北京大兴国际机场供配电系统建设实践

康春华[1]，段加富[2]，李晓翔[1]，李都红[1]，沙海源[3]，朱春雷[3]

（1. 北京大兴国际机场，北京 102602；2. 北京首都机场动力能源有限公司，北京 102602；
3. 南京南瑞继保电气有限有限公司，江苏 南京 211102）

摘要：供配电系统是大型枢纽机场建设项目的重要组成部分。介绍了北京大兴国际机场供配电网的规划建设实践情况，包括供配电网络结构、电缆通道形式、继电保护及自动化设备配置，梳理总结了供配电系统规划建设管理经验。

关键词：民用机场；供配电网；规划

Construction ppractice of power supply and distribution system of Beijing daxing international airport

KANG Chunhua[1], DUAN Jiafu[2], LI Xiaoxiang[1], LI Duhong[1], SHA Haiyuan[3], ZHU Chunlei[3]

（1. Beijing Daxing International Airport Co., Ltd., Beijing 102602, China; 2. Beijing Capital Airport Power & Energy Co., Ltd., Beijing 100621, China; 3. Nanjing NARI-Relays Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China）

Abstract: The power supply and distribution system is the key component of large hub airport. The planning and construction practice of power supply and distribution network of Beijing Daxing International Airport is introduced, including the structure of power supply and distribution network, the form of cable channel, the configuration of relay protection and automation equipment, and summarizes the experience of power supply and distribution system planning and construction management..

Key words: civil airport; power supply and distribution system; planning

0 引言

“十四五”时期是我国开启多领域民航强国建设的关键期，也是民用运输机场建设集中期。至2025年，我国将新增30个机场，民用机场总数将达到270个以上。在“双碳” 战略背景下，用能电气化、电源清洁化是我国实现“双碳”目标的主要趋势。供配电网是机场重要的基础保障设施，供配电网的科学规划、可靠运行对于机场安全稳定、高效节能运行至关重要。

北京大兴国际机场是首都重大标志性工程，也是“十三五”时期建成的国内现代化水平最高的机场。2017年2月23日，习总书记视察了建设中的大兴机场，指出大兴机场是国家发展一个新的动力源。大兴机场认真贯彻习总书记重要指示精神，努力打造精品工程、样板工程，在供配电系统的规划建设上开展了一系列探索。

1 供配电网络

民用机场特一级负荷、一级负荷和二级负荷的总体占比高，供配电网的电能质量要求高。为确保机场供电的可靠性，保障重点区域、主要业务流程及关键设施设备的不间断供电和正常运行，应科学规划建设全场中心变电站、深入负荷中心的区域开闭站、承担末端供电的终端变电所

及站所之间供电线路。

北京大兴国际机场为大型国际枢纽机场，全场特一级、一级用电主要负荷有航站楼、助航灯光站、空管塔台、边防和海关的安检设施以及信息指挥中心等。根据对全场负荷统计结果，总装机容量741 MV·A，预计最大负荷378 MW。机场供电区域负荷密度大于30 MW/km^2，依据DB11/T 1147—2015《10 kV及以下配电网建设技术规范》北京大兴国际机场定位为A+类供电区域。

按照《北京电网规划设计技术原则》（2014版）的要求，结合大兴机场区域电网覆盖面积广、供电可靠性要求高、用电需求量大且负荷分布存在较大差异，电网架构复杂且终端用电设备类型多，投运后停电改造难度大等诸多行业痛点，大兴机场积极打造“行业领先、国际一流”供配电网，提出户均年停电时间不超过30 s，区域供电可靠性达到99.999 9%的建设目标。

1.1 区域外电源

大兴机场供配电网纳入北京电网扩大双环网供电网络。地区电网供电体系由两座500 kV变电站作为电源点，220 kV电网分区运行，110 kV电网为链式接线结构，形成了坚强电网支撑并提供充裕供电能力。

按地区电网规划，大兴机场工作区新建两座110 kV变电站作为场区供电中心站，即机场西1号中心变压器和机场东2号中心变压器。按照大兴机场一期负荷规模建设，两座变电站各安装4台110 kV/10.5 kV、容量50 MV·A变压器，110 kV采用单母线分段接线，四回进线，其中两回引自地区电网220 kV变电站，另两回为两座变电站间联络进线。

1.2 10 kV供电方案

机场两座110 kV变电站以下采用10 kV供电网络。全场划分为航站区、飞行区、货运区、工作区和机务维修区等功能区。根据不同区域的供电负荷性质和容量，规划设置57个由110 kV变电站直接供电的10 kV区域开闭站，具体包括：航站区9个、飞行区9个、货运区8个、工作区27个和机务维修区4个。

