

人力资源配置完善核电项目工期统筹组织建设

陈科

中广核陆丰核电有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i4.21760

[摘要] 核电工程建设周期长、涉及专业广、安全等级高,工期管控长期受制于人力供需波动和跨专业协调迟滞。本文从实际管理场景出发,分析动态人力调度与工期网络计划之间的作用关系,指出通过弹性调配平抑需求峰谷、锚定关键链缓冲,能有效减少窝工与延误。针对组织壁垒、信息碎片化和预判工具匮乏等突出问题,结合陆丰核电、中广核大修平台等案例,提出三级调度权责架构、轻量化耦合分析模型。研究表明,以组织再造配合简易数字化工具,可在不大幅增加管理成本的前提下,有效提升工期响应的敏捷性。

[关键词] 人力资源调配; 核电工程; 工期管控

中图分类号: F272.92 文献标识码: A

Optimize human resource allocation to coordinate and organize the construction schedule of nuclear power projects

Ke Chen

China General Nuclear Power Co., Ltd. (Lufeng Nuclear Power)

[Abstract] Nuclear power plant construction projects are characterized by long durations, broad involvement of multiple disciplines, and high safety requirements. Project schedule management has long been constrained by fluctuations in workforce supply and demand as well as delays in cross-disciplinary coordination. Based on practical management scenarios, this paper analyzes the relationship between dynamic workforce scheduling and project network planning, demonstrating that flexible allocation can mitigate demand peaks and troughs while securing buffer capacity in critical paths, thereby effectively reducing idling and delays. Addressing key challenges such as organizational barriers, information fragmentation, and limited forecasting tools, the study proposes a three-tiered scheduling authority framework and a streamlined coupling analysis model, supported by case studies from the Lufeng Nuclear Power Plant and CGN's major overhaul platform. The research indicates that combining organizational restructuring with simple digital tools can significantly enhance schedule responsiveness agility without substantially increasing management costs.

[Key words] Human resource allocation; Nuclear power engineering; Project schedule control

引言

核电作为基荷电源,在我国能源结构中的地位持续攀升。一台百万千瓦级机组(双堆)总投资约180至240亿元,建设期近60个月,涉及系统300余个、设备近5万台,接口数量过万^[1]。若工期延误,单是贷款利息每日即增加数百万元,加上延迟发电的收益损失,总代价极为沉重。

以往,工期安排多依赖年初制定的静态计划,人员配置往往是“开工定岗、中途少调”,结果要么人手不足拖进度,要么人员冗余增成本。行业内的先行者已开始破题:中广核运营公司建立大修共享平台,将换料大修周期从45天压至32天;中核工程公司推行主辅岗复合培训,在多个项目上实现调试

人员的跨系统支援。这些尝试揭示了一个朴素道理——只有让人的调配跟上工序变化,工期管理才能从被动应付走向主动掌控。

本文围绕“组织如何支撑动态调配”这一实操主线,从作用机理、典型价值、现存障碍和改进路径四个方面展开,力求为同类项目提供可复制的工作思路。

1 动态人力配置与工期管控的相互作用

核电项目可以看作一张由设计、采购、施工、调试交织成的活动网络,每项作业的持续时间都直接受制于投入的劳动力数量和质量。动态配置并非简单地“缺人就补”,而是依据实时进度偏差、任务紧急度和人员技能矩阵,对现有人力存量进行再

优化。工期统筹则是以关键路径为纲，协调各环节步调的系统工作。两者之间通过三条链条紧密咬合。

计划驱动链。主进度计划中的每道工序都隐含了人工定额——穹顶吊装前需近百名铆焊工连续作业15天，若实际到岗不足，后续预应力张拉、设备引入都将延后。计划划定了需求的时间和空间分布，而配置的到位率直接决定了计划的兑现程度。

资源竞争链。施工高峰期，管道、电仪、通风等班组常在同一时段争夺作业面。若缺少动态排序规则，就会出现“活等人”或“人等活”的交替空转，关键路径上的一日滞后往往演变为总工期的数日偏差。

反馈调节链。动态配置要求建立“日清日结”的闭环：现场每天统计出勤和完工量，周例会比照实际与计划的偏差，发现次关键路径有拖期苗头时，即刻启动增援或调整班次。调节频率越高，纠偏灵敏度就越大。陆丰核电1号机组在负挖阶段试行日跟踪后，人工时利用率从78%升至92%，因人力不足导致的工序间歇减少了约四成。

