



# 中国/欧洲 航班运行对比报告



CHINA  
EUROPE

---

# 中国/欧洲航班运行对比报告（2019-2021）

## 执行摘要

本报告由中国民航大学（CAUC）和欧洲航空安全组织（EUROCONTROL）联合发表，是中国和欧洲空中航行系统（ANS）之间性能比较的初始版本，由中国民用航空局运行监控中心、中国民航大学、民航数据通信有限责任公司和欧洲航空安全组织共同撰写。

本报告旨在对中国和欧洲空中导航系统性能进行较为全面的比较，聚焦于制定出一套具备可比较性的性能指标以及统一的数据源，为进行两个区域之间的性能对比奠定坚实的基础，具体性能指标的确定基于双方的运行经验和国际民航组织发布的全球空中航行计划。

本报告研究的时间范围自 2019 年 1 月始，至 2021 年 6 月结束。因此，研究结果还揭示了在新冠疫情在全球蔓延期间，航空运输受到的运行限制对系统运行性能的影响。

除此之外，报告分析了中国和欧洲在提供空中导航服务和民航航班运行性能方面的异同。

- 中国和欧洲的空域面积相差不多，中国由空中交通管理局提供空中交通服务的空域面积占欧洲的 94%。2019 年，中国航班量 581 万架次，约占欧洲航班量（1100 万）的 53%。总的来说，2020 年中国航空运输需求减少了约 30%，而相比之下，欧洲航空运输市场需求则减少了 55%。2020 年，中国航班量为 410 万架次，欧洲航班量为 496 万架次。
- 2021 年上半年，中国航班量为 230 万架次，超过欧洲 10%。
- 中国和欧洲已经建立了系统性的空中交通管理设施，在确保空域流量不超过空中交通管制员可以安全管控的范围的同时还致力于优化可用容量的使用。中国只有民航局空管局（ATMB）一个空中导航服务单位，而欧洲则有多达 37 个空中导航服务提供方。双方进近和区域管制

---

中心的总数相近，中国拥有 72 个管制中心，欧洲拥有 76 个，欧洲提供空中交通服务的空中交通管制人员总数比中国多出约 15%。

本报告显示了中欧对比和运行性能基准化分析的重要意义，能够总结成功的运行经验，促进双方运行性能的提升。报告还确定了未来进一步合作的方向，进一步的深入研究将有助于我们更好地理解中国和欧洲这两个区域之间的异同，包括潜在的运营概念以及技术因素的影响。

中欧航班运行效能对比报告将在未来几年内不断更新。未来版本将能够补充更丰富的数据和完善的案例分析。中欧双方联合在此项目框架下研究的成果还将与多国性能基准化分析工作组（PBWG）和国际民航组织的全球空中航行计划（GANP）研究小组共享，进一步促进 GANP 关键性能指标（KPIs）的发展。

---

# 1 引言

## 1.1 概述

航空运输具有重要的战略意义，促进了就业和经济增长，对经济发展做出了重大贡献，并助力跨区域、国际性的交流。尽管目前新冠肺炎疫情对航空运输需求和航班数量造成了冲击，未来航空运输仍有望在全球范围内取得长期性增长。为空域用户提供更高的安全水平和运行效率是全世界民航系统共同的目标。国际民航组织强调了基于性能的方法的重要性，并邀请各国和（子）区域参与性能基准化分析活动。

首份中欧区域对比报告相关工作由中国民用航空局运行监控中心（CAACOSC）、中国民航大学（CAUC）、民航数据通信有限责任公司（ADCC）和欧洲航空安全组织性能评估小组（EUROCONTROL PRU）共同参与。中欧双方都同意在共同商定的数据和指标的基础上增进彼此对两个地区系统运行性能的了解。

## 1.2 目的

中欧双方在共同商定的指标定义、数据和性能指标的基础上，本报告对中国和欧洲的系统运行性能进行比较，评估两个区域的系统运行性能，以期找出相似点和不同点。

中欧双方开展研究的首要原则是比较、了解和优化空中导航系统相关性能。因此，双方都确认了可用的数据源，共同商定了基础数据的处理方法，建立了一组可比较的数据。更进一步的工作则围绕着确定和完善各组织内部以及国际民航组织 GANP 性能框架下所使用的性能指标。

## 1.3 范围

### 1.3.1 地理范围

本报告所涉及的地理范围包括中国和欧洲。但对于这两个区域，此处只探讨国家领陆上方的空域，不包括海洋上方的空域。

- 在本报告中中国空域特指中国民用航空局空中交通管理局提供空中导航服务的空域。

- 在本报告中欧洲空域特指欧洲航空安全组织成员国（即 41 个国家）提供空中导航服务的空域。

本报告的内容涉及机场级别的性能指标，故同时选取了 2019 年中欧运行航班量排名前十的机场用于研究，其数据可用且具有可比性。

表 1.1: 中欧地区十大机场

区域 排名	中国	欧洲
1	北京首都国际机场 (ZBAA)	德国法兰克福机场 (EDDF)
2	上海浦东国际机场 (ZSPD)	荷兰阿姆斯特丹史基浦机场 (EHAM)
3	广州白云国际机场 (ZGGG)	巴黎戴高乐国际机场 (LFPG)
4	深圳宝安国际机场 (ZGSZ)	英国伦敦希思罗国际机场 (EGLL)
5	成都双流国际机场 (ZUUU)	西班牙马德里巴拉哈斯机场 (LEMD)
6	昆明长水国际机场 (ZPPP)	德国慕尼黑里姆机场 (EDDM)
7	西安咸阳国际机场 (ZLXY)	西班牙巴塞罗那埃尔普拉特机场 (LEBL)
8	重庆江北国际机场 (ZUCK)	意大利罗马菲乌米奇诺机场 (LIRF)
9	杭州萧山国际机场 (ZSHC)	英国伦敦盖特威克机场 (EGKK)
10	上海虹桥国际机场 (ZSSS)	瑞士苏黎世机场 (LSZH)

