

# 某北方大型机场可再生能源规划的初步研究

刘 慷

北京首都机场动力能源有限公司, 北京 102206

**[摘要]** 可再生能源利用是民航机场实现碳达峰碳中和的重要路径, 本文从某北方大型机场的资源禀赋和能源利用现状出发, 对机场建设光伏的安全性进行评估, 梳理出机场可再生能源利用的总体规模, 根据机场的总体发展规划, 对该机场的可再生能源利用规划进行整体研究, 以期为行业内其他机场开展相关研究提供参考。

**[关键词]** 大型机场、可再生能源、规划

DOI: 10.33142/sca.v6i10.10207

中图分类号: TN742.1

文献标识码: A

## Preliminary Study on Renewable Energy Planning for a Large Northern Airport

LIU Kang

Beijing Capital Airport Power Energy Co., Ltd., Beijing, 102206, China

**Abstract:** The utilization of renewable energy is an important path for civil aviation airports to achieve carbon peak and carbon neutrality. Starting from the resource endowment and energy utilization status of a large northern airport, this article evaluates the safety of photovoltaic construction at the airport, sorts out the overall scale of renewable energy utilization at the airport, and conducts an overall study of the airport's renewable energy utilization plan based on the overall development plan of the airport, so as to provide reference for other airports in the industry to conduct research.

**Keywords:** large airports, renewable energy, planning

### 1 项目建设背景

2020年中国提出2030年前碳排放达峰,2060年实现碳中和的宏伟目标后,中国政府先后出台了《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》等一系列政策文件,多个政策文件均提及了要大力推动可再生能源的利用。其中《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》提出完善建筑可再生能源应用标准,鼓励光伏建筑一体化应用,支持利用太阳能等建设可再生能源建筑供能系统;《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》提出推动太阳能与建筑深度融合。完善光伏建筑一体化应用技术体系,壮大光伏电力生产型消费群体。到2025年,公共机构新建建筑屋顶光伏覆盖力争达到50%;鼓励公共机构既有建筑等安装光伏或太阳能热利用设施;住建部发布《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》提出,到2025年,城镇建筑可再生能源替代率达到8%,建筑能耗中电力消费比例超过55%,推动太阳能建筑应用;从民航行业来的政策要求来看,民航局发布的《“十四五”民航绿色发展专项规划》提出“十四五”时期民航绿色发展主要指标,其中机场可再生能源消费占比于2025年达到5%(机场可再生能源包括机场自给的清洁能源(太阳能、地热能等)以及通过交易购买的“绿电”等)。可见,在“碳达峰碳中和”的战略背景下,机场作为以大型公共建筑为主的公共机构,发展和利用可再生能

源是符合国家宏观政策的要求,也是大势所趋。

本文从选择中国东北地区某大型机场为研究对象,探索其可再生能源可利用规模,结合其未来发展预期,研究制定其未来建设发展规划,为行业其他机场开展相关工作提供参考。

### 2 机场资源禀赋及能源利用现状

考虑到机场选址的关于气候条件的一般要求,机场所处的位置风资源一般较差。同时结合相关研究,适合机场实现碳达峰碳中和路径的可再生能源技术和路径主要为光伏、地源热泵等手段<sup>[1][2]</sup>,因此,本文中的可再生能源主要考虑太阳能和地热能的使用。

#### 2.1 机场的可再生能源禀赋情况

该机场所处位置属北温带大陆性季风气候。春季少雨干燥,多西南风;夏季炎热多雨;秋季凉爽,昼夜温差较大;冬季漫长,干燥寒冷,多西北风。从太阳能资源来看,该机场所处位置太阳辐射量全年平均为5016~5852MJ/m<sup>2</sup>,属于太阳能资源三类地区,机场区域内地势平坦开阔,周围无高大建筑物遮挡,具有较好的太阳能开发利用价值。从地热资源来看,特别是中深层地热资源,机场所处位置的中低温地热资源的供给水平较高,具备较好的利用基础。从资源禀赋情况来看,该机场的可再生能源的资源较为丰富,具有较好的开发利用价值。

#### 2.2 机场的能源利用现状

该机场2016-2020年能源数据统计情况如下图所示。

从图可以清晰地看出,该机场的主要能源消耗以电力和供暖化石能源(煤炭)为主,其中煤炭消耗占比接近 50%, 电力消耗占比约为 45%, 各类保障车辆耗油占比约为 5%, 机场无可再生能源利用,无法满足机场可持续发展的要求。

