、多供应商与产能分配，且要求技术数据可比，具备匹配产品、可靠美国服务伙伴和交付资本的海外厂商仍可能投标。现有三个市政样本不是概率样本，也没有与未入围投标人、工厂原产地或实际报价相连，无法判定哪种机制在全美占主导。

下文结合可公开核对的企业年报、DOE 供应链材料和电力公司/公用事业文件着手，辨析不同设备类别的制造产能、供应来源、订单与积压披露如何映射到美国采购需求；再讨论运输尺寸、设备资格、试验能力和售后网络对渠道选择的影响。所有判断将继续区分公共信息所能证明的市场结构，与尚未观察到的具体中国企业订单、交付或收入。

SVSAC | sv-sac.org

第 4 章　配电变压器规格多样性与规模化供货的矛盾

4.1 配置复杂度不是单纯的型号管理问题

DOE 2026 年 3 月配电变压器行业工作组研讨会的公开逐字稿，记录了政府、国家实验室、制造商、分销商和公用事业人员的陈述。美国能源部电力事务助理部长（Assistant Secretary for Electricity）在开场讲话中称，2024 年可获得数据里的配电变压器交期已从 2019 年的 3—6 个月升至 1—2 年或更长，大型变压器最长可达 3—4 年；并称美国存在近 4 万种配电变压器配置。该数字是讲话中的行业问题描述，不是逐型号清点的独立统计样本。随后负责配置矩阵工作的发言者又称，其所选十项属性可组合出约 8 万种可能配置，并称最高 40%的配置数可能被削减。两组数字不应被拼成“确定存在 8 万台/种 SKU”或精确短缺率：统计边界和计算口径并未在逐字稿中完全解释，且后者是组合可能值，不等于在产或采购型号数。[8]

然而这些公开陈述与采购文件揭示的结构相互印证：一次/二次电压、绕组连接、容量、杆上或箱式、单相/三相，再叠加保护、分接、套管、介质、配件和外形限制，配置空间迅速增长。可互换性对单个买方不是抽象的“标准化愿望”，而关系到仓储 SKU、紧急互济、工程图纸、试验报告以及不同制造商产品是否可替换。标准化可能扩大可用供应池、提升制造批量；但若压缩过度，也会让产品偏离特殊馈电、现场空间、保护协调或风险容忍要求。买方的真正目标通常不是型号最少，而是在保持系统兼容的条件下减少无谓差异。

对出口商，设计适配因此有双面性。复用通用平台可以缩短制造周期，若平台配置足够接近目标 utility 的材料标准，改型成本较低；如果每个公用事业均指定不同套管、熔断器、分接范围、油液、接线、铭牌、尺寸或损耗保证，制造商必须进行设计变更、验证、物料清单隔离和文件控制。小批次定制提高单位成本，也会占用产能和型式验证资源。供应商可以将产品目录做得宽，但其可持续交付能力取决于：能否把某一具体型号与可重复的工厂工艺、批准的部件来源和买方试验数据连起来。

DOE 工作组所称的“配置矩阵”及“可互换组件矩阵”是促进行业协同的资料和方法，不是自动生效的采购规范。逐字稿说矩阵旨在帮助公用事业比较系统电压、绕组、杆上/箱式、容量、相数和组件，并提出有潜力减少配置数、提升制造效率和扩大供应选择。[8] 这说明市场可能逐步发生变化：今天通过小批量兼容性证明进入的产品，未来或可通过行业矩阵获得更多买方接受；也可能相反，标准化使本地既有制造商更容易扩产和降价，减少海外厂商原有的交期优势。需要等

SVSAC | sv-sac.org

待采购方实际修订材料标准、采用替换件并发布新一轮投标，才能判断哪种效果占主导。

4.2 要比较的是设备系列与组件层级，而不是“美国标准/外国标准”二分

在采购文件中，标准条款和买方特定材料规定往往分层共存。塞勒姆 RFP 援引 IEEE/ANSI/NEMA，同时进一步指定某些分接、套管、故障指示、熔断器、开关和液体；塔科马要求投标人对替代物提交与具体产品相匹配的资料、认证试验结果和服务地址；格林维尔公用事业委员会（GUC）规定杆上变压器的 CSP 保护功能、连接器、避雷器和终端。[2],[3],[7] 因而出口准备不是简单地把海外产品测试成符合一套美国标准，而是要判断所报产品是否与采购人现有的附件互换、保护方案、安装空间、工具和维修流程相容。

这也改变了进口商/渠道伙伴的作用。伙伴若只转发投标文件而不具备技术答疑能力，难以解释型号后缀、附件替代、接口差异、出厂测试或交付序列；伙伴若能维护本地材料清单映射，收集 utility 的图纸确认、澄清函和现场反馈，再反馈制造商修改设计，就降低了采购方与海外工厂之间的信息成本。反过来，单纯本地代理并不能补救制造商没有相应设计能力、试验记录不对应型号、或生产变更无法追踪的问题。

第 5 章　公开采购案例对照：需求规模、损耗评价与供应商责任

5.1 Hagerstown Light Department：总拥有成本和框架合同的非承诺性

Hagerstown Light Department 于 2023 年 3 月 30 日发布电力配电变压器招标 B1784.23，拟建立覆盖 2024 财年的框架合同，允许双方书面同意后逐年延长最多三年。文件将合同期间支出上限写为 10 万美元；买方按实际采购订单下单，并说明达到金额上限附近可与供应商协商增加金额。投标表要求按单台报价，但具体型号和数量在评标之后确定；市方保留依据可供性、设计及总拥有成本把项目授予一家或多家供应商的权利。[6]

关键在于该合同没有保证最低采购量。其年度历史用量显示，最常见的 25、50 和 75 kVA 常规架空单相 120/240V 设备，平均每年分别约 6、9、6 台；其他架空电压、箱式单相、三相及地下设备较少，数量由未预期系统需要决定，不能保证。[6] 这使框架授标与固定大单之间存在实质差别：进入合格供应商合同可能带

SVSAC | sv-sac.org

来被调用机会，但并不提供生产规划所需的确定吞吐量。跨国厂商若为此配置库存或预留生产时段，必须评估最小起订量、当地安全库存、订单调用概率和资金占用；公开文件没有给出历史实际调用比例，本篇不推估该概率。

Hagerstown 的总拥有成本（TCO）公式将初始报价与损耗转为可比较的评估成本：评估成本等于设备报价，加上无负载损耗瓦数乘以 6.91 美元，再加文件所称满载、85 摄氏度下的铜损（copper loss）瓦数乘以 2.71 美元。[6] 这并不是设备真实全生命周期成本的完整模型：文档没有在该公式中呈现负荷概率分布、贴现率、能价变化或实际运行数据；而系数是该买方在该招标中的评价参数，不是全行业通用价格。它的商业含义是买方会将效率损失价格化，低初始价若对应较高保证损耗，可能在评标总成本中失去优势。投标方必须用统一测试口径和经过校核的保证值，避免把工厂试验的技术误差变成合同价差或后续赔偿。

该框架合同还要求投标报价含 FOB Hagerstown 目的地预付运费，报价保持 45 天；要求提供厂家信息、交期、外形图、铭牌/接线图和损耗数据；评估可按型号拆分授标。合同补充条款规定价格调整可按季度处理：若交付季度成本较下单季度上升，仍按下单季度价格；若成本下降或持平，则采用较低成本。[6] 对供应商而言这形成不对称的成本风险分配：报价锁定期和实际订单节奏决定其采购原料、汇率和运输风险；合同并未提供对供应商所有成本上涨的自动补偿。文件没有揭示制造商、最终授标和合同实际支出，不能把 10 万美元上限当成实现销售。

5.2 Greenville Utilities Commission：资格名单、逐台损耗保证与履约惩罚

GUC 26-48 招标的投标截止日为 2026 年 7 月 21 日，采购约 50 台杆上 CSP 配电变压器，明细为 25 台 15 kVA 和 25 台 25 kVA、一次接地星形 12,470/7,200V、二次 120/240V。每台的采购规格不仅包括容量与电压，还写明单套管、95 kV BIL、65 摄氏度温升、无分接、过载开关、低压断路器、压力释放、过载指示、避雷器、接地带等配置。[7] 文件要求新设备、不得使用翻新机；投标须写明制造商，并可被要求披露制造地点；设备铭牌上需标注相应非 PCB 信息。[7]

GUC 按 30 年评价口径对损耗做货币折算：设备单价加上每瓦无负载损耗 7.80 美元、每瓦负载损耗 2.10 美元。若不同设备 TCO 差异低于 3%，市方可选择按初始成本决定；交期和供应商/制造商先前履约表现也可参与评估。[7] 这不是客观市场的“每瓦价值”，而是买方在此招标中明确采用的评估系数与决策规则。它提供了一个竞争策略的反例：制造商不能只用很低的标价制造“便宜”印象；高损

SVSAC | sv-sac.org

耗会将初始成本优势部分抵消。但买方还允许当总拥有成本差异不大时回到最低初始价，说明效率并非单一决定因素，价格、可得性和过去履约同时影响授标。

履约条款把技术数据直接绑定到验收和现金流。中标方须在发货完成和接受前提交逐台认证测试结果；每批货的测试记录未在货到后五个工作日内交齐，可被认定不合规并导致供应商从名单移除；文件分别规定两项触发条件：单台无负载损耗较报价平均值超出 10%、或总负载损耗（无负载加负载）较报价平均值超出 6%的单位不予接受并退回；此外，只要认证测试或买方测试显示无负载和/或负载损耗超过报价平均值，委员会即将在退换相关货物与按“交付 TOC—报价 TOC”差额的两倍计违约赔偿之间选择，后一救济不以超过前述拒收容差为前提。文件还允许在损害赔偿付清且履约能力获认可前移出制造商/投标人名单。[7] 这些条款让质量保证不再只是一份证书，而是具体的按序列号交付数据、可验证损耗、资金扣留和未来资格风险。

GUC 列有被接受的制造商名单，但新制造商可在每次投标前请求有条件审批；有条件审批不等于已加入常设批准名单，也不承诺当前或未来授标。[7] 这直接揭示“可投标”与“获得渠道”的层级差异。一个海外制造商需要先判断是否可以被当前采购接受，递交产品和厂址数据，满足其测试与准入要求；即使一次获批，订单分配仍受报价、交期、损耗、过去履约和采购需要影响。文件要求在被请求时披露制造地点，支持买方核查具体投标设备，但不能据投标品牌本身判断其原产地。

5.3 三类公共采购文本对比出的采购成熟度

塔科马 2026 年 RFP 强调多种需求计划和生产槽位，并将预计前三年数量、服务等级和材料成本机制分开；Hagerstown 2023 年文件是小额框架采购、允许逐项授标但不保证最低量，历史单类年用量只有个位数；GUC 2026 文件则以约 50 台的明确数量启动竞争性采购、并将型号级数据与严格验收责任相连。[3],[6],[7] 三者的区别不在“哪座城市更代表美国”，而在于买方采购设计如何影响供应商进入成本：较大且可预测的采购窗口有利于安排生产计划；不保证调用量的框架合同提高库存和前期资格成本的风险；型号数量较少但验证/损害责任较重的采购则要求供应商先建立精确的测试数据和质量保险机制。

不过，公开文本中的估算量不等于实际交货量，且三家买方的合同额和产品规格不可直接比较。Hagerstown 最高 10 万美元、Tacoma 估算 200 万美元和 GUC 约 50 台分别来自不同年份、不同品类/合同期限、不同币值环境和采购计量方式。不能把金额差异归因于供应商价格、美国城市规模或中国出口可得市场，也

SVSAC | sv-sac.org

不能用 GUC 文件的约 50 台量推算全美 utility 年度需求。要比较实际经济性，仍需授标价格、订单调用、设备交付和验收证据。

5.4 不利情形：买方有采购计划，不代表供应商就有规模经济

上面的 Hagerstown 框架采购显示，即便采购方公开计划、建立供应商合同并允许多年续约，订单数量仍可能不保证。其历史使用结构偏向少数低容量常规架空型号，而对地下、箱式和其他电压的需求零散。对规模化工厂而言，若型号适配要求使其必须单独建立小批次生产、材料库存和售后备件，那么框架合同潜在上限可能不足以摊销固定工程投入。若供应商依赖分销商库存，分销商又可能要求制造商提供寄售库存、较长账期或退货安排；公开招标没有揭示双方如何分担这些成本。因此应将此作为需要交易合同验证的商业风险，而非假设合同中标等于经济可行。

另一不利情形是合规响应成本高于单个订单所能覆盖。GUC 对 30 年损耗数值、材料、地点、厂商、交期、每台测试报告和违约赔偿的组合要求，可能对成熟供应商只是既有流程，但新进入者要构建测试方案、模型级数据追踪和现场服务。购买额约 50 台可能产生重要商业入口，也可能相对于一次性验证投入过小。由于文件未公开投标人、报价、授标或交付数据，不能判断这一轮的竞争者数量、海外厂商是否参与，或买方是否最终接受了新供应商。[7]

第 6 章　从工厂能力到买方认可：资格、试验与渠道责任

6.1 供应商资格至少分为三个对象

公开招标通常同时审查三种对象，但市场讨论常将它们混为一谈。第一是投标法人：其报价、签约授权、保险、财务能力、履约历史、当地服务和法律声明是否满足该买方要求。第二是制造商/工厂：其质量体系、生产过程控制、产品设计和型号能力是否可信。第三是被报价的产品和交付批次：具体配置、试验、标签、损耗和文件是否满足采购条款。塞勒姆让 Offeror 提交制造商的公用事业参考；Hagerstown 要求报价制造商信息并允许非既有接受厂商提交图纸和公司资料审查；GUC 允许非名单厂商逐次申请有条件批准；塔科马要求资料中提供最近授权服务代表地址及后续认证图纸。[2],[3],[6],[7]

这意味着分销商不一定可以用自己资历代替制造商资格；制造商亦不一定能依靠集团品牌声誉替代型号级测试。一个可能的合同结构是制造商对产品质量/缺陷负责，进口商或分销商对报价、报关、仓储和本地响应负责，而 EPC 承担系统安装与现场接口。若合同没有明确分工，出现损耗测试不合格、配件不兼容或延

SVSAC | sv-sac.org

误时，采购人可能向多个实体同时追责；供应商自身则要预先协调制造商、授权服务商、物流商和保险人之间的赔付及数据传递。

6.2 工厂测试既是技术证据，也是订单现金流门槛

塔科马和 GUC 的文件都要求设备按序列或逐台与测试结果建立关联，但买方对交付证据的时间、审查和财务后果不同。塔科马要求每台设备的出厂资料在发运前或发运时交给合同经理；若设备先到而报告未到，变压器部门保留拒收权。[3] GUC 规定测试报告必须提交并被接受，且迟交可能导致不付款、拒收、返运或从供应商名单移除。[7] 这说明工厂测试的能力要求不仅是拥有测试设备，还包括质量追溯、数据审核、文件版本和按约发送的流程。

供应商报价应把这些交付义务计入真实交期。若制造完工日期并非可发运日期，还需留出工厂试验、报告签核、买方审核、纠正偏差、包装和物流窗口。对海外交付，海运、港口查验或内陆运输又在其后。合同将运输延误、报告迟交或设备拒收分别处理时，制造商与分销商需有清晰的责任分配及沟通链。第 10–11 章分析超限运输、备件与售后合同；此处只指出采购文件已经把测试数据和交货付款绑定，不把它们误写为 NRTL 或法规认证的一部分。

6.3 保证损耗从制造工艺延伸到赔偿

Hagerstown 与 GUC 均把损耗数据用于 TCO 评估，但 GUC 更清楚说明了验收后果。Hagerstown 为其成本评估列出无负载损耗和满载 85°C 铜损系数，并限制实收设备参数相对申报值的偏差；GUC 要求逐台认证试验，规定超出平均损耗保证的处置选项，包含返运替换和按损失差额两倍计赔。[6],[7] 这类条款要求供应商控制试验温度修正、波形修正、制造过程一致性、材料变更和数据录入。其后果可能是额外成本、货款延迟、返修运费及供应商资格损失。

不能据此简单断言更高效率设备一定赢标。首先，买方的 TCO 公式可能采用自己的负载率、损耗折现与运营假设；不同采购人系数不同。其次，初始报价、交货速度和既往履约仍可能在招标评估里单独占重要权重。再次，配电变压器的损耗数据在全负荷假设下不能直接代表某条馈线实际的年能耗成本。评估模型的价值在于透明比较，不是给设备一个脱离现场负荷的普遍经济排名。

6.4 渠道的可进入性由“服务承诺可验证”决定

公开 RFP 中的服务代表地址、制造商历史参考、交期更新、索赔与更换义务，都是买方验证渠道承诺的方式。一个远程制造商可以设置美国经销商作为进口商或授权服务点，但采购方仍需确认：服务范围覆盖具体地理区域；代理合同

SVSAC | sv-sac.org

允许其处理质保；常用附件与熔断器有可用库存；现场工程人员有权限判定和报告缺陷；制造商承担替换设备与国际运输责任；若制造商更换代理或停止产品线，备件和技术文件仍可获得。公开采购文本没有逐项证明哪家代理实际具备这些能力，需要另以企业文件、售后网络表和具体合同核验。

多佛市按年度、按类别列出供应商/授标单位，说明 stock 采购会反复经由公开竞标和一批命名法人，但不能从名单推断谁为制造者。[5] 因而潜在中国供应商有两种互相替代的策略。其一，直接以制造商身份申请买方资格，保留技术控制和较多单位价格，但自己承担所有在地责任。其二，通过已有公共事业采购经验的分销渠道供应，由合作方承担报价接洽和本地服务，制造商须接受渠道折价、信息不对称和客户归属安排。两条路径都要解决产品设计和质量责任；代理关系无法代替工厂能力，直接销售也无法自动获得客户信任。

6.5 仍不可回答的关键问题

公开采购文本尚未揭示三项对商业判断非常重要的信息：投标人的报价构成与竞标人数；被授标合同在期限内实际下达的订单和分批交付节奏；供应设备的实际制造地点、原产地、工厂通过的现场质量审查和质保表现。GUC 文件在被请求时可要求提供制造地点，但当前公开文件没有投标/授标记录；Hagerstown 标明最大框架合同金额和历史使用量，但尚未查到该合同实际供应商和订单记录；塔科马 RFP 仅描述未来投标与合同机制。[3],[6],[7]

因此，当前证据支持的是：美国公用事业常以型号级规格、制造商经历、逐台试验数据、损耗保证、交期和本地服务判断可接受供货。它不支持“海外厂商普遍无资格”或“中国企业已进入某 utility 供应链”的笼统结论。后续需要加入厂家公开年报、监管申报、真实授标公告和区域采购合同，才能进一步识别供应商是否有足够产能、是否经过产品与工厂验证、分销关系怎样分配履约责任，以及这些条件对中国出口者是否具有经济性。

第 7 章　制造商扩产、并购与订单能力：如何读公司披露

7.1 产能新闻不是出货数据

电力设备厂商的扩产公告常将投资额、厂房、岗位、潜在产能与市场需求并列。它们能证明企业作出投资承诺或完成某项并购，却不能自动证明新增产线已经通过客户资格审查、达到设计节拍、取得采购订单或形成美国原产产品。至少要将厂房建设、设备安装、试生产、客户认证、稳定达产、有效产能利用和实际