中欧区域图以及研究所选机场在区域内的具体位置展示如下。

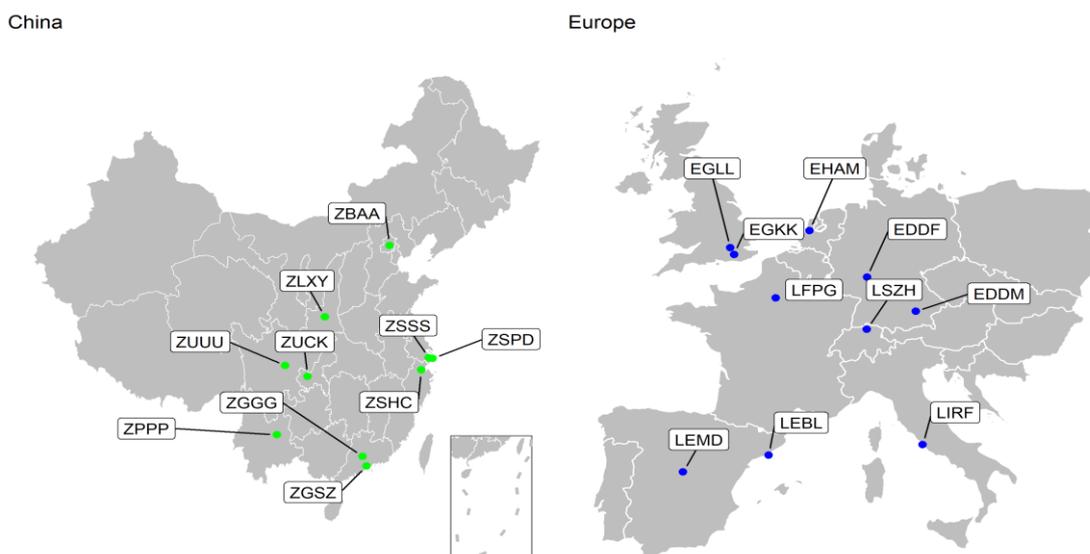


图 1.1 中欧地理范围和前十机场

### 1.3.2 时间范围

本报告的研究范围自 2019 年 1 月始，至 2021 年 6 月结束。2019 年可以代

---

表新冠疫情发生前的基准水平，2020 年至 2021 年 6 月是疫情蔓延期，这使得比较疫情前和整个疫情期间的系统性能成为可能。在未来更新的版本中，该基准仍可作为参照，用于评估这两个区域的航空运输恢复情况以及空中导航系统对预期空中交通增长量的反应情况。

注意：报告中所提及的 2021 年份数据仅代表 2021 年上半年的情况，相关结论亦基于此前提得出。

## 1.4 数据来源

本报告以双方交换的可比数据为基础。

性能指标的性质决定了需从不同的数据源收集数据。中国民用航空局运行监控中心、中国民航大学、民航数据通信有限责任公司以及欧洲航行安全组织性能评估小组共同研究了这两个区域可用数据的可比性，以确保得出性能对比所需的一组统一数据。

中国的数据源主要有两个，航班量相关数据来源于民航数据通信有限责任公司，正点率、延误以及滑行数据主要来源于中国民航航班正常统计系统。

在欧洲区范围内，性能评估小组制定了各种与性能相关的数据的收集流程。本报告中，网络级数据取自航线网络管理机构的欧洲交通管理系统（ETMS），这些数据以机场运营商提供的数据作为补充，并建立起航班级别的数据集。这两种数据流的组合保证了研究所选机场进离港航班数据的一致性。数据每月汇总一次，这些数据通常也用于欧洲航空安全组织的性能评估系统和欧洲单一天空性能计划的相关报告<sup>1</sup>。

## 1.5 报告结构

此份中欧运行性能比较报告结构如下：

- 引言——报告的概述、目的和范围，包括对所用数据源的简要说明；
- 空中导航系统特性——两个区域系统的高级别描述，管理范围、提供空中航行服务的组织以及高级空中航行系统特征；
- 空中交通特征——前十大机场的航班量、高峰日需求以及机队构成；

---

<sup>1</sup> 本报告中使用的指标与欧洲范围内使用的指标稍有不同。在确保总体趋势一致的情况下，本报告中的实际值可能与欧洲性能监测值存在些许差异。（可参考 <https://ansperformance.eu>）

- 
- 效率——分析了前十大机场的标准畅通滑出时间和额外滑出时间；
  - 正点率——分析了进离港航班正点率；
  - 结论——本报告的摘要、相关结论及后续工作。

---

## 2 空中导航系统特性

总体来说，中国和欧洲所提供的空中导航服务具有相似的运行概念、运行程序以及保障技术。然而，这两个区域之间也存在着一系列差异。本节阐述了中国和欧洲航空导航系统的背景内容。这些系统特性经过归纳总结，解释了本报告中涉及的中欧间关键性能指标的相似性和差异。

### 2.1 提供空中航行服务的组织

中欧空中航行系统的主要差异在于空中航行服务（ANS）组织的不同。在中国，空中航行服务体系是通过中国民用航空局确立的，中国民用航空局负责空中交通流量管理、飞行计划处理、以及飞行安全保障和应急管理，空中交通服务由中国民用航空局空中交通管理局来提供。而在欧洲，每个欧盟成员国都选择将空中航行服务分配给各国或各地的服务提供方完成，因此，欧洲的各个导航服务提供方需要在流量管理方面进行合作。