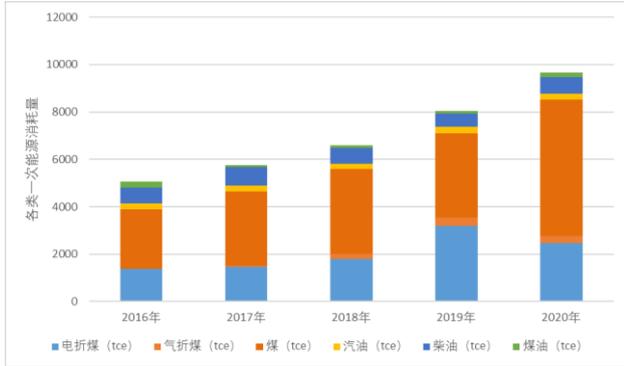


图 1 机场 2016-2020 年能源消耗情况

从能源消费趋势来看,该机场的能耗呈现逐年上升趋势,主要原因是该机场在 2018 年有新建航站楼投入使用。新建航站楼的投入使用,其电力和供暖煤炭消耗都呈大幅增加的趋势。其次是由于业务的增加,行政和业务车辆的用油也有所增加,这也符合机场的实际发展情况,但在国家能源碳排放双控的要求下,机场控制能源消费总量的压力逐步增大。

### 3 机场可再生能源利用的总体方案

从机场的能源系统形式来看,主要是为航站楼在内的建筑物提供能源的各类系统,包括供配电系统、供暖系统、建筑物暖通空调系统、照明系统等<sup>[3]</sup>,因此,从可再生能源利用的形式来看,太阳能主要用于光伏发电系统,地热能主要用于供暖系统。因此本机场的可再生能源的总体方案聚焦在光伏和清洁供暖两个层面。

#### 3.1 光伏建设的总体方案

机场是保障旅客出行的重要交通设施。在机场区域内建设利用可再生能源需要考虑对机场运行安全的影响,特别是在机场区域内建设光伏,需要进行安全评估。本文的可再生能源航空安全评估主要分析评估光伏项目对机场运行安全的影响。

##### 3.1.1 光伏建设的航空安全评估

(1) 机动区安全性评估。机动区指飞行区内供航空器起飞、着陆和滑行的部分,包括升降带、跑道端安全区、净空道、滑行带。根据《民用机场飞行区技术标准》(MH5001-2021)的相关要求,机场机动区范围内除了保证飞行安全所必需的或出于航空器安全目的需要安放在此的且不会对飞机构成危险的设备设施,不应有其他固定物体。本机场作为 4E 级机场,其升降带、跑道端安全区、净空道、滑行带周边布置光伏应保障航空运行安全,因此机场机动区的相关安全区域内不考虑布局光伏项目。

(2) 净空影响分析。机场飞行区的相关区域内,如

水平面、进近面和锥形面等范围对净空均有相应的要求,在各区域内设置光伏板的高度均需要满足相应法律、标准的要求,各区域内建设的光伏设施不应穿透该区域的限制面,且在规划设计时应考虑机场未来的发展规划。

(3) 电磁环境影响分析。光伏发电设施存在直流变交流的过程,且经过逆变器后存在交流线缆输送的过程,考虑到飞行区内的精密进近灯光系统、雷达导航系统对电磁环境均有较高的要求,因此飞行区光伏发电设施的布置应满足相关系统对电磁环境的要求。

(4) 光污染影响分析。使用太阳眩光危害分析工具(SGHAT)对该机场飞行区内及周边光伏板眩光影响情况进行分析,得到以下结果:

结果总结 预测无眩光!

光伏名称	倾角 度数	方向 度数	"绿色"眩光 分钟	"黄色"眩光 分钟	光源生产 千瓦时
光伏阵列1	40.0	135.0	0	0	-

图 2 光伏阵列眩光危害分析结果

经过 SGHAT 的分析,该机场的预设光伏板位置对飞行人员及管制员均无影响,未造成严重的眩光危害。

##### 3.1.2 机场光伏建设的总体方案

(1) 建设位置分析。经过以上分析,在满足上述航空安全要求的前提下,在机场飞行区、公共区等部分区域可以建设光伏发电系统。其中飞行区的建设区域为:飞行区的部分屋顶、部分闲置区域。飞行区内建设光伏发电系统的电力接入到中心变电站;公共区的建设区域为:航站楼前停车场、部分办公楼楼顶、货运楼楼顶等区域。在公共区建设的光伏发电系统电力就近接入到附近的配电系统。该机场可建设光伏发电系统的面积(含屋顶)约为 12 万平方米。

