

2017—2022 年国内枢纽机场生产效率比较分析

魏中许, 杨迎雪

(中国民用航空飞行学院 机场学院, 四川 广汉 618307)

摘要:布局完善的航空运输网络是民航业发展的关键。枢纽机场作为航空运输网络的重要节点,在机场网络中扮演着重要角色。运用超效率 SBM(基于松弛值测算)模型和 Malmquist 模型,选取 2017—2022 年国内 39 个枢纽机场数据为样本进行静态与动态分析。结果表明,研究期间我国枢纽机场生产效率处于“无效”阶段,受新冠肺炎疫情影响国际航空枢纽机场生产效率下降幅度大于区域枢纽机场,所属华东机场群的枢纽机场受新冠肺炎疫情影响最大,西北机场群的枢纽机场虽然新冠肺炎疫情前效率最低但下降幅度最小。

关键词:枢纽机场;生产效率;新冠肺炎疫情

中图分类号:F562.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)17-0131-05

近年来,民航局在《“十四五”民用航空发展规划》中强调要紧抓交通设施集中建设机遇期,以枢纽机场为中心节点,形成一批以机场为核心的现代化综合交通枢纽。枢纽机场是具有中转和集散作用的机场,通常具备良好的基础设施和服务能力,能够为旅客和货物提供高效便捷的转运服务。因此,枢纽机场是航空运输网络乃至整个交通网络畅通的关键,作为航空运输网络的节点,在机场网络中扮演着重要角色。枢纽机场的发展不仅关系到本地区域的交通运输和物流业发展,也关系到整个国家的经济和社会的发展。然而,枢纽机场生产效率之间的差异却阻碍了航空运输网络的畅通,此外新冠肺炎疫情对国内枢纽机场也产生了巨大的影响。

机场生产效率是指机场在既定的条件下达到成本最小化或收益最大化^[1]。目前关于机场生产效率研究的不同点主要集中在研究范围及影响因素方面。在研究范围上一般在省会机场^[1]、沿海机场^[2]到不同区域机场^[3-4]等方面;在影响因素方面,主要考虑融资结构^[5]、基地航空公司数量^[6]、人员经验^[7]、铁路客货周转量和机场等级^[8]等方面对机场的影响;在时间选择上主要是 2019 年新冠肺炎疫情前^[1-3,5-10]的数据样本,并没有对新冠肺炎疫情前和疫情期间的枢纽机场生产效率对比的研究,但新冠肺炎疫情 3 年对我国机场产生了巨大影响,因此在已有理论成果的基础上对新冠肺炎疫情前和新冠肺炎疫情期间枢纽机场生产效率进行对比分析,探讨哪种类型、地区更应该去关

注突发事件提供依据且具有一定的必要性。

对新冠肺炎疫情前和新冠肺炎疫情期间我国枢纽机场生产效率进行对比分析,并从不同维度探究枢纽机场生产效率水平的差异及新冠肺炎疫情对其影响程度,以期在短时间内实现生产效率的恢复,提升枢纽机场应对突发事件的能力,保障航空运输网络的畅通。

1 评价方法与指标选取

1.1 评价方法

机场效率的评价通常采用数据包络分析(data envelopment analys, DEA)及其相关的改进模型^[1-12],并且在指标选取中包含非期望产出,因此在模型选择时,静态评价采用 Tone^[13-14]改进的超效率基于松弛值测算(slacks-based measure, SBM)模型,模型构建如下:

$$\min \beta = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x} / x_{ik}}{\frac{1}{c_1 + c_2} \left(\sum_{s=1}^{c_1} \bar{y}^q / y_{sk}^q + \sum_{s=1}^{c_2} \bar{y}^v / y_{sk}^v \right)}$$
$$\text{st.} \begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq k}^n x_{ij} \lambda_j, \bar{y}^q \leq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{sj}^q \lambda_j, \bar{y}^v \geq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{sj}^v \lambda_j \\ \bar{x} \geq x_k, \bar{y}^q \leq y_k^q, \bar{y}^v \leq y_k^v \\ \lambda_j \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \\ s = 1, 2, \dots, c_1; t = 1, 2, \dots, c_2 \end{cases} \quad (1)$$