对10 kV区域开闭站，按负荷重要性等级引入多回高可靠性电源进线，并在部分关键变电站或终端设备配备一定容量的不间断电源系统（UPS）或柴油发电机。10 kV供电系统主干网架采用双环网或三电源形式，总计有26个双环网和15个三电源开闭站，其余开闭站采用双进线形式。

每个双环网开闭站均由KB_1、KB_2（示例编号）两个开关站组成，主接线形式一致，均为单母线分段接线，配备两路电源进线，开关站间设置两回联络线，开闭站可实现在四回电源进线失去三回电源时仍能保持正常供电，极大地提高了运行方式的灵活性与供电可靠性。双环网开闭站电气一次接线如图1所示。

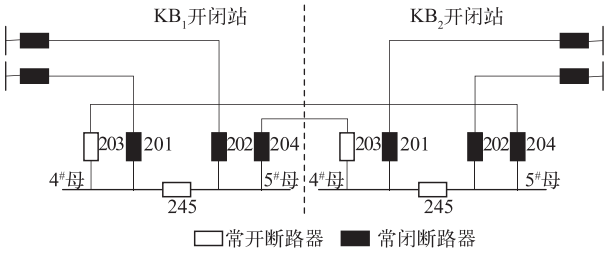

图 1 双环网开闭站电气一次接线图

Fig. 1 Electrical primary wiring diagram of double ring network switching station

三进线开闭站采用单母线双分段的主接线形式，配备三路电源进线，可实现在三回电源进线失去两回电源进线时仍能保持正常供电，较大程度地提高了运行方式的灵活性与供电可靠性。三进线开闭站电气一次接线如图2所示。

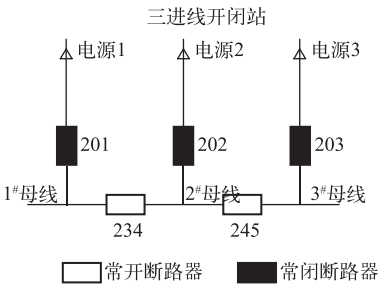

图 2 三进线开闭站电气一次接线图

Fig. 2 Electrical primary wiring diagram of three incoming line switching station

两进线开闭站采用单母线分段的主接线形式，配备两路电源进线，可实现在失去一回电源

进线时仍能保持正常供电，保持了一定程度运行方式的灵活性与供电可靠性。两进线开闭站电气一次接线如图3所示。

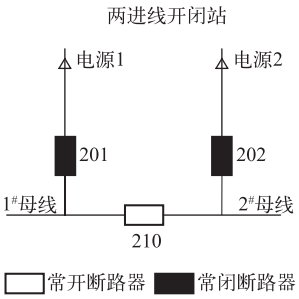

图 3　两进线开闭站电气一次接线图

Fig. 3 Electrical primary wiring diagram of two incoming line switching station

三种形式开闭站特点分析详见下表。

表　三种主接线形式开闭站的特点

Tab. Characteristics of three main wiring forms for switching stations

开闭站形式	优点	缺点
双环网开闭站	供电可靠性高 运行方式灵活	网络结构复杂、继电保护和自动化设备技术要求高，线路负载率最低，建设投资成本高
三进线开闭站	供电可靠性较高 运行方式相对灵活	继电保护和自动化设备技术要求较高，线路负载率较低，建设投资成本较高
两进线开闭站	运行操作简单 线路负载率较合理 建设投资成本经济	运行方式简单，供电可靠性一般

由上表可知，双环网开闭站、三进线开闭站和两进线开闭站这三种形式的开闭站的供电可靠性、运行方式灵活性、对自动化设备技术要求和建设投资成本都是由高到低，进线电源的负载率由低到高。供电的高可靠性，提出了更高的建设投资需求。在电网规划设计阶段，大兴机场根据负荷等级和分布特点，通过调整场区布置、合理规划选址，开闭站选取相应的电气一次主接线形式，实现机场供配电网建设的经济性与可靠性的统一。

2　电缆通道

为满足全场电缆敷设需求，大兴机场采用三种电缆构筑物，即综合管廊、电力隧道和电力管井。综合管廊全长约7.1 km，其中电力舱为2.0 m×2.8 m断面，断面上能容纳40条10 kV电缆和4回110 kV电缆线路；电力隧道约0.77 km，断面为2.0 m×2.1 m，能容纳32条10 kV电缆和4回110 kV电缆线路；电力管井约37.8 km，电力井约990座。全场综合管廊、电力隧道和电力管井分布情况如图4所示。