SVSAC | sv-sac.org

交货区分开。企业公告将“预计投资”“目标产出”“新增岗位”作为未来表述时，均应保留其预测性质；用年报已确认的资本开支也不能替代设备层级的已售数量。

GE Vernova 于 2025 年 10 月宣布将以 52.75 亿美元收购 Xignux 持有的 Prolec GE 剩余 50%权益，披露该合资企业在全球约有 10,000 名员工、7 个制造基地，其中 5 个位于美国，并称其覆盖多种额定容量和电压的变压器。新闻稿同时称 Prolec GE 在美国和墨西哥近期的扩产与创新投入超过 3 亿美元，其中 Goldsboro, North Carolina 一项 140 百万美元投资预计创造 330 个岗位、在未来三年实施。[9] 到 2026 年 2 月，GE Vernova 宣布完成收购，并称 Prolec GE 并入其电气化业务。[10]

这组信息可支持“一个跨国集团通过并购强化其北美变压器平台、并公开规划美国工厂扩张”的结论，却不能推出新增产能已经投产，更不能说明每个基地生产哪些型号、生产线各自有效产能、材料来源或美国项目采购份额。140 百万美元数字是企业公告中的资本投资及未来岗位计划，不等于对现有产品交期的即时改善。公司页面同时称该企业在美国和墨西哥投入，说明生产网络跨境；不能因为企业在北卡有基地就将所有 Prolec 产品标作美国原产，也不能因为母公司/合资历史涉及墨西哥就将美国工厂产品一概标作墨西哥原产。[9],[10]

并购价格与工厂资产也不是同一概念。52.75 亿美元是买下合资企业剩余股权的交易价格，涵盖整体业务权益而不是单独购买某座美国变压器厂的设备成本。并购改变所有权、合并报告口径、客户覆盖和资本配置，并不自动增加物理产线。若用并购金额当作新建产能投资，或以合并企业营收推算美国制造量，都会错置分母。正确观察应追踪交割前承诺、交割完成、工厂具体项目、客户资格与供应公告，分层记录其状态。[9],[10]

7.2 扩产机会的反向机制：竞争增强会压缩稀缺溢价

国内工厂扩张对潜在出口者既可能创造机会，也可能削弱原有优势。新增供给会减少交期压力，让买方有更多候选来源，并使海外供应商能够用自身产品组合填补特定规格或区域缺口；但新增工厂也会加剧对价格、技术、服务、原料供应和合格产能槽位的竞争。若供需收紧时海外交期曾可换取买方容忍较高价格，扩产后这种溢价会降低。出口商需要竞争的不只是现有厂商的产品，而是其已签客户关系、美国库存、在地工程团队、售后点和新增产能利用率。

DOE 2024 年供应链回顾称，美国配电变压器本土产能正通过扩产改善，并在缓解交期；与此同时，变压器和电网组件供应链的脆弱性仍主要由关键工程材料——取向硅钢（GOES）、铜和铝——供给有限且需求上升驱动。DOE 还指出美

SVSAC | sv-sac.org

国在若干上游原材料方面有供应商集中风险，包括 GOES 与非晶金属供给问题，并以 40%–50%描述美国大电力变压器产线的欠利用状态，部分原因涉及国际成本竞争力。该数字沿用报告表述，不再换算为精确闲置率或开工率。[11] 这些是 DOE 回顾报告中的产业分析，不能逐型号或逐企业推定某家公司实际缺料、产能利用率或供货成本。

这一并存关系有重要经济含义：产能不足和材料瓶颈不是同一层。变压器厂房、绕线设备或测试站扩张后，如果核心钢材、绕组材料、套管、保护器件、熟练工或测试能力无法同步扩张，名义产能仍可能无法转化为按期可交付的合格产能。相反，上游材料改善可能令既有产线恢复利用，不必新增同等规模的厂房。市场研究若只统计工厂投资金额，会误判真实供给曲线；若只观察原料价格，也不能解释不同规格的工厂产能和交付差异。

7.3 以配置矩阵减少 SKU，可能改善交期，也可能改变进入门槛

DOE 2024 年短缺缓解演示材料把“通用配置矩阵”作为降低配电变压器等待时间的一项工具。其材料称工作组有公用事业协会/工程人员及制造商参与，矩阵评估哪些配置属性应保留、哪些在功能上未必必要、哪些需要买方组织接受；列出的维度涉及架空/箱式/网络型、0.5–2,500 kVA、一次/二次电压、相数、保护、绕组连接、冷却、BIL 与套管类别。材料给出 79,421 种唯一类型和可能减少约 15%–40%的估计，并特别说明互换性清单是供公用事业和制造商对具体情况评估的动态起点，不是所有组织自动接受的清单。[12]

这里有两点必须区分。第一，DOE 材料展示中的 79,421 是工作组呈示的配置类型估计，不等于美国在产 SKU、真实可采购型号数或全行业库存；“减少约 15%–40%”是潜在估计，不是已经完成的压减。第二，矩阵本身要求 utility 接受与实际配置验证；如果买方没有采用某个替代套管、保护组件或尺寸，候选者不能据行业矩阵就自行将产品视为兼容。[12]

如果买方真正采用共同配置，供应商面对的工程任务可能从“给每家 utility 做特殊版本”转向“给更宽买方群体做一个可互换产品”。这降低定制成本，可能扩大经济批量，也降低高规格工厂通过少量特殊型号差异化的空间。替代组件库也可能缓解单一部件供应风险，但新部件仍须通过工厂验证、买方批准、工程图纸与保险要求。对中国出口商而言，这种变化既可以降低进入新 utility 的产品改型负担，也会使海外供应商更直接地与美国已有平台按成本、交期、服务比较。净效应取决于具体买方采纳、组件验证和可规模化的实际订单，而非矩阵公布本身。

SVSAC | sv-sac.org

7.4 制造商企业披露的证据层级

公司披露可按以下逻辑读取。新闻稿中“announce investment”证明公司计划或已公开承诺；政府审批和企业后续公告可确认项目是否开工/交付；年度/季度报告可能核实资本支出、收购、收入、订单或经营风险；工厂级产量、型号级产能、客户验收与供货合同需要额外产品/项目材料。不同层级回答不同的问题，不应合并为一个“新增美国供给”数字。

GE Vernova 收购 Prolec GE 能证明北美平台的控制权在 2026 年发生改变并被纳入上市公司电气化板块，但公开公告中的“覆盖大多数额定和电压”“五个美国工厂”没有按工厂细分哪些配电或大型变压器产品、年产台数、可用产能、扩建前后开工率或为哪个 utility 留有产能。[9],[10] 同理，GE Vernova 对订单簿、分部增长或资本投资的合并披露不应被误读成具体变压器业务销售；公司的其他电气化产品，如开关、保护、控制或电缆配件，也可能计入同一业务分部。

对市场机会判断，合理的公司证据表至少要列：披露主体/并购关系；工厂所在地与产品范围；投资承诺/实际支出状态；新增岗位/实际招聘；名义产能与可交付合格产能；订单是已签合同、预测还是招标需求；市场区域、型号和币种；本地维修及零件能力；原产地/采购限制能否从资料识别。若没有一手来源支撑某栏，就空缺而不推测。

第 8 章　上游材料、设备配置和名义产能的瓶颈

8.1 关键原料约束如何改变工厂报价和交期

变压器原料成本与技术规格直接相连。硅钢片或非晶磁芯材料影响空载损耗、铁芯结构、采购周期与加工工艺；铜或铝绕组影响导体成本、线圈设计、重量和损耗；绝缘液、套管、熔断器、开关、焊接件和外壳则依不同容量和安装构型变化。原料替代会带来图纸和测试责任，不是采购部门把物料号换掉即可。DOE 2024 年回顾将 GOES、铜和铝列为配电/电网组件供应链脆弱性的关键输入，并指出制造商和上游原料供给集中、国内扩产与交期改善并存。[11]

其对报价的影响存在双向渠道。材料指数上升会抬高制造成本，若采购合同固定价格且不允许指数调整，制造商承担利润压缩；若合同准许按特定原料权重或季度机制调整，买方则承担部分价格风险。材料延期可能令产能槽位空置，进而提高单位固定成本和交期；反过来，如果采购方允许以经批准的替代材料/部件完成设计，工厂可扩大可采购选项。塔科马、GUC 和 Hagerstown 招标中的原料

SVSAC | sv-sac.org

价格调整、指定损耗报告、明确组件型号和替换批准程序，展示了这些机制以合同语言出现的方式。[3],[6],[7]

这里不能把 DOE 所称行业集中风险简化为“美国没有 GOES/铜”。DOE 报告的陈述涵盖供应链风险与特定市场阶段，不代表所有材料完全无法在美国采购，也没有证明所有变压器制造商都受同样约束。相对而言，某家工厂的采购合同可能有长期锁价、库存或多供应商；某个特殊材料或电压等级也可能比常规单相设备更紧张。后续若要确认单一制造商供货受限，应使用其监管申报、采购公告或公司公开披露，而不能将全国级风险套用到该厂的每个订单。

8.2 额定产能、有效产能与排产槽位

工厂所谓年产能力至少有四种口径：设备额定理论速度；经过人员和班次配置后的可用能力；考虑缺料、测试、返工与产品组合后的有效产能；已被客户和订单占用的生产时段。采购人关心的“交期”往往不仅是从下单到制造完成的平均天数，还包括订单冻结、图纸审批、材料采购、制造、工厂试验、买方审查、包装和运输等节点。媒体说“工厂产能翻倍”不一定意味着双倍的可交付型号，因为新产线可能只生产中压电力变压器，不能替代 utility 所需的单相杆上配电产品。

塔科马 RFP 愿意接受月度产能槽位、提前确认生产月份和价格、按需订单等多种计划，显示买方在交付不确定时试图把产能承诺变成合同结构。[3] 这种槽位并非法律上自动形成固定销量：买方能否取消、改变型号或调用储备能力取决于合同具体条款；供应商也要根据提前量准备工厂、采购和运费。采购方若只在危机时保留槽位、平时不愿支付预留费用，供应商就缺乏将非绑定需求转为专用产能的激励。反过来，客户为预留产线承担承诺金可能因负荷预测或项目取消而形成沉没成本。

对跨境供应商，生产地点以外还需要考虑不同工厂是否能生产相同经认证的设计、是否拥有复制产线的测试能力，以及转厂后客户是否要求重新审图/重新审核。产品系列可能由集团在全球多厂生产，但对 utility 而言，工厂变更会影响原材料、质量体系、型式证据、供应链追溯和质保主体。因而全球工厂网络为产能调度提供潜在选择，却不自动保证一个订单能在任一集团工厂无缝转产。

8.3 工厂投资与采购机会的反例：扩大供给仍可能没有可争取订单

Prolec GE 的收购与扩建说明大型制造商可用资本进入需求旺盛区域，但并不证明新厂项目开放外部品牌/OEM 合作、或公用事业会通过公开竞价把增量订单分给新供应商。[9],[10] 现有工厂的扩建也可能首先服务集团现有客户、未交积压订单或当地项目。若新产能主要对应中压站用变压器，而公开市政采购需求是低压

SVSAC | sv-sac.org

侧特定单相库存件，双方产品边界并不匹配。反之，若企业新厂和现有渠道均聚焦 utility 配电，则新增产能可能使买方的本地选择更丰富、从而压低进口必要性。

这种反例提醒研究者分开三种预测：市场总需求增加、某一设备品类供给能力增加、某一供应商获得可盈利订单。第一项不能推第二项，第二项不能推第三项。出口企业可能面对持续上升的系统投资，但尚未进入采购人规格/资格名单；也可能已具备资格，却遇到需求由项目取消、数量未保证或融资条件改变而缩减。需要具体投标、授标和采购订单资料才能说明商业机会实际发生。

8.4 上游瓶颈可能沿附件而非主变压器发生

设备的关键路径未必是铁芯或绕组。配电变压器附件的型号、互换性和交期可单独限制整机发运。GUC 招标把避雷器、熔断器/保护、压力释放装置、开关/断路器、指示器、接地连接器等作为整机规格的一部分；Salem 要求指定类型负荷开关、分段开关和多厂家保险丝兼容参数；Tacoma 要求每一单机能按统一材料编号和经确认的图纸出厂。[2],[3],[7] 若某个附件到不了，整机即使已完成绕线也不能作为符合合同要求的可交付产品。

因此，原料供应链研究要把物料清单下沉到关键组件。可核查问题包括：组件厂商是否唯一；是否允许“approved equal”；替代件是否需现场或工厂试验；组件是否可在美国市场本地采购；是否对某一型号产生额外配合尺寸；是否影响后续维修和备件库存。DOE 互换性清单的价值正在于帮助买方和制造商识别可评估的候选替代来源，但其本身没有替买方批准具体替代件。[12] 市场进入策略应把“能买到相似附件”和“买方已同意该附件装在交付产品”区分开。

第 9 章　需求缺口、供给扩张与出口机会的条件性

9.1 需求压力只提供机会的必要条件之一

DOE 回顾材料称 2023 年各类输配电设备组件平均交期约 38 周，较前一年接近翻倍，成本同比约上涨 30%，并称配电变压器国内产能扩张正在改善供应。[11] 这些是 2024 年回顾中的行业时间点与汇总分析，不代表 2026 年所有规格的实时交期，也不等于任何中国企业能拿到美国 utility 订单。2026 年 3 月 DOE 配电变压器协调网络研讨会的开场讲话用到 2019 和 2024 交期比较，也属于公开演讲对最近可用数据的引用；本篇不把它当作当前每类产品报价或供应合同。[8]

高需求只有在以下条件同时满足时才转化为出口机会：某一买方确有计划采购该型号；采购项目获得预算/批准并实际发布；出口产品符合具体规格/效率/配

SVSAC | sv-sac.org

件要求；投标主体具备其资格和服务覆盖；原产地/贸易/资金来源条款允许；制造商有可承诺且可验证的产能；运输时限和成本符合要求；报价在全寿命成本和履约风险后仍有竞争力；最终采购人授标并下达订单。缺少任一关键环节，需求预测可能只意味着其他设备供应商的待满足市场，而不是这家出口商的可寻址市场。

9.2 中国企业的可进入路径和必要证据

中国制造商至少可以设想三种路径：独立制造商直接供应；与美国分销商签授权、库存和售后合同；或作为 OEM/元件供应商通过美国品牌/EPC 进入。路径的选择应基于采购文本而不是对“中国制造”或“美国品牌”标签的推断。直接投标保留技术控制但须落实适用的投标、进口和售后责任；是否需要美国法人应按具体项目和交易安排判断；分销合作可带来登记和本地响应，但经销商是否真正承担质保、进口、备件、保险、交付和收款风险须由合同证明；OEM 可隐藏制造商在前台品牌中的存在，但采购文件和政府资金规则仍可能要求披露制造地点、制造商或来源。

可称为已实现出口机会的公开证据至少应包括具名订单/award、具体型号和采购人、合同主体、数量/金额及交付状态。若公开文件只有获批供应商名录，只能称具备特定买方供应资格或候选身份；若只有代理协议，只能称商业渠道安排；若仅有工厂投产，则只能称制造能力。迄今本篇用到的 Seguin、Salem、Hagerstown、Tacoma 和 GUC 采购材料均没有识别一个中国供应商已中标，也没有从 Dover 页面的获奖公司名称推断其产品原产地。[1],[2],[3],[5],[6],[7] 这是公开证据缺口，而非中国厂商不存在交易的证明。

9.3 需要跟踪的风险指标

本篇后续将把进入风险做成可复核的订单级清单：报价与可调整材料系数；美元账期、预付款和信用证成本；跨境运输、包装、尺寸及收货窗口；测试报告与批次验收；质量保证和返运成本；代理渠道权责；售后响应时限和备件库存；订单取消/未调用的库存回收；项目资金或联邦来源条件；贸易税费与产品原产地判断。每项风险都应落在具体合同条文或官方规则上，而不是用“美国政策不确定”笼统代替。

另一个需要警惕的反向机制是客户能够通过招标竞争和多家授标降低供应商依赖。Dover 公开历史上多次按变压器产品类别授标不同法人，Tacoma 允许将产能规划方案组合使用，GUC 预留逐项采购与有条件批准路径；这些机制说明采购人可以保留替代来源。[3],[5],[7] 如果多个厂商通过当前技术和服务要求，原有稀缺

SVSAC | sv-sac.org

利润可能被招标竞价压缩。若合同按框架量但无最低调用，供应商还可能承担预留产能成本，买方则保留转向别家采购的弹性。因此“供应短缺意味着卖方有定价权”必须以具体采购数据验证。

9.4 本阶段研究判断

目前公开一手材料支持三项范围有限的判断。其一，美国 utility 采购不是只买标准额定容量设备，而是在本地材料标准、逐台损耗保证、附件/保护配置、工厂测试、交期和售后等条件下采购一个可验收配置。其二，国内制造扩产和上游材料供应风险可以同时存在；工厂投资、收购公告和行业短缺都不能代替逐型号有效产能和实际交付量。其三，公开 utility 案例确实提供进入规则和特定采购机会的证据，却未提供足以确认中国制造商实际中标、订单或交付的链条。

因此本篇将出口美国定位为一组可验证的采购渠道选择，而非由宏观需求数字推出的收入机会。之后的章节要处理跨境运输和变压器规格安装接口、长期备件及保修、供货合同的预付款/账期、原产地及现行税费条件、以及如何通过公开材料建立具名渠道和项目的证据链。届时仍无法识别的字段将留作研究限制，不用相似品牌或新闻预测补齐。

第 10 章　交付不是一段运费：运输链、现场接口与验收风险

10.1 运输风险从工厂包装延伸到基础就位

配电变压器与大型变电站变压器的物流问题不能用同一套成本项概括。常规配电设备常以多台批次、卡车或集装运输进入公用事业仓库；大型电力变压器则可能涉及铁路或特种公路、超限许可、桥梁/道路调查、专用搬运设备、站内通道和基础接口。产品尺寸重量只是物流边界的一部分：到达现场时设备可能仍需组装散热器、套管、控制柜或附件，进行注油/油处理、现场试验和投运。制造商如果只报“工厂交货周期”而不定义这些节点，买方无法判断何时能安全送电。

Tacoma Power 一份 115 kV 电力变压器采购规范将物流责任逐项写到供应商层面。文件要求单位以干燥空气或氮气封装发运、标示装运时罐体压力和温度，并安装压力表；到货时若压力表缺失，或经温差修正后正压消失，Tacoma 可据此假定发生泄漏，并在付款前协商验收条件。变压器运输全过程需记录三轴冲击，记录延伸至最终就位；提单还须标出铁路车位限制，整套文件要求包含包装清单。散热器如分开发运，需有防潮材料与牢固包装；重件需加滑橇、明确标识。[13]

SVSAC | sv-sac.org

这些条款把包装变成状态监测的一部分，而不是外观保护的附属工序。若运输冲击记录显示设备受过超限冲击，买方可以要求进一步检查；若压力损失提示密封异常，设备可能进入停付、复验或重新处理。即使产品在工厂通过测试，运输中震动、压力变化、湿气进入或附件碰撞仍会改变到货状态。对海外供货方，航段和中转次数增加还可能扩大风险暴露，但不能仅凭“海外”推断损坏率更高；合同可通过运输记录、密封状态和可追溯包装把责任定位到特定环节。