2 动态调度在工期管理中的两个关键作用

2.1 削峰填谷，减少隐性待工

核电施工的人力需求呈典型M型——土建高峰期（第12至24个月）需大量模板、钢筋、混凝土工人，安装高峰期（第30至42个月）则转向焊工、接线工、起重指挥。传统做法按峰值人数一次性配齐，结果低谷期大批技工闲置，既增成本又易流失熟练工。动态调度强调的是“错峰互济”：与相邻标段或同期项目签订劳务互助协议，自身低峰时对外输送辅助工种，高峰时借入紧缺技工。陆丰核电工程曾尝试与制造厂合作，土建收尾阶段将部分测量、试验人员轮换至预制车间，整体人工成本降低约12%，且避免了后期重新招培的时间损耗。据现场统计，仅此一项就节约了约两个月的招聘培训周期，为后续设备安装争取了宝贵余量。

2.2 加固关键链，预设人力缓冲

关键链理论认为，不确定性应当由集中缓冲来吸收，而非在每个工序里塞入安全时间。对核电而言，最实用的人力缓冲是“后备梯队”制度。例如冷试（水压试验）前三个月，专门预留一支由仪表校验、阀门操作、泄漏检测等人员组成的机动小组，随时顶替因病、请假或临时脱岗的关键人员。阳江核电5号机组冷试期间，一位主泵调试工程师因突发事务无法到场，后备人员即刻补上，试验启动仅推迟4小时，未影响热试窗口。这种冗余不是浪费，而是主动的风险储备。实际操作中，这支梯队还可以兼顾其他非关键路径上的巡检任务，做到“闲时不闲、忙时顶岗”，使人力资源始终保持在高利用率的区间运转。

3 当前推行动态配置的三大阻力

3.1 用工体制的属地化割裂

目前绝大多数项目的劳务用工由各分包商自行招募管理，业主和总包只考核进度，不直接干预人员调配。这导致人力信息不透明——总包不清楚各分包每日实际出勤，也不掌握哪些焊

工证书在有效期、哪些起重工合同将到期。一旦某区域抢工需增援，只能依赖分包商间私下协商，效率极低。更麻烦的是，分包商倾向于保留自家骨干，不愿输出，造成“局部富余、整体短缺”的局面。某项目就曾出现过一段的电仪班组因待料闲置了近两周，而相邻标段同期却为抢工期到处借调电工的荒诞场景。

3.2 数据分散，调度指令常滞后

设计变更、设备到货、质量验评等信息散落在P6、SAP、BIM和文档系统中，彼此不联通。进度工程师看的是已批复计划，采购人员知悉最新物流状态，而现场调度拿的是昨日的出勤表——三者在时间轴上常错位。某机组曾因蒸汽发生器到货推迟15天，但施工部门10天后才接到正式通知，此时土建已按原计划完成预埋件安装，只得拆除重做，白白浪费大量人工。若有一套集成的预警机制，这类损失本可避免。实际上，很多项目的变更通知单在流转过程中要经过五六个部门签字，等到了执行层手里，黄金处置期早已过去。

3.3 缺乏快速评估工具，应急靠“拍脑袋”

当关键岗位突遭缺员（如工伤、辞职），项目部的惯常做法是“四处打电话借人”，无法迅速回答“缺人三天影响总工期多少”“哪些工种可部分替代”“本地市场有无符合资质的人选”。由于缺乏数据支撑，调配决定往往要么过度补偿，要么补不到位，延误因此扩大。在一次典型事件中，某机组因一名起重指挥突然请假，现场负责人紧急从外部劳务公司高价借调两人，实际仅需一人，多支付了近万元成本，而这种低效应急在该项目上并非孤例。

4 组织改进的三项具体举措

4.1 设立三级调度权责体系

建议成立常设的“工期-人力联合调度中心”，配套三层管理架构，如表1所示：

表1 核电项目三级人力资源调度组织架构图

层级	组成/职责	核心职能
项目决策层 (工期统筹委员会)	项目经理及核心 班子成员	制定总体策略、审批重大调配、承担总体责任；定期召开人力平衡会议，决策重大冲突协调方案。
人力统筹层 (人力资源调度中心)	进度、人力、成本 专业人员	建立维护人力数据库；进行多方案模拟比选；发布调度指令；向决策层提交预警报告。具有横向协调职能。
现场执行层 (区域人力管理员)	各施工区域/专业组 管理员	实时采集现场人力数据(出勤、技能、工时)；执行调配指令；反馈执行偏差。