综合管廊电力舱每侧6层10 kV支架和2层110 kV支架，标准断面如图5所示。为实现高效运维管理和安全管控，项目建设智慧化管控平台，为同行业提供了样板和范例。

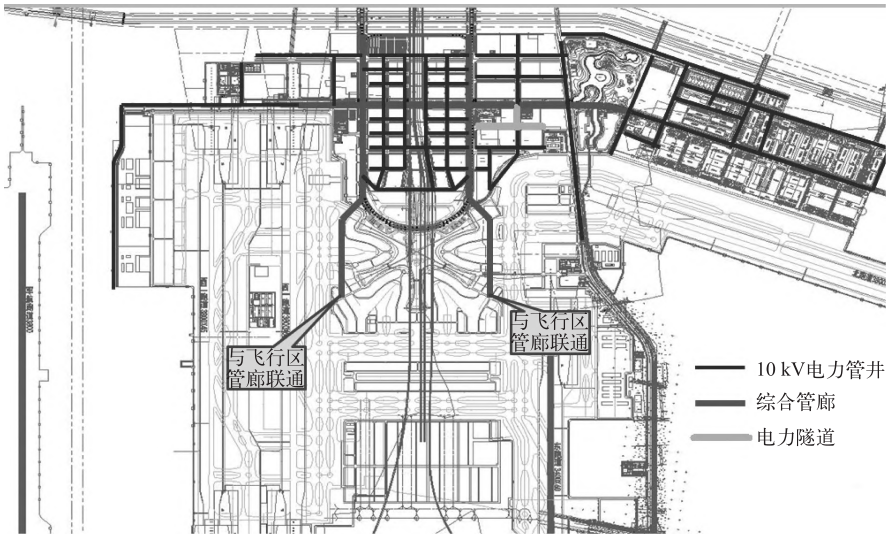

图 4　全场综合管廊、电力隧道和电力管井分布情况

Fig. 4 Distribution of comprehensive pipe galleries, power tunnels, and power pipe shafts throughout the site

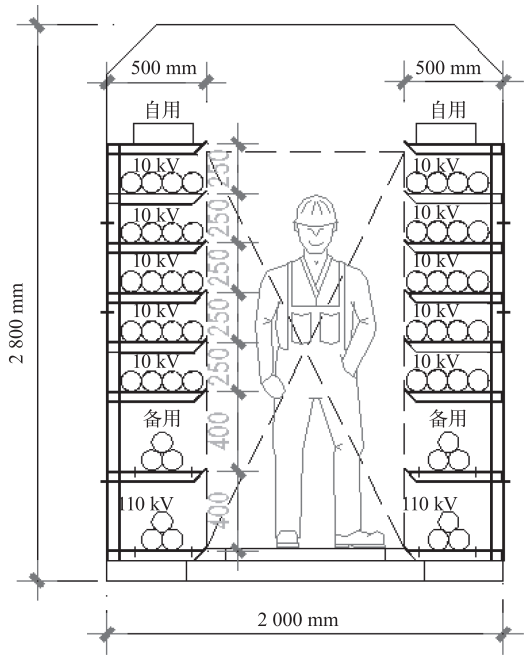

图 5　管廊电力舱标准断面图

Fig. 5 Standard cross section of pipe gallery electric cabin

3　继电保护及自动化系统

大兴机场供配电网调度自动化系统，实现了供配电网的实时监测和控制，故障的快速定位与隔离，自动恢复供电，提高了供电可靠性。合理配置先进成熟稳定且在国网拥有突出业绩的国内一线科研生产单位的继电保护设备，优化继电保护定值的整定，完善主后备保护与远近保护之间的配合，确保开闭站及供配电网的灵活稳定运行。

3.1　继电保护配置

（1）双环网开闭站

进线201、202配置光纤纵联差动保护作为进线的主保护，配置电流速断保护、延时速断保护、零序速断保护和零序延时保护作为线路后备保护和母线保护。保护动作闭锁相应备用电源自投功能，电流和时间定值按照相关规定和上下级配合整定；开闭站KB_1与KB_2之间联络线203、204断路器配置电流速断保护、延时速断保护、零序速断保护和零序延时保护，保护动作闭锁相应备用电源自投功能；分段245配置合环过电流保护和过电流加速保护，保护动作闭锁相应备用电源自投功能；馈线配置电流速断保护、延时速断保护、零序速断保护和零序延时保护；站内配电变压器配置电流速断保护、延时速断保护、零序速断保护、零序延时保护和超温跳闸保护等继电保护功能。