收稿日期:2023-05-22

基金项目:大学生创新创业训练计划(S202310624201)。

作者简介:魏中许(1977—),男,浙江温州人,中国民用航空飞行学院机场学院,教授,博士,研究方向为航空安全经济与管理、航空运输经济与管理;杨迎雪(1998—),女,山东济南人,中国民用航空飞行学院机场学院,硕士研究生,研究方向为民航运输管理。

式中： λ_i, λ_j 为权重向量； s 为决策单元的第 s 个期望产出； k 为决策单元的第 k 个非期望产出； β 为机场生产效率； j 为各个机场 (DMU)； i 为决策单元的第 i 个投入； n 为决策单元机场的数量； m 为每个决策单元的投入量； c_1 为期望产出量； c_2 为非期望产出量； x 为相应的投入矩阵中的元素； y^q 为相应的期望产出矩阵中的元素； y^v 为相应的非期望产出矩阵中的元素。

式(1)为规模报酬不变假设下的表达式，如果假设为规模报酬可变下，则需添加约束条件

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1.$$

动态评价采用 Fare 等^[15]改进的 Malmquist 指数模型，模型构建如下：

$$\begin{aligned} M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) &= \\ & \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = \\ \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} & \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = \end{aligned}$$

$$TFP = EC \times TC = PEC \times SEC \times TC \quad (2)$$

式中： M 为 Malmquist 指数的缩写，用来指代 Malmquist 指数，即全要素生产率变动指数，代表决策单元从 t 至 $t+1$ 时期生产效率的变动情况； D 为基于产出的距离函数； t 为时期数； x, y 分别为投入与产出向量； TFP 为 Malmquist 指数，即全要素生产率变动指数，代表决策单元从 t 至 $t+1$ 时期生产效率的变动情况。当 $TFP > 1$ 时，表示机场生产全要素生产率上升，当 $TFP < 1$ 时，表示机场生产全要素生产率下降。全要素生产率变动指数(TFP)可以分解为技术效率变动指数(EC)和技术进步变动指数(TC)，技术效率变动指数(EC)又可以进一步分解为纯技术效率变动指数(PE)和规模效率变动指数(SE)。

1.2 指标选取

机场选取范围参考《民航局关于印发全国民用运输机场布局规划的通知》，其中北京大兴、青岛胶州、成都天府机场通航较晚不选取在内，青岛流亭机场于 2021 年关闭不选取在内，选取包括上海两场。静态分析的数据选取 2017—2022 年 6 年间的机场数据，动态分析的数据选取 2016—2022 年 6 个时间段的机场数据。

在评价指标选取方面，投入指标选取跑道长度、航站楼面积和机位数量，期望产出指标选择旅客吞吐量、货邮吞吐量和起降架次。关于非期望产

出，李若琪^[1]认为添加非期望产出会使评价结果更加准确，故本文借鉴文献^[12]指标的选取，非期望产出指标为出港平均延误时长，并增加与机场服务质量相关的机场投诉数量指标建立评价指标体系，使评价结果更加准确。

投入数据中的跑道长度、航站楼面积和机位数量来源于各机场官网、百度百科，期望产出数据中的旅客吞吐量、货邮吞吐量和起降架次和非期望产出中的机场投诉数量分别来源于民航局官网发布的《民航机场生产统计公报》和《航空运输消费者投诉情况通报》。

2 2017—2022 年枢纽机场静态生产效率比较分析

运用 Dearun 软件，选择全局参比的规模报酬不变的超效率 SBM 模型，对 2017—2022 年我国 39 个枢纽机场进行效率测算。

2.1 枢纽机场总体水平分析

根据图 1 可知，从整体上看，2017—2022 年 39 个枢纽机场生产效率均值均未达到 1，说明研究期间我国枢纽机场生产效率处于“无效”阶段。2020 年效率值急速下降，从 2021 年开始有所回转，而 2022 年却降到研究期间的最低值 0.341，说明新冠肺炎疫情对枢纽机场生产效率影响极大，并且在新冠肺炎疫情发生后各枢纽机场有采取措施解决新冠肺炎疫情对机场带来的冲击，但效果不佳。