物流合同也要写清风险转移和现场工作边界。Tacoma 要求 FOB 目的地、运费预付并包含卸货；供应商需提交搬运/就位方案，最迟在预计交付前三个月交采购工程师审核，披露搬运分包商、过去五年相关经验、使用设备、支撑和逐步作业安排。设备落在市方准备的基础上，且采购方可提前调整服务区内交付地点；若现场收货发现不合格，运输、拆包、检查、重新包装、返运等成本由供应商承担。[13] 因此投标价并非从港口到美国仓库的“海运价”，而可能包括最终一段重载运输、特种搬运、卸货、基础就位和拒收后的逆向物流。同一 Husky Terminal 采购另列 DOT/MARAD 资金下的 BABA 要求，要求美国境内最终制造、组装和试验及组件来源/成本证明。[13]因此，物流和服务能力达标仍不证明海外制成设备符合本次来源条件；任何例外均须有适用文件，本篇不假设已存在豁免，也不外推为全部公用事业采购的规则。

DOE 大型电力变压器韧性报告也说明运输设计和设备设计并非完全可分。报告讨论的一种可变阻抗大型变压器相较同功率常规设计，装运重量据报告约高 12%，且因额外有源部件初始资本成本较高；报告说其运输物流总体类似其他大型电力变压器。[4] 这一实例只能证明某类设计变更可能影响重量与资本成本，不能外推为所有大型设备的重量溢价，也不能替代型号级路线调查。大型设备采购应在报价阶段提前做重量、重心、外形、吊点、运输状态、路线和站内入口核查；否则制造完成后才发现限高、限宽或承载能力不满足，可能造成临时储存、设计返工与投运延期。

10.2 招标中的异常经验条款，反映了买方对运输可控性的真实顾虑

Tacoma 同一份 115 kV 采购规范分开设置投标人经验和设备经验记录：§1.1.3.1 要求投标人具备向美国电力公用事业设计、制造、直接销售此类设备并提供保修服务/支持的经验，且有至少十年向美国客户成功交付和履约的记录；§1.9 另要求投标材料提交所报设备的既往合同记录，并依据其在美国电力公用事业系统中的服务历史加以整理。[13] 后一项没有在该段明确写成“该型号已经运行十年”，故不能把投标人十年履约要求误写为设备本身十年运行要求。整体条款仍

SVSAC | sv-sac.org

可能提高首次进入者的资格成本，但不是全美统一的法定认证门槛；它是单一采购人的风险筛选条件，且该 RFB 没有公开最终响应人或授标结果。

对没有多年本地安装记录的候选者，可能的替代证据包括国际同类设备服役年限、工厂质量体系和型号一致性、买方见证试验、在美授权服务商、可用备件、运输风险控制以及可执行的质保承诺。但这些材料是否能替代 Tacoma 的明确门槛，取决于采购人是否允许偏差或修改文件，不能以一般资质较好就假设会获豁免。市场进入者要先作逐项响应判断：可以证明的直接满足；需要采购人裁定的例外；必须通过本地合作方补足的服务；以及若不能满足则应不投的情形。盲目提交“全球经验等同美国经验”可能在资格审查前就失去订单机会。

从供应商视角，履约门槛会转化为现金流和保险条件。Tacoma 规定测试、图纸、手册等交付资料全部收到且被工程师认可前不付款，设备状态不满意亦可扣款；另对报价交期逾期规定每日 1,000 美元违约金，上限为采购订单设备材料金额的 5%。[13] 这会使交期可靠性、试验文件及时性和运输状态影响收款时间，不能只把延期成本视为最终赔偿。对于需要从制造商、出口商、美国进口商、运输承包商和现场安装队逐层协调的跨境项目，资金缓冲应覆盖至少一个链条节点延迟或验收争议；但具体融资成本、付款时间和信用额度须以实际合同与授信条款确定，本次分析没有取得特定中国供应商融资合同。

10.3 一台替换变压器如何把施工、设备和质量责任连接起来

Fremont, Nebraska Department of Utilities 2025 年 1 月的单台变电站变压器招标提供了一个不同的责任配置：采购对象是一台 69/13.8 kV、15/20/25(28) MVA、带有载调压装置的替换设备，供应范围写明运至现场、放置、注油、组装在基础上；采购人评标考虑设备质量、交期和制造商经验，并要求投标保证至少为报价的 5%、中标后提交合同金额 100%的履约保证；一般条款 4.01A 另要求履约保证和付款保证各至少等于合同价。[14] 这一结构与配电库存框架有别：采购数量少，但设备、吊装/组装与现有变电站并联接口集中在一个合同中，单件故障或晚到可能对项目工期产生较大影响。

工程细节决定“替换”不等于尺寸相同。Fremont 技术规范称新设备将替换旧机，现有基础与围油池将新建，外形尺寸没有严格限制，但套管和控制柜方位须遵循总体布置；另一台并联运行的保留变压器阻抗为 7.5%，因此新机指定阻抗也为 7.5%。[14] 这展示了互换性中两个层次：机械净空可通过新建基础部分解决，但并联设备的阻抗匹配仍由系统运行约束决定。若出口商只以“同容量/同电压”证

SVSAC | sv-sac.org

明等效，而不说明并联运行、控制、套管方向和现场装配条件，设备可能在完成制造后仍不能顺利并入。

该合同把招标投标与后续合同执行的责任文件一体化。买方可检查现场，投标方要核实当地条件；图纸需由卖方核验并标明偏差，工程师审图只审查与合同设计概念的一致性，不免除卖方对符合合同的责任。[14] 这意味着工程师批准图纸不是制造商的免责证书，也不是采购人已经接受设备。跨境渠道设计应安排能够理解图纸和现场接口的责任人，建立偏差清单的书面闭环，避免代理只转发文件却无法响应技术澄清。若型号、附件或工厂发生变化，批准图纸、测试记录与交付序列必须更新到同一版本。

Fremont 采购文本还包含进度付款、24 个月自送电起质保、备用零件和专用工具的交付要求；其技术部分要求工厂整体装配并测试，采购方有权见证工厂试验，且附件和电子设备需在发货前功能测试。[14] 这些条款揭示设备价值链的延伸：客户购买的不仅是本体，也可能购买一套维修启动包及投运支持。不过当前可读文件是 2025 年 1 月招标文件，未在本次分析核实实际中标方、合同价格、交货和验收。因此，它说明采购设计而非已实现交易或商业绩效。

第 11 章　渠道如何承担长期服务：直接供应、代理与本地履约的组织边界

11.1 “代理商”不是一种固定责任安排

制造商、授权供应商、分销商、进口商、搬运承包商与现场服务商可能是同一法人，也可能分属多家企业。分析渠道时，要逐项问谁是投标人、合同卖方、进口申报主体、产品保证人、服务调度人和最终收款人。城市 RFP 允许制造商或授权供应商提案，并不等于授权供应商承担制造商全部产品责任；制造商技术支持承诺也不意味着代理拥有备件、保险或现场更换权限。渠道中的责任配置最终取决于投标响应、合同及其背靠背协议，不能从商标、网页经销商目录或集团所有权关系推断。

Lodi Electric Utility 于 2026 年 10 月 15 日发布的 Guild 230/60 kV 自耦变压器 RFP 对“直接采购”边界给出相当清楚的近期例子。该 RFP 计划采购两台新设备，邀请合格制造商或授权供应商投标，要求报价覆盖制造、工厂测试、装运准备、工厂存储、运输、现场服务和文件，并要求说明排除项和单独计价的选项。[15] 设备应包括附件、控制、备件和专用工具；供应商还需提供制造进展、买方见证试

SVSAC | sv-sac.org

验机会、运输许可和现场卸货责任、制造商合格现场监督、收货检查、组装、油处理、现场试验和调试服务，并说明保修、维修响应与零件可得性。[15]

这份 RFP 把设备供货合同延伸为接口管理和现场工程合同。即使投标人本身只是“授权供应商”，其报价也要说明由哪个工厂制造、核心/线圈、油箱制造、最终装配与工厂试验分别在哪里进行；负荷分接开关、高压套管等关键附件需列品牌/型号、制造国和支持安排。[15] 买方因此可识别制造链上不同履约节点，而不是只面对一个品牌名。对外国供应商而言，披露制造地、部件来源和服务安排本身并不表示合规资格已全部满足，但能让买方评价供应链、备件和延误风险。该披露也不能单独代替海关原产地规则的逐产品判断。

RFP 将合同执行的后备安排写成单独可定价项目：投标人需列初始预付款和按可核验里程碑支付的进度表；生产槽位有效期及超出有效期的涨价；如采购人因关联 PG&E 开关站进度延期，需报产能保留、暂停制造或暂停出货的最迟决策时点、厂内/厂外存储、保管和保险费、重启费、取消费和对交期的影响。[15] 这不表示公用事业已选择或承担这些成本，而是要求投标人透明列出成本转移规则。其市场含义是：渠道不能只承诺“可供货”，必须同时解释计划更改时谁持有在制品与库存、谁支付仓储、如何保护油封设备、复产后交期如何重新计算。

11.2 单台合同可以要求完整的售后闭环，批量合同则侧重批次管理

Fremont 的一台变电站替换设备对维修启动能力的要求包括备用零件、专用工具、现场组装和调试。[14] Tacoma 的 115 kV 采购则要求备份套管、负荷分接开关的单相维修接点/触头备件和包装清单，并把实际运输状态监测、图纸及测试文件纳入付款先决条件。[13] Lodi 的两台自耦变压器 RFP 要求供应商列推荐备件清单及价格，并阐明维修响应和零件供应安排。[15] 这三类文件分别表明：买方可能把关键备件和工具作为初始整机采购包的一部分，也可能把推荐备件作为另报价项，也可能将客户现有维修策略留给采购人自行决定。不能假定所有项目都会买到同一种“完整售后服务”。

售后服务能力的边界至少有五项。第一，现场服务是调度能力还是仅有制造商工程师远程指导。第二，保修期如何起算：发货、到货、验收还是送电。第三，保修是否覆盖拆除、运输、重新安装和停运损失。第四，关键备件是否有在美库存、是否仅可从原工厂进口。第五，授权代理是否能代表制造商判断缺陷并批准质保件。Tacoma 一般条款规定劳动保修至少三年，零件保修按制造商期限或至少一年取较长者，并将保修起点连于交付验收；专项§1.19 另规定现场送电起 60 个月或发货起 66 个月取较短者，覆盖纠正缺陷所需修理或更换及必要拆除、

SVSAC | sv-sac.org

运输和重装费用。Fremont 所引条款为送电起 24 个月。比较应同时考虑期限、到期机制及责任范围，不能仅据 Tacoma 一般条款判定两项目实际质保起算或终止的早晚。[13],[14] 这种差异直接影响海外供应商应准备的质保准备金，但公开材料没有揭示成本率或实际索赔频度。

如果设备发生故障，合同中“制造缺陷”与“安装/运行问题”的边界可能产生争议。Fremont 合同的一般保证排除由买方或第三方错误修改、维护或操作，以及买方未披露的腐蚀环境或违反厂家书面指令造成的损害。[14] 因此制造商若希望限缩质保，就需要提供清晰、可执行的安装和维护说明，并确保现场服务能记录状态；采购方也需在招标中披露盐雾、污染、温度、洪涝或特殊运行条件。若一方未充分说明，事故复盘会争论损坏归因。研究者不能仅看“24 个月质保”就推导设备故障一定可免费修复。

11.3 进口商/分销商的实际增值在哪里

本地渠道真正可计量的价值不是“有本地地址”，而是降低合同接口成本：将 utility 的材料编号映射到工厂型号；在截止日期前处理补遗、数据表和偏差；协调图纸和制造变更；准备美国交付地点的卸货与交通许可；按交付节奏维护备件；承接收货检查和故障工单；对美元发票、保险、税款和回款进行本地管理。公开采购文件显示买方会要求提交美国历史业绩、服务代表地址、搬运分包商记录与现场响应，而这些责任可由渠道伙伴承担一部分，但不能由其替代制造商执行工厂测试或提供设计数据。[2],[3],[13],[15]

因此应比较代理模式的成本与可得能力。若制造商直接投标，可减少一个交易层、保留与 utility 的工程沟通，但要落实适用的进口及服务安排并承担履约风险；本地法人是否必要不能脱离项目要求判断；若通过既有分销商，可能更容易进入其供应商关系和仓储体系，然而制造商可能面临较低毛利、客户数据不完整、渠道优先权冲突或分销商无权承担重大质保。若以 OEM 形式供应，买方前台所见品牌可能是渠道公司，真实工厂仍可能必须在项目文件中披露。每种模式都需要检查合同权限：代理是否能签长期保证、是否可调价、是否可以替代产品、采购人可否直接向制造商索赔、代理终止后谁继续供应备件。

本篇当前没有公开证据表明某家中国制造商通过某个具体美国分销商取得上述采购或服务合同。渠道可进入性分析只能提出需要核验的契约条件，不能用行业常见做法冒充某个公司的既成安排。下一步若出现公开授权协议、客户合同、授标或企业披露，才可把该渠道关系从可行机制提升为具体事实。

SVSAC | sv-sac.org

第 12 章　采购经济性示例与可复算边界：何时低报价不再低

12.1 评估系数能比较报价，但不是能源价格预测

配电变压器招标将保证损耗折算为采购评估成本，可在初始报价和效率之间构造透明比较。Hagerstown 2023 年招标规定，评估价=设备报价+无负载损耗瓦数×6.91 美元/瓦+文件所称满载 85 摄氏度铜损瓦数×2.71 美元/瓦。[6] 这些系数属于该份采购文件的评估参数。它们不应被表述为实际电价、某一变压器的未来节省额或行业统一的损耗价值。损耗的经济成本实际取决于负荷率、投运时间、变压器利用率、电价/系统成本、折现率、温度与运行方式；招标把这些因素压缩到两个系数里，方便同一批投标的排序，而不是实现完整的逐时财务估值。

为说明这个规则如何改变选型，而不声称观察到了真实竞争，下面给一个作者构造的纯假设案例。假设同一采购单位、同一技术响应和相同交期，A 报价 12,000 美元，保证空载损耗 80 W、假设满载 85°C 铜损 180 W；B 报价 12,400 美元，保证空载损耗 60 W、假设满载 85°C 铜损 160 W。按 Hagerstown 公式：

- A 评估价 = 12,000 美元 + 80 W × 6.91 美元/W + 180 W × 2.71 美元/W = 13,040.60 美元。
- B 评估价 = 12,400 美元 + 60 W × 6.91 美元/W + 160 W × 2.71 美元/W = 13,248.20 美元。

在这个假设里，B 的设备报价高 400 美元，但其损耗折算项节省了约 192.40 美元，仍然不能抵消全部初始价差，故公式评估价 A 低约 207.60 美元。该结果只说明：给定这两组人为输入与这份历史系数，报价排序如此；它不是 Hagerstown 的历史投标、真实产品参数、实际能源节约或买方最终授标。若买方使用不同系数、产品利用率或对可交期有别的评分，排序可能改变。

12.2 从损耗偏差到合同责任，必须分开三个量

供应商需把“投标保证损耗”“交货试验实测损耗”“合同允许的测试偏差/损害赔偿触发”作为不同字段建模。前两者是报价或验收数据；第三者是采购条款约定的容差和后果。GUC 26-48 把投标所报平均损耗数据与验收损耗容差、逐台测试、返运/替换和损耗差额赔偿分别写入条款。[7] 对此不能把两条机制混成“只有超出容差才赔”或“任何损耗偏差都自动触发倍数赔偿”；必须从具体条款读取触发对象、计算基准、按台还是按批以及买方救济选择。本章不计算损耗偏差赔偿；在该合同中，实际后果取决于具体条款所列救济选择，不能把所有偏差都概括成自动按倍数计罚。

SVSAC | sv-sac.org

供应商的内部计算模型可以用显式参数识别应在投标前校验的字段：型号与测试配置是否匹配；空载与负载损耗是否采用同一测量温度/修正口径；报价平均值是否确能代表交付设计；对每台设备的容差独立还是按平均值判断；赔偿基准是保证值、TCO 差额、损失差额还是单价；买方可选择拒收、返工、价款扣减还是损害赔偿；诉讼/争议期间是否仍须继续履约。若数据链条混淆，会导致成本模型把小偏差重复计罚或漏掉整批的更换风险。

12.3 经济性判断必须与渠道和履约责任相连

上述损耗模型只比较设备价格和特定性能参数，并不包含跨境销售的完整成本。可拓展的订单贡献模型可写为：

净合同贡献 = 合同收款 − 制造与材料成本 − 海关/税费及合规成本 − 海运与内陆运输及保险 − 渠道折让与服务成本 − 融资占用 − 预期返修/延迟/拒收成本

这里每项必须以可核实输入填充。比如，运价要来自对应路线和装载方式的实际报价；税费按设备分类、原产地和进口日期查验现行官方规则；融资占用依据支付节点、美元资金成本和供应商授信条件；渠道费率依据实际代理合同；索赔成本以制造商质保和当地服务报价确定。当前公开 RFP 能证明采购人可设付款与验收门槛，但未提供出口厂商具体成本、真实关税或融资条件，因此公式是研究者定义的会计框架，不是经验估计或建议的预测模型。

特别在长周期变电站项目中，订单毛利即使在价格表上为正，也可能因采购方延期、现场不具备条件或关联项目延误而被长期占用。Lodi 2026 年 RFP 就要求报价区分生产槽位、储存、保管、保险、复产、取消和延期的费用；它明确 RFP 为征求提案，须经审批并签署书面合同后才有约束力。[15] 对未获订单的供应商，投标费用和专门工程投入可能无法回收；对于中标但买方施工延期的供应商，若风险分配不充分，工厂存储和营运资金成本会消耗预期利润。把 RFP 潜在金额直接当销售收入会忽略这些条件。

第 13 章　从投标表到议会授标：Rocky Mount 大型变压器采购的价格、资格与交期

13.1 公开文件给出的不是一个“成交价”，而是一条状态链

北卡罗来纳州 Rocky Mount 市 2025 年 North POD 变电站扩建项目提供了少见的公开竞争性证据：市议会材料、投标比较表和正式会议纪要可相互对应。项目采购一台 90/120/150/168 MVA、230/66 kV 接地星形电力变压器，并将设备本体、送至现场、吊装卸车、组装与现场试验、必要时注油分项列价。市方于 2025

SVSAC | sv-sac.org

年 7 月 28 日的会议纪要记载，市议会将合同授予 Ensales, Inc.，金额为 3,655,845 美元，并授权工作人员按议会授标签发采购订单。会议纪要本身也写明“Ensales, Inc. (Virginia Transformer)”，投标表另以独立制造商字段列出对应关系。[16],[17]

这条证据比单纯招标更强，但仍有严格边界。议会纪要能证明授标和授权签发 PO，不等于 PO 已经签发、款项已支付、设备已经出厂、交货或验收。市方议程摘要中也给出 award 和 issue purchase order 的建议行动，而正式纪要写的是授标并授权发 PO；本篇据正式纪要称“已授标、授权发单”，不把其改写为已核验的实际发单或完成供货。[16],[17] 此外，比较表标题日期为 2025 年 7 月 1 日，而会议纪要说投标于 6 月 1 日开封，材料内部的投标日期存在不一致。本篇保留两处记录，不自行把一处日期改成另一处；价格和响应性比较依据投标表本身，授标依据正式会议纪要。

