

核电工程设备采购全寿期成本管理研究

核电工程以其显著的经济效益、环境友好特性及资源高效利用，对支撑能源结构优化与保障能源安全具有不可替代的战略地位。作为核电项目建设与运营的核心物质基础，工程设备的采购质量、成本效益及全周期管理效能，直接关联项目的成败与长期经济效益。基于此，本文立足核电工程设备采购的特点及重要性，探究其全寿期成本管理的实施策略，为提升核电项目综合竞争力及资产全周期价值提供方法论支持。

核电工程设备作为大型基础设施项目的核心战略资产，其成本管控的有效性贯穿数十年服役周期，深刻影响着项目的长期经济可行性与安全性。其设备的采购过程，面临着技术复杂度高、前期投入巨大、产业链协作深度要求严苛以及安全监管标准严格等多重挑战。因此，将全寿期成本理念深度融入设备采购策略与管理实践，从源头上统筹规划资本支出、运营成本及未来处置费用，已成为核电工程提升资产管理效能、实现全周期经济性优化的关键切入点与必然选择。

一、核电工程设备采购特点

核电工程设备采购呈现显著区别于常规工程的独有特征，对全寿期成本管理构成基础性约束。技术壁垒高企，核心设备涉及核级设计、特殊材料与精密制造，须满足严苛的安全法规和质保标准，供应商集中且技术要求高；资本高度密集，关键设备单件价值巨大，前期采购投入在项目总投资中占比突出，形成巨额沉没成本。供应周期漫长，设备设计、制造、试验、运输及安装环节耗时冗长，常需数年完成，其间占用大量资金并持续产生管理成本；全周期风险关联紧密，设备可靠性直接影响电厂运行安全与运维成本；长达数十年的服役期内，技术迭代、备件供应、处置合规性等不确定因素将持续带来经济性挑战。

二、核电工程设备采购全寿期成本管理的重要性

核电工程设备高昂的初始购置成本在全寿期总成本中所占比例有限，其长期运行维护、技术更新升级及最终退役处置环节所产生的累积费用，通常在总成本中占据主导地位。设

备从采购决策到最终处置的全寿期成本，对项目的整体经济性具有决定性影响。因此，实施全寿期成本管理具有核心战略意义：

第一，驱动全周期经济性优化，全寿期成本管理（Life Cycle Cost Management, LCCM）引导超越短期的采购价格博弈，在决策阶段系统评估设备在整个服役期内的总拥有成本，实现从规划、采购、运维到退役的资金最优配置，避免后期巨额运维或更换费用的被动局面。

第二，有效控制长周期风险，核电设备长服役周期内面临技术过时、供应链中断、运维成本失控及安全合规要求提升等多重风险。LCCM 通过前期对设备可靠性、可维护性、可升级性及处置方案的细致考量与合同约定，建立成本风险的前瞻性识别、量化与对冲机制。

第三，保障资产价值最大化和项目可持续性，全寿期视角是提升核电资产长期投资回报率的关键。通过科学的 LCCM 实践，能够在满足严苛安全要求的同时，最大限度地优化设备性能、延长使用寿命、降低生命周期总成本，最终保障核电项目的长期财务可持续性与竞争力。

三、核电工程设备采购全寿期成本管理策略

（一）采购决策，资本配置与成本预控

在核电工程设备采购过程中，全寿期成本管理的核心在于将财务视角前置化，将成本管控贯穿于设备选型、合同签订、运维规划的每个环节。财务部门需深度介入采购决策，主导建立“初期投入+长期运维成本”的综合评价模型，通过贴现现金流等工具量化比较不同供应商方案的总成本。例如，对关键设备，不仅要关注采购报价，还需量化其设计寿

命、故障率、能耗效率、备件价格、检修周期等对后期运维支出的影响。同时，采购部门需联合技术、运维部门共同制定“成本优化目标清单”，明确在保证安全性和可靠性的前提下，可接受的成本控制范围，并落实在招标文件中，引导供应商通过设计优化或服务承诺降低全周期成本。

此外，资本配置应服务于长周期成本最优目标，建立跨部门预算联动管控体系。项目初期由技术部门提供设备参数、运维部门预测后期成本动因、采购部门整合市场报价，最终由财务部门归口编制涵盖采购、安装、备件储备及退役处置的专项预算，并预留技改升级弹性资金。合同执行阶段强化支付进度与成本风险双约束：采用分段支付结构（如设备到货 30%、性能验收 50%）并嵌入绩效联动条款（如剩余款项按首年无故障运行情况分期支付），绑定供应商质量责任。同步强化预算归口管理与执行监控，应定期联合运维部门审查实际发生的运行维护、维修支出，并与初始预算进行细致对比分析，深入识别成本偏差的具体驱动因素，进而将分析得出的关键洞察和成本动因，系统地反馈至后续同类设备的采购预算编制、供应商评价标准优化及资本配置策略调整中，形成持续改进的管理闭环，不断提升成本预测准确性与资源配置合理性。