中国由空管局提供空中交通服务的空域面积为 1081 万平方公里，占欧洲总空域面积（非海洋面积）的 94%。在提供空中交通服务方面，中国只有一个空中交通管制服务提供方，负责中国领空范围内航空器的空中交通指挥工作。全国划设 11 个飞行情报区，即北京、上海、广州、武汉、兰州、沈阳、昆明、乌鲁木齐、三亚、香港以及台北飞行情报区。2021 年 6 月 30 日，全国民航统一的中央流量管理平台正式启用，有效的覆盖和连接了全国空管、机场、航空公司三大运行主体，各运行主任间的协同运行能力大幅提高，进一步提升了航班运行效率。在飞行计划统一处理方面，中国建立了上海飞行计划处理中心，2018 年 12 月，上海飞行计划处理中心开始对我国入境航班飞行计划集中处理。

欧洲的领空面积约为 1150 万平方公里（非海洋面积）。在提供空中交通服务方面，欧洲共有 37 个不同的空中导航服务提供方，分别负责不同的地理区域。除相邻空域和空中交通服务单位之间订立了数量有限的跨境协议以外，欧洲空中交通服务商的提供的管制服务通常不超过国界或飞行情报区边界。马斯特里赫特高空区域管制中心（UAC）是唯一一家为德国北部、荷兰、比利时和卢森堡的高空空域提供空中交通跨国服务的公司。初始飞行计划处理系统（IFPS）确保了欧洲不同空中交通服务单位的飞行计划数据的接收、初始处理和分发工作合理化。

---

欧洲各国军民融合程度各不相同，有完全独立的，也有协同的甚至完全一体化的服务单位。欧洲网络管理机构(Network Manager)集中提供/协调空中交通流量管理(ATFM)和空域管理(ASM)。这使得欧洲各国不再孤立地进行或实施空域规划设计和相关程序。航线网络设计不当和使用效率低下被视为导致欧洲飞行效率低下的一个因素。因此，统筹欧洲航线网络设计开发是欧盟委员会在欧洲单一天空计划下交给航线网络管理机构的任务之一。这是通过涉及所有利益相关方的协同决策(CDM)流程来实现的。欧洲网络管理机构的另一项任务是要确保和协调交通流量不超过空中交通服务单位能够安全处理的流量范围，同时还要尽量优化可用容量的使用。为此，欧洲网络管理机构运行管理中心(NMOC)监测空中交通状况，并通过协同决策流程与各地方当局协调提出流量管理措施。此类沟通常常受到区域管制中心的流控席(FMP)影响。欧洲网络管理机构运行管理中心根据管理方/流控席的要求来实施相应的流量管理措施。

## 2.2 高级别系统比较

表 2.1 总结了中国和欧洲空中导航系统的主要特点。

中国由空管局提供空中交通服务的空域面积是 1081 万平方公里，占欧洲空域面积的 94%。中国只有一个空中交通管制服务提供方，即空中交通管理局，而欧洲共有 37 个不同的空中导航服务提供方。欧洲的进近管制中心和区域管制中心数量之和略高于中国（欧洲共有 78 个，中国共有 72 个）。中国在职的空中交通管制人员数量比欧洲少 15%左右。2019 年，中国航班量约为欧洲的 53%。

表 2.1: 中欧系统对比

关键性能领域 (KPA)	中国	欧洲
空域面积 (百万平方公里)	10.81 <sup>1</sup>	11.5 (不含海洋)
空中航行服务单位数量	1 (空中交通管理局)	37
塔台数量	45 <sup>2</sup>	400+
进近管制中心数量	43	16 (独立)
区域管制中心数量	29	62
空中交通管制人员数量	15 001	17 563 <sup>3</sup>
实行仪表飞行规则的航班数量 (2019 年)	5 813 407	11 043 815

<sup>1</sup> 由空管局提供空中交通服务的空域

<sup>2</sup> 空管局属塔台管制单位

<sup>3</sup> 2018 年统计数据，统计范围不包括格鲁吉亚和加那利岛

从 2012 年到 2020 年，中国和欧洲的空中交通量都取得了持续性增长。

2019 年以前，中国航班量持续高速增长，2019 年航班量是 2013 年的 1.7 倍。但由于受到新冠肺炎疫情的影响，在随后的 2020 年里，航班量大幅减少。

与 2012 年相比，2013 年欧洲的航班量基本保持不变，2013 年至 2019 年间，欧洲航班量稳步增长。但在 2019 年，由于经济增长放缓以及几家航空运输公司破产，航班量呈现出略微下滑的趋势。波音 737 Max 机型停飞事件也同样阻碍了 2019 年航班量的增长。总体来说，与 2013 年约 1100 万架次的航班总量相比，欧洲民航会议 (ECAC) 下辖地区的航班量平均增长 15.4%，相当于在 2019 年增加 150 万架次航班。