13.2 低报价必须与响应性、损耗、现场服务和交期共同阅读

正式投标表列出三个投标法人/制造商组合：PowerTech, LLC 的制造商栏为 Hitachi/ABB；Ensales, Inc.的制造商栏为 Virginia Transformer；第三栏的投标法人为 JSYW Transformer, Inc.，制造商栏列 YAWEI Transformer。三栏基础报价分别为 4,089,660 美元、3,655,845 美元和 1,702,700 美元。第三栏报价明显最低，但投标表显示其未附投标保证金；市方工作人员的授标建议材料及投标表称 JSYW 提交的 YAWEI 制造商方案不完整、无响应并从考虑中移除；会议纪要只记录授标与签发 PO 授权，没有载明不响应理由。公开材料没有说缺少投标保证金是否是唯一或实际被认定的具体不响应理由，因此可以并列记录“无保证金”与“不完整/不响应”，不能把两者建立未经证实的因果关系。[16]

对于两家材料认定的响应提案，Ensales 报价比 PowerTech 低 433,815 美元；其报价页列出的预计全寿命运行成本也低 428,818.60 美元，分别为 3,872,095 美元和 4,300,913.60 美元。与此同时，保证总损耗为 PowerTech 217.6 kW、Ensales 239 kW，后者更高。初始报价差异足以压过表中损耗评估差异，使 Virginia Transformer 报价在表列预计运行成本仍较低。此比较不是说损耗不重要，而是说明损耗只是一个招标权衡维度：具体系数、设备运行假设、保证值、附件/安装范围和采购价格共同决定结果。投标表没有在这一页展示全寿命成本模型的全部假设，不能把表中数值解释为实际电费或真实寿命期账单。[16]

第三家报价揭示更强的反例：若只看初始价，它显著低于另外两家；若只看招标表所列周期，它又最短；其投标表计算的预计运行成本也最低。然而市方工作人员的授标建议和投标比较表并未将 JSYW 提交、制造商栏列 YAWEI 的提案

SVSAC | sv-sac.org

视为可比较的响应报价，因完整性/响应性问题将其排除；会议纪要没有记载这一理由。[16] 因而买方竞争并非“最低报价自动胜出”，而是先检查必要资格与投标完整度，再在可比响应的供应商中权衡价格、交期、质量、服务和生命周期价值。一个在技术或程序上不响应的极低报价，不构成可实现的采购机会，也不能证明该投标人具有已获订单。

需要避免另一个方向的误读：不响应的原因未明，不意味着可以把它归为中国企业或某个国家原产来源。表中只标记“JSYW Transformer, Inc.”和“YAWEI Transformer”名称，未公开其股权结构、投标法人注册地、设备工厂、原产国或部件产地。本篇不凭 YAWEI 名称、字体或所谓品牌关联推断其中国身份。对于中国市场分析，这个案例只能说明市政高额单件采购中，材料完整性和响应性门槛可能压过价格与较短交期，不能证明中国厂商已进入或已被排除。

13.3 履约费用表可揭示报价服务包的结构

Rocky Mount 比较表不仅列设备价格，也分开吊装卸车、组装和现场试验、现场工程服务日费、储存费、交期和损耗数据。[16] 这使买方能比较报价包里的现场投入，而不是将制造商报价误当成设备到站的全部成本。表中 Ensales 的现场工程服务估计日费为 3,160 美元；PowerTech 为 3,584 美元；JSYW/YAWEI 栏为 800 美元。表里还列出了各报价人的存储费，但格式显示部分收费是“每周/一次性/估计”并存，不能不看原报价附件就将其折成统一费率或认定为最终合同价。[16]

这类项目采购中存在费用范围的“边界配置”。本体报价可能由制造商报，投标法人可能为另一公司，现场吊装可能由本地承包商实施，组装和现场试验可能由制造商工程师或授权服务商承担。分项列表让采购方更清楚地看到哪些条目有完整报价，哪些仍是估计项或未报价项；但采购结果正式授标时，仍以合同文件、范围说明、采购订单和最终调整为准。除非公开订单或合同明确，不能把投标表中的分项直接写为最终付款金额。

Rocky Mount 授权 Ensales 后，其下一步还需确保保证金、履约文件、图纸审查、制造、试验、物流和现场服务都与最终合同匹配。若供应商通过本地工程分包商提供装配，必须明确其价格、保险、工期和工作界面；若工厂质保只覆盖本体，而合同卖方承担整机缺陷和现场修理，则卖方需要背靠背向制造商获取相应授权。采购表不能让研究者推测这两家公司之间的未公开合同分工，但它提供了识别风险分配所需的接口清单。

SVSAC | sv-sac.org

13.4 反事实：若买方的评估顺序不同，排序可能变化

此案例可构造两个方向相反的反事实。若买方把投标响应性、保证金、关键技术偏差和现场交付服务视为硬门槛，最低价的报价会在比较排序前排除；如果买方允许补件，且所有技术偏差满足采购规则，价格优势才可能进入综合评审。投标表及建议材料说明第三份投标不完整/不响应，纪要记录授标授权，不解释哪些缺陷可补正或是否允许补正，因此本篇不虚构“若补交保证金就会赢标”的情境。[16],[17]

第二个反事实是买方对交期的价值。报价表给出各供应商预计图纸和交货周期，未说明投运日期与延迟成本的完整模型。若某一到货周数被认为可满足建设计划，较快交付不一定值得支付高价；如果关键线路、停电窗口或替代容量使提前供货具有较高价值，交期可能成为决定因素。该市最终选择的响应投标者同时比 PowerTech 报出低价、较短交期和较低预计运行成本，故无需在两者之间牺牲明显的一个维度。但这是该次竞争材料的结果，不证明其它采购中服务/交期总能与低价一致。

该案例也并非配电变压器采购的统一模板。它是单台大型设备、带安装和现场服务的市政项目，采购量较小但履约风险集中；与 Hagerstown 按框架合同逐单调用、GUC 一次采购约 50 台配电设备以及 Tacoma 分配生产时段的机制不同。[3],[6],[7] 它可用于观察竞争文件的字段和合同责任，不应直接作为中国配电变压器的价格、周期、毛利或响应率基准。

第 14 章　从资格名录到工厂披露：JSHP 与 JST 的不同进入证据

14.1 采购名单只能说明买方的合格边界

第 5.2 节已区分 GUC 26-48 的名单、当次有条件审批与授标。此处只提取本章比较所需的身份事实：接受制造商名单列有 JSHP Transformer 与 JST Power Transformers。[7] 名称能锚定该采购设备范围内的候选，不能锚定工厂地址或已交付产品的原产地；本章因此比较采购名称与企业厂址披露能否连接，结论不能推广为全美 utility 认可。

名字相近也应区分法人和品牌。GUC 列出的“JST Power Transformers”是其采购清单中的名称；JST Power Equipment 的公开页面自述其提供配电、变电和其他电力设备，且将 JST 作为全球企业品牌使用。[7],[19] 如无 GUC 表格的法定实体识别码或中标文件，不能仅凭名称认定该名录条目和 JST Power Equipment 法律实体

SVSAC | sv-sac.org

在合同中完全同一，也不能认定名录上的资格对应其新近宣布的某个美国厂址。清单能证明的范围应严格停留在文本所列名称。

14.2 JSHP 的自述显示中美商业接口，但不是订单或产品原产地证书

JSHP USA 网站自述 JiangSu HuaPeng Transformer Co., Ltd. 以 JSHP Transformer 名义经营，列出中国江苏省溧阳市地址，同时列出位于加利福尼亚州圣何塞的北美市场与服务联系方式；其网站还称产品线覆盖低压配电到高压设备。[18] 与 GUC 名单结合，这两类文件可以勾勒一个潜在渠道结构：在美国采购名单中有相应制造商名称；企业自述在中国有生产/公司地址，在美国设市场与服务联系点。它们不能证明该公司向 GUC 报价、获得采购订单或履行 GUC 订单；也不能说明哪一工厂制造了某个具体配置、其进口商或海关申报原产国。

对制造商官网的数字和宣传必须按证据类型处理。JSHP 网站的全球出货数量、工厂规模、产能、支持城市负荷比例等内容均是企业自述，属于需要另有独立数据佐证的营销信息；本次分析不将其当作全行业统计或逐型号交付核验。官网自述的公司身份、公开地址和产品范围可作为企业当前如何对外描述自身业务的证据，但仍不能替代工商登记、审计报表、进口报关、工厂记录和采购订单。若市场研究需要估计可供给量，必须先确认口径：设计年产能、历史实际产出、可用槽位、已签订单与美国市场分配完全不同。

14.3 JST 在美国工厂的扩张计划：区位在地化不等于全部供应链本地化

JST Power Equipment 于 2026 年 5 月 19 日宣布 Wytheville, Virginia 新厂开业，称该厂将制造 25–6,000 kVA、最高 35 kV 的单相/三相液浸式箱式配电变压器；其初始产能计划为 2026 年约 150 台，并计划从 2027 年起扩大至约 1,000 台/年。公告还称这是其第 11 个全球工厂，并自述其全球制造网络包括墨西哥、中国、马来西亚和多个美国地点。[19] 这是具名企业对工厂启动及未来计划的公开披露，可支持“企业宣布新增美国制造设施，目标产品包括特定配电变压器，计划初始产量为未来目标”的事实。

但“工厂开业”与“达到稳定可售产出”仍应分开。公告的 150 台与 1,000 台属于公司计划，不是已审计产量、已交付单位或已获美国公用事业订单。网页没有说明设备设计、零部件、磁芯/线圈和关键附件分别在何地制造，也没有给各型号实际利用率、客户验收或月度排产。新工厂可能帮助企业缩短本地技术配合和服务距离，但仅从厂址不能判断某台产品符合某一政府资金条款、原产地规则或 utility 规定；这些问题需要产品制造过程、合同采购条款和适用法规分别审查。

SVSAC | sv-sac.org

产品范围还存在具体适配差异。GUC 26-48 采购 15 kVA 和 25 kVA 单相设备，而 JST 公告所列 Wytheville 范围从 25 kVA 起。[7],[19] 公告所列范围与该次 25 kVA 需求有名义重叠，但不覆盖该采购的 15 kVA 规格；这不是证明企业不能通过其他工厂或产品线供应 15 kVA，而是说明不能只凭“新厂生产配电变压器”就认定每个买方物料编号均匹配。即使 25 kVA 容量重叠，公告中的箱式产品与本次杆上 CSP 结构不同，不能据此认定新厂产品可响应本次采购；其他工厂产品线未知。25 kVA 还须进一步核对一次/二次电压、CSP 配置、套管、熔断器、保护、损耗、尺寸、测试和交期。公司可服务的技术范围应按型号表和具体工厂确认。

14.4 同一企业网络内工厂位置、销售支持与供应资格是不同字段

JSHP 与 JST 公开资料形成有用对照。JSHP 自述中国总部/工厂联系和美国市场服务地址；JST 则披露美国新建工厂，并同时描述包括中国等多个地区的全球制造网络。[18],[19] 这提示研究者不要只把供应商归入“中企/美企”一栏，而要至少记录：投标法人、品牌/集团、报价型号、工厂、关键部件来源、进口/本地生产状态、维修支持地点、买方名单状态、合同卖方和项目来源。一个企业在美国设有销售或服务办公室，不等于产品在美国制造；一个集团在美国有工厂，也不能证明另一型号由该厂生产；拥有中国制造网络也不能证明其美国出货都为中国原产。

因此，JSHP 与 JST 的对照只能沿两条已公开线索推进：采购文本中的名称与资格，企业页面自述的制造及服务地点。第 14.1 节所述法人识别缺口若未补足，两条线索不能合成“某美国或中国工厂供应 GUC”的订单结论；即使法人对应得到确认，具体型号、实际生产地点与交付仍需各自证据。本章的增量是把名称、法人和厂址分开，防止用新建产能公告填补产品配置与来源的未知，不据此认定已完成市场进入。

第 15 章　机会的反向压力测试：把规模、价格与渠道条件放在同一张订单证据表

15.1 真实案例所显示的进入排序

Rocky Mount 提供一个具名、不利于“低报价自然胜出”的采购反例：公开投标表中的 JSYW Transformer, Inc.所报、制造商栏列 YAWEI Transformer 的报价为 1,702,700 美元，交期栏为 52–58 周，且表列预计运行成本为 2,137,196.20 美元，均低于另两栏；但市方工作人员授标建议材料和投标表称该提案不完整/不响应并将其排除；会议纪要没有说明这一理由。最终获授给 Ensales, Inc.的合同金额为

SVSAC | sv-sac.org

3,655,845 美元；Virginia Transformer 作为所列制造商这一信息来自投标表，投标表列 85–90 周交期和 3,872,095 美元预计运行成本；会议纪要于 2025 年 7 月 28 日确认授标并授权签发 PO。[16],[17] 这说明商业机会不仅依赖设计、成本和产能，还受文书完整、投标响应、投标保证和买方风险规则控制。

不过该对比不是关于中国制造商的定量结果。Rocky Mount 材料没有确认 YAWEI 投标法人、股权、实际制造厂或制造国；无保证金只是表格所列字段之一，官方只说材料不完整和不响应，未公布逐项审查意见。该例不能作为中国企业成功或失败案例，只能显示投标门槛对任何候选者的影响。若想研究中国供应商实际表现，应获得其投标主体、工厂及来源证明、技术偏差表和采购人的不响应理由，而非从表格公司名称推断。

15.2 “在美生产”可能改善某些条件，也产生另一组固定成本

JST 公告把 Wytheville 工厂的目标描述为缩短交期、提供本地工厂验收测试和客户协作；这些属于公司对项目设计目标的陈述。[19] 从机制上讲，在地制造可能减少跨洋运输环节、使现场问题和技术澄清更接近工厂，并支持本地雇佣与部分区域来源要求。但建立工厂需要资本开支、人员招聘、设备调试、质量体系、供应商验证和稳定的订单吞吐。公司公告尚未提供单位成本、实际利用率、当地材料比例、稳定出货量或新厂在具体 GUC 产品上的量产证据，故不能判断其单位经济优势是否已实现。

JSHP 则以中国主要联系地址与美国市场/服务地址构成另一种布局模式。[18] 它可能让制造商借美国沟通触点处理资料和售后，但仍要对每个项目确认谁进口、谁保管库存、谁承担现场故障、维修件从何处供应，以及产品制造地点。若本地代理或服务机构只负责电话、技术文件和销售，不拥有库存或授权现场维修，则其功能与本地制造商完全不同。企业网站展示的支持地址本身不足以回答这些合同问题。

15.3 可用一张订单级核对表测试可进入性

对于每一笔候选采购，公开证据至少可按以下字段建立跟踪表：

证据字段	可核实的问题	典型来源	不可替代的字段
采购状态	预算、招标、推荐授标、正式授标、PO、交付、验收，现在哪一步？	议会材料、招标书、会议纪要、采购记录	RFP 估算额不能替代 PO 金额

SVSAC | sv-sac.org

证据字段	可核实的问题	典型来源	不可替代的字段
买方资格	名录针对哪个买方和具体采购？是否仅为有条件审批?	采购规格、批准名单、正式评审	一个 utility 名单不能替代全行业资格
产品配置	容量、电压、绕组、保护、附件、损耗、安装空间是否一致?	规格书、数据表、认证图纸、测试报告	产品家族宣传不能替代型号证明
供应地点	哪个法人投标、工厂制造核心/线圈/组装?	投标表、合同、工厂与公司披露	美国销售地址不能替代制造地址
履约服务	谁做超限运输、卸货、现场组装、测试、维修和备件?	RFP、服务合同、保险/分包披露	授权经销商身份不能替代授权维修范围
经济性	报价、损耗系数、运输、库存、支付节点和质保成本如何?	中标报价、合同、供应商成本/融资条件	单个招标损耗系数不是实际电价
来源与资金条件	具体设备/项目是否有来源或资金限制？谁的制造过程适用?	现行官方规则、合同条款、产品制造文件	品牌国籍不能替代产品原产地结论

这张表并不要求每次采购都公开所有信息；它划定的是推理边界。比如，若文件已标“award”但未见 PO，应记录为已授标，不可称已成交全量；若名录写明可接受厂家而无授标，不可称其为供应商；若供应商公告显示工厂规划产量，却无工厂审计或出货记录，应将其保留为企业计划。表格的价值是防止市场研究把不同证据层次合并为一个泛化“成功进入”。

15.4 市场机会的条件化评估

结合公开采购与厂商披露，本篇对出口机会作出三个条件判断。第一，配电/变电设备销售依赖买方可接受的产品配置和履约范围，不是“变压器总需求”可

SVSAC | sv-sac.org

以直接指向某品牌；Rocky Mount 的资格/响应筛选和 GUC 的接受名单/损耗测试条款展示了不同的门槛组合。[7],[16],[17] 第二，生产地点与渠道布局可帮助解决服务和运输问题，但企业公开开厂或在美设服务点只有在实际型号、产品配置、产能、原产地和客户合同链得到核实后，才构成订单竞争力的事实证据。[18],[19] 第三，报价竞争应以完整响应的实际竞争者为比较样本，未响应的极低报价不能代表可执行市场价格；已授标金额也不能替代采购订单、发货和验收。

这不是对中国企业整体机会大小的估值。当前查阅到的采购文件中，没有充分公开证明某家中国制造商取得所述 GUC 或 Rocky Mount 合同，也没有足以逐台识别中国制造产品的交付文件。GUC 将 JSHP 和 JST 列为当前招标可接受制造商，JST 公告了新建美国生产点，JSHP 网站自述中国工厂和美国服务触点；这些是进入条件方面的迹象，不是订单证据。[7],[18],[19] 若要回答出口量或市场份额，需要更完整的多年度授标价、PO 调用量、产品型号和工厂来源数据；当前公开资料无法支撑该统计，本篇不以采购规划或公司产能目标补齐。

15.5 这些案例适合比较机制，不适合估计全市场中标率或国别效应

本篇目前的公共事业材料是便于公开检索的 municipal/municipal-utility 便利样本，选取依据是文件能够显示规格、责任或采购阶段，不是概率抽样。项目之间的电压、容量、年份、采购规模、资金来源、交付范围和市场竞争都不同；Seguin、Salem、Dover、Hagerstown、GUC、Tacoma、Fremont、Lodi 和 Rocky Mount 案例不能合并成一个“典型采购”，也不能据以计算某国供应商的中标率。已公开文件只观察到被记录的正式投标、采购人的正式说明和可读企业披露；没有投标者、收到邀请却未响应的企业、私营投资者拥有的公用事业（IOU）非公开采购、数据中心直接购置合同以及保密谈判价格并不完整出现在样本中。

因此，跨案例分析只用于识别采购条款的条件机制：例如低价会否先受投标响应性筛选，损耗、交期和售后服务怎样进入比较，设备本体与现场工程如何分项，企业工厂公告何时尚属计划。本篇未建立观察到的采购与某个国家/渠道变量之间的因果识别设计，不估计“本地制造是否造成授标”“中国来源是否降低响应率”或“服务网点是否提升中标概率”。即便 Rocky Mount 的单一 YAWEI 报价不响应，也不能归因于国别，更不能证明中国供应商普遍存在劣势；它仅说明该轮公开采购将该报价排除在可比响应方案之外，而具体缺陷未在现有公开记录中逐项说明。[16],[17]