(2) 主要设备选型分析。光伏发电系统的主要设备为光伏板和逆变器。根据目前市场的主流产品,光伏板可选用符合国家相关标准要求的 545Wp 单晶硅电池组件,电池组的组件效率不低于 21%;逆变器可选择市面上主流的逆变器,具体功率可根据光伏阵列的布置进行选型。

(3) 光伏设计方案。光伏发电系统的效率除了与组件相关外,还与光伏组件的布置形式相关。为统筹项目成本和保障光伏系统的发电效率,该机场光伏阵列的布置方式为固定式的光伏方阵。地面光伏朝南正南方向放置,根据机场所处的位置设定一定的倾角。屋面光伏朝向沿建筑物方位角倾斜安装,同时满足屋顶的荷载承重要求。光伏集电线路根据现场实际情况采用电缆桥架、直埋和穿管相结合的敷设方式

(4) 机场的光伏建设规模及预期发电量。综合以上建设条件,该机场的光伏建设规模约为 10.1MWp,其中飞行区的建设规模 1.8MWp,公共区的建设规模为 8.3MWp。该机场光伏根据机场所处地理位置和光照情况估算,机场光伏项目首年理论发电量约为 1380.4 万 kWh,25 年总发

电量为 32186 万 kWh。

(5) 光伏电力消纳方式的研究。考虑到光伏建设位置配电系统的情况,对于安装光伏容量较大同时供电半径大于 250 米,建议高压并网,经逆变器转换为交流电后,通过升压变升压后并入 10kV 开关站的高压配电装置。屋顶和车棚区域等供电半径在 250 米以内的且安装光伏容量较小,建议经逆变器汇流箱以 0.4kV 就近并入机场各区域配电室 0.4kV 母线。其利用原则为自发自用,余电上网的消纳方式,同时在政策允许的情况下,可适当建设小比例的储能装置。

### 3.2 可再生能源供热的总体方案

该机场供暖系统的现状为热源侧设置燃煤锅炉,区域内为集中供暖系统;航站楼的制冷系统为航站楼冷源为电制冷式冷水机组。从现有技术来看,替代机场现有暖通空调系统的技术主要有空气能(空气源、热源塔)、土壤源(浅层和中深层地源热泵)、太阳能(光热)和污水源(污水源热泵)等方向。

#### 3.2.1 供热可再生能源技术分析

结合机场现有供暖系统的现状,几种技术在本机场的适用性如下:

(1) 太阳能供暖技术。由于大部分可用的建筑屋顶已用于光伏发电项目,故太阳能供暖不作为本次可再生能源利用推荐方案;

(2) 空气能供暖技术。由于该机场地处东北地区,空气源热泵性能受地域限制较严重,且冬季容易出现结霜问题,当室外空气温度过低,热泵冬季供热量不足,还需设辅助加热器,反而增加一定投资和能耗,故不作为本次可再生能源利用推荐方案。

(3) 污水源技术。本机场有污水厂但水量有限,可利用性不大,故不作为本次可再生能源利用推荐方案。

(4) 地源热泵技术。考虑到该机场为在运营机场,可用于布置地埋孔的区域并不充分,浅层地源热泵相比中深层地源热泵换热盘管占地面积大,故浅层地源热泵不作为本次推荐方案。考虑到中深层地源热泵不受资源禀赋、外界气温环境的限制和影响,地埋管占地面积小,同时可以避免地热水直接利用带来的环境问题,是一种具有普适性、稳定性、可持续性、对环境影响最小的热能利用方式,故在本机场的可再生能源利用推荐方案为中深层地源热泵。

#### 3.2.2 中深层地源热泵方案

考虑到现有能源系统设备设施的建设年代和运行状况,建议在部分保留原有供暖和制冷设备的情况下,采取逐步推动可再生能源替代现有能源系统的方案,因此本方案需考虑耦合中深层地源热泵技术及常规能源的能源供应方案模型,为机场未来一段时间的供热方式提供解决方案思路。考虑到现有暖通空调系统的形式,未来可再生能源系统按照航站楼区域和工作区进行配置。