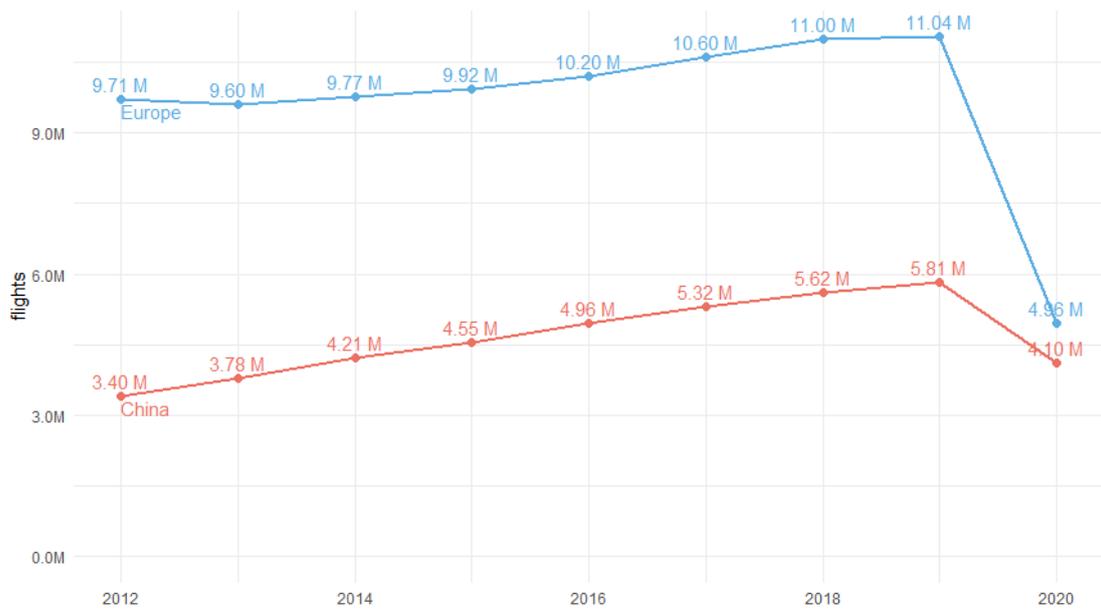


图 2.1 2012-2020 年间中欧的航班量变化

表 2.2 中国和欧洲年度航班量（单位：万班）

年份	中国	欧洲
2012	340	971
2013	378	960
2014	421	977
2015	455	992
2016	496	1020
2017	532	1060
2018	562	1100
2019	581	1104
2020	410	496

图 2.1 显示了中欧航空运输发展的整体趋势。中国大陆空域面积比欧洲小 17% 左右。2012 年，中国的航班量约为欧洲航班量的 35%。2012 年至 2019 年间，中国的空中交通增长幅度领先于欧洲。2017 年，中国的航班量达到欧洲航班量的 50%；到 2019 年，这一数值升为 53%。

新冠肺炎疫情期间，中欧均面临着相同的挑战。欧洲空中导航系统的特点之一是涉及到的国家多，由于欧洲区域内部也受到国际航空运输限制，因此同样需要遵照一系列政策措施对航空运输进行限制。

2020 年，中国和欧洲的年总运量相当：中国共运行 410 万架次航班，欧洲共运行 496 万架次航班。2021 年上半年，中国的航班量同比增加了约 10%，达

到了 230 万架次，而与此同时，2021 年上半年，欧洲的航班量为 203 万架次。2021 年下半年运输市场需求的进一步发展将揭示此增长趋势能够持续到何种程度。为继续监测发展状况，中国民用航空局和欧洲航空安全组织就定期更新本报告一事达成一致。

## 2.3 空中交通特征

### 2.3.1 空中交通（航班数量）

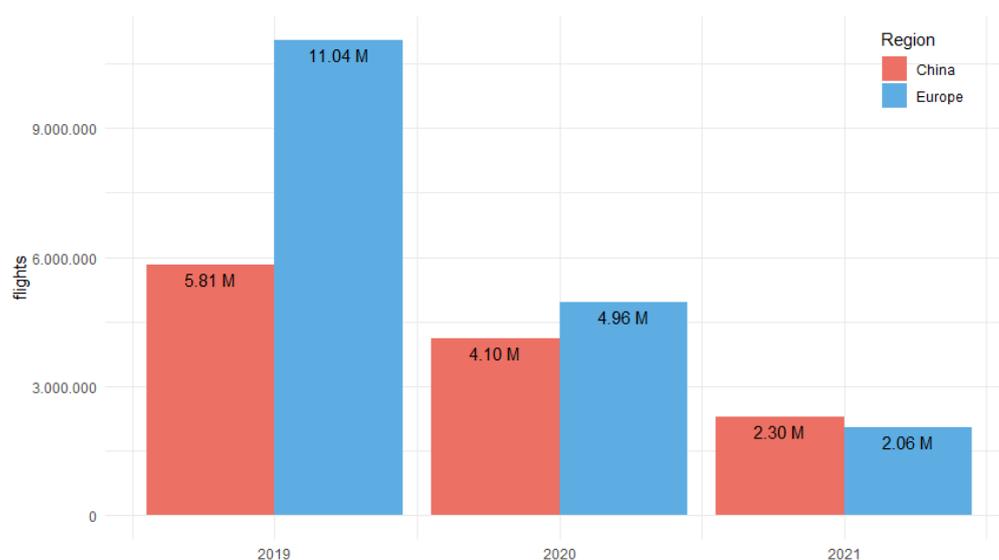


图 2.2: 中欧年度航班量对比（2019 年-2021 年）

图 2.2 直观地表示出了自 2019 年至 2020 年的中欧年度航班量。2021 年的数据截取至 6 月份。2019 年，中国航班量约为欧洲的 53%。2020 年，受新冠肺炎疫情影响，且欧洲地区存在诸多国际间和地区间的旅行限制，欧洲的航班量大幅下降至 496 万架次（将其 2020 年的航班量与 2019 年相比，约减少了 55%）。而总体上，中国的航班量减幅较小，减少了 170 万架次（与 2019 年相比，约减少了 30%）。因此，2020 年中国和欧洲的航班量仅相差 17%。

2021 年上半年，中国的航班数量超过了欧洲。与 2020 年情况类似，是由于限制航空运输的新冠肺炎疫情防控措施推动了这一整体趋势。直到 2021 年 6 月底，中国的航班数量约为 230 万架次，超过欧洲约 10%。