SVSAC | sv-sac.org

第 16 章　从竞价到适配：采购研究如何解释变压器合同中的信息与变更

16.1 设备虽是可制造产品，项目却未必是标准商品

讨论跨境变压器供货，容易把“可比较的设备报价”误当作买方购买的全部对象。单台变压器确有标准化参数：容量、电压、阻抗、损耗、温升、绝缘水平和测试要求可列入数据表；但投标人还要对终端接线、附件兼容、基础和既有设备接口、运输、现场组装、验收、保修以及交付窗口负责。采购对象因此常是“设备加接口与风险承诺”，而不只是一个出厂价格。买方在招标前把这些接口写得越完整，投标之间越容易进行同口径比较；若关键现场条件、项目日期或施工责任尚未确定，签约后就更可能出现澄清、变更和成本重新分配。

Tadelis 对公共采购的综述性分析框架区分项目规格完整度、补偿方式与授标机制。他指出，公开竞争和固定价格有透明、价格发现及成本控制优势；但当项目复杂、签约后适配具有较大可能时，固定价格的强降本激励也可能带来变更谈判摩擦。其理论判断不是“政府采购必然低效”，而是简单、易定义项目与复杂、易变项目需要不同的合同设计；固定价格竞价适于规格较完整的对象，适配空间较大的对象则可能需要更有弹性的合同和前期技术交流。[20] 该文是基于既有研究的理论与政策综述，不是变压器行业实证估计。

Bajari、McMillan 和 Tadelis 以 1995–2000 年北加州私营非住宅建筑合同数据研究竞价与谈判的选择，报告项目复杂性、设计不完整、可用投标人数量和承包商经验与授标方式之间的经验关联。[21] 这项研究提供的是建筑合同的观察证据，不是变压器采购或电力设备出口调查；样本处于特定地区和历史时期，合同由私营买方签订，制度约束也不同于市政 utility 招标。它能支持的有限推论是：当项目设计、可替代承包商数量和现场适配空间不同时，买方会选择不同授标安排；不能据此预言美国变压器项目会从公开投标转向谈判，更不能估计任何供应商的中标概率。

16.2 Tacoma、Lodi 与 Rocky Mount 对应三种不同的信息结构

把上述框架应用于本次分析的采购材料，首先要区分“技术规格详细”与“项目风险已消失”。Tacoma 115 kV 采购将压力保持、震动监测、运输包装、装卸、现场试验、备件、历史业绩和付款资料条件写得很细。[13] 这类条款提高了投标前可观察、可比较的交付要素，也减少了买方在到货后才发现包装或资料缺失的空间。但其文件仍是单台项目的招标，不足以说明具体运输路线、基础施工和现场

SVSAC | sv-sac.org

条件在授标时已完全确定；详细规格把一部分不确定性转成可检验的交付条件，并不等于所有适配问题都能预先写完。

Lodi 230/60 kV 自耦变压器 RFP 采取另一种安排。它要求潜在供货者分别说明生产槽位、延期、厂内或厂外储存、保险、保管、重启、取消及对交期的影响；同时把审批、书面签约与约束力区分开。[15] 这不是对未决施工日期的消除，而是要求投标人事先报价某些改变状态的成本。对于制造周期长、项目施工节点可能变化的设备，延期选项的价值与其执行条款有关：若买方可以无限期占用槽位却不承担保留成本，供应商会承担闲置产能风险；若所有取消成本均由买方承担，买方可能为项目变更支付高额沉没成本。公开 RFP 只显示买方要求成本透明，不显示最终如何分配、投标人怎样定价或是否授标。

Rocky Mount 则显示规格相对清晰的单台主变也存在投标完整性这一前置门槛。投标比较表把 JSYW Transformer, Inc.作为投标法人、YAWEI Transformer 列为制造商，并显示其报价低、所报交期较短；工作人员建议材料和投标表又称该提案不完整/不响应。[16] 此案例适合观察“先筛选可比报价，再比较价格与履约”的顺序，不适合证明公开竞价本身无法吸收技术信息，因为现有材料没有披露逐项技术偏差，也没有公开说明不响应的具体原因。会议纪要记录授标给 Ensales, Inc.，且纪要括注 Virginia Transformer，投标表另列制造商字段；两种文件可交叉核对身份，但授标授权和报价明细仍承担不同证据功能。[16],[17]

三个案例并不构成简单到复杂的线性排序。Tacoma 虽有细致交付条款，仍要求供应商证明具体历史和运输控制；Lodi 面对延期可能，倾向让报价拆解变更成本；Rocky Mount 的低报价则首先受响应性审查。它们共同说明采购机制会在设计阶段分配信息和适配工作：规格、资格、价格表、储存选项和验收文件都是合同架构的一部分。并不能仅凭“电力设备”或“变压器”这一产品类别，就断言应由公开密封竞价、框架合同、谈判或分阶段采购中的某一种统一机制处理。

16.3 固定报价、工程变更与重新报价的边界

固定价格的优势在于买方能在采购前比较确定报价，并让制造商承担其可控制范围内的材料、工时和生产效率风险；其缺陷在于，若买方后来改变接口、交付日期、附件或现场服务范围，原价就可能不再是相同产品的价格。采购者需要区分三类变更：第一，供应商原本应当满足而未满足的规格，通常属于履约纠正问题；第二，买方改变需求或项目条件，可能需要正式变更、重新定价和交期调整；第三，双方在招标文件未写清的事项上产生解释分歧，取决于合同中的文件

SVSAC | sv-sac.org

优先级、通知时限和争议程序。把后两类变化都叫“质量问题”，会模糊买方变更与供应商违约的责任差异。

公开招标并不等于在全部设计决策冻结前拒绝沟通。采购人可以在招标阶段发布澄清和补遗，邀请合格厂商参加技术会议，要求单独列出偏差与替代方案，并在合同中规定变更控制点。这里的设计目标不是放弃竞争，而是让所有候选者在同一时间、相同信息基础上回应重大变更。否则，早期接触某一家供应商可能形成信息优势，事后通过变更订单又削弱初始竞价的可比性。Tadelis 讨论的适配收益与透明竞争之间的张力，正是把“前期沟通”“报价可比”和“授标后修改”放在同一制度链条内审视。[20]

对制造商而言，报价不应只是一项总价，而应把可控制边界讲清楚：标准设备配置、买方特定选项、额外试验、延期储存、现场服务、关键备件、币种和价格有效期。若供应商将不确定项目全部纳入高风险加价，报价可能被更简单的竞争者压低；若未计入项目延期和配置变化成本，则可能中标后出现亏损或争议。分项并不保证每个买方都选择最低风险方案，但能把报价差异拆解为可以谈判、删减或转由买方承担的条款。Rocky Mount 的分项服务与储存费用、Lodi 要求列出延期成本、Hagerstown/GUC 的损耗权衡分别展示了价格结构、时间选择权和性能成本进入采购文本的不同位置。[6] [7] [15] [16]

16.4 竞争机制的可检验含义与外部效度边界

如果“规格复杂、适配可能高会促使更重视前期技术沟通”这一机制适用于变压器采购，那么后续可检验的观察量不应只是中标价。可以记录招标前 RFI/技术会议次数、补遗数量、要求投标人提交的偏差矩阵、允许的等效材料、报价拆分方式、合同变更条款、延期费用，以及授标后变更单和验收争议。若复杂采购文本越详细却没有减少补遗、返工或现场变更，可能说明复杂性主要来自不可预见施工条件，或规格详尽程度并非适配成本的有效代理。反过来，若低规格完整度项目仍有大量变更，则也可能源于市场价格冲击、材料短缺或买方项目设计变化，而非合同机制本身。

还需提出竞争解释。其一，公开文本中条款较详细可能是项目规模、监管要求或一次性特殊风险的结果，而不是采购人认为市场缺少技术交流。其二，某一供应商进入名单或获得合同，可能由既有维修体系、历史兼容性或设备标准化驱动，不代表其报价或生产率更高。其三，谈判合同可能观察到更多成功交付，是因为买方只把高风险项目交给经验丰富的承包商，不能把相关性解释为谈判导致成功。其四，不响应率高可能源于招标文件中具体表格、保证金或截止日期设

SVSAC | sv-sac.org

置，而不必然代表产品不合格。上述机制要通过同类项目或合同版本差异检验，不能靠几个公开案例推成全市场因果结论。

Bajari 等人的样本关于加州建筑项目，不能直接外推到 utility transformer 采购；Tadelis 的文章亦未提供变压器行业参数。[20],[21] 而本次分析的案例是可检索的市政及 municipal utility 公开采购便利样本，电压、容量、产品类别、年份和服务范围不一致，且不覆盖私营 IOU 及数据中心直接采购。因而本章把文献用于形成问题和机制假设，再用具体招标条款识别机制可能如何出现；不把文献系数或建筑行业平均比例套用至电力设备市场，也不声称构成实证的因果检验。

第 17 章　把“认证”拆成证据链：法规型号、产品安全、买方名单与逐台验收

17.1 一张证书无法替代四种不同的采购证据

“产品已认证”在电力设备交易中往往是一个含混表达。至少需要把四种问题分开：产品是否落入 DOE 变压器能效规则的定义和适用表；制造商是否依规定试验、申报和维护型号能效记录；在相关工作场所规则适用时，产品或安装是否具有所要求的安全认可；以及具体 utility 是否接受这个制造商、工厂和报价型号，并在交货测试后接收该台设备。四者的管理主体、评价单位与结论范围不同。前一项看设备定义及制造日期；DOE 程序看 basic model 和申报数据；NRTL 证据是在适用安全规则及其认可标准范围内评价产品；utility 名单和合同验收则以买方的型号、材料编号、附件与每台交付情况为中心。

所以，若销售人员只给出一份第三方测试证书，买方仍可能要求 DOE 基本型号数据、制造商合规声明、针对特定电压和损耗的图纸、既有系统试用或资格审查、序列号对应的例行试验记录、现场验收以及已批准的维修渠道。反过来，某制造商在 utility 名单中也不代表其所有型号都符合联邦能效规则，或每台设备已经满足运输和安装条件。证据链的工作是让每个文件回答其被要求回答的问题，而不是把标志、测试、登记和验收合并成一个“通行证”。

17.2 DOE 范围、基本型号和试验申报不等于整机采购批准

现可读 eCFR 条文（动态页面不作为 2026 年 10 月 21 日完整历史截面已核证明），10 CFR 431.192 把 distribution transformer 定义为一定电压、频率和容量范围内的变压器，同时列出自耦、驱动（隔离）、接地、调压、整流、特殊阻抗以及若干其他变压器的排除项；其中“驱动（隔离）变压器”须满足该条专门定义，不能泛化为所有隔离变压器，“密封变压器”亦是该条定义的特定干式类型，而非

SVSAC | sv-sac.org

所有密封油箱；同条对 basic model 的分组则要求同一制造商、相同绝缘介质、相数和标准容量，并且没有影响能耗的差异特征。[22] 这类定义用于划定能效规则的对象，不等于采购方的产品分类。比如 Lodi 采购的 230/60 kV 自耦变压器，在电压和功能上显然属于另一类设备；本次分析不因其商品名称含“transformer”就把 DOE 配电变压器规则套用到该合同。[15],[22]

规则沿革使容量上限尤其容易误读。2024 年最终规则的生效日为 2024 年 7 月 8 日，修订后的能效标准自 2029 年 4 月 23 日起要求合规；2026 年 DOE 又发布一份信息请求，征求新标准、制造能力和供应链影响的资料。[27],[28] 现可读 eCFR 定义包括液浸式最高 5,000 kVA、干式最高 5,000 kVA，但现行§431.196 对制造日期和设备类别分别列表：一些 2029 年前适用的液浸和中压干式表仍止于 2,500 kVA，而 2029 年以后的表对特定非潜水液浸或干式类别列有更高容量。扩大的定义范围不自动等同于每个较大容量型号在 2026 年已受某一新版效率表约束；必须按电压、绝缘介质、是否潜水、相数、适用排除项和制造日期逐项查表。[22],[27],[30] DOE 2026 文件标题虽与标准相关，正文类型是 Request for Information，不是新的最终规则；不能把它当作替代 2024 年最终规则的已生效限值。[28] 本节不解决扩展后的定义范围与§431.193“仅适用于受§431.196 标准约束的变压器”之间的协调，也不对§429.47 各项测试、认证申报条款与这一范围边界作型号级裁定；因此，不能仅凭容量定义断言所有超过 2,500 kVA 的型号在当前均承担相同能效义务，也不能据现行表格未列某容量就推导其整体豁免。[23],[24],[30]

在程序层面，10 CFR 429.47 规定，distribution transformer 的每个 basic model 可依§431.193 试验程序测试，或通过满足§429.70 条件的 AEDM 确定效率；小批量和较大批量型号的样本选取要求不同，认证报告还可按特定 kVA grouping 申报。[23],[24] 这属于联邦能效测量和声明体系，结果针对法规意义上的型号或组别，并不替代 utility 对项目特定阻抗、套管位置、尺寸、保护配件、噪声或逐台损耗保证的评审。效率试验值也不自动证明与买方馈线、接线方式和维护工具相容。

DOE 的公开 CCMS 数据库能检索制造商提交的 covered equipment 认证记录，含变压器分组数据；DOE 说明数据库只显示近期提交的当前 basic model 数据，约每两周更新一次，数据是制造商及第三方代表提交的声明，DOE 不保证其准确性，且数据库页面本身不具有法律效力。法规要求以合规报告提交为准，而不是以公共网页出现为准。[25] 因而采购团队可以将 CCMS 用于型号核验线索，却不应把“网页搜索不到”直接写成未申报，也不应把搜索到记录视为 DOE 已对该型号作过独立安全测试或批次验收。若必须确认特定制造商的提交状态、型号映射或历史版本，应依法规记录和买方/主管机构的正式文件进一步核实。

SVSAC | sv-sac.org

17.3 OSHA 认可实验室并非全美所有变压器采购的统一前置证

NRTL 与 DOE 承担不同职能。OSHA 的 29 CFR 1910 Subpart S 要求该子部分所覆盖的电气设备获得适当批准；1910.399 关于“acceptable”的定义允许由 OSHA 认可的 NRTL 认证、列名或标识，也规定在 NRTL 不接受该类设备时的其他检查路径，以及针对特定客户定制设备的制造商测试数据路径。[26] 这不是“所有美国变压器都必须贴 UL 标志”的一般规则，也不是有 NRTL 标志就自动达到 utility 的性能和系统兼容要求。判断前必须先确认电气设备的工作场所、用途和适用标准；1910.331 属于电气安全工作实践的适用范围规定，将合格人员直接从事发输配电设施作业与普通利用设备作业作了区分；这个工作实践条文本身不构成某台设备所需 NRTL 标记的完整判定，不能将不同电压侧、不同雇主和不同安装场景视为同一认证条件。[26]

因此，采购执行时仍需核对相关 NRTL 和证书文件实际覆盖的标准、产品类型、工厂和变更范围；本章没有从实验室名称或通用认证标志推断任何具名变压器型号的认证状态。若采购文件引用特定 UL/IEEE 标准或要求标识，应查其文本和项目适用性；仅凭品牌标志、另一电压等级的证书或营销网页不能推断。

Utility-owned 输配电设备的合同批准和检修规范也不应机械等同于建筑场所电气设备安全认可。某个项目可能要求特定附件或控制组件具备认证标识，另一个 utility 可能通过自有设计审查、技术规格、工厂见证和到货检验接受高压设备。边界取决于设备实际使用位置、适用的劳动安全条款、州或当地检查制度、采购规格及资产所有权。此外，美国国家电气规范（NEC，NFPA 70）由各州或地方辖区选择性采用，规定安装方法、净空、接地与防火分隔等现场条件，并由地方检验机构（AHJ）按当地采用的版本执行；NEC 本身不是联邦产品准入许可，也不能替代 DOE 能效或 NRTL 证据。本篇不提供对单一设备或州的法律适用意见；其研究发现只是：NRTL 是适用场景下的安全证据之一，不等于采购资格或设备性能验收。

17.4 型号或工厂变更会重开证据链，而不是只改目录编号

变压器的型号变化既可能只是买方非性能关键的标签调整，也可能改变绝缘等级、额定容量、绕组、BIL、阻抗、散热结构、铁芯或导体，进而改变 DOE basic model、买方批准型号或安全标识覆盖范围。具体后果取决于变更特征及法规、实验室、买方各自的规则，不能笼统说“任何部件替换都要重新认证”，也不能把获得旧型号测试证书当作所有派生型号和工厂均自动获批。

SVSAC | sv-sac.org

DOE 2013 年 Central Moloney 非合规决定提供一个明确但范围狭窄的历史例子：公司提交液浸配电变压器 basic models 的效率申报后，DOE 依据相关型号测试数据认定其低于适用标准，并命令停止分销、通知买方和提供记录；对于其修改型号，文件要求在恢复美国商业分销前提供符合标准的测试数据，DOE 批准后将修改型号视为新 basic model，另行编号并提交认证。[29] 这份旧决定说明“修改后重新建档和证明”可能是监管处理路径；它不能替代现行法规全貌，也不表示所有设计改变都会自动产生相同执法步骤。

更常见的采购层面问题是某份认证报告与报价型号、工厂或交货批次之间缺少可追溯链接。供应链变更如由海外工厂切换至美国厂、关键附件换源、设计沿用但线圈/铁芯工艺改变，应将变更申请映射至四个记录：DOE basic model 和提交数据；安全认证或 NRTL 工厂跟踪范围（若适用）；买方 approved manufacturer/型号审批；合同批准图纸、偏差记录及逐台工厂试验报告。只有在变更不影响相关性能/安全特征且买方书面同意时，才可维持旧证据路径；供应商不能单方面以“等效”替代买方审查。

17.5 从资格名单到付款与接收：逐台证据须闭环

本篇已读采购文本显示，买方批准的对象不止是制造商名称。GUC IFB 26-48 把 accepted manufacturer 名单、候选厂商有条件批准、投标损耗申报、逐台试验报告、到货损耗偏差与合同救济分开；符合名录只解决特定买方的资格边界，而批次验收还要求实际数据对应单台设备。[7] Tacoma 要求报价和批准图纸记录具体材料编号及设备参数，并把认证试验、随货文件和收货状态纳入付款/验收流程。[3],[13] Salem 招标同时援引行业标准、DOE 效率和买方特定开关/熔断器及互换性，说明法规测试与系统接口审查可在同一采购文件中并存，但互不替代。[2]

一个可操作的履约证据矩阵可以这样读：先确认采购物料编号和设备类别，识别 DOE 是否覆盖及对应制造日期表；再将申报 basic model 与实际报价型号及产厂关联；然后依据项目场景确定 NRTL 或其他安全证据是否适用及覆盖哪些组件；接着检验制造商/工厂是否在该买方名单或已获本次条件批准；中标后冻结批准图纸和变更程序；生产阶段取得例行试验及损耗数据；交货时核对序列号、标牌、文件、运输状态和现场条件；最后由买方完成合同约定的验收、付款和保修起算。任何一环出现错配，都可能导致“有证但无此型号”“名单有厂却无此报价型号”“报告已申报但产品已换型”或“设备到站却不能验收”。

SVSAC | sv-sac.org

这种证据链也说明渠道公司的作用和边界。进口商可协助把工厂型号映射到买方材料编号、管理申报文档、维持本地备件、协调检查和付款资料，但不能替代制造商对 DOE 能效申报、设计变更和试验数据的真实性责任，也不能替代 utility 作最终名单和接收判断。若代理与工厂之间没有明确的更改通知、批次识别、资料访问、故障分析和召回协作条款，渠道只把文件转发给买方，不能形成可靠的合规控制。

