

发电厂燃气轮机检修运行现状及措施探讨

龚 智

华电湖北发电有限公司武昌热电分公司 湖北武汉 433200

摘要: 随着我国能源结构调整,燃气轮机在电力生产中地位愈发重要,但其核心技术依赖进口,导致检修运行面临成本高、技术受限等挑战。本文剖析了燃气轮机运行检修的技术依赖性、检修模式复杂性及运行环境严苛性等特征,指出当前运维人员技能不足、运行方式不当、检修成本高昂等困境。进而从构建预防性维护体系、优化运行控制、加强本土化技术能力建设三方面提出系统性策略,为提升燃气轮机运行效率与可靠性提供理论与实践参考。

关键词: 燃气轮机; 检修运行; 预防性维护; 本土化; 策略

引言

随着我国经济社会的高速发展与能源结构的深度调整,清洁、高效的能源供应体系建设已成为国家战略的核心议题。在此背景下,燃气轮机以其启动迅捷、运行高效、环境污染小等显著优势,在我国电力生产领域中占据了愈发重要的地位,成为平衡传统火电环境影响、保障电网调峰需求的关键技术装备。然而,一个不容忽视的现实是,当前我国发电厂所应用的大中型燃气轮机设备,其核心技术与关键部件在很大程度上依赖于国外进口。这种技术来源的外部依赖性,使得燃气轮机在全生命周期的检修、运行与维护管理环节面临着一系列独特的挑战,如检修成本高昂、技术支持受限、运维经验不足等问题,直接影响着机组的安全性、可靠性与经济性。因此,系统性地剖析我国发电厂燃气轮机检修运行的实际状况,深入探讨并构建一套科学、有效的改进策略体系,对于提升发电设备管理水平、保障国家能源安全、促进电力行业可持续发展具有至关重要的理论价值与实践意义。

一、发电厂燃气轮机运行与检修的核心特征

(一) 设备技术来源的外部依赖性

当前我国发电厂中服役的燃气轮机,特别是大中型机组,主要由通用电气(GE)、西门子(SIEMENS)等少数几家国外重工企业设计和制造。我国在高性能燃气轮机的自主设计、材料工艺及整体制造等方面的技术体系尚处于发展和完善阶段,与国际先进水平相比仍存在差距。这种技术上的垄断地位导致我国在引进设备的同时,也长期面临着核心技术受制于人的局面。这种外部依赖性贯穿于燃气轮机运行的全过程,从备品备件的采

购、日常维护的技术规范,到关键的故障诊断与大修服务,均需在很大程度上遵循原制造厂商的技术标准和支持体系,这为发电厂的自主化、精细化管理带来了天然的壁垒。

(二) 检修模式的阶段性与复杂性

燃气轮机的检修工作具有明确的阶段划分,通常依据其运行时间或启停次数,分为小修、中修和大修三个等级。小修和中修主要涉及常规检查、易损件更换和局部维护,而大修则涉及对机组的全面解体、核心热通道部件的检查与更换,技术难度极高。由于技术壁垒的存在,国内发电厂的大修工作往往需要高度依赖原制造厂商的技术团队来执行。此外,大型燃气轮机的检修普遍采用“热通道部件轮换”的方式,即在检修期间直接更换整套修复好的备用部件,而将换下的部件返厂进行检测、评估和修复。这一流程虽然可以缩短单次检修的停机时间,但其过程繁琐,涉及复杂的物流、技术协调与高昂的备件库存成本,给电厂的检修计划与成本控制带来了巨大的不确定性。

(三) 运行环境的严苛性

燃气轮机作为一种精密的高温旋转机械,其工作环境极为严苛。机组在运行期间,内部核心部件需长期承受高温、高压、高速以及复杂应力的耦合作用。为了满足电网的调峰需求,燃气轮机机组还需频繁地启停、升降负荷,这种循环性的工况变化会对透平叶片等关键部件产生显著的热疲劳和机械载荷,从而加速部件的老化与损伤累积。恶劣的运行环境不仅对设备本身的材料性能与设计制造提出了极高要求,也对电厂的日常监控、维护保养和故障预判能力构成了严峻的考验。任何微小的疏忽都可能被放大,进而演变为影响机组安全稳定运

行的重大隐患。

二、现阶段燃气轮机检修运行管理的主要困境

(一) 运维人员专业技能的结构性短板

尽管国内发电厂的技术人员对于常规的国产发电设备具备扎实的检修维护经验，但面对结构复杂、控制系统精密的进口燃气轮机时，其专业知识和实践技能往往显得不足。这种技能上的结构性短板导致日常的维护保养工作常常无法做到精准和到位。例如，对设备的异常振动、温度变化等关键参数的深层原因分析不够，对一些隐蔽性故障的早期识别能力较弱。这种维护管理的不到位，使得设备的微小损耗不断累积，长此以往，不仅严重影响机组的运行效率和可靠性，甚至可能导致部件的严重损坏，使设备提前报废，给企业带来巨大的经济损失。

