

存量煤电升级之路：重庆地区某老旧机组等容量替代案例分析

江剑，林侃

中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司，四川 成都 610021

DOI:10.61369/EPTSM.2025120010

摘要：在“双碳”战略引领下，推动老旧煤电机组升级改造是构建新型电力系统的关键环节。本文针对重庆地区某 $2\times 300\text{MW}$ 亚临界老旧机组的现状，提出等容量替代方案设想。结合《燃煤发电机组单位产品能源消耗限额》等最新政策，从先进技术选型、初步经济性及环境效益等方面进行综合论述。经论证，采用超超临界机组实施替代，能显著提升机组效率与环保水平，是实现区域存量煤电清洁高效利用的可行路径。本文旨在为同类型机组的升级改造提供参考。

关键词：重庆地区；等容量替代；超超临界火电机组；能耗限额；技术经济分析

The Path of Upgrading Existing Coal-fired Power Units: A Case Study on Capacity-equivalent Replacement of an Aging Unit in Chongqing

Jiang Jian, Lin Kan

China Power Engineering Consulting Group Limited, Southwest Electric Power Design Institute Co.,Ltd., Chengdu, Sichuan 610021

Abstract : Guided by the "dual carbon" strategy, promoting the upgrading and renovation of aging coal-fired power units is a crucial aspect of constructing a new type of power system. This paper proposes a concept for a capacity-equivalent replacement plan tailored to the current state of a $2\times 300\text{MW}$ subcritical aging unit in the Chongqing region. Integrating the latest policies, such as the "Energy Consumption Limits per Unit Product for Coal-fired Power Generation Units," the paper provides a comprehensive discussion on advanced technology selection, preliminary economic feasibility, and environmental benefits. Through demonstration, it is evident that implementing replacement with ultra-supercritical units can significantly enhance unit efficiency and environmental performance, offering a viable path for the clean and efficient utilization of regional existing coal-fired power. This paper aims to provide a reference for upgrading and renovating similar units.

Keywords : Chongqing region; capacity-equivalent replacement; ultra-supercritical thermal power units; energy consumption limits; technical and economic analysis

引言

为了推动能源结构的清洁低碳转型，要求煤电行业精准落实“三改联动”政策，持续优化能效环保标准，近年来，国家密集出台了《全国煤电机组改造升级实施方案》与《新一代煤电升级专项行动实施方案（2025—2027年）》等指导文件。国家标准《燃煤发电机组单位产品能源消耗限额》（GB21258-2024）的发布与实施，为现役机组的能效达标设立了明确的底线与时限。该标准对不同容量等级的机组提出了严格的供电煤耗限额值，对于已投运多年的老旧火电机组，其能耗水平已逼近或超过限定值，升级改造迫在眉睫。

重庆电网作为重要的受端电网，在“十五五”期间仍将面临电力供应缺口。与此同时，区域内一批早期投运的亚临界机组设备老化、能耗过高，难以满足新国标要求。本文以重庆地区某 $2\times 300\text{MW}$ 亚临界老旧机组的等容量替代方案设想为案例，旨在探索一条符合国家政策、适应区域需求的技术路径，并为同类改造项目提供决策参考。

作者简介：

江剑（1979.09-），男，汉族，湖北省武汉市人，本科，高级工程师，单位：中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司，研究方向：热能与动力工程；

林侃（1985.09-），男，汉族，福建省闽侯县人，本科，高级工程师，单位：中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司，研究方向：热能与动力工程。

一、案例概况

本案例所研究的电厂位于重庆市某工业园区内，现拥有2台300MW亚临界燃煤发电机组。机组虽完成了超低排放环保改造，并实施了供热改造，但主机效率低下的根本问题并未解决。根据2024年专项节能诊断报告，两台机组在实际运行工况下的供电标煤耗分别高达351.63 g/kWh和348.76 g/kWh，远超《全国煤电机组改造升级实施方案》中“2025年火电平均供电煤耗低于300克标准煤/千瓦时”的总体要求，能耗过高，技术升级与等容量替代已势在必行。

实施等容量替代，首先是满足国家强制性能耗与环保政策的必然要求，避免机组因不达标而面临强制关停。其次，是保障重庆电网长远电力供应与安全稳定的战略需要。作为重要的负荷中心，重庆电网未来存在可观的电力缺额，新建的高效、灵活机组将作为可靠的支撑性电源点，不仅能增强电力供应保障能力，其优异的调峰性能也将促进区域内可再生能源的消纳，提升电网整体韧性。最后，这也是发电企业自身实现资产提质增效、可持续发展的内在驱动。通过等容量替代，企业可彻底摆脱高煤耗困境，充分利用现有厂址资源、部分公用设施及人力资源，实现存量资产的价值重塑与核心竞争力提升。