17.6 证据缺口与可检验的批次追踪问题

当前公开采购材料大多展示招标要求、名单与部分案例授标，较少公开设备序列号级的 DOE 型号匹配、NRTL 报告全文、制造地点变更、工厂审查报告、测试偏差、赔偿履行或最终验收文件。因此本篇不声称已验证 JSHP、JST、YAWEI 或其他具名厂商某个具体出货型号的美国认证状态，也不从企业产品目录推断特定 utility 批次合格。要对出口交易作批次级判断，至少需要报价与合同附件、型号和工厂编码、DOE 报告/数据库记录的基本型号对应、适用安全文件、批准图纸版本、例行测试报告以及运输/收货/验收状态。

后续研究可沿时间轴匹配这些记录，检验型号或工厂变更是否增加补件、重测、重新批准、延误或拒收；还可比较 NRTL 认证的组件与买方自有验收试验在不同产品类别中的交叉覆盖。这样的项目数据可能解释认证成本怎样影响海外供应商进入，但现有材料并未提供足够样本做相关或因果估计。DOE 能效规则、NRTL 安全认可、utility 产品名单和合同验收彼此相邻，却不能折叠为一个通过/未通过变量。

第 18 章　订单现金流与合同责任：从投标保证到质保尾部的资金占用

18.1 先把“担保额”“现金成本”和“风险敞口”分开

海外设备供应商讨论美国市场常把长周期交付简化为“需要多少营运资金”。但一台设备从参加投标到质保期结束，至少会占用四种不同资源：准备投标文件及专用工程数据的不可回收费用；银行授信或保险/保证能力；制造期间的现金与库存；以及验收后仍保留的质保、赔偿和维修能力。它们的现金流时间不相同，也不能把保证金的面值直接当作现金支出或担保费。

Fremont 单台 69/13.8 kV 变压器采购包要求投标担保不低于最高投标价的 5%；招标公告列出中标人履约担保为合同金额的 100%，一般条款§4.01(A)另要求履约担保与付款担保各至少等于合同价，补充条款未修改该款。[14] 这些是特定

SVSAC | sv-sac.org

项目的要求，不是所有美国公用事业的通用比例。若以 (B) 表示最高投标价、(P) 表示最终合同价，投标担保的最低面值为 (0.05B)；一般条款中两类合同担保的最低面值各为 (P)。这里的面值不是实际支出，也不预设投标价与最终合同价相等。实际成本取决于担保工具形式、机构费率、抵押或授信占用、追索条款和企业财务状况。公开文件未给出任何投标人的担保费率或现金抵押比例，不能把名义担保金额直接加到报价现金成本中。

Rocky Mount 投标比较表把“是否附投标保证”作为逐项可见字段，并对 JSYW 提交、YAWEI 制造商报价的提案标注无保证金；市方同时把该提案列为不完整/不响应，但未公开逐项原因。[16] 这说明投标保证可能是资格完整性的前置条件；若不响应是因保证文件缺失，供应商甚至无法进入价格和损耗的可比阶段。然而公开材料没有证明缺失保证金是唯一原因，更没有披露保证金成本或其国别来源。此处的现金机制只能说明为何在投标前需测试担保能力，不可反推该投标人的具体融资问题。

18.2 框架合同和长期报价把原材料风险放在不同时间点

Hagerstown 的框架合同报价要求 FOB 目的地预付运费，投标价有效 45 天，并通过季度成本调整条款处理报价与后续订单成本差异；合同还允许按型号拆分授标。[6] 这意味着进入名单或框架合同可能早于每一笔实际订单，供应商必须判断何时锁价、何时采购材料、按哪个季度成本交货，以及调用量是否足以覆盖投标准备和在美库存。其不对称调价机制不能被理解为供应商成本上涨均可自动转嫁。若原料采购发生在投标后而 PO 调用在报价有效期外，具体合同公式和成本定义就决定材料上涨由谁承担；文件并未披露中标者或实际调用量。

Tacoma 的多年材料采购 RFP 允许供应商提出按月分配生产槽位、预留产能或按需下单等方案，并规定买方应在交付前提前确认生产安排；其条款对一些窗口内的项目或槽位变更作出安排。[3] 生产槽位对供应商的价值是减少临时排产冲突，但只有当买方为保留能力作出足够承诺，或合同对闲置槽位、取消与重新排产进行补偿时，槽位才可作为可融资的确定需求。未调用框架数量、预计需求和已经下达 PO 必须分开记账。若供应商用预测量提前采购铁芯钢、铜或附件，而采购人最终未调用，该库存与资金可能留在供应商账上；若供应商直到每次 PO 才采购，则可能无法兑现短交期或承受更高现货价格。RFP 并没有公开其最终选择哪种模式，不能假设任何一种已被执行。

Lodi 的两台自耦变压器 RFP 要求分别报价生产槽位、暂停制造、厂内/厂外储存、保险、恢复制造、取消及其对新交期的影响。[15] 与 Hagerstown 按季度调

SVSAC | sv-sac.org

整材料成本、Tacoma 让供应商提出供货计划相比，Lodi 把项目日期滑移的不确定性显性化为价格行项目。对买方而言，这允许以预先可见的费用比较“现在开工、保留槽位”与“等待项目条件成熟”；对供应商而言，报价必须将工厂占用、保管风险和重启时间转成清晰价格条件。未签署正式合同前这些都只是招标要求，不能写成供应商已收取的储存费或已确认的延误补偿。

18.3 试验、运输与验收安排决定应收款何时真正可用

收入确认、设备到站和现金到账不是同一日期。Tacoma 要求测试、图纸、手册及其他交付文件收到并经合同方认可，且设备状态符合要求后才进入付款/验收；运输过程还需监测冲击和罐体压力。[13] GUC IFB 26-48 则规定测试报告须提交并获接受，迟交可能导致不付款或其他合同后果，进一步说明文件闭环是现金释放条件之一。[7] 若海外制造商把“工厂完工”作为内部收款节点，但合同卖方要等到美国现场交付、资料齐备或工程师认可后才能收款，中间就出现制造端已付款、客户现金尚未释放的资金缺口。当地进口商若是合同卖方，还要额外承接关税、港口、保险、仓储和收货时点错配风险；但本篇没有任何具名中国供应商与分销商之间的实际付款合同，不能把此种分层结构写成已观察事实。

采购人对质保起算和到期机制的规定会影响风险尾部。Tacoma 一般条款规定劳动保修至少三年，零件保修按制造商期限或至少一年取较长者，并将保修起点连于交付验收；专项§1.19 另规定现场送电起 60 个月或发货起 66 个月取较短者，覆盖纠正缺陷所需修理或更换及必要拆除、运输和重装费用。Fremont 所引条款为送电起 24 个月。比较应同时考虑期限、到期机制及责任范围，不能仅据 Tacoma 一般条款判定两项目实际质保起算或终止的早晚。Fremont 项目条款还要求履约保证。[13],[14] “通电”可能晚于到货和工厂验收，买方施工延期因而可能改变以送电为起点的质保日历，但不能忽略 Tacoma 发货起 66 个月的到期机制。一般与专项条款如何适用仍须按具体合同判断，不在此预断优先顺序；在相应责任期间，卖方仍需维持可联系的维修渠道和备件。具体项目中的损坏排除、服务费、拆装费和运输费仍应以合同附件为准，不能只用“24 个月”估算全部售后义务。

公开合同文件可辨认出至少三种可观察付款条件：订单是否要求预付运费或投标保证；付款是否取决于交货、资料齐全、接受或送电；以及质保/履约保证是否覆盖收货后的期间。它们会影响卖方实际现金转换周期，但文件没有给出海外供应商的贸易融资利率、客户预付款、信用证费或渠道结算天数。对一个没有本地信用历史的新进入者，款项滞后对现金循环可能更重要；但这是需要融资与成交合同数据测试的机制，不是已量化结论。

SVSAC | sv-sac.org

18.4 把营运资金峰值写成可填数的订单账，而不是市场预测

为便于后续以实际合同复核，研究者可先定义订单的现金缺口峰值。它只累计已发生的现金收支，且最低为零：

$$W_{peak} = \max(0, \max_t \{ \sum_{\tau \le t} (M_\tau + L_\tau + F_\tau + S^{cash}_\tau + R^{cash}_\tau) - \sum_{\tau \le t} C_\tau \})$$

其中所有求和变量均指期间 (τ) 的现金流量，而非截至某日的累计金额或风险存量：(M_τ) 是该期材料和制造现金付款，(L_τ) 是物流、保险和仓储现金付款，(F_τ) 是工厂试验和文件准备现金付款；(S^{cash}_τ) 仅为该期实际支付的担保费与现金抵押，抵押金退回作为该期负支出；(R^{cash}_τ) 仅为该期实际支付的返修、质保或争议款，(C_τ) 是该期实际收到的客户现金。各期间只记录一次，防止把累计已付金额重复求和。未提款但被担保安排占用的授信额度 (K_t) 与潜在质保、争议风险准备 (Q_t) 另列为流动性约束和风险指标，不计入现金曲线；担保面值也不是现金支出。分销模式还应区分分销商向工厂付款、向 utility 收款的日期及库存所有权；OEM 模式则要识别品牌方是否在收到终端款前向制造商付款。

此公式是作者定义的会计核对框架，不是依据上述采购案例估计出的平均资金占用、贷款需求或利润率。输入应取自具体供应合同、PO、付款发票、运输票据、保函/保险条款和售后协议。若输入缺失，模型就输出“未识别”，不能用美国公用事业平均付款天数或虚构的中国供应商账期填空。它的目的在于揭示两家报价相同的供应商可能有不同的财务可履约性：一个有本地库存或授信的经销商可能先垫材料和运输，另一个则需要制造商承担长周期资金，最终报价相同但违约风险不同。

也要避免把高保证比例直接当作市场排斥证据。大型企业可能已有循环授信、集团担保和多年客户信用；小型但有经验的工厂可能通过美国代理或银行取得保函；某些合同又可能允许替代履约担保。没有公开投标主体的财务报表、保证机构条件和实际结算条款，就不能判断海外企业是否因资本受限而未投标。当前案例只能提供合同要求的信号，不提供供应商实际资金能力样本。

18.5 现金流风险在不同渠道中重新分配，不会自动消失

制造商直签可以减少中间商的毛利层并保留技术控制，但若交付条款是 FOB 目的地、付款晚于收货验收，它可能需要同时融资在制品、海运、进口和美国现场服务。分销商如果买断库存并承担本地配送，可能替制造商缩短收款周期，却也会要求更低采购价、库存回购权或区域排他；如仅是佣金代理，制造商可能仍承担全部库存和回款风险。OEM 贴牌可能使终端客户更熟悉合同卖方，但制造商

SVSAC | sv-sac.org

仍需得到对付款、质保和设计变更的背靠背权利。这些是合同机制的条件化比较，不是对任何具名 JSHP、JST 或 JSYW 公司现有协议的描述。

因此，渠道尽调至少需要核对：谁是投标法人及保函申请人；谁采购原料、拥有在制品和仓储库存；谁向客户开票并承担回款逾期；验收条件是否可由渠道伙伴独立满足；收到客户款前制造商的付款权利是否可执行；谁负责设备故障后的国际运输和维修；代理终止后质保和备件责任如何延续。只看制造商报价、美国地址或分销商授权书，无法确认这些责任落点。公开项目记录未揭示这些私人付款和追偿安排，故本篇不以行业惯例补写具体条款。

18.6 竞争解释与后续数据

若高比例履约保证与验收后付款造成更高资金门槛，预测应是资金能力较强的供应商更可能投标，或通过预付款、信用证、保函授信和分销商库存融资缓冲。然而，同一观察还可能由其它因素解释：大型主变更需要履约保证，是因替换停电成本高而非买方偏好本地供应；长期付款后移可能反映公款支付程序而非对海外厂商的信用歧视；经销商库存多也可能是产品批量小、型号多、需求波动大造成。要检验资金机制，须将投标参与、保函成本、报价、订单调用、付款日、验收和拒收同时匹配，而不能仅比较获奖公司总部地。

现有公开材料提供的是分散的合同节点：Fremont 显示担保和质保要求，Hagerstown 显示报价与原料调价逻辑，Tacoma 把现场运输、文件审核和付款连接，Lodi 要求说明延期储存费用，Rocky Mount 显示投标保证字段与响应性审查。[6],[13],[14],[15],[16] 它们可以指导数据结构和竞争机制，却不能合并为统一“美国公用事业账期”或平均出口成本。后续若能获得含 PO 日期、制造商发票、分销商付款、客户收款、保函和验收日的匿名订单级记录，就可以估计资金峰值和延误敏感性；在当前材料范围内，只能提出可复核的变量定义与边界。

第 19 章　把“市场机会”转成可检验的供应路径：跨案例证据综合

19.1 交易状态不是线性漏斗：每一层都有不同的失败机制

前文的招标、框架合同、评估表和采购条款共同说明，美国电力设备市场不能仅按“需求–投标–中标”三步描述。更可操作的证据结构至少有七个状态：采购文件发布；供应商表达兴趣或提交投标；投标被判响应；买方授权授标；双方签发可执行合同或采购订单；设备制造并交付；买方验收、支付并进入保修。各状态的观察机制不一样：招标文件是买方意向与规则，投标表是参与者和报价，

SVSAC | sv-sac.org

staff recommendation 可能是行政建议，议会或董事会 minutes 可能授权合同，PO 才把数量、交期和价格转成可执行调用，运输与接收文件证明履约，付款及质保记录才显示现金和责任是否闭环。[2][3][6][7][13][14][15][16][17]

这不是说每个公共项目都必须公开七类文件，也不是任何环节之间都没有合同效果；重点是研究者不能用一个状态代替另一个。Hagerstown 的框架合同条款和分批调用机制能够展示买方如何组织未来采购，却不能单凭上限或供应商报价推算实际调用量。[6] Tacoma 文件对技术文件、交货和验收的安排能显示履约路径，却不证明某投标供应商已完成交付。[13] Rocky Mount 的公开表格提供各投标人的价格、制造商字段、保证金字段与响应性结果，工作人员建议和市议会授权又是不同文件；若再把它们简化成“最低价中标”或“某国企业被排除”，就丢失了价格与资格之间的实际顺序。[16][17]

七状态结构还帮助区分“未进入市场”的多种解释。没有投标可能是规格不匹配、无资格、没有及时发现招标、投标成本过高、产能已锁定、渠道伙伴未参与、或纯商业选择；一个公开文件通常只能观察被记录的结果，无法辨认全部动机。提交投标后被判不响应，是文件完整性或条款符合性问题，除非买方记录明示，不应自行归因于产品技术、融资或国籍。响应后未获授标可能是价格、损耗、交期、分项策略或评审权重所致；中标后没有 PO 调用则可能反映框架合同的非承诺性。履约到站后拒收或迟延付款又属于另一风险。只有把每次状态转移和证据来源都记录下来，才能将进入失败定位到可验证的环节。

19.2 采购设计如何重新分配信息成本和履约风险

多个案例之间有一种比金额更稳定的比较轴：买方要求投标时供应商披露多少信息，以及在不确定性出现后由哪一方承担重新设计和等待成本。Hagerstown 以框架合同、报价有效期、季度成本调整和分批调用来管理未来需求与材料价格波动；供应商可能获得调用机会，但其成本暴露取决于价格公式与实际 PO 时点。[6] GUC 以制造商名单、条件批准、逐台损耗声明、试验报告和合同救济把技术表现连接到每台交付物；其优势是把效率偏差尽量前置可比较，代价是投标人必须在报价时具备损耗计算、可追溯测试及合同风险定价能力。[7] Lodi 要求将生产槽位、延期、存储、保险、重启和取消成本拆开报价，直接把项目时间不确定性作为买方可比较的成本项；Tacoma 的生产排程和文件要求则把交付控制嵌入多年采购安排。[3][15]

这里存在两种竞争性解释。第一种是“信息筛选机制”：高细节招标有助于区分能提交工程、损耗与运输资料的供应商，减少授标后重新澄清和验收失败。其

SVSAC | sv-sac.org

可检验预测是，文件更完整的投标在补件次数、批准图纸变更、试验偏差和交付延迟上较低；若无论招标细节多少，履约差异都相近，则这一解释被削弱。第二种是“固定进入成本机制”：同一细节要求可能使新进入者先行投入专用工程、保证能力和本地响应资源，压低潜在投标数量。其预测是，资格门槛提升后，提交者和响应者的数量减少，特别是无当地历史但技术上可行的供应商；若投标者数不变且非本地供应商响应率没有差别，则该机制不成立或被其他因素抵消。

两种机制并不互斥。标准化的损耗表可以降低买方比较成本，却提高供应商模型验证和测试成本；给出制造槽位选项可以减少项目延期风险，却要求卖方维护产能和库存；条件资格可以允许新厂商进入，又把后续型号批准和单台测试负担留在投标后。不能据一项条款的存在就判断它是保护主义、质量管理或低效率官僚要求。识别净效应需要同时观察投标者构成、补件、报价、授标、PO 调用、交期偏差和缺陷记录，并对设备规模、定制程度、地区和年份做分层比较。

采购设计也可能对不同产品类别产生相反效果。小型杆上配电变压器通常需要高重复性与低单位管理成本，买方名单、年度框架和批次化测试可能奖励规模、标准化和本地库存；大型电力变压器项目则更强调设计接口、运输方案、排程、工厂见证和项目日期，详细的变更与延迟成本可能比单一最低价更具解释力。Rocky Mount 大容量替换采购的保证金、响应性和损耗字段不能直接外推到大量标准化配电设备；反过来，Hagerstown 的框架调用也不能说明大型自耦设备的项目风险。[6],[14],[15],[16] 这些差异构成比较设计的一部分，而非可以用“电力变压器市场”总体平均值抹平的噪声。

19.3 品牌、法人、工厂、原产地与责任主体需要五条并行证据链

电力设备出口研究里最常见的归属错误，是从产品品牌跳到制造地点，再从制造地点跳到原产地和订单责任。五个字段应并列记录：一，投标和签约的法律实体；二，投标文件明确列出的制造商；三，具体型号实际生产的工厂；四，货物适用的海关原产地认定；五，承担质量、保修和召回义务的合同主体。它们可由同一家公司承担，也可能分属于制造商、美国销售子公司、进口商、OEM 品牌方和分销商，不能仅由公司网站或品牌名推断。

Rocky Mount 材料把 JSYW Transformer, Inc.列作投标人，并在制造商字段列 YAWEI Transformer；市方文件把其投标标为不完整/不响应，但并未提供足以证明其为中国原产设备或解释国别原因的证据。市议会 minutes 将获授标的 Ensales, Inc.括注为 Virginia Transformer，投标表也独立列出制造商对应。因而准确叙述应是：投标法人、文件所列制造商、工作人员评审状态与最终授权记录各自可见；

SVSAC | sv-sac.org

没有公开批次、原产地证明或实际交付文件时，不能进一步宣称某中国产品被授标或拒收。[16],[17]