（2）三进线开闭站

进线201、202和203配置电流速断保护、延时速断保护、零序速断保护以及零序延时保护作为线路保护和母线保护，保护动作闭锁相应备用电源自投功能，电流和时间定值按照相关规定和上下级配合整定；分段234、245配置合环过电流保护和带负压闭锁的过电流加速保护，保护动作闭锁相应备用电源自投功能；馈线配置电流速断保护、延时速断保护、零序速断保护和零序延时保护；站内配电变压器配置电流速断保护、延时速断保护、零序速断保护、零序延时保护和超温跳闸保护等继电保护功能。

（3）两进线开闭站

进线、分段、馈线和配电变压器保护配置同三进线开闭站保护配置，进线及分段的相关保护闭锁相应的备用电源自投功能。

3.2　自动化系统配置

110 kV变电站自动化系统由国网大兴供电公司负责运维，设置在110 kV机场东2#中心变电站，为国网北京公司示范项目。基于云计算技术，采用高度集约化方式，管理信息大区通过网络接口、标准规约、信息交互和安全防护，从生产控制大区调取所需的实时数据、历史数据及分析结果。

10 kV配电网综合自动化管理系统中心由机场动力能源公司负责运维，设置在机场电力保障中心内，完成对全场各分区10 kV开闭站（变电站）的监视、控制和通信连接，通过对源-网-荷的全景监视、智能调度和管理，起到了降本增效、促进电力能源和资产高效利用的重要作用，系统同时开放与北京市电力公司互联互通的接口。

全场各分区电力监控自成系统，分别在各自区域内独立成环网。各系统的主站集中设置在

各开闭站综合自动化管理中心内，采集设备分布于各个子站单元内，功能独立。区域电力监控系统按要求将相关数据上传至机场电力保障中心的10 kV配电网综合自动化管理系统，同时具备光伏发电等分布式能源、智能微电网等设备的接入功能以及电能管理分析等功能。分级分层分布式的集中和分区电力监控系统覆盖了全场供配电网各电压等级站所箱变等，满足了机场分区监控、集中管理的需求。

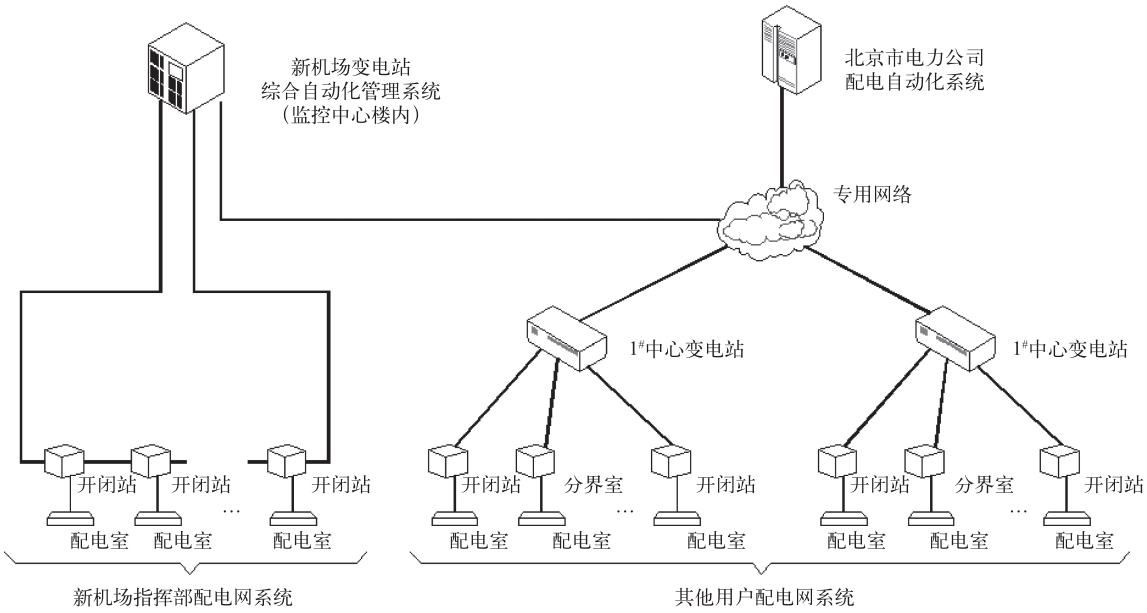

图 6　全场配电自动化网络架构图

Fig. 6 Overall distribution automation network architecture diagram

4　光伏发电及智能微电网

大兴机场践行绿色发展理念，积极推进光伏发电项目建设，试点应用智能微电网技术。本期已建成光伏发电项目规模7.06 MW，包括北一跑道光伏发电项目2.03 MW（全国首个跑道侧边开展光伏发电项目建设）、停车楼光伏发电项目2.8 MW、货运区光伏项目2.07 MW和能源中心屋面光伏发电项目160 kW，年发电量目前约850万kW·h，约占大兴机场总用电量的5%。