二、等容量替代方案设想

（一）总体原则与技术目标

本项目方案设想以“等容量替代”为根本原则，即规划建设1台660MW级高效超超临界燃煤发电机组，并同步关停原有2台300MW亚临界机组。替代方案的核心目标是：通过采用当代先进的燃煤发电技术，使新建机组的能效与环保水平实现跨越式提升。具体而言，通过采用先进的超超临界技术，预计机组设计供电煤耗预期可降至约273.8 g/kWh，不仅显著优于老机组水平，也满足且严格优于GB21258-2024标准中对新建660MW级超超临界机组的能耗准入值要求。同时，机组将按照超低排放标准设计，确保二氧化硫、氮氧化物、烟尘等大气污染物排放浓度稳定达到乃至优于国家最新环保要求。

（二）主机选型与系统配置

在技术路线抉择上，针对重庆电网水电比重高、峰谷差大、火电机组需承担深度调峰任务的特点，本项目推荐采用技术成熟、经济性优异、调节性能良好的660MW高效超超临界一次再热机组。汽轮机进口初参数选用28MPa/600℃/620℃，这一参数等级在国内已拥有大量成功运行业绩，材料与制造工艺完全自主可控，在效率、可靠性与成本间可取得最佳平衡。

在锅炉选型方面，结合设计煤种为较高挥发份烟煤的特性，可选用技术成熟的Ⅱ型或塔式布置煤粉炉，具体选择可在后续主机招标中，综合各制造厂的最优方案与工程造价确定。制粉系统推荐采用中速磨煤机正压直吹式系统，其系统相对简单，响应负荷变化快，适合燃用设计煤种。

热力系统力求高效与可靠。拟采用10级回热抽汽（含0号高

压加热器），并设置一级低温省煤器，充分利用锅炉排烟余热加热凝结水，可有效降低机组热耗。给水系统配置1台100%容量的汽动给水泵，前置泵与主泵同轴布置，汽源取自主机中压缸排汽，经济性高。考虑到本项目为等容量替代，可利用毗邻电厂的蒸汽作为启动汽源，故不设常规的电动启动给水泵，简化系统并节省投资。凝结水系统则配置2台100%容量的凝结水泵，采用一台变频器拖动两台电机的“一拖二”方案，确保全负荷段的高效运行。

为满足严格的环保要求，烟气治理采用“协同治理”路线。新建石灰石-石膏湿法脱硫系统，采用高效复合塔技术。除尘系统在高效静电除尘器的基础上，结合湿法脱硫系统的除尘效果，可实现较高的综合除尘效率。脱硝系统采用SCR装置，确保较高的脱硝效率。通过上述组合，可保障烟气排放浓度稳定达到 $SO_2 \leq 35mg/Nm^3$ 、 $NO_x \leq 50mg/Nm^3$ 、 $烟尘 \leq 10mg/Nm^3$ 的超低排放标准。

（三）厂址方案比选

基于该项目“等容量替代”的特点，本研究提出了两个厂址方案进行深度比选。

方案一：原址拆除重建方案。该方案核心思路是“集约利用、价值挖潜”。具体实施为：拆除现有2×300MW机组的主厂房、锅炉房等核心老旧设施，在原址区域新建660MW机组主厂房。同时，对厂区内仍有利用价值的存量资产进行最大程度的利用或改造。例如，保留并利用现有的两座6000 m³自然通风冷却塔（更换内部填料及除水器）、循环水泵房（更换水泵）、220kV升压站、厂前区行政办公及生活辅助建筑。将现有的露天煤场改造为全封闭式圆形煤场，解决环保问题。输煤系统在保留原有主干廊道及碎煤机室的基础上，进行局部改造衔接。此方案的突出优势在于：① 投资最省：充分利用了现有土地、水源、电网接口及大量公用设施，避免了重复建设，静态投资估算具有明显优势。② 用地集约：无需新征土地，符合国家节约集约用地的政策导向。③ 实施基础好：厂外交通、水源、灰场等边界条件均已落实。然而，该方案也面临显著挑战：① 施工组织异常复杂：需在有限的场地内，统筹拆除、新建与部分老系统运行，安全保障压力大。② 利旧设施技术风险：尤其是已运行近20年的210米高烟囱，其加固改造以适配新机组烟道的技术难度与安全性需进行审慎的评估。

方案二：异地新建方案。该方案规划在紧邻的已建电厂北侧空地实施新建。厂区按全新现代化电厂高标准规划，布局不受既有设施约束，工艺流程更为顺畅。可新建一座自然通风冷却塔及配套循环水泵房，机组效率潜力更优。接入系统方案考虑以500kV电压等级接入附近电网枢纽，输送能力更强。此方案的主要优点在于：① 布局合理，施工便利：新建工程与老厂运行完全隔离，互不干扰，可大幅缩短工期，降低施工安全风险，而且老旧机组退役关停后可先不拆除转为应急备用电源。② 技术方案不受限：可采用最新的主厂房布置和最优的管线走向，无历史包袱。③ 预留扩建条件：新厂区通常可预留一台机组扩建场地，为未来发展留有余地。但其缺点同样突出：① 总投资高昂：需新征