(二) 运行方式不当引致的设备耗损累积

不合理的运行方式是加剧燃气轮机损耗、缩短其使用寿命的另一重要因素。这主要体现在两个方面。其一，是高频率的启停问题。许多发电厂实行倒班交接制度，在此过程中，出于操作惯性或管理流程的要求，工作人员可能会对机组进行不必要的关停与重启。单次的开关机对设备损伤有限，但长期、高频次的重复操作，会对燃气轮机的叶轮、轴承以及内部精密电路造成累积性的冲击与损耗。其二是长期超负荷运行的现象。在用电高峰期，为了最大限度地满足社会用电需求，部分燃气轮机机组被迫长时间在超出额定功率的状态下运行，或者持续运转而得不到必要的停机维护。这种超负荷运转会使设备长期处于疲劳状态，不仅显著加速部件的老化进程，还会大幅增加突发性故障的概率，对电网的稳定供电构成严重威胁。

(三) 检修成本高昂与备件保障的制约

检修成本是燃气轮机全生命周期费用中的重要组成部分。由于设备和核心备件高度依赖进口，发电厂在采购时不仅要承担高昂的价格，还要面对漫长的供货周期。为了保证兼容性与安全性，企业通常只能选择原厂生产的零部件，这进一步强化了外方厂商的价格垄断地位。与此同时，复杂的检修工作，特别是大修，需要聘请原厂的技术人员，其服务费用亦是相当可观。这些因素共同推高了燃气轮机的维修总成本。此外，高昂的备件价格使得电厂难以维持全面的备件库存，而依赖临时采购又会因供货周期长而延长故障停机时间，这种备件保障体系的脆弱性，已成为制约燃气轮机高效、可靠运行的一大瓶颈。

三、提升燃气轮机检修运行水平的系统性策略

面对上述困境，发电厂必须从管理理念、技术手段和能力建设等多个维度出发，构建一套系统性的改进策略，以实现燃气轮机安全、高效、经济的运行目标。

(一) 构建以预防性维护为核心的管理体系

传统的定期检修模式存在检修不足或检修过度的弊端，已难以适应现代化电厂的精益管理需求。因此，必须推动管理模式的转型，建立以“预防为主、预判预修”为核心思想的先进维护体系。

首先，应大力推行从“定期检修”向“状态检修”模式的根本性转变。状态检修模式的精髓在于，它不以固定的时间为决策依据，而是以设备的实际运行状态为核心。通过应用先进的在线监测系统和诊断技术，对燃气轮机的振动、温度、压力、性能参数等关键指标进行实时、精确的追踪与分析。当监测数据显示某一部件的性能出现劣化趋势或异常征兆时，便可精准地安排维护活动。这种“对症下药”的方式，不仅能够最大限度地发掘和利用设备的剩余使用寿命，还可以在故障萌芽阶段就进行有效干预，从而有效规避非计划性的机组跳闸事故，最终达到延长机组寿命和节约维修成本的双重目标。

其次，需要为每台燃气轮机建立全生命周期的数字化电子档案。这份档案不仅是静态的设备说明书，更是一个动态的、持续更新的“健康记录本”。档案内容应详尽记录机组从安装调试开始的各项原始数据、历次运行的关键参数、详细的检修历史、每一次故障的具体情况以及处理措施。通过对这些长期积累的海量数据进行深度挖掘与统计分析，运维团队可以逐步揭示出特定机组的故障规律、易损部件以及大致的故障周期。这为实现更高阶的“预测性维护”提供了坚实的数据支撑。利用信息化技术建立便捷的电子档案管理系统，能够极大提升数据调用的速度和分析的效率，使维护决策更加科学、快速。

最后，要依据状态监测结果与历史数据档案，科学制定并动态优化检修计划与操作规程。检修计划必须具备高度的针对性，为每一台机组“量身定制”独立的维护方案。应将有限的维护资源重点投向那些根据数据分析被识别为高风险、易损耗的关键部件上，做到有的放矢。同时，必须编制一套详尽、标准化的设备操作与维护规程，对设备的启停流程、负荷调整、日常检查等各个环节做出明确规定。通过严格的制度来规范操作行为，确保各项检修工作都严格按照流程和规范执行，这是将预防性维护理念落到实处，保障燃气轮机长期稳定运行的制度基础。