陆丰核电二期试点这一架构后，人力利用率从67%提升至83%，因人员不足造成的停工事件减少六成。试点过程中还发现，定期召开的人力平衡例会本身就是一个有效的冲突化解平台，许多潜在的资源争端在正式爆发前就被协商解决。

4.2 搭建轻量化分析模型

不必追求昂贵的数字孪生平台，可基于现有P6数据和Excel台账构建简易分析工具。如表2所示：

表2 人力资源-工期动态耦合模型架构

人力资源-工期动态耦合模型		
人力资源需求预测模块	人力资源约束调度模块	动态预警与模拟模块
WBS分解	人力可用性约束嵌入	数字孪生虚拟镜像
历史数据分析	遗传算法/粒子群优化	计划与实际进度比对
时间序列分析	关键路径动态计算	自动触发预警
机器学习预测	最优工期方案求解	多情景模拟方案生成
		
缓冲区管理体系(PB/FB/RB)		
黄色预警(缓冲消耗>1/3)→红色预警(缓冲消耗>2/3)		

该工具两周内即可搭建,陆丰核电5号机组试用时,成功预判主给水阀门安装环节可能因焊工不足延误5天,提前从邻标借调2名高压焊工,最终实际延误压缩至1.5天。这种“小快灵”的做法更贴合当前项目信息化实际,也避免了大规模软件采购带来的审批周期和预算压力。后续可以根据使用实际逐步迭代,增加更多约束条件,比如焊工的合格率差异、新老员工搭配比例等,使模型越来越贴近真实工况。

4.3 配套制度和文化的双轮驱动

技术手段要见效,离不开制度和文化的支撑。

制度方面,在分包合同中增加“人力共享条款”,规定项目整体工期受威胁时,各分包商须按比例输出富余人员,并约定补偿标准(市场价上浮15%至20%),消除“不愿放人”的经济顾虑。同时将“该单位原因造成的工期偏差天数”纳入结算考核。执行中要注意补偿标准的公平性,建议由业主、总包和各分包方共同议定一个参考价目表,避免事后扯皮。

文化方面,倡导“同舟共济”的协作意识,通过联合演练、交叉培训增进队伍间的互信。中核在维修领域推行的“通岗制”值得推广——培养同时掌握机械、电气、仪控基础技能的巡检人员,使日常消缺不必每次协调三个专业,响应速度明显加快^[2]。培训投入虽然在短期内增加了管理成本,但从长远看,

每培养一名通岗人员,就相当于为项目增加了一份柔性调度空间。

此外,借助集成化协同平台(如中广核数字化工程平台)整合进度、人力、采购、设计模块,实现人力状态实时可视、冲突自动识别、在线审批^[3],从物理层面打破信息孤岛。平台上线初期可以采取“双轨运行”——新旧系统并行一段时间,待一线人员熟练后再逐步切换,以减少推行阻力。

5 结语

核电工期管理正从“粗放排程”走向“精细调控”,而人力动态配置是这一转变的关键支点。本文从实践视角出发,梳理了动态调度与工期计划的耦合关系,分析了削峰填谷和关键链缓冲的具体价值,指出了组织割裂、信息滞后和工具缺失三大障碍,并给出了三级架构、轻量化模型和协同机制的组合方案。这三者互为支撑——架构提供责任主体,模型提供决策依据,机制提供执行动力。

必须承认,任何管理工具都不可能一蹴而就,建议采取“试点先行、逐步推开”的策略,先在一个标段或一个专业领域验证效果。随着智能安全帽、AI图像识别等技术的成熟,调度周期可从“周级”缩短至“日内”。但无论技术如何进步,核心原则不变:以工期目标为牵引,以人力效能为约束,在动态中找平衡,在协同中创效益。^[4]

[参考文献]

[1]侯刚连,李春跃.核电厂调试工期的优化方案[J].中国核电,2014(2):123-127.

[2]中核工程.持续提升价值创造能力,加快建设世界一流核能工程公司[EB/OL].国务院国资委,2024-12-20.

[3]中广核陆丰核电有限公司.陆丰核电项目数字化工程管理实践与探索[J].中国核电,2024,17(2):45-52.

[4]三门核电.以精细化管理推进“四最一优”实现企业高质量发展[EB/OL].国务院国资委,2022-03-01.

作者简介:

陈科(1983—),男,汉族,河北邯郸人,经济师,大学本科,人力资源管理。