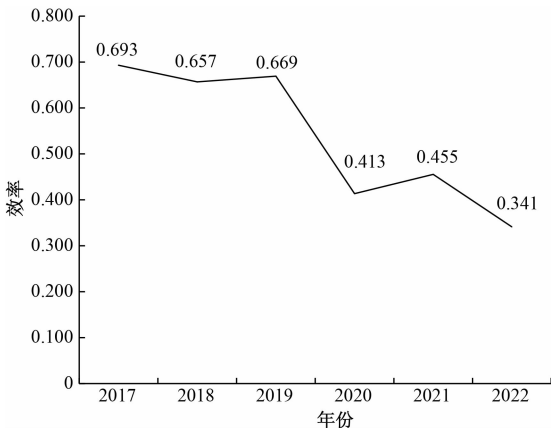


图 1 2017—2022 年国内枢纽机场静态效率

2.2 不同类型枢纽机场比较分析

把这 39 个枢纽机场参考《民航局关于印发全国民用运输机场布局规划的通知》分为国际航空枢纽、区域枢纽机场，计算出两类枢纽机场生产效率均值，见表 1。国际航空枢纽和区域枢纽机场生产的静态效率均值分别为 0.667 和 0.488，国际航空

枢纽机场的生产效率值超越了整体均值 0.577,明显处于领先地位。从图 2 中可以看出,新冠肺炎疫情前两种类型枢纽机场生产效率没有过多的提升,基本处于平稳状态。受新冠肺炎疫情影响,两种类型枢纽机场生产效率都出现了明显的下降,国际航空枢纽机场下降幅度大于区域枢纽机场,主要原因是国际航空枢纽机场的航班量巨大且多为国际航班,为进行新冠肺炎疫情防控我国发布了国际客运航班“熔断措施”并实施,进而导致国际航空枢纽机场效率下降幅度大于区域枢纽机场。2021 年效率开始有所回转,国际航空枢纽机场上升幅度依旧大于区域枢纽机场,说明国际航空枢纽机场在遇到新冠肺炎疫情等突发事件时的恢复能力高于区域枢纽机场,并且于 2021 年 4 月民航局调整了国际定期航班熔断措施,在新冠肺炎疫情防控的前提下保障国际航班的正常运输。

表 1 2017—2022 年不同类型枢纽机场静态效率

类型	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	均值
国际	0.823	0.828	0.827	0.492	0.577	0.452	0.667
区域	0.642	0.589	0.607	0.382	0.408	0.298	0.488
均值	0.733	0.709	0.717	0.437	0.492	0.375	0.577

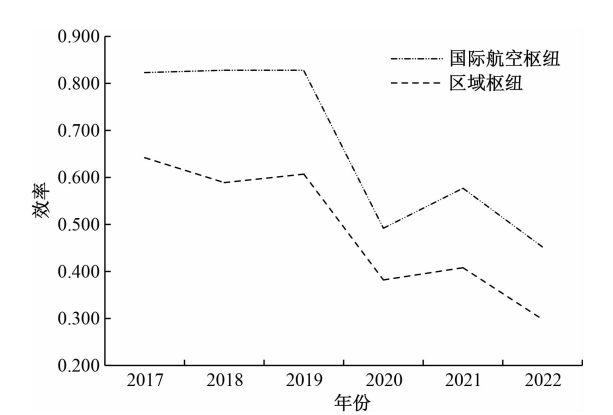


图 2 2017—2022 年不同类型枢纽机场静态效率

2.3 所属不同机场群枢纽机场比较分析

根据全国民用运输机场布局规划中对机场所属机场群的划分,可以将 39 个枢纽机场划分为华北、东北、华东、中南、西南和西北 6 类。由表 2 可知,所属华东机场群的枢纽机场受新冠肺炎疫情影响效率下降幅度最大,西北机场群的枢纽机场的效率值虽然新冠肺炎疫情前效率最低,但从下降幅度可以看出其受影响最小,造成这种现象的原因主要是华东地区处在“一带一路”和“长江经济带”的重要交会地带,此地区机场国际航班众多,新冠肺炎疫情导致大量旅客出行受限,而西北机场群处在内

