新建机场供配电系统全过程管理与需关注的电气建设关键技术要点

黄杨雁

重庆机场集团有限公司　重庆　401120

摘　要：新建机场供配电系统是保障机场安全平稳运行的动力核心。本文立足机场前期技术管理者视角，系统梳理供配电系统核心构成与负荷分类，重点围绕立项、可研、总规等“前期工作管理”阶段提出“四个闭环”优化策略：推行市政配套先行并实施临正电有机结合、构建多方常态化深度沟通机制、投资全面纳入电力配套与民航净空红线、科学确定接入方案并严把施工图联合会审。同时，针对中后期设备安装、调试验收提出管理对策，系统探讨多电源冗余快切、精密不间断电源部署及源网荷储微电网等核心电气关键技术。通过吸收国内标杆机场先进管理经验，本研究旨在打破技术与基本建设程序壁垒，为新建航空枢纽机场电气建设全周期管理提供系统化的实操参考。

关键词：新建机场；前期工作管理；供配电系统；市政配套先行；投资全面纳入；民航净空约束；新型微电网

引言：作为机场运行的动力中枢，供配电系统直接关乎航班安全起降与场区秩序。相较于普通民用建筑，民航机场供配电具有标准高、负荷分级严、容错率低、连续性要求苛刻等行业特性。然而，机场基本建设中长期存在“重施工、轻前期”现象，导致后期运营阶段高频出现容量不足、红线外通道受阻、超投资等棘手问题，其根源在于前期规划脱节与投资漏项。因此，技术管理者必须将质量控制与风险防范关口前移。本文系统剖析新建机场供配电全周期建设流程，着重探讨前期规划、投资控制、中后期施工调试及核心电气技术优化，以期为民航基本建设程序提供实操借鉴。

1 新建机场供配电系统基础概述与建设标准

1.1 机场供配电系统核心构成

机场供配电系统主要由高压供电、低压配电、应急供电及智能监控四个多层级子系统紧密构成：

（1）高压供电系统：以 110kV（或 35kV）、10kV 主变电站、高压配电柜及输电线路为核心，负责对接城市市政网，完成电能接入、调压与全场高压输送，是全场供电的可靠源头。

（2）低压配电系统：纵向延伸至航站楼、飞行区、货运区等，通过降压变压器转换为 380V/220V 低压电能，直接保障日常动力与照明需求。

（3）应急供电系统：由大容量柴油发电机组、静态不间断电源（UPS）组成，在外部电网突发停电时秒级响应，确保核心设备不间断运行。

（4）智能监控配电系统：依托数字电力仪表、微机保护和传输网，实现配电状态动态监测、故障精准定位与能耗管理。

1.2 机场用电负荷分类与供电需求

根据国家及民航专项标准，机场负荷按其安全影响程度严格划分为三级：

（1）一级负荷：通信导航、消防、助航灯光、应急照明等，要求全程不间断供电，需多重保障。

（2）二级负荷：普通照明、办公设备、旅客服务等，允许极短时断电且快速恢复。

（3）三级负荷：辅助设备等，短时断电无影响[1]。

1.3 新建机场电气建设规范与标准体系

机场电气建设具显著的行业交叉性，方案设计必须同时严格遵循三大标准体系：一是国家通用标准，如《民用建筑电气设计标准》、《供配电系统设计规范》，筑牢质量底层基石；二是民航行业专项标准，如《民用机场飞行区技术标准》、《民用机场供用电安全管理规范》，确保电气方案完美适配民航特有的安全高要求；三是智能化标准，参照智能电网与能耗监测规范，赋予基础设施数字化升级与接入能力。

2 新建机场供配电系统前期工作管理

立项、可研及总规阶段是决定供配电系统“先天基因”的关键期。作为前期工作技术管理者，必须放弃单一技术视野，将电气工程有机融入基本建设管理的宏观架构，重点推行以下四个核心管理闭环与隐形控制要素。

2.1 前期与市政供电单位构建深度沟通协调机制

机场供配电前期程序涉及民航局方、指挥部、设计院及地方电力公司，极易出现沟通脱节。技术管理者应在预可研阶段建立常态化联合协调机制，高频次对接地方电力公司与交委。通过深度沟通，前置明确市政网远

期扩容计划、周边线路迁改及接入点间隔资源情况。将资产划分界面、改造责任在规划期予以固化，把传统的“施工期协调”转化为“规划期明确”，从源头消除因设计冲突、施工阻碍引发的推诿扯皮。

2.2 负荷测算与市政配套规划深度同步

在立项与可研阶段，管理者需组织专业设计院、城市规划院对机场远期吞吐量进行深度剖析，精准开展负荷测算。管理核心在于“市政配套先行”。由于机场红线外的市政网建设周期极易滞后于红线内工程，在总体规划阶段，必须将机场站址、外部红线接入点及电力通道路由强制纳入城市总体专项规划。确保地方红线外配套与机场红线内供电同步规划、同步设计、预留充足容量与地下管线路由。