（二）优化运行方式与控制策略

精细化的运行控制是降低设备损耗、延长使用寿命的直接有效途径。发电厂应将运行优化作为一项常态化的管理工作来抓。

一方面，必须严格管控设备的启停次数与负荷变化速率。运维管理部门应通过完善内部管理流程和加强对操作人员的培训与考核，最大限度地减少因交接班等非必要原因导致的设备启停操作。高频率的启停会对机组的叶轮、轴承及内部电路造成累积性的冲击与损耗。在响应电网调峰指令时，必须科学控制负荷的变化速率与幅度。研究表明，剧烈的负荷波动会显著增加部件的热疲劳损伤，其效果等同于增加了设备的等效运行小时数，从而直接导致检修周期的缩短。以三菱F级燃机为例，一次满负荷工况下的跳闸，会对热通道部件的使用寿命造成急剧的缩减。因此，把控好负荷波动的速率和幅度至关重要。

另一方面，要坚决杜绝设备的长期超负荷运行。电厂管理者应在保障电网安全的前提下，科学调度机组出力，尽量避免让燃气轮机长时间工作在极限状态。通过合理的运行时间安排，确保设备能够得到必要的“喘息”与及时的维护，使其始终保持在健康、良性的运转区间。

此外，还需强化日常运行中的维护管理措施。这包括定期对压气机进行在线或离线清洗，以清除叶片积垢，恢复机组性能；严格监控并及时更换进气过滤器滤芯，确保进入燃机的空气洁净度，保护内部转子和叶片免受侵蚀；以及有效利用孔探仪（内窥镜）等现代检测工具，在不解体的情况下对热通道等内部关键部件进行窥视检查，从而能够及时发现早期损伤。

（三）加强本土化技术能力建设

从根本上破解燃气轮机运维困境，最终必须依赖于本土化技术能力的全面提升。这是一项长期而艰巨的系统工程，需要多方协同、持续投入。

其一，着力培养一支高水平的自主检修队伍。发电厂应建立常态化的人才培养机制，通过“请进来、送出去”等多种方式，如邀请原厂专家进行现场指导、选派骨干人员赴国外培训等，系统性地提升运维人员的理论知识和实操技能。通过经验的积累与传承，逐步建立起能够独立完成大部分检修任务的自有技术团队，从而摆脱对外部技术服务的过度依赖。

其二，积极推动关键部件的国产化进程与供应链优化。国家层面应加大对相关产业的政策扶持与研发投入，鼓励国内有实力的制造企业攻克关键零部件的制造技术，

逐步形成自主可控的备件供应体系。在现阶段，发电厂可以通过与原厂商签订长期服务协议、与其他电厂建立备件共享联盟等方式，来优化备件的采购与库存管理，以更优惠的价格和更灵活的方式保障备件供应，降低资金占用。

其三，前瞻性地加大对燃气轮机自主研发与技术创新的投入。这需要产、学、研、用各方的紧密合作。通过设立专项研发基金、构建协同创新平台等方式，集中优势力量对燃气轮机整机设计、先进制造工艺、智能运维技术等领域进行攻关。最终实现燃气轮机技术的自主化，将从根本上降低我国电力行业的运行成本，提升能源体系的独立性和安全性。

结语

总而言之，我国发电厂的燃气轮机检修运行管理正处在一个关键的转型期。当前面临的挑战主要源于对外部技术的深度依赖，并由此衍生出运维人员技能不足、不合理运行方式普遍存在、检修与备件成本持续高企等多重困境。要突破这一局面，必须采取一套综合性的系统策略。其核心在于，推动运维管理理念从传统的“事后补救”向先进的“事前预防”和“精准预测”转变，建立以状态检修为导向的预防性维护新体系；同时，在操作层面严格优化运行控制，减少人为因素对设备寿命的损耗；并从长远出发，坚定不移地加强人才培养、备件国产化和自主研发，系统性地构建本土化的核心技术能力。通过上述多维度的协同努力，方能确保燃气轮机在我国能源结构中持续发挥其安全、可靠、经济的关键作用，为我国经济社会的高质量发展提供坚强而绿色的动力支撑。

参考文献

- [1] 刘勃. 发电厂燃气轮机检修运行现状及改进策略[J]. 设备管理与维修, 2022(12): 49-50
- [2] 刘峥. 发电厂燃气轮机检修及运行策略[J]. 造纸装备及材料, 2021, 50(12): 40-42
- [3] 沈中流. 发电厂燃气轮机检修运行现状及改进策略[C]//中国智慧工程研究会. 2024新技术与新方法学术研讨会论文集. 协鑫能源科技股份有限公司建设管理部, 2024: 59-61
- [4] 费雍. 燃气轮机发电厂运行优化探究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(33): 121-124
- [5] 徐斌. 燃气轮机异常故障分析及对策研究[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(30): 107-110