本报告后几节将详细说明这两个区域在应对疫情蔓延和相关航空运输限制方面的差异。相对而言，中国的这些限制要少得多，而欧洲则在各成员国不同的政策约束下陷入了纷乱局面。就这一点而言，中国得益于其自身对于旅行政策和

航空运输市场需求更集中和统一的管理办法。

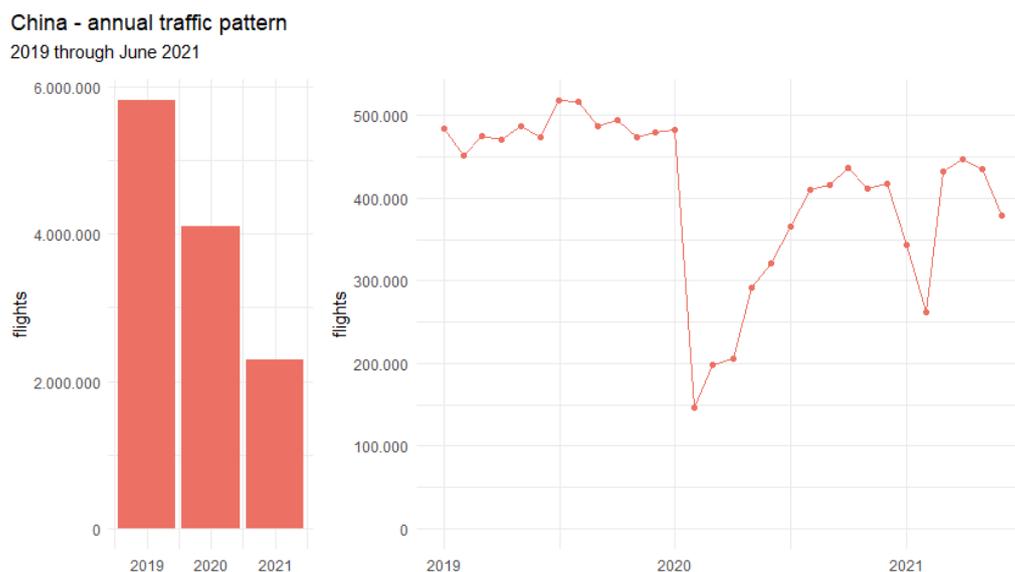


图 2.3: 中国年度和月度航班量

图 2.3 直观地显示了中国不同年份的航班量和月度航班量变化。在航线网络层面上，中国的航班量受季节性影响较小，峰值出现在 7、8 月份，2019 年平均每月航班量为 48.45 万架次。

但随后因受新冠肺炎疫情影响，航班量自 2020 年 1 月起出现了下降，2 月份更是骤降 69.6%。但自 2020 年 3 月始，中国的航班量实现了稳定且快速的恢复，月航班量再度超过 40 万架次（从 2020 年 8 月至同年 12 月，与 2019 年的平均水平相比，航班量恢复 82.6%）。到了 2021 年的 1、2 月，航班量再次下降。但 3-5 月则出现了强劲反弹，但是与前一个月相比，6 月的航班量又减少了约 13.1%。

Europe - annual traffic pattern  
2019 through June 2021

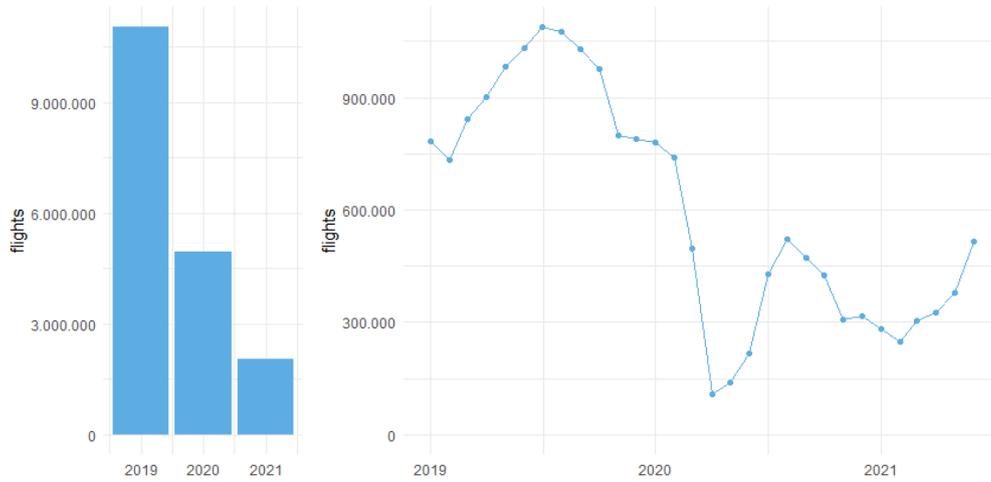


图 2.4： 欧洲的年运输总量及按月份标示的折线图

2019 年，欧洲航空运输市场呈现出了明显的季节性特征（参见图 2.4）。4 月至 10 月期间的月均航班量都超过了 90 万架次；而自 11 月至次年 1 月的冬季航班量则稳定在 80 万架次/月以下。

2020 年 3 月，为避免新冠肺炎疫情进一步扩散，一些旅行禁令开始生效，直接导致了 4 月份航班量下降约 70%。直到 2020 年的第二季度，欧洲航空运输市场实现初步恢复，多国取消了旅行限制令，以支持航空运输市场在夏季取得进一步恢复。但取消禁令后，第二轮新冠肺炎传播浪潮席卷欧洲，导致各国应对疫情时采取了各不相同的防控措施（不同的政策、不同的国家间旅行限制令）。到 2020 年的秋冬季节，航班量降至 30 万架次/月左右。在 2021 年初，欧洲地区的新冠疫苗接种率持续上升。截至 2021 年 3 月，多国取消了旅行限制令，并开始接受来自不同国家的游客。尽管欧洲仍未就区域内（整个欧洲范围内）的跨国旅行政策达成一致，夏季欧洲的航空运输需求实际上已取得了持续性增长。2021 年 6 月，航空运量在今年首次超过 50 万架次，与 2020 年的最高运量水平相当。