陆地区,航班量相比东部沿海地区较少,且大多为国内航班,因此受新冠肺炎疫情影响较小。

表 2 2017—2022 年不同机场群枢纽机场静态效率

年份	华北	东北	华东	中南	西南	西北
2017—2019 年	0.604	0.629	0.767	0.673	0.715	0.528
2020—2022 年	0.369	0.339	0.441	0.424	0.453	0.320
降幅/%	23.6	29.1	32.6	24.9	26.1	20.8

3 2016—2022 年枢纽机场动态生产效率比较分析

上文利用超效率 SBM 模型测算的效率值为静态效率,为了进一步分析新冠肺炎疫情前和新冠肺炎疫情期间枢纽机场生产效率的动态变化及分解指标的特征,运用 Dearun 软件,通过 Malmquist 指数模型进行测算和分解,并从不同维度将结果进行分类。

3.1 枢纽机场总体水平分析

由表 3 可知,整体上枢纽机场的全要素生产率变化指数为 0.959,表明年均生产效率的增长率为-4.1%,整体呈倒退趋势。2016—2019 年,全要素生产率变化指数开始增高,2017—2019 年指数超过了 1,主要原因是这两年很多枢纽机场开始推出数字技术、“一张脸”服务等技术,旅客满意度提升投诉率减少,航班规划协调延误减少,效率提高。但从 2019—2020 年开始下降至 0.624,但在 2020—2021 年全要素生产率为 1.137,虽然枢纽机场动态效率在这段时间内整体处于下滑趋势,但相比新冠肺炎疫情刚开始时有所提升。

从指数的分解值来看,总体上技术进步指数为 0.953,年均下降 4.7%,且从图 3 可以看出 2016—2017 年效率低的原因也是技术进步水平过于低下,表明机场生产效率下降的主要因素为技术进步水平,应进一步推出机场数字技术、数字服务技术等的应用。2019—2020 年,技术进步指数为 0.681,说明技术进步不仅与技术创新有关,也受到外界环境因素的影响。

表 3 2016—2022 年国内枢纽机场动态效率

Malmquist 指数及分解					
年份	TFP	TC	EC	PEC	SEC
2016—2017 年	0.885	0.671	1.412	1.232	1.169
2017—2018 年	1.251	1.294	0.983	0.991	0.983
2018—2019 年	1.027	0.955	1.133	1.082	1.060
2019—2020 年	0.624	0.681	0.964	1.066	0.911
2020—2021 年	1.137	1.114	1.055	1.082	1.040
2021—2022 年	0.829	1.003	0.985	0.966	1.049
均值	0.959	0.953	1.089	1.070	1.035