此外，针对新建机场 5 年左右建设期庞大的施工用电需求，管理者必须践行“施工用电与正式用电有机结合”原则。在可研总规方案中，提前将一部分正式用电的 10kV 红线外电力路由和红线内变电资源作为建设期临时电源前置建设。既能保障多工区并行作业时高可靠性的动力需求，又彻底避免了后期大面积拆除临时设施造成的资金浪费与资源损失。

2.3 投资全面纳入电力配套、迁改与净空红线项目

“不超投资”是基建管理的刚性红线。项目前期最容易导致投资失控的盲区在于红线外的政策性费用、电力通道建设费以及高压线迁改费。管理者必须牵头造价单位在；立项投资估算、可研概算阶段进行系统盘点，严禁漏项。

一是必须纳入线路迁改与民航净空专项费用。场址周边既有高压架空输电线路极易侵入机场进近表面、过渡表面等障碍物限制面。管理者必须联合民航局方，前置开展民航净空航行评估，将架空线入地、铁塔降高移位等高额费用全额列入迁改概算，消除安全隐患；二是足额计列市政电源接入与间隔建设费用，包含对侧变电站出线间隔增容与红线外排管建设费；三是前瞻性预留因增容变化带来的潜在用电需求。通过合规、全面编入总概算，构筑坚实的资金护城河。

2.4 科学审慎确定接入方案与施工图联合会审

完成测算与概算控制后，管理者需组织专家对主供电接入方案进行技术经济性比选，科学规划机场内部站址、变压器容量、高压接线及全场线缆走向，形成稳妥的闭环整体方案。在施工图设计阶段，管理重点转入“施工图联合会审”。应打破专业壁垒，组织民航工艺、建筑、给排水、暖通及机电弱电等多专业，联合地方电力公司与监理单位，开展全方位联合图纸会审。重点审查管线碰撞、操作空间、接口兼容性，在蓝图阶段将空间冲突与技术硬伤全部消化，为施工奠定坚实基础。

2.5 国内最新标杆机场前期先进经验借鉴

成都天府机场、广州白云机场三期：在规划前期与国网电力深度联动，均采用 3 路 110kV 独立市政电源接入的顶配方案，配套建设 2 座 110kV 变电站，供电韧性行业领先。白云机场三期在前期规划中，技术团队将红线外多路 110kV 高压线缆航站楼周边的排管通道及市政迁改综合管廊进行了联合报批，确保了市政配套与民航净空控制红线的全过程闭环。此外，北京大兴机场在立项前期将红线外架空线路迁改费用纳入概算单列，彻底化解了跨区域协同难题。

3 中后期建设流程：施工安装、调试与竣工验收管理

3.1 中期设备安装与施工阶段的质量控制

进入施工阶段，技术管理者需聚焦于硬件安装的标准化控制。一是高压配电设备安装，作为动力核心，需严控高压柜、变压器、接地网等设备的定位与总装。严控基础平整度、安装精度及安全对齐间距，规范高压电缆头制作工艺，确保高压设备整体稳固、绝缘参数达标；二是低压配电系统施工，全面推进低压配电柜、动力照明线缆的敷设。要求严格执行安全防护规范，对所有过墙、跨越防火分区的敷设线路做好绝缘检测与防火封堵，杜绝漏电与短路隐患；三是应急与智能配电设备安装，开展应急自备柴油发电机组、UPS 电源的定位安装，确保机组烟道、燃油管路、控制接线精准。同步布设智能物联网监测终端，规范现场传感器接口，为系统联动调试奠定硬件基础。

3.2 后期系统调试与验收管理

系统调试与验收是交付运行前的最后防线。首先进行单设备单体调试，对所有断路器、继电保护、应急电源、智能仪表等逐一进行绝缘电阻、工频耐压及保护定值参数校准，验证单台设备物理性能是否与设计相符；其次开展分系统联动调试，在单体合格后，依次完成高低压配电、应急供电自动切换及智能电力监控系统集成联动。在现场人工模拟市政突发断电、主供电线路故障等极端工况，检验应急自动切换速度（确保在 15 秒内一键成功启停并稳定承接负荷）；最后进行整体竣工验收与资料归档，组织民航局质监站、设计、施工、监理及接收运维单位，现场核查施工质量、运行参数与防雷接地，通过后完成档案移交与项目交付，保障工程正式投入运行[2]。

4 新建机场核心电气建设关键技术与优化策略

4.1 高低压配电系统核心建设技术

（1）多电源或双电源冗余供电技术：机场一级负荷直接关乎飞行运行与人员安全，对供电连续性要求极高。多电源或双电源冗余供电技术为核心保障技术，通过配置多路或两路独立的市政供电回路，为通信导航、