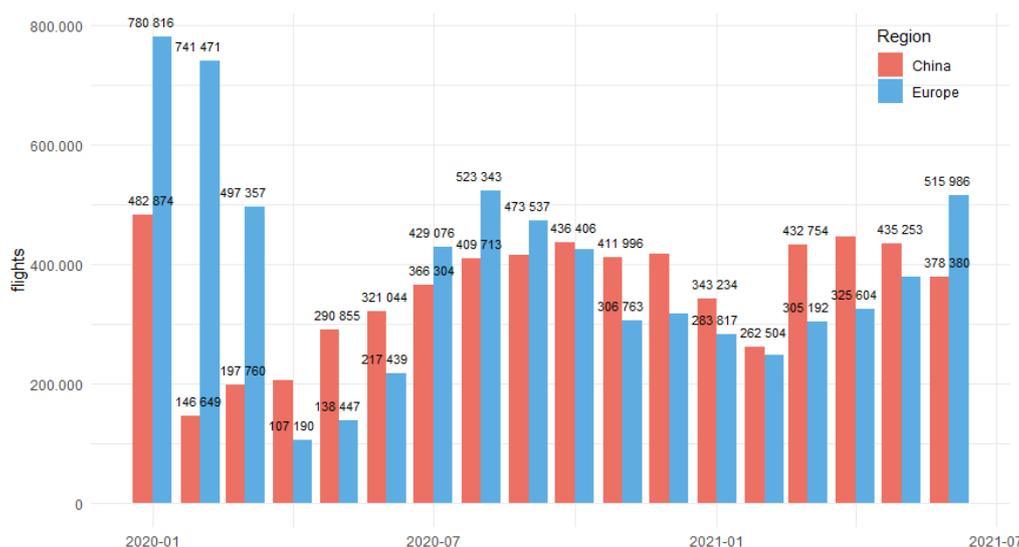


图 2.5: 中欧月度航班量

图 2.5 直观展示了 2020 年 1 月至 2021 年 6 月间的月航班量。如图所示，2020 年第一季度，中国和欧洲的航班量呈现出了不同的变化特点。2020 年 2 月的航班数量达到最低点，仅为 146649 架次。在世界卫生组织于 2020 年 3 月 11 日宣布新冠肺炎大流行后，欧洲开始实施相关的旅行限制措施。之后，在 2020 年 4 月时，欧洲航班量达到最低点。

在 2020 年第二季度以及夏季月份，中国和欧洲的航空运输市场都迎来了初步复苏。从 2020 年 3 月到 8 月，中国的增长模式更呈线性、更具稳定性，并在当年的其他月份趋于平稳。2021 年初，随着冬季再次出现感染病例，航班数量随即再次减少。直到随着新冠疫苗接种率的提高以及早前卓有成效的出行限制措施，2021 年 3 月至 5 月期间出行需求再次大幅增长，但 2021 年 6 月的航班数量比 5 月下降了 14%。

在 2020 年 5 月至 6 月期间，由于夏季假期旅游需求的增加和旅行限制放宽，欧洲航空运输市场开始恢复，航班数量有所增加。然而，紧接着新冠肺炎感染率上升，旅行禁令和社交距离限制被重新引入并广泛推行，直接导致 2020 年秋冬季航班量的下降并使得该趋势一直持续到 2021 年初(1、2 月份)。截至 2021 年 3 月，欧洲经济稳步复苏，6 月的航班量较 5 月增长了 25%。2021 年 6 月的航班总数略低于 51.6 万架次，与 2020 年的出行高峰期水平（即 2020 年 8 月时的 523343 架次）大致相当。

自 2021 年 1 月以来，中国的航班量稳步恢复。2 月的航班量约 26 万架次，欧洲地区亦如此。而中国的农历新年假期通常在二月。因此，在此期间商务旅客的旅行意愿指数（TWI）相对较低。从 2021 年 3 月开始，商务旅客数量重新回到了 2020 年末的水平。2021 年 3 月至 5 月，中国的航班量超过了欧洲。2021 年 6 月，中国出现小范围本土疫情，出台了一些局部疫情管控措施，航班量再次减少。