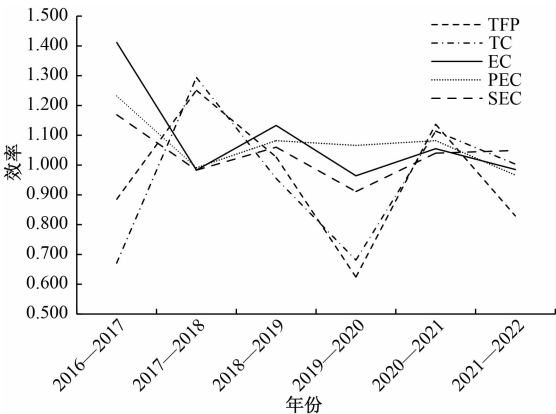


图 3 2016—2022 年国内枢纽机场动态效率 Malmquist 指数及分解

3.2 不同类型枢纽机场比较分析

表 4 显示,从国际航空枢纽和区域枢纽两类机场来看,两类枢纽机场全要素生产率在新冠肺炎疫情前呈现上升趋势,受新冠肺炎疫情影响开始下降。从指标分解来看,国际航空枢纽机场在新冠肺炎疫情前动态效率下降的主要因素是规模效率呈现负增长,疫情期间效率呈现负增长的原因是技术进步指数低下。由此可见,新冠肺炎疫情前国际航空枢纽机场应该通过扩大航站楼规模、增加机位数量来提升整体效率,而新冠肺炎疫情期间需要进一步提升技术水平。区域枢纽机场新冠肺炎疫情期间全要素生产率下降是技术效率和技术进步皆出现负向增长,因此其应该在现有技术水平下,通过增加各种资源要素如航站楼、机位之间的协调性,使现有技术水平的潜能以最大化地释放,也要致力于新技术的革新、引进高质量人才、提高服务质量、注重机场管理水平等。

表 4 2016—2022 年不同类型枢纽机场动态效率值及其分解

属性	年份	TFP	TC	EC	PEC	SEC
国际航空枢纽	2016—2019 年	0.983	1.002	1.033	1.041	0.992
	2019—2022 年	0.856	0.827	1.057	1.044	1.023
	均值	0.920	0.914	1.045	1.042	1.008
区域枢纽	2016—2019 年	1.012	0.881	1.232	1.126	1.101
	2019—2022 年	0.845	0.894	0.980	1.036	0.991
	均值	0.928	0.887	1.106	1.081	1.046

3.3 所属不同机场群枢纽机场比较分析

从所属不同机场群的枢纽机场来看,全要素生产率均呈下降趋势,见表 5。其中,所属西北机场群的枢纽机场疫情期间下降最为严重,所属东北、中南机场群的枢纽机场下降水平相对较小。从指数分解来看,所有机场群的全要素生产率均下降的主

要原因为技术进步指数偏低,表现为负向增长。将技术效率进行分解,可以发现所属中南机场群的枢纽机场新冠肺炎疫情前效率小于 1,说明其内的枢纽机场需要增大机场规模来提升生产效率,东北和西南机场群疫情前纯技术效率小于 1 表现为负增长,而在疫情期间所有机场群内枢纽机场的各项分解指标都有所下降。因此,所属中南机场群的枢纽机场可以在现有航站楼、机位等资源下按需提升其规模,所属东北和西北机场群的枢纽机场的规模效率已达到有效状态,所以增加基础设施规模作用不大,应提升其纯技术效率,即机场需采用科学合理的生产管理方式等。

表 5 2016—2022 年不同机场群枢纽机场动态效率值及其分解

机场群	年份	TFP	TC	EC	PEC	SEC
华北	2016—2019 年	1.012	0.955	1.133	1.066	1.028
	2019—2022 年	0.835	0.817	1.360	1.197	1.117
东北	2016—2019 年	1.000	0.890	1.199	0.963	1.215
	2019—2022 年	0.915	0.965	0.938	0.960	0.998
华东	2016—2019 年	1.052	0.965	1.206	1.177	1.024
	2019—2022 年	0.821	0.959	0.883	0.967	0.947
中南	2016—2019 年	1.028	1.004	1.139	1.144	0.999
	2019—2022 年	0.987	0.972	1.011	1.151	1.016
西南	2016—2019 年	1.061	1.049	1.028	0.983	1.034
	2019—2022 年	0.804	0.899	1.086	1.049	0.999
西北	2016—2019 年	1.186	0.946	1.351	1.125	1.266
	2019—2022 年	0.780	0.929	0.852	0.885	0.974

4 结论

通过运用全局参比的超效率 SBM 和 Malmquist 指数模型,对国内 39 个枢纽机场 2017—2022 年机场生产效率进行了分析,得出以下结论:

1)受新冠肺炎疫情影响国际航空枢纽机场静态效率下降幅度大于区域枢纽机场,恢复情况却比区域枢纽机场好;所属华东机场群的枢纽机场受新冠肺炎疫情影响效率下降幅度最大,西北机场群的枢纽机场疫情前效率最低但受疫情影响最小。