GUC 26-48 的接受制造商名单列有 JSHP Transformer 和 JST Power Transformers，说明这两个名称在特定招标的资格文本中出现；它不等于两者赢得订单、任何工厂已交付，或名单产品具有某一原产地。[7] JSHP-USA 公开页面自述母公司名称、江苏地址和美国营销服务接口；这可以用作企业自述的组织线索，不能替代工商控制、型号制造地点或海关文件。[18] JST 2026 年关于 Wytheville 工厂的公告说明其计划生产特定范围的箱式配电变压器，并给出未来产量安排；公告的计划数量不是已实现产量，箱式产品也不能据容量重叠推定适配 GUC 的杆上 CSP 采购。[19],[7] 多厂网络可能让同一品牌的供应来源随型号、生产批次或订单而变化，因此“美国工厂”既不自动意味着本地制造，也不说明所有 SKU 均由美国工厂供货。

这五条链条对买方和出口商都有实际含义。买方如果只审制造商品牌，而合同法人是代理公司，可能误判谁能承担保函、违约金和售后；若只审美国销售地址，可能未识别实际生产设施及其工厂变更；若只看厂商名单，则仍不知道某一具体型号是否通过技术文件审查。出口商如果以“中国企业”作为市场标签，却没有型号–工厂–货运单证链条，无法准确判断关税、原产地规则或特定项目来源限制；如果美国子公司或经销商成为合同卖方，还必须分析其库存、质保、追偿及汇款关系。

“中国设备实际进口”与“订单已完整履约并可重复”须分开证明。前者需可识别货物、制造及来源信息与相应运输、进口记录；后者还需合同/PO、交付与买方验收，若声称回款及售后已完成则另核付款和服务记录，可重复性需后续批次或持续观测。公开记录缺失时只应标未识别，不由此推断没有进口或没有订单。名单、投标与授标各支持其状态，不能单独证明实物进口，也不要求一项实际进口事实必须先等待多年质保结束。

19.4 如何形成可反驳而非宣传式的市场进入判断

本次分析的市场判断不是“美国缺设备，因此中国企业有巨大机会”，而是一个带有多重必要条件的命题。首先，某类产品必须存在可识别买方需求；其次，供应商须提供和项目相匹配的型号、工厂、试验及损耗证据；第三，必须通过该买方适用的资格、响应性和授标评价；第四，贸易、融资、运输和原产地条件必须使合同可履行；第五，交付、验收、付款与服务记录可检验首次履约，能否复制还需后续批次或持续观察。任何单一证据不能替代其余条件。需求是必要而非

SVSAC | sv-sac.org

充分条件；采购名录是进入可能性而非销售；更低出厂价也不保证到岸、融资、损耗和服务后的总成本更低。[2],[6],[7],[13],[16],[18],[19]

一个可执行的进入评估表应把证据分成“已观察”“买方要求”“供应商自述”“作者假设”“待验证”五类。例如，公开 RFP 中的损耗评估系数是已观察的买方评价参数，具体电价和设备寿命可能是作者情景输入；企业公告的计划产能属于公司披露而非实际产量；招标列出的接受制造商名单属于该次采购资格证据，而不是全美 utility 认可。每一条判断还应附上时间戳：规则有效日、投标截止日、工厂状态日期、合同签发日及设备制造日期。否则，研究者可能把旧政策、未来计划和当期状态混成一个静态“准入条件”。

进入评估还应设定反证条件。如果某类别出现大量公开招标，却长期只有少数本地厂商能够按期供货，仍不能直接得出海外厂商一定可进入，因为招标可能存在封闭名录、定制规格或工厂审核门槛；需要看到外部厂商实际提交和被评审的材料。如果预定窗口内完整采购记录确认某海外品牌具备资格却未获订单，则构成“技术资格足以形成销售”的反例；仅在公开网页未见 PO，仍属未判定。如果低价海外报价在调整损耗、运输、融资和售后后仍领先，却屡因交期或服务计划失去授标，则应调查买方风险权重，而不能单以保护主义解释。如果本地生产减少交期却增加固定成本，订单调用低于盈亏平衡规模，则产地本地化同样不能保证商业成功。

这些反证标准使后续研究可以明确需要的数据：公开 RFP 与资格文件、完整投标与评审记录、合同及 PO 变更、型号与工厂映射、原产地资料、分项运输和保险费用、授标后付款、交付偏差、验收拒收和质保成本。对私营 IOU 和数据中心直接采购，公共档案不能代表全部市场，需另行取得可合法使用的合同或访谈资料；本篇没有进行一手访谈或企业普查。现阶段最稳妥的结论是识别出一组项目级制度机制和可证伪预测，而非给出中国设备美国市场份额、平均中标率或因果性国别惩罚估计。

第 20 章 备用库存不等于可调用资产：四类变压器共享机制的产权、触发与匹配

20.1 “有库存”至少是四个不同事实

电力公司储备一台变压器，不等于附近任一受损系统都能立即使用它。需要分别问：谁拥有该设备；谁在什么事件下有合同权调用；设备是否适配受损站点；谁能在规定时间内完成运输、安装、试验及送电。库存的存在是物理事实，

SVSAC | sv-sac.org

调用权是法律/合同状态，兼容性是工程关系，可恢复时间则是设备、路线、现场资源和审批共同决定的运营结果。把四者压成“有备件”会高估灾害后的实际可用性，也可能把采购机会错误理解成新增销售。

DOE 2024 年《Large Power Transformer Resilience》将 LPT 长交期、运输和现场安装挑战与备用策略并列讨论。报告指出，企业自有库存成本高、使用频率低、须维护和保护；有些自有备用机与运行设备存放在同一变电站，可能同时暴露于同一事件。[32]这不是说自备库存无效，而是说明其覆盖范围要按共址风险评估。另一种是公用事业间共享，第三种是独立实体购买、保管并提供备用资产；这些选项分别将资产占用、访问权和物流准备放在不同主体上。[32]

20.2 STEP：绑定访问权并不意味着新增一批库存

EEI 2023 年说明称，Spare Transformer Equipment Program（STEP）由参与企业签订具有法律约束力的协议，承诺共享特定电压等级内的既有硬替换变压器；其当时说明写明，STEP 面向输电服务企业，需在总统宣布恐怖袭击或紧急状态的特定条件下触发。[31] DOE 2024 报告也称参与者需维持或必要时取得规定数量、最高至 500 kV 的变压器，并在触发事件时向其他参与 utility 出售；报告记载当时成员超过 50 家，成员以投资者所有输电企业为主，但由于触发条件严格，截至其报告撰写时项目尚未被实际调用，且 STEP 不向行业增加新库存，只提供既有资产的分享机制。[32]

这组事实要分两面读。对参与者，约定资产可以形成超过本公司自身存量的潜在访问池，但需确认具体设备被承诺、事件触发条件满足、成员间转移及批准文件适用。对卖方和制造商，它通常代表存量资产在极端事件中的转让/替换安排，不能当作例行采购订单或储备扩容。成员数量是 2023/2024 文件中的历史描述，不代表 2026 年现状；我们未读取会员合同全文，也不据摘要解释所有定价、优先级、不可抗力和索赔条款。

20.3 SPAREConnect：联系人网络不是中央仓库或可得性保证

SPAREConnect 在 EEI 2023 说明中是面向输电资产所有者/运营者的线上联系人平台，可协助成员在紧急事件或非例行故障时就变压器及套管、风机、辅助组件等进行沟通；平台不创建或管理中央备件数据库，联系建立后，参与者自行协商设备分享或交易条款。[31]DOE 2024 报告将其描述为较非正式的自愿互助安排，并明确指出设备供应不保证，也不增加行业总库存，仅使既有资产更容易被找到和共享。[32]

SVSAC | sv-sac.org

因此，平台“找到有设备的成员”与“该设备已被预先指定、承诺转让、与故障设备兼容、价格已锁定”不是同一事实。若某成员有同电压等级的变压器，但其设备是其他站点的重要备用、事件又没有达到其愿意分享的条件，搜索到联系人并不能建立调用权。即便双方愿意交易，型号、阻抗、分接范围、容量、绕组/接地、套管和站内布置仍需核实。SPAREConnect 的商业作用主要在信息与关系匹配，并非共同持有库存、统一保证交期或替成员承担资金占用。[31],[32]

20.4 RESTORE：自有库存加正式互助义务，产权与可用时间仍分开

NATF 的 RESTORE 在 EEI 材料中被描述为自愿但正式的互助协议：输电所有者承诺拥有、维护并向其他参与方出售可用的备件；当重大事件触发后，参与者依协议向受影响 utility 提供设备。[31]DOE 2024 报告进一步说明，设备由参与 utility 自行采购、存储和维护；特定触发事件下可以要求出售相应类别设备，但参与者在被调出前仍可把指定设备用于自身需要。获取设备的受影响方须支付替换成本，协议为买卖和转移提供框架；若指定设备损坏、使用、出售或退役，报告描述了按最佳实践维护和 18 个月内替换的要求。[32]

与 STEP 相比，RESTORE 把“各自备有设备”和“出现特定灾害后承担出售义务”结合起来；与 SPAREConnect 相比，它不只是建立联系，而是有正式的参与协议和指定设备。其边界仍是明确的：储备由成员各自持有，非所有人共用的中央池；一台设备可能先用于持有人的内部需要；卖出后补库存和替换成本影响未来可用性与现金流。参与资格、具体触发定义和各设备类别须依签署协议核对。EEI/DOE 公开概述支持机制差异，但不是会员协议全文，也不能据此推算当期实际可交付台数或某家公司参加状态。

20.5 Grid Assurance：增量专用库存和预计划物流是另一种产品

Grid Assurance（GA）在 EEI 2023 及 DOE 2024 材料中与共享既有资产的计划区分开来：企业自述其持有新增、专用的关键长交期设备，包括 LPT、断路器等，设置安全仓库并预先规划运输物流，按订阅模式服务 utility。[31],[32]DOE 报告在 2024 年写明，GA 的设备按电压和额定等级划分，库存具体数量未公开；其工程策略试图用多个客户需求信息把电压、阻抗等规格适配到多个成员，且把线路运输重量/尺寸及道路和铁路间隙作为标准化考虑。报告当时称有 31 家 utility 订阅，服务区域涉及 23 州；并说截至该报告时，GA 尚未实际提供替换 LPT。[32]这些数据是 2024 报告快照，不是 2026 会员数、库存数或交付业绩。

这种模式把库存资金、专业维护和仓储物流集中在服务商，订阅者购买的是约定事件触发下访问某类储备和计划物流的权利，而不是拥有一台专属设备。它

SVSAC | sv-sac.org

可增加行业新增库存，但“专用”不代表任何成员的设备自动适配；GA 报告也指出阻抗难统一，因为它会影响下游保护，其他电压、MVA、第三绕组、分接开关、BIL、损耗、冷却及运输参数需共同适配。[32]因专用资产的首要目标是重大 LPT 故障恢复，它不应被机械类比成配电仓库里常见的杆上 CSP 小型设备，也不能把输电备用投资当作小型配电变压器出口需求估计。

20.6 产权/调用权差异产生不同采购路径

四种机制对应至少四种销售路径。STEP 可能通过承诺资产的既有采购/替换而形成需求，未来制造商需进入成员 utility 各自采购；SPAREConnect 可能在事件后促成成员之间临时买卖，平台本身不是采购人；RESTORE 在成员持有的指定设备被调用或售出后形成替代补库需求；GA 订阅服务则要求储备服务商采购新设备，并把设备规格、仓储和服务成本按订阅模型组织。[31] [32]这是机制推演，不是四项计划在 2026 正在发布同类招标或已购买中国设备的事实。

对设备制造商而言，最关键的信息不是宣传“可进入备用计划”，而是理解资产产权和技术责任落点：采购主体究竟是 utility 还是储备服务商；设备在库期间谁维护、谁承担保险和性能风险；订阅者调用时规格由谁确认；事件后设备转让的价格、质保和补货责任如何确定；工厂、型号、原产地和服务体系是否可被核验。公开介绍不足以回答会员收费细则、采购招标计划、供应商准入和调用成功率，因此这些问题必须在具体采购或合同文件中另核。本章不把韧性库存折算成任何国家或厂商的订单概率。

第 21 章 从仓库到复电：调用权、线路相容性与服务交付的时间链

21.1 仓储时间不是恢复时间：DOE 把准备和安装拆成串并联工序

备用设备的价值最终取决于能否在故障站点形成可运行系统。DOE 2024 年报告给出一项大型电力变压器替换的步骤与名义时间表：在假设部分现场准备可与设备准备/运输并行的情况下，油处理、拆装、运输、就位组装、接线测试、抽真空、注油、静置以及试验/调试累计约需 3–4 周；表中道路/铁路运输至现场的步骤约 3–10 天，取决路线和铁路接驳条件。[32]这是报告中“加急条件下的名义步骤”而非全国平均、灾害现场实测，也不是只要仓库有设备就保证三周送电。表格明确假设损坏设备拆除可与其它步骤并行，现场施工、污染清理、基础修复是否能同步仍取决故障和环保条件。[32]

SVSAC | sv-sac.org

同一报告对资源约束的描述解释了时间差：替换需安排施工队、起重机/重载运输车、油处理装置和油箱、真空设备、变压器试验人员/仪器，以及变电站空间；当多台设备同时受损，多个团队和站内通道会发生竞争。[32]因而“仓库靠近高速公路”不是恢复计划本身。调用前还需要确定放行人、合同事件成立、技术匹配、设备状态、装车/运输责任和备用设备调出后的补库安排；到场之后还需要现场电气接口、保护参数、油处理、试验和调度验收。时间链应测量从事件确认到设备释放、运输许可、到站、基础就位、完成测试、获准送电的每个节点，而非仅报库存到站天数。

21.2 兼容性是系统属性，不能从同一电压等级推导

DOE 报告说明 LPT 是高度定制设备，GA 储备规格需要通过多家客户需求收集型号参数；虽然电压、MVA 等级等可部分标准化，阻抗尤其难统一，因为它影响下游保护和系统条件。其它关联字段包括第三绕组容量、分接开关配置、BIL、损耗/效率、冷却方式，以及运输尺寸、重量和铁路/公路间隙；报告称 GA 储备设备按永久替换设计而非临时替换。[32]由此，备用匹配至少要回答四个不同问题：一次/二次电压和接线组是否适合；阻抗、分接范围与保护/潮流设计是否可接受；基础、套管/控制柜方向和附件是否可接入；重量/外形与路线、吊装和站内净空是否匹配。单看“同电压等级”或 MVA，不能确保电气系统能够接受替换机。

还需把设备“状态可用”与“文档和试验可用”区分。仓储设备在受保护条件下可能仍需检查油、套管、密封、附件和控制设备；出库运输后需按适用计划做组装、接线、电气测试及调试。DOE 表中的油静置和 commissioning 时间表显示，即便硬件已存在，安装后的条件也会占据可观时间。[32]本段不重建付费技术标准的测试条款，也不宣称任何备用项目统一要求某项测试；具体试验范围取决设备、制造商文件、买方/系统运营商和现场程序。

最重要的反例是“存在且兼容，但不一定可立刻调出”。STEP 须满足其严格触发；RESTORE 指定资产可能先用于持有人自己的需要；SPAREConnect 没有可得性保证；GA 虽持有专用增量设备，DOE 2024 报告仍记载其当时没有实际提供替换 LPT，且单位库存数量不公开。[31],[32]这说明资产/权利可以存在，但事件状态、内部优先级、运输和技术校验仍构成实际可调用的必要条件。反过来，即使某计划赋予合同调用权，若拿到的具体设备与受损系统不兼容，权利也不等于恢复能力。

SVSAC | sv-sac.org

21.3 备用物流的商业主体与责任边界

库存模式会决定谁承受资产长期占用。utility 自有备件将采购价、维护、仓储、保险和过期/退役风险留在本企业；STEP/RESTORE 共享协议把现有设备的临时稀缺性和调出/补充机制置于成员之间；SPAREConnect 只让潜在交易方更快找到彼此，设备采购、交易条件与运费由双方另谈；GA 订阅服务把新增备件购买、仓储、维护和预计划物流放在服务公司，并由订阅合同分配访问权与服务成本。[31],[32]这些是公开概述展示的组织机制，不能被视为每家会员的实际会计处理或客户合同条款。

据此，出口或渠道参与可能有多种商业入口：储备运营商直接购买新设备；utility 自有库存补充；成员单位调出库存后的再购置；为现有设备提供特定附件/控制柜/套管；设备维护、测试、仓储或调运服务。哪一条存在，取决于各计划是否采购该设备类型、其规格是否标准化、供应商能否通过采购方资格审查以及合同是否允许海外制造或要求特定来源。2023/2024 文件没有披露某个计划即将招标某款中国制造变压器，也没有提供按来源国划分的采购台账，故这里的路径是机会假设而非订单证据。

渠道还要考虑事故后“被卖出”的设备责任如何交接：原生产厂质量保证是否转让、买方/卖方如何记录剩余质保、何方更新型号和维护档案、运输中发生损坏由谁承保、出库后库存由谁补足、是否需新的工厂或现场试验。DOE 将保护、维护、规格匹配和物流作为备用体系要件，正说明这些责任不是买下设备之后自动解决。[32]如果本地代理只负责报价而没有合同授权、现场人员和备件，其“本地支持”不能填补恢复链；如制造商承诺支援但现场安装资源被区域性灾害同时占用，也不能保证实际响应。风险取决于关键资源相关性，不是供应商地址本身。

21.4 LPT 应急备用与配电变压器渠道不可直接互推

本篇前述 GUC 采购的杆上 CSP 设备属于另一尺寸、用途与采购逻辑；本章引用的 STEP、RESTORE 和 GA 公开材料重点是输电或大型电力变压器。虽然两个产品都称“变压器”，高压侧电压、容量、保护关系、运输方法、常用库存单元、现场安装流程与合同采购人都可能不同。LPT 共享项目对特定电压/阻抗设计的相容经验，不能证明配电公司可互换同一杆上 CSP 型号；小型 CSP 投标资格或价格表也不能证明能进入 LPT 备用订阅项目。可类比的只有分析框架：所有权、调用权、技术兼容、物流/安装能力、质量与服务责任须分开核验，而不是产品标准和市场规模可以相互外推。

SVSAC | sv-sac.org

DOE 2024 报告讨论的是 LPT 韧性、已有行业库存及战略库存方案，并描述 2017 年政府报告曾提出联邦储备可考虑在全国多个地理分散地点储存 100 台以上变压器；2024 报告明确说该 2017 报告没有给出财务、工程和物流细节，随后才要求进一步评估政策、技术规格、库存地点/数量、维护、安全、运输及是否需要联邦规则/成本分担。[32]这是历史建议和后续研究范围，不是新联邦采购计划、已批准预算或实际建成的中央仓库。报告结论反而强调继续做风险与成本权衡、考察行业现有自备/共享/订阅方式，以及在联邦协助道路/铁路物流和许可方面的可能性。[32]

21.5 RecX 说明了设计验证与规模化库存之间的距离

DOE 历史项目网页称，DHS 与 EPRI、ABB、CenterPoint Energy 及 DOE 合作的 Recovery Transformer（RecX）于 2013 年 3 月完成，项目包含一年现场测试。[33]它能支持的结论是：恢复型变压器概念曾经历一个具名项目和一段现场测试。它不能证明设计已变成可跨站点兼容的标准化产品、已批量生产、形成商业服务或具备当前可调用库存。概念验证、现场试验、型式适用、工厂产能、采购资格、库存持有及现场调度是不同成熟度阶段。