从 2020 年 11 月到 2021 年 5 月，欧洲的航班量低于中国。而 2021 年上半年，中国的航班量比欧洲高出约 10%。

## 2.4 系统级比较

### 2.4.1 正常化的航班量演化

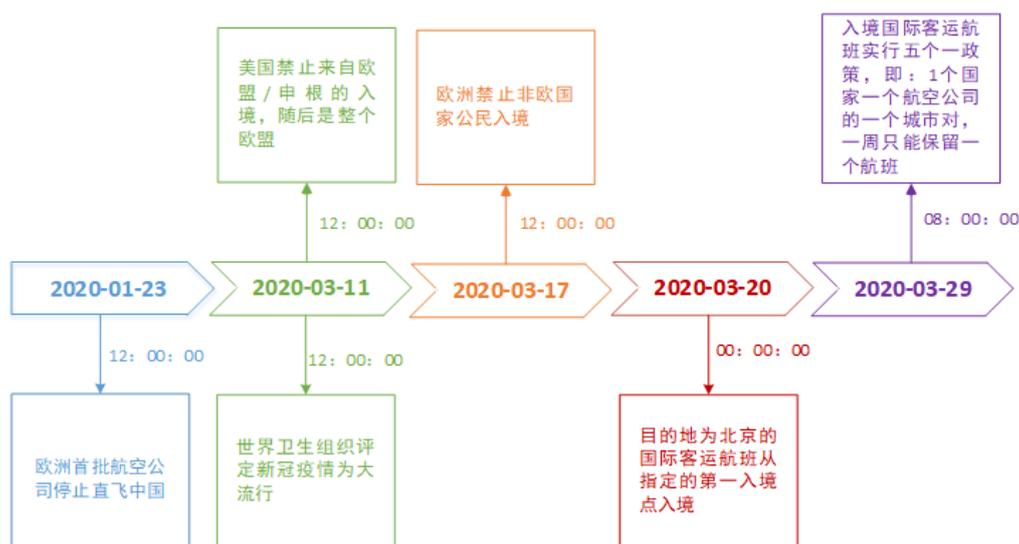


图 2.6 新冠疫情期间影响航班量的关键事件

表 2.2: 新冠疫情期间关键事件

(欧洲区域事件发生日期为欧洲当地时间, 中国事件发生日期为北京时间)

日期	区域	事件
2020-01-23	欧洲	欧洲首批航空公司停止直飞中国
2020-03-11	欧洲	美国禁止部分来自欧盟/申根国的入境班机, 随后禁止整个欧盟的入境班机
2020-03-11	世界卫生组织	世界卫生组织评定新冠肺炎疫情已具备“大流行”特征
2020-03-17	欧洲	欧洲禁止非欧盟国家公民入境
2020-03-20	中国	目的地为北京的国际客运航班从指定的第一入境点入境
2020-03-29	中国	入境国际客运航班实行“五个一”政策, 即: 1 个国家一个航空公司的一个城市对, 一周只能保留一个航班。

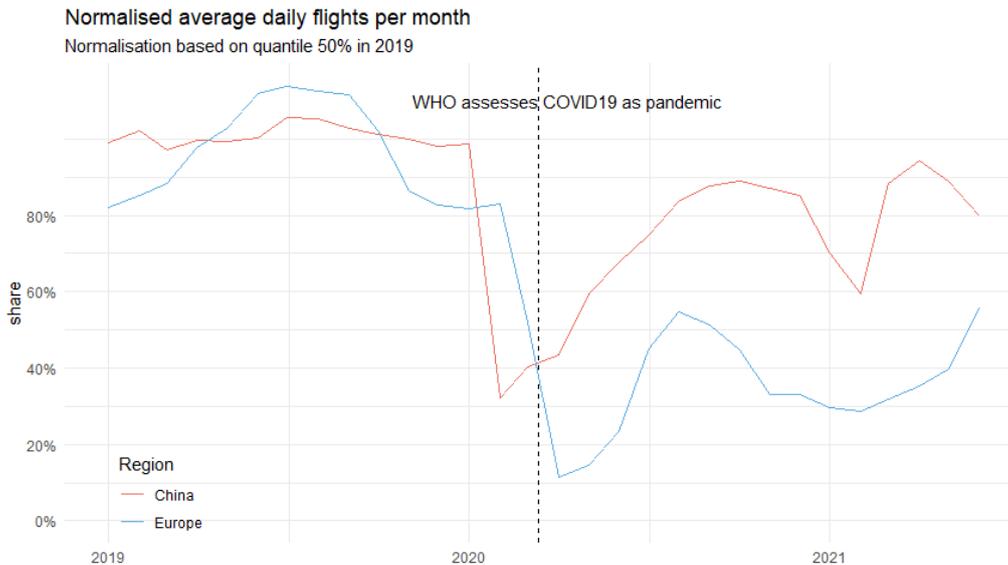


图 2.7 中国和欧洲航班量的正态化比较

图 2.5 直观展示了这两个地区的航班总量。在本节中, 图 2.7 通过以标准化的方式标明了两个地区的航班量, 突出显示了中欧对于疫情的不同反应。标准化基于月度航班量的 50 百分位点 (即中位数) 给出。

2020 年 1 月 23 日以后, 中国实施了减少出行的措施。在欧洲, 2020 年 1 月底, 一批航空公司停飞了前往中国的航班。这恰好被年初普遍减少的航班量(符

---

合季节性特征的冬季航班量减少)所掩盖。世界卫生组织于 2020 年 3 月 11 日宣布新冠疫情具备“大流行”特征。同一天,美国禁止自欧盟/申根国起飞的班机入境,并且不再接受非美国公民入境。同样,欧洲国家引入了欧洲内部的旅行限制。这导致 2020 年 3 月的日平均航班量下降了约 85%。

图 2.7 突出显示了与新冠疫情相关的航班量管制的时间偏移以及这两个地区受到的总体影响。基于每月的日均航班量来看,中国总体受影响程度比欧洲低 5-10 个百分点。中国的航班量自 2020 年 3 月开始逐步恢复。欧洲的情况也与之相似,但时间上有所延迟,上述政策决定和相关的旅行限制自 3 月中旬开始生效,故 2020 年 4 月变化不大。欧洲的航班量在 4、5 月份才再次增加。

这两个地区的恢复率(基于每月的日航班量均值来看)是相似的。但随后,中国进入了秋季,而欧洲出现了第二波疫情传播。对于欧洲地区来说,这导致了颁布了更多的社交距离措施和旅行限制。因此,2020 年 8 月欧洲的空中航班量有所减少。2020 年 11 月至 2021 年 3 月间的冬季航班量水平相较 2019 年减少了约 65%。