（二）执行支付，成本控制与风险对冲

随着设备采购合同进入执行阶段，需通过精细化支付流程与动态成本监控，实现全周期成本的刚性约束。相关部门应主导设计“分段触发+条件绑定”的支付机制。针对长周期设备，可增设“进度里程碑付款节点”，例如原材料采购、锻件成型等关键环节分期付款，同时匹配供应商阶段性履约凭证。此外，建立成本执行看板系统，将设备采购、物流、安装等环节的实际支出与预算实时对比，当单项支出偏离预警阈值时自动冻结后续付款，触发成本异动分析流程，要求责任部门提交整改方案后方可重启资金划拨。

在整个过程中，应构建覆盖设备全使用周期的风险对冲体系，降低非预期成本冲击对项目财务稳定性的影响。重点

把控三类风险：一是供应链中断风险，在合同中明确供应商因不可抗力延迟交付时的替代方案及违约赔偿条款，并为进口设备配置“汇率锁定协议”，规避本币贬值导致的采购成本攀升；二是运维超支风险，要求供应商承诺关键备件长期价格涨幅上限，并计提设备运维专项储备金，专用于突发维修或技术升级；三是技术迭代风险，可在支付尾款前预留一定比例的“长期质保金”（通常为合同尾款的一部分）。若在约定的质保期内（例如 5 年）因设计缺陷或技术过时导致运维成本激增，可启用该资金用于技术升级或损失补偿。

（三）运维阶段，费用绩效与持续核算

设备投运后需建立运维成本与设备产出的直接量化关联体系。核心措施是由财务部门协同运维团队，月跟踪记录每台关键设备的实际维护费用与运行绩效数据，如维护成本、备件消耗、设备有效运行时间、故障停机时长等。基于此计算设备经济性效能指标，例如“年度运维总成本/设备有效服务量”，并将该比值与采购合同约定的供应商保证值或行业基准水平进行动态对标。通过动态监测实际成本与绩效目标的偏差，及时识别异常波动。当指标持续偏离阈值时，立即启动跨部门原因分析，若因设备固有缺陷或备件价格失控，则追溯供应商责任；若因运维操作不当，则优化维护规程。每季度根据成本效能数据对设备进行经济性排序，针对性实施优化措施。

与此同时，构建贯穿设备全生命周期的持续核算机制，实现成本数据向采购决策的逆向驱动。具体来说，应按年度开展全周期成本清算，统计设备自投运起累计发生的运维、大修、升级费用，对比采购时预测的全寿期成本模型。对偏差率较高的设备建立成本溯源清单，定位超支主因并归责：若是供应商设计缺陷，则按合同质保条款索赔或将其纳入供应商黑名单；若是运维操作不当，如未按手册保养导致电机烧毁，则优化维护规程并追缴部门预算。根据清算结果动态修订备件储备策略，如高故障率部件增加安全库存、调整下期采购预算分配，并将核心参数嵌入新一代设备招标技术规范。

范，推动采购成本持续优化。

（四）处置优化，资产回收与减值准备

针对临近设计寿命或技术淘汰的设备，需建立系统化的资产价值回收与风险缓冲机制。具体而言，应该由财务部门牵头实施分阶段残值预判与处置行动。在设备退役规划早期，联合技术团队全面筛查可再利用核心部件，识别具备翻新价值的资产模块；中期启动市场化残值询证流程，根据设备状况分级分类制定回收方案；末期通过公开竞价方式选择合规回收商，优先采用整包回收模式以降低处置成本，并将净收益专项用于新一代设备采购基金，实现资产价值的再生循环。同时，构建与设备寿命周期匹配的动态减值准备机制。自设备运行中后期起，按科学比例逐年计提退役专项减值准备金，用于应对三类财务风险：突发性报废导致的资产价值损失、实际残值显著低于预期评估价的变现缺口，以及特殊部件的环保处置保证金。

此外，还应建立“设备退役风险专用储备金”，以应对资产提前退出或退役成本超预期导致的财务冲击。计提标准和时机应根据设备设计寿命、技术状况、退役法规演变及相关成本预测进行科学评估并定期审视调整。计提资金纳入表外科目管理，用途严格限定为三类场景：即不可抗力处置损失（如因法规突变导致设备强制退役，需突击拆解产生的超额费用）；残值变现缺口补偿（当实际回收价低于评估价 20% 时，用准备金补足差额）；环保责任准备金（按设备处置难易度预存资金，例如含辐照部件预留 50 万元/吨处置保证金）。最后，建立准备金的持续评估机制，确保其规模与实际退役风险及成本预期相匹配。

四、结语

综上所述，核电工程设备采购全寿期成本管理通过“全周期协同、动态化管控、财务闭环”的策略体系，实现了从采购决策、执行支付、运维优化到退役处置的全链条成本精益控制，有效增强了核电项目全生命周期成本的统筹管控能力，为核电产业提升资产运行效率和风险管理水平提供了有价值的参考框架。

（作者：王霄霄）