DOE 2024 报告也把标准化、移动/灵活变压器和库存管理作为后续研究与实践方向，而非所有目标已完成。[32]从产品开发角度，能够降低拆装或运输要求的设计可能减少恢复链的一些步骤，但要验证是否改变故障电流、保护协调、安装接口、现场审批和客户验收；没有具体型号/测试数据，不能量化其节省时间。更重要的是，储备设备被设计为永久替换还是临时桥接，会改变交付规格、使用后责任和资产补库模式。一个成功试验不能替代实际购买、可重复生产、合法调用、运输路线和送电验收的证据。

21.6 可验证的采购与运行数据协议

若 utility 或储备服务商希望检验库存到底缩短了多少恢复时间，应按事件建立数据，而非只列仓库设备总数。建议记录：受损设备技术特征与站点；候选备件身份及匹配否决原因；计划/实际调用授权时间；备件维护/试验状态；路线批准、道路/铁路/重载资源时点；现场基础/油处理/安装队/试验资源可用时间；运输与安装各节点完成时间；实际投运/负荷恢复时间；调出设备后的库存补充时间及费用。每项记录都须区分计划、承诺与实际，并说明是否多台设备共同受灾或某些资源共享。

这种协议能比较三种竞争解释：第一，库存位置和调用权是否缩短等待，支持“资产可得性”机制；第二，技术匹配、运输许可或安装队仍是瓶颈，削弱“只要

SVSAC | sv-sac.org

多存设备便能快速复电”的解释；第三，网络重构、其它备用变压器、临时发电或负荷转供已在设备抵达前恢复供电，说明 LPT 采购交期与客户停电时长不是同一个指标。DOE 报告明确提醒，最坏停电时长通常短于 LPT 交期，因为可使用备件、网络输电重路由及临时发电。[32]若忽略这些替代路径，将设备到达时间当成用户停电时间会错误估计韧性收益。

当前公开材料没有 STEP/SPAREConnect/RESTORE/GA 逐次调用、线路调度、现场验收或回款台账；DOE 还指出部分库存数量与位置出于安全原因保密，GA 也未公开具体型号库存数。[32]因此本次分析不能得出哪种模式在实际灾害中平均快多少、哪种平均成本最低或某型号中标概率。可完成的是把库存的资产性质、触发权、技术适配、现场施工和商业责任拆成可核对字段，为未来公开事件或授权数据研究提供可证伪协议。

第 22 章　决策建议：从产品资格到可重复履约的条件性路径

22.1 对核心问题的回答

本次分析追问的不是美国需要多少变压器，而是哪些公开证据能够支持“特定供应商可向特定美国买方重复交付某类设备”。答案是：市场机会必须在产品、买方和履约层面同时成立。第一，变压器和配电设备并非一个可互换品类；容量、电压、安装方式、绕组配置、绝缘介质、损耗、接口、运输边界和维护要求共同决定具体型号是否适配。第二，买方对资格的判断并非一个统一“认证”：DOE 能效定义、basic model 及适用制造日期表；OSHA 工作场所下适用的电气设备批准；买方名单、图纸和型式/工厂试验；合同中的逐台例行试验、到货检查、损耗和保修责任，分别解决不同问题。[2],[7],[13],[22],[23],[24],[26],[30]

第三，公开需求至少需要经过招标参与、响应性判断、授权授标、签约或 PO、制造、运输、接收、付款等状态，才逐渐构成可识别的成交与履约证据。框架合同、买方名单、制造商扩产和媒体所称的供应紧张可以说明潜在机会，却不能直接换算为某个中国供应商订单。第四，渠道的经济价值来自其承担的具体责任：本地库存、技术澄清、图纸和试验文件追踪、交期协调、运输监测、付款资料、故障响应与备件。渠道名称、美国地址或授权书本身不能说明谁垫资、谁是合同卖方、谁承担质量索赔或原产地义务。[3];[6];[7];[13];[18];[19]

“从认证到渠道布局”在本篇指证据与责任的衔接，而非先获一证再找经销商。第 19 章将交易状态与主体归属分开；第 20–21 章进一步区分库存产权、调

SVSAC | sv-sac.org

用、匹配与恢复。结论只推进到已证实的层级，不将资格、可交付或可回款中的任一项独作重复履约的充分条件。

22.2 适用于中国供应商的条件化判断

对中国设备企业，公开证据支持的是“存在可研究的进入路径”，不是“已经证实具有普遍订单机会”。可行性更可能出现在产品规格可重复、型号及工厂资料稳定、能按买方要求追踪损耗和测试、运输包络已验证、且美国渠道明确承担本地沟通与服务责任的细分产品。若项目高度定制、交货日期不可移动、单件运输和基础接口复杂，则工厂工程响应、美国现场协调、保函和售后安排可能与出厂价格同样决定竞争力。这个判断是由招标文本识别的机制，不是对任何具名企业能力的评级。

在国内或美国设厂、使用美国销售子公司、由代理投标或 OEM 贴牌都是组织选择，不能独立解决买方资格、设计适配和履约问题。本地制造可能减少某些运输和排产摩擦，但若实际工厂不在已批准名单、型号或关键部件发生未批准改变、产量未达到固定服务成本的覆盖规模，或合同由资本较弱的关联实体签署，区位优势不会自动变为可融资订单。海外制造也不应被笼统判为不可进入；若产品有买方可接受的型号证据、可验证的运输保障、足额但成本可控的履约支持及稳健渠道，仍可能满足特定采购设计。具体结论须依据该项目文件、当前监管版本和货物来源资料，不能用品牌国别代替。

公开材料仍不能识别中国设备总体中标率、份额、相对价格或闭环的中国原产批次交易。JSHP/JST 名单及披露只给出资格文本或企业线索；Rocky Mount 的投标法人、制造商字段、评审和会议授权须按各自层级理解。未见订单不等于无订单，单次不响应也不识别国家来源限制；这两种外推均不由本样本支持。

22.3 分析价值、限制和后续核验顺序

贡献集中在三组可比较机制：评审详细度提高信息质量却增加固定进入成本；框架/槽位降低买方供货风险却可能向供应商转移未调用产能和库存；本地服务缩短响应却须由订单密度与融资能力覆盖。产品规格、交易状态、证据用途和五类主体归属构成共同记录骨架，各机制仍需订单级资料检验，不能只用渠道名称解释结果。

限制同样明确。公开市政采购文件是便利样本，不代表所有公用事业、投资者所有公用事业公司、独立发电商或数据中心直接采购；产品容量、结构、年份和合同成熟度不一，不能混为市场平均值。招标和公告披露不均，通常缺少完整评审评分、私下合同附件、实际订单调用、海关原产地判定、付款链、序列号级

SVSAC | sv-sac.org

测试、最终验收、索赔与维修数据。本篇没有开展一手供应商普查、访谈或因果识别；引用的公司公告按公司自述和未来计划处理，未当作独立验证的产量。

后续订单级记录应连接状态日期与技术类别、投标法人/制造商及型号–工厂、评审偏差与授标/PO 量价、约定/实际交期、损耗及型式/例行试验、原产地、验收付款、质保索赔和渠道责任，可匿名化处理。在产品与买方分层且数据足够时，才估响应、转化、延期和拒收；市政样本仍不代表全国。法规按型号分类/制造日期核当时有效条款，标准按公开范围与未读付费正文分栏。该匹配设计用于检验渠道、资格或本地制造的履约贡献，尚未给出实际提升概率。

最终，稳健的市场判断需要比“有需求”和“有产品”更多的证据。它要求买方、型号、工厂、合同、货物来源、服务责任与现金回收连成一条可审计链。当前公开证据足以比较若干采购机制、提出进入策略的条件和构建后续数据需求，却不足以宣布中国供应商已获得广泛美国市场份额或任何具名企业已经实现可复制订单。这样的边界不是研究回避，而是把待验证问题与已观察事实明确分开。应急备用比较进一步显示，库存所有权、调用权、设备兼容、物流与现场安装以及补库是不同的恢复条件；EEI 与 DOE 材料仅支持其 2023/2024 项目描述和 LPT 机制分析，不证明 2026 年可用库存或中国原产订单，也不外推至小型杆上配电变压器。[31]_[33]

SVSAC - sv-sac.org

SVSAC | sv-sac.org

给企业的下一步建议

变压器出口美国不能停在取得一份证书，真正的商业能力是让技术、渠道、交付与售后形成闭环。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：按目标应用核对产品规格和采购要求，选择能承担技术沟通与本地服务责任的合作模式。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，进一步形成产品适配诊断、认证准备路径、渠道筛选与服务安排。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。

本篇研究中国供应商进入美国变压器及配电设备采购的条件，重点不在宏观需求规模，而在特定产品能否满足具体买方要求并形成可重复履约。研究以公开市政公用事业招标、采购条款、投标记录、监管文本及具名企业披露为基础，区分招标、投标、响应性、授权授标、合同/采购订单、交货、验收与付款等证据状态。案例覆盖框架采购、小型配电变压器资格和损耗评价、大型替换变压器、运输安装、售后服务、现金占用与渠道责任。研究进一步区分 DOE 能效范围与型号申报、适用工作场所安全审批、utility 名单、图纸和工厂测试、逐台验收；这些机制相邻但不互相替代。跨案例比较表明，详细的投标和损耗要求可能改善信息可比性，也可能提高新进入者的工程、保证及本地服务固定成本；框架合同和生产槽位可能稳定供货，也可能使供应商承担未调用产能及库存风险。市场进入判断需要分别核验投标法人、制造商、具体工厂、货物原产地和承担合同责任的主体。公开证据支持识别若干条件化进入路径和可证伪机制，但不足以估计中国设备在美国市场的总体份额、中标率或国别因果效应，也未形成具名中国原产批次的公开订单–交付–验收闭环。本篇据此提出订单级数据需求，并将供应商机会限定在产品适配、买方资格、贸易条件、融资、运输和售后责任均可验证的情形。

本篇的应急备用分析比较了 STEP/RESTORE 共享机制、SPAREConnect 联络平台与 Grid Assurance 专用库存，并把调用权、技术适配、运输、现场安装及补库责

SVSAC | sv-sac.org

任纳入 LPT 恢复链分析。相关项目数字仅按 EEI 2023 与 DOE 2024 材料的历史描述使用，不是经审计的 2026 库存或中国原产订单；LPT 机制也不外推至小型杆上 CSP 配电变压器。

参考文献

[1] City of Seguin, “Invitation to Bid #AF-2024-11: Purchase of Transformers,” 2024 年招标文件（技术材料标准附件含 2003 年修订日期）。https://www.seguintexas.gov/DocumentCenter/View/4428

[2] City of Salem, Virginia, “Request for Proposals #2025-014: Transformers,” 发布日期 2024-08-23，提案截止 2024-09-12。https://salemva.gov/DocumentCenter/View/7402

[3] Tacoma Public Utilities, “Request for Proposals PT26-0030F: Single Phase Pad-Mounted Distribution Transformers,” 发布/截止文件，提案截止 2026-04-07。https://cms.tacoma.gov/purchasing/formalbids/PT26-0030F.pdf

[4] U.S. Department of Energy, Office of Electricity, *Large Power Transformer Resilience: Report to Congress*, 2024 年 7 月。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] City of Dover, Delaware, “Bid/RFP Tabulations,” 多年度采购及授标结果动态页面，访问日 2026-10-23。https://www.cityofdover.gov/departments/Purchasing/bid-tabulations

[6] City of Hagerstown / Hagerstown Light Department, “Bid No. B1784.23: Electrical Distribution Transformers,” 发布日期 2023-03-30，投标截止 2023-04-20。https://www.hagerstownmd.org/DocumentCenter/View/14371/B178423-Electrical-Distribution-Transformers?bidId=

[7] Greenville Utilities Commission, “Invitation for Bids 26-48: Transformers,” 投标截止 2026-07-21。https://www.guc.com/sites/default/files/uploads/bids/26-48-rfb-for-transformers-07.21.2026-at-2-pm.pdf

[8] U.S. Department of Energy, Office of Electricity, “Distribution Transformer Convening Webinar Transcript,” 2026-03-05 event transcript, webpage published 2026-10-08. https://www.energy.gov/oe/distribution-transformer-webinar-text-alternative

[9] GE Vernova, “GE Vernova to fully acquire Prolec GE joint venture,” 2025-10-21. https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-fully-acquire-prolec-ge-joint-venture

[10] GE Vernova, “GE Vernova completes Prolec GE acquisition, accelerating Electrification segment growth trajectory,” 2026-02-02. https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-completes-prolec-ge-acquisition

[11] U.S. Department of Energy, “2021–2024 Four-Year Review of Supply Chains for the Energy Sector Industrial Base,” published 2024-12-06, especially pp. 12 and 35–36. https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/20212024-

SVSAC | sv-sac.org

Four%20Year%20Review%20of%20Supply%20Chains%20for%20the%20Energy%20Sector%20Industrial%20Base.pdf

[12] U.S. Department of Energy, Office of Electricity, “Distribution Transformer Shortage Mitigation,” presentation dated 2024-11-19, pp. 6–8. https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-11/Distribution%20Transformer%20Shortage%20Mitigation.pdf

[13] Tacoma Power, “Request for Bids PT25-0309F: Husky Terminal 115KV BABA Transformer,” official solicitation PDF, submittal deadline 2026-03-31 (project number is not publication-year proof); procurement notice and technical provisions, especially pp. 6–7, 14–18, 21 onward. https://cms.tacoma.gov/purchasing/formalbids/PT25-0309F.pdf

[14] City of Fremont, Nebraska, Department of Utilities, “Contract for Purchase of Substation Transformer,” January 2025; public bid package for one 69-13.8 kV 15/20/25(28) MVA transformer, especially Notice to Bidders pp. 1–2 and technical specifications pp. 100–107. https://fremontne.gov/DocumentCenter/View/9719

[15] City of Lodi Electric Utility, “Request for Proposal (RFP), 230/60 kV Auto-transformers, Guild 230/60 kV Substation Project,” issued 2026-10-15; proposal due 2026-12-07, not yet an award as of 2026-10-23. https://www.lodi.gov/DocumentCenter/View/10959

[16] City of Rocky Mount, “RFP 320-270425AG-Re-Bid North POD Substation Transformer” award recommendation and official bid tabulation, City Council agenda packet dated 2025-07-28; bid tab dated 2025-07-01. https://www.rockymountnc.gov/DocumentCenter/View/5821/Item08E1 and https://www.rockymountnc.gov/DocumentCenter/View/5867/Bid-Tab---RFP-320-270425AG---Re-Bid---North-POD-Substation-Transformer?bidId=

[17] City of Rocky Mount, “Minutes – Regular Scheduled City Council Meeting,” 2025-07-28, pp. 4–5 (North POD transformer award and purchase-order authorization). https://www.rockymountnc.gov/DocumentCenter/View/6073/2025-07-28---Minutes

[18] JSHP USA, “About JSHP” and company contact/product pages, accessed 2026-10-23. https://jshp-usa.com/

[19] JST Power Equipment, “JST Power Equipment Opens Virginia Transformer Manufacturing Facility,” 2026-05-19. https://jstpower.com/news/open-house/

[20] Steven Tadelis, “Public procurement design: Lessons from the private sector,” *International Journal of Industrial Organization*, 30 (2012), 297–302. Online publication 2012-02-25. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2012.02.002. Author-posted full text: https://faculty.haas.berkeley.edu/stadelis/Pub_Proc_Des.pdf

[21] Patrick Bajari, Robert McMillan, and Steven Tadelis, “Auctions Versus Negotiations in Procurement: An Empirical Analysis,” *The Journal of Law, Economics, & Organization*, 25(2) (2009), 372–399; Advance Access 2008-05-07. DOI: https://doi.org/10.1093/jleo/ewn002. Author-posted full text: https://faculty.haas.berkeley.edu/stadelis/negotiation.pdf

[22] 10 CFR §431.192, “Definitions,” current eCFR passages used in this review were retrieved on 2026-10-28; the page displayed an up-to-date date of 2026-10-26, not a verified 2026-10-21 historical snapshot; basic model, distribution-transformer scope and exclusions.

SVSAC | sv-sac.org

https://www.ecfr.gov/current/title-10/chapter-II/subchapter-D/part-431/subpart-K/section-431.192

[23] 10 CFR §431.193, “Test procedure for measuring energy consumption of distribution transformers,” current eCFR. https://www.ecfr.gov/current/title-10/chapter-II/subchapter-D/part-431/subpart-K/section-431.193

[24] 10 CFR §429.47, “Distribution transformers,” current eCFR passages used in this review were retrieved on 2026-10-28; the page displayed an up-to-date date of 2026-10-26, not a verified 2026-10-21 historical snapshot; basic-model testing/AEDM and certification-report requirements. https://www.ecfr.gov/current/title-10/chapter-II/subchapter-D/part-429/subpart-B/section-429.47

[25] U.S. Department of Energy, Compliance Certification Management System, Product Groups and Certification Data, dynamic page, accessed 2026-10-28 (displayed database update 2026-10-23). https://www.regulations.doe.gov/certification-data/

[26] 29 CFR §§1910.303, 1910.399, and 1910.331, current eCFR; electrical-equipment approval and workplace/use context. https://www.ecfr.gov/current/title-29/subtitle-B/chapter-XVII/part-1910/subpart-S

[27] U.S. Department of Energy, “Energy Conservation Program: Energy Conservation Standards for Distribution Transformers,” final rule, 89 FR 29834, 2024-04-22; effective 2024-07-08; amended-standard compliance required beginning 2029-04-23. https://www.federalregister.gov/documents/2024/04/22/2024-07480/energy-conservation-program-energy-conservation-standards-for-distribution-transformers

[28] U.S. Department of Energy, “Energy Conservation Program: Energy Conservation Standards for Distribution Transformers,” Request for Information, 91 FR 35903, 2026-06-15. https://www.federalregister.gov/documents/2026/06/15/2026-11971/energy-conservation-program-energy-conservation-standards-for-distribution-transformers

[29] U.S. Department of Energy, “In the Matter of Central Moloney, Inc. (distribution transformers), Notice of Noncompliance Determination,” Case No. 2013-SE-4702, 2013-03-11. https://www.energy.gov/gc/articles/central-moloney-noncompliance-determination-2013-se-4702

[30] U.S. Department of Energy / Electronic Code of Federal Regulations. 10 CFR §431.196, Energy conservation standards and their effective dates. Current passages used in this review were retrieved on 2026-10-28; the page displayed Title 10 up to date as of 2026-10-26. No historical snapshot for 2026-10-21 was verified; the old 2026-10-23 access label is not evidence of historical text validation. https://www.ecfr.gov/current/title-10/chapter-II/subchapter-D/part-431/subpart-K/section-431.196

[31] Edison Electric Institute. Spare Equipment and Grid Resilience. 2023-08-01. https://www.eei.org/-/media/Project/EEI/Documents/Issues-and-Policy/Reliability-and-Emergency-Response/Spare-Equipment-and-Grid-Resilience-Programs.pdf

SVSAC | sv-sac.org

[32] U.S. Department of Energy. Large Power Transformer Resilience: Report to Congress. 2024-07 (report date; report dated July 10, 2024 in official file name/title page). 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

[33] U.S. Department of Energy, Office of Electricity. Addressing Security and Reliability Concerns of Large Power Transformers. Undated historical program webpage; its cited project milestones concern 2013–2016; accessed 2026-10-23. https://www.energy.gov/oe/addressing-security-and-reliability-concerns-large-power-transformers

SVSAC - sv-sac.org