智能微电网覆盖范围为近端停车场和局部道路，总储能规模为2.48 MW·h，其中近端停车场2 MW·h、道路照明480 kW·h。微电网控制服务器设置在机场电力保障中心内，对监控范围内的电源及负荷进行总体协调控制，以安全可靠、经济运行为目标，开展“区域自治，整体协调”。

5　建设经验总结

1）重视全场统一技术标准的制定。大型枢纽机场供配电网结构复杂，以大兴机场为例，10 kV级供配电设施（含开闭站、配电室和箱式变压器）数量达到243座，为确保电网装备配置水平的整体统一，应在电力专业设计院的主导下统一技术标准，避免因工程分区分期实施而出现标准不一致的情况。标准过程中充分听取涵盖设计、建设、运营和科研生产企业等各方面专家组意见，充分调研比选和引用先进的技术和解决方案，确保建设方案和系统设备选型先进成熟、安全可靠。

2）加强与地方供电机构的联系。机场供配电系统规划建设过程中，应邀请地方供电机构参与规划设计建设全过程，充分借鉴国家电网先进的自动化成果、调控水平和操作规程等，机场供

配电网建设标准应与国家电网对接看齐。大兴机场在建设过程中，建设指挥部与大兴供电公司组成专班，每月定期召开协调联络会，双方分管领导均参会，这种常态化高效的工作机制有力推进了建设进展，保障了机场如期投运。

3）建立建设阶段的工作衔接和交底机制，尤其是要保证标前、标后的有效衔接，强化标后管控力度，在建设过程中持续完善需求清单并不断跟踪迭代，从顶层设计角度编写设计和施工指导手册、典型设计图册等标准化文件，指导全场供配电网建设，电网各层级统一规划，同步设计、同步施工及同步调试。

4）强化全场供配电网的一体化建设统筹。供配电网和自动化系统上下游衔接紧密，应按系统工程、区域统一的整体思维，打破机场建设过程中常见的分区设计、分区建设的管理和信息孤岛，树立从末端设备层、站端监控层、区域集控层和全场调度层的四层架构一体化及顶层设计标准化的建设理念，打通源-网-荷，打造全场供配电网一体化高效运维管理体系。

5）开展机场供配电系统专项课题研究。针对机场供配电网行业痛点和运维需求，大兴机场建设期内开展了包括针对机场复杂网架下的继电保护配置、区域微电网建设、电压暂降和晃电治理等课题研究。下一步，针对“双碳”背景下新型电力系统的打造，大兴机场已着手开展对机场电网新型电力调度管控模式、高比例新能源接入和能源电网数字化转型等课题的探索。

6 结束语

民航机场的快速发展建设对电力需求和供电可靠性的要求越来越高。大兴机场供配电网的规划建设在打造坚强网架、提高运维智能化水平方面开展了一系列探索，为保障大兴机场平稳投运、快速上量提供了坚实的硬件基础，带动了国内机场供配电网建设水平的提高。

习总书记参加大兴机场投运仪式时做出“既要高水平建设，更要高水平运营”的重要指示。投运三年来，供电系统运行稳定，有力保障了机场各项运营目标的实现。大兴机场将牢记习总书记嘱托，在新征程上不断提升供电建设运维管理水平，增强机场供配电网的综合保障能力，为“动力源”注入源源不断的清洁电力。

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] 马霄鹏，赵心亮．大型机场航站楼供电可靠性分析及措施[J]．智能建筑电气技术，2018(12：9-13．

[3] 汤志标．某机场变配电系统的设计探讨[J]．建筑技术开发，2021(10)：153-154．

[4] 10 kV及以下配电网建设技术规范：DB11/T 1147—2015 [S]．

作者简介

康春华（1982—），男，硕士，高级工程师，主要研究方向为电力系统及其自动化。

段加富（1982—），男，硕士，中级工程师，主要研究方向为机场工程及运行。

李晓翔（1983—），男，硕士，高级工程师，主要研究方向为环境工程。

李都红（1979—），女，硕士，高级工程师，主要研究方向为电力系统及其自动化。

沙海源（1979—），男，本科，高级工程师，主要研究方向为电力系统及其自动化。

朱春雷（1984—），男，本科，工程师，主要研究方向为电气工程及其自动化。

（收稿日期：2023-03-16）