航站楼区域供暖制冷面积约为 15 万平方米,工作区主要为供暖,其供暖面积为 10 万平方米。各区域的供热负荷指标为 85W/m<sup>2</sup>,根据此负荷的要求,预计需要在航站楼区域布置换热孔约 21 个,在工作区布置换热孔约 10 个。其中航站楼区域的地热孔的布置位置可在航站楼前的停车场,工作区地热孔的布置位置可在原供热中心场地,该两处场地均能够满足施工的条件,且距离负荷中心较近,容易接入到原有的供热系统中,可以有效降低项目的改造成本。

#### 3.2.3 清洁供暖改造后的运行原则

考虑到原有系统部分设备的保留,未来改造后供暖系统的运行原则为:采暖季:优先开启地源热泵及蓄热系统提供采暖负荷,原有供暖系统的识别提供调峰负荷。供冷季:优先开启地源热泵及蓄冷系统提供供冷负荷,原电制冷系统提供调峰负荷。

### 3.3 可再生能源方案的经济性测算

#### 3.3.1 方案的经济性测算

根据光伏项目建设的相关的标准,运营运维费用按 0.05 元/瓦年;车棚光伏投资成本按 7 元/瓦考虑,运营运维费用按 0.07 元/瓦年。该机场的电价约为 0.7 元/度,上网电价按当地脱硫电价 0.3731 元/度。机场消纳比例按 85%,其余 15%电量上网。光伏建设项目预计投资约为 6000 万元,光伏发电项目预计年收益约为 750 万元,项目静态回收期预计约为 8 年。

该机场可再生能源供暖系统预计投资约为 8000 万元,预计年节省能源费用约为 650 万元,项目的静态回收期预计约为 12.3 年。

#### 3.3.2 方案的经济敏感性测算

方案的敏感性分析分主要包括敏感性分析和盈亏平衡分析。根据行业特点,本项目的不确定性分析主要进行敏感性分析,即分析年收益、运营成本和固定资产投资等因素发生变化时,对投资回收期指标的影响程度。从分析结果来看,影响本方案投资回收期最敏感的因素是年收益与固定资产投资两项因素,最后是运营成本。因此项目的建设过程中要控制建设投资,光伏使用的过程中尽量自发自用,提升项目的经济效益。

### 3.4 机场可再生能源建设环境效益

根据前文分析,该机场预计可建设光伏规模约为 10.1MWp,可替代的供暖区域面积约为 25 万 m<sup>2</sup>,以上建设项目全部实现后,该机场可再生能源占比约为 45%,实现节约能源 4000 吨标煤,减少二氧化碳排放量约 10000 吨。

### 4 机场的可再生能源发展规划

结合本机场的中远期建设规划及机场的《碳达峰碳中和路径研究报告》,机场对于自身可再生能源利用设定至“十五五”末期的发展规划。

2022 年至“十四五”末期,完成 2.5MWp 光伏的建设,

以及 T1/T2 航站楼可再生能源供热方案研究与建设；“十五五”期间：新增建设 7.6 光伏的建设，实现“应建尽建”的原则完成现有区域内所有光伏建设；完成现有区域范围内供暖系统的可再生能源替代改造工作，实现本期区域内可再生能源最大规模的利用。“十六五”期间至中远期，对于新改扩建区域，坚持大力推进应用可再生能源的原则，实现新改扩建的低碳绿色改扩建。

## 5 结论

从本机场来说，大力推进可再生能源利用是具备较好的资源禀赋基础的，按照现有区域内可再生能源“应建尽建”的原则实现最大规模的可再生能源利用后，机场的可再生能源占比可高达 45%，远超过民航局绿色发展规划中近期全行业的规划水平。可见，以一斑而窥全貌，民航机场具备大规模大范围开发利用可再生能源的基础条件，建议各机场应进一步深化机场光伏建设项目与可再

再生能源供热方案研究与建设，加快项目落地实施，同时为确保“双碳”战略的落地，机场在改扩建的过程中加大机场低碳与可再生能源建设方面的投入，推进新建区域的可再生能源建设方案的研究与建设，助力实现民航的绿色低碳发展。

## [参考文献]

[1] 王乐, 吴鑫, 骆海川, 等. 中深层-浅层耦合地源热泵系统供热性能实测分析 [J]. 暖通空调, 2023, 53(8): 143-148.

[2] 于明志, 李昊轩, 李凡. 基于经济性分析的中深层地埋管换热器优化研究 [J]. 山东建筑大学学报, 2021, 36(6): 8-14.

作者简介：刘慷（1990.4—），单位名称：北京首都机场动力能源有限公司，毕业学校和专业：华北电力大学 电气工程及其自动化。