助航灯光、消防系统等关键设备提供多路或双路供电保障。系统搭载智能自动切换装置，可在单路电源故障、断电或电压异常时快速完成电源切换，彻底规避单点故障引发的供电中断问题，大幅提升机场主供配电系统的运行稳定性与可靠性。

（2）线缆敷设与接地技术：新建机场具备区域跨度大、功能分区多、设备密集的特点，对线缆施工与接地防护要求严苛。施工中采用标准化、模块化线缆敷设工艺，区分动力、照明、控制线缆分类排布，规范管线走向与固定方式，避免线路交叉干扰。同时配套搭建完善的防雷、防静电及安全接地系统，严格把控接地电阻参数，有效抵御雷雨天气、设备运行产生的静电干扰，从源头规避漏电、短路、雷击等电气安全隐患。

4.2 应急供电系统电气建设技术

（1）自备柴油发电机组科学选型与带载调试。结合大功率电机启动冲击功率精准选型，优化和校准机组的主动快速启停控制逻辑、全自动并网逻辑以及自动化电源切换（ATS）时序参数，确保市电中断后机组在 15s 内一键启动承载应急负荷。（2）全流程不间断 UPS 电源精细化分级部署。针对空管通信、盲降导航、雷达站等精密弱电设备，匹配双变换在线 UPS，实现 0 毫秒级无缝断电切换，完美填补柴发自启动过程中的电力空白，真正实现关键设备供电零间断，杜绝瞬时断电引发的设备停机、数据丢失问题。（3）优化“市电-柴发-UPS”三位一体协同联动控制技术，通过中央控制系统对故障模式的智能识别与时序闭锁逻辑，确保面临不同等级电气故障时，系统能自动精准判定、有序安全切换。

4.3 智能供配电电气建设技术与新型绿色微电网管理

系统全方位布设智能数显仪表、漏电电流及谐波畸变在线监测等物联网前端。依托高速光纤骨干传输网实现供配电运行状态的一体化、可视化管控。基于大数据的故障自动智能诊断与预警技术，全天候智能研判配电网长期历史数据，精准识别故障苗头，在突发短路时快速切断、隔离局部故障回路。

尤为关键的是，系统前瞻性深度融入国家“双碳”战略下的“源网荷储一体化微电网与能耗精细化智能管控技术”。打破传统被动节电模式，深度利用航站楼、货运站特大屋顶及场道空侧空地布局分布式光伏发电，配合本地储能与智慧管理平台。实现绿电的自发自用、余电上网与微电网智能削峰填谷，大幅削减运营后的碳排放与非航运营成本，打造绿色智能民航配网。

4.4 电气建设常见问题与针对性优化对策

核心领域	常见问题与质量短板	针对性优化对策与管理闭环
中期施工质量	线缆敷设杂乱交织、设备安装间距偏差、防雷接地电阻超标、工序衔接无序。	细化各隐蔽工序工艺标准，强化施工旁站监督与全覆盖验收，完工后实施拉网式复检，将缺陷消除在交付前。
多系统兼容性	电气设备品类杂、新旧系统并行、接口不兼容、通信协议不统一、协同性差。	在前期招投标阶段强制统一全场电气通信标准（如统一采用 Modbus 协议），施工前开展前置联调测试。
后期运维短板	传统人工运维效率低、故障隐患处置滞后、存在大量巡检视觉盲区。	建立数字化运维体系，完善设备定期巡检、保养台账，线上依托智能监测实时预警，线下精准派单排查。

结束语

新建机场供配电系统的基本建设管理与电气技术是一项跨学科、全生命周期的系统工程。作为前期工作技术管理者，必须牢固树立“规划先行、全过程控制”思维，深刻认识到立项、可研及总规阶段对系统安全基因的决定性影响。在前期管理中，必须狠抓市政配套先行与临正结合、确保多方充分沟通、做到概算全面纳入与民航净空红线双重控制。同时，紧跟智慧民航与“双碳”绿色发展趋势，引入多电源冗余快切、精密不间断电源部署及源网荷储一体化微电网技术，并针对远期电动化大容量冲击负荷进行动态预留。通过全面吸收国内最新标杆航空枢纽的前期建设经验，创新管理机制，破解电气基建痛点，才能打造出高安全、高连续、深度智能与低碳环保的现代化机场供配电大动脉，为民航基础设施高质量发展筑牢动力基石。

参考文献

[1] 薛海龙, 白雪婧. 机场配电方案探讨 [J]. 现代建筑电气,2021,12(1):31-35.

[2] 李旻宸, 朱国平. 机场航站楼智能配电系统的一体化设计研究 [J]. 电气技术与经济,2024,26(3):287-289.