2)新冠肺炎疫情前影响国际航空枢纽机场动态效率的主要因素是规模效率呈现负增长,新冠肺炎疫情期间效率呈现负增长是原因技术进步指数低下,区域枢纽机场全要素生产率下降的原因是技术效率和技术进步皆出现负向增长;所属西北机场群的枢纽机场新冠肺炎疫情期间动态效率下降最为严重,所属东北、中南机场群的枢纽机场下降相对较小。

因此,国际航空枢纽以及东部沿海地区的枢纽机场要紧抓国内航班的生产发展,时刻保持警

惕,遇到重大突发事件时可以保持稳定状态。同时从动态效率可以看出,技术的创新是机场发展的关键,区域枢纽机场需要储备优秀人才,注重机场建设、运营与管理策略的创新,国际航空枢纽机场需在现有航站楼、机位等资源下按需提升其规模。

参考文献

[1] 李若琪.我国省会机场生产效率评价研究[D].天津:中国民航大学,2016.

[2] 刘燕萍,刘丹.技术偏向视角下我国沿海机场运营效率研究[J].南京航空航天大学学报(社会科学版),2023,25(2):89-95,101.

[3] 华何,陆燕楠,吴薇薇,等.考虑碳排放的长三角机场运营效率研究[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2022,38(5):625-632.

[4] 李国栋,刘静怡.后疫情时代我国区域航空枢纽运营效率评价研究[J].物流科技,2023,46(11):1-5,15.

[5] 周杨莉.我国空港融资结构对运营效率的影响研究[D].郑州:郑州航空工业管理学院,2021.

[6] 范换利,刘丹.竞争情境下中国机场运营效率研究[J].大连海事大学学报(社会科学版),2022,21(2):81-87.

[7] RIPOLL-ZARRAGA A E, HUDEREK-GLAPSKA S. Airports' managerial human capital, ownership, and effi-

ciency[J]. Journal of Air Transport Management,2021,92(3):102035.

[8] 范换利,刘丹,王丹丹,等.中国机场效率及影响因素研究[J].物流技术,2018,37(10):48-53.

[9] 景崇毅,宋如博,吴孟瑶,等.基于并行网络 DEA 的大型机场运营效率研究[J].航空计算技术,2021,51(5):19-23.

[10] 景崇毅,宋如博,吴孟瑶,等.基于并行网络 DEA 模型的机场群效率研究[J].地理信息世界,2022,29(2):99-105.

[11] 文军,陈建勤,纪超,等.基于 DEA 模型的机场应急资源配置效率研究[J].科技和产业,2021,21(4):200-204.

[12] 程玉辉,景崇毅.基于三阶段非期望产出 SBM-DEA 模型的我国大中型机场运营效率研究[J].科技和产业,2020,20(3):101-107.

[13] TONE K. A slacks based-measure of efficiency in data development analysis[J]. European Journal of Operational Research,2001,130(3):498-509.

[14] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2002,143(1):32-41.

[15] FARE R, GROSSKOPF S, NORRIS M. Productivity growth,technical progress, and efficiency change in industrialized countries:reply[J]. American Economic Review,1997,87:1040-1044.

Comparative Analysis of Productivity Efficiency at Domestic Hub Airports from 2017 to 2022

WEI Zhongxu, YANG Yingxue

(Airport College,Civil Aviation Flight University of China,Guanghan 618307,Sichuan,China)

Abstract: A well laid out air transport network is the key to the development of the civil aviation industry. Hub airports, as important nodes in the air transport network, play an important role in the airport network. Based on the super-efficient slacks-based measure(SBM) model and Malmquist model, a sample of 39 hub airports in China from 2017 to 2022 is selected for static and dynamic analysis. The results show that the productivity of China's hub airports is in the "ineffective" stage during the study period, and that the productivity of international airports has decreased more than that of regional hub airports due to the COVID-19, with hub airports belonging to the East China Airport Cluster being the most affected by the COVID-19 and hub airports in the Northwest China Airport Cluster having the lowest efficiency before the COVID-19 but the least decrease.

Keywords: hub airports;production efficiency;COVID-19