用地，并配套建设全部厂内系统和部分厂外工程，单位千瓦静态投资显著高于方案一。② 前期工作复杂：涉及新的用地规划、环评、接入系统等多项核准支持文件，不确定性增加。

综合比较，方案一与方案二代表了“集约挖潜、控制投资”与“另起炉灶、追求最优”两种不同的升级路径。方案一的核心优势在于初始投资低、利用现有条件、推进速度快，但代价是更高的施工组织挑战和技术风险；方案二则通过更高投资换取更优的工程布局、更简单的施工条件和更可靠的技术系统，但面临更长的前期周期和更高的整体资本支出。建设方的最终决策，需在项目资金约束、对工期与风险的耐受度、以及对机组全生命周期性能与成本的综合预期之间进行审慎权衡。

三、方案可行性分析

（一）技术可行性分析

本替代方案所依托的高效超超临界发电技术，在我国已历经十余年的发展与实践，国内三大主机制造企业均具备完全自主知识产权和丰富的制造、运行业绩，设备可靠性已得到充分验证。老厂厂址区域地质稳定，满足建厂条件。现有水源、输煤系统均可满足新机组需求，贮灰场可继续利旧，外部条件支撑有力。技术方案中选用的设备与系统均属主流且先进，确保了项目的技术可行性。

（二）经济性与敏感性探讨

经初步技术经济分析，该项目具备财务可行性。考虑到重庆地区水电丰沛、火电利用小时数受季节性影响的特点，以及未来市场竞争，暂时采用4000小时作为基准利用小时数。在此条件下，测算得出的资本金财务内部收益率表明项目具有投资价值，且盈亏平衡点处于合理区间，显示出一定的抗风险能力。根据敏感性分析，项目经济效益对上网电价和到厂煤价两个因素最为敏感。这意味着，合理的电量电价和容量电价政策、与锁定稳定且低价的煤源，是保障项目经济性的关键。

（三）环境与社会效益

项目实施后，预计每年可节约标准煤约12万吨，相应减少二氧化碳排放约30万吨，对区域节能减排目标贡献显著。大气污染物排放总量将得到有效控制，环境效益突出。同时，项目将增强地区电力供应的稳定性，并对当地经济发展产生积极影响。

四、关键问题与实施路径探讨

尽管该项目等容量替代方案设想具备多方面可行性，但在实际推进过程中仍需关注几个核心问题。首要的是政策层面，老旧

机组的关停或转应急备用，以及新建项目的核准，均需获得地方能源主管部门的明确支持与批复。其次，在原址重建方案下，对运行多年的烟囱、冷却塔等设施的利旧，必须经过严谨的安全鉴定与评估，其加固方案的可靠性与经济性是不容忽视的技术风险。最后，项目长期稳定运行的经济性高度依赖外部条件，其中上网电价、燃料成本和利用小时数是决定性变量。正如敏感性分析所警示，如何寻找更有利的电量电价和容量电价政策支持，签订长期稳定的低价燃煤供应协议，以及如何在未来竞争激烈的电力市场中争取更高的发电利用小时数，将成为项目未来盈亏的关键。

针对上述问题，建议后续实施过程中应特别注意：主动加强与政府部门的沟通协调，积极争取将本项目纳入省级能源发展规划，明确其作为保障性电源的定位，为项目核准和未来电量计划铺平道路，寻求更有利于电厂生存的电量电价和容量电价政策；启动对利旧设施的检测鉴定工作，为后续工程设计提供准确依据，有效管控技术风险；项目的核心竞争力在于成本控制，因此，建设单位应致力于构建多元化的廉价燃煤供应体系，并积极参与电力市场交易，通过提供调峰等辅助服务，尽可能的提升机组的年利用小时数。

五、结论与展望

本文以重庆地区某2×300MW亚临界老旧机组为例，论证了通过等容量替代模式实现升级的可行性。虽然本案例研究对象具体，但其面临的能效环保压力、政策环境及电网需求在重庆地区具有普遍性。因此，本研究所提出的技术路径、方案比选及可行性分析结论，对于该地区其他面临相似升级压力的同类型机组，在规划思路、技术选型与风险识别方面均具有一定的参考与借鉴意义。

展望未来，煤电的转型之路不仅在于新建高效机组，更在于持续的技术迭代与角色重塑。根据《新一代煤电升级专项行动实施方案》的指引，替代机组在未来可进一步探索多种前沿技术路径。例如，开展燃煤耦合生物质或掺烧氨气等低碳燃料的试验，从源头降低碳排放；评估加装碳捕集、利用与封存（CCUS）装置的技术经济性，为实现近零排放做好技术储备。未来，电厂还应深度挖掘机组的灵活调节潜力，通过技术改造提升机组在低负荷下的运行效率与稳定性，并加快负荷响应速率，使煤电机组更好地适应大量新能源接入电网的调峰需求，从而在新型电力系统中积极寻找符合自身定位的战略价值。