由于中国疫情防控措施得力,2020 年 5 月后中国疫情呈现为零星散发状态,并未出现大规模感染。在夏秋两季,中国的航班量相当稳定,较之 2019 年的航班量仅减少了约 15%。2020 年 12 月,中国境内新增本土确诊病例数较 11 月有较大幅度增长,因此,根据疫情防控要求,在 2020 年 12 月到 2021 年 1 月期间,中国政府建议减少不必要的人员流动,这使得航班量有所下降。

随着新冠疫苗接种率的提高、感染人数以及重症患者人数的减少,欧洲国家之间的旅行限制不断减少。2021 年第二季度,航班量持续增长,达到 2019 年每月日均航班量的 60%左右。

2021 年 3 月,由于国内疫情防控情况较好,商务出行恢复,使得中国的航班量持续增长,3-6 月期间基本恢复到 2020 年末的航班量水平。

虽然这两个地区之间存在着时间上的差异,但为遏制新冠病毒进一步传播而出台的政策对于航空运输市场产生了相似的情况。在早期航班量急剧下降之后,这两个地区的实践都证明了旅行限制政策的有效性,航班量开始初步恢复。总体而言,中国每月平均每日航班损失的影响较小(约 5-10%)。与 2019 年基准水平相比,中国的航班量在夏秋季节的初始恢复阶段进一步趋于平稳,恢复到了原

先的 85%-90%。随着夏季假期的结束，欧洲面临第二波新冠疫情的传播，导致航班量比 2019 年基准水平下降了 65%。自 2021 年 3 月起，第二个恢复期开始了。

2021 年 3 月至 5 月期间，中国的航班量超过了欧洲。然而，在 2021 年 6 月，由于广州出现本土病例，航班数量显著减少。

为跟进未来的发展状况，双方计划定期更新本报告。这将有助于监测两个地区政策行动的有效性（例如：探究放宽出行限制与长期性运量增长的关系）。

### 2.4.2 飞行任务性质

在这一节里，将更详细地展示不同飞行任务性质的航班在此期间是如何变化的。

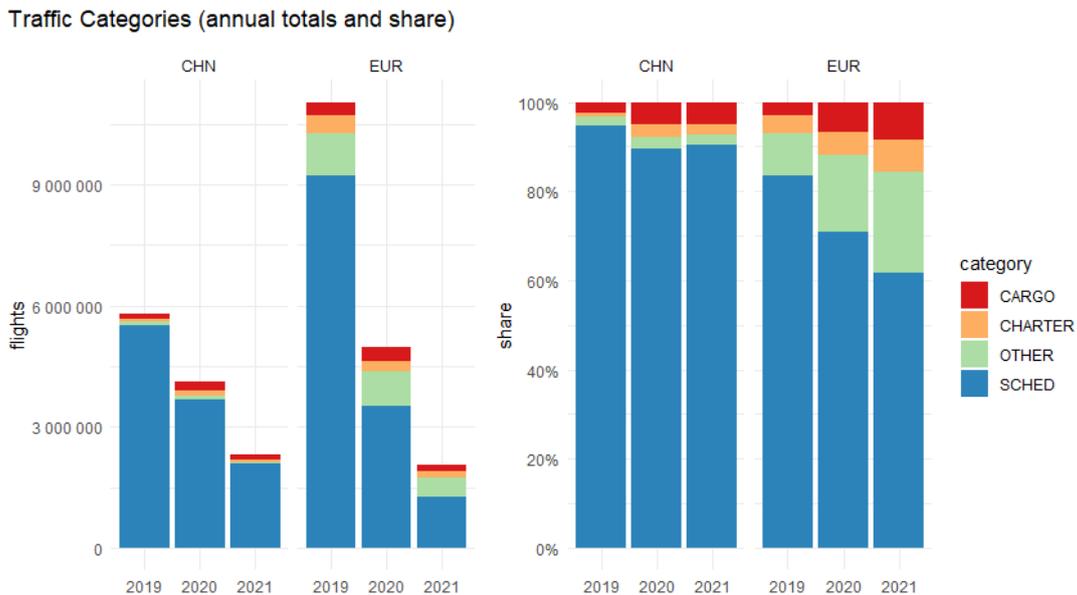


图 2.8: 中欧不同飞行任务性质的航班比较

图 2.8 是 2019 年、2020 年和 2021 年上半年的年度各飞行任务性质航班的比例。总的来说，这两个地区所有飞行任务性质中，占比最多的都是定期客运航班，不定期航班的数量较少。2019 年，中国地区的定期客运航班占比超过 95%，2020 年和 2021 年上半年的比例也均在 90% 以上。2020 年和 2021 年中国各飞行任务性质的航班的总体比例相当稳定。

欧洲方面，欧洲的定期客运航班占总航班的比例与中国相比相对较低。2019 年，货运航班的份额与中国的份额相当。防控新冠肺炎疫情期间，应对疫情流行

的物资设备需求大大增加，导致 2020 年货运航班比例大幅增加。2021 年初，货运航班比例进一步增加。

定期客运航班占据了欧洲交通量的最大份额（2019 年约占 80%）。但定期客运航班受新冠疫情政策影响最大，因而在 2020 年和 2021 年上半年，定期客运航班数量及所占份额均有所下降。在欧洲，包括商用航空在内的其他业务也占据较大份额。尽管这些业务在 2020 年和 2021 年都有所下降，但其总体份额却有所增加。这表明，除定期航班外的其他业务在面对出行限制时更为灵活，下降幅度远小于定期客运航班。

在中国，不同任务性质航班份额更稳定，定期客运航班是中国主要的空中交通类型，这表明，旅客运输是中国民用最主要的市场需求来源，在中国货物的流通更多的使用水运、铁路、公路等其他交通运输方式。

在 2021 年前 6 个月，中国和欧洲的航班总量相差不大，中国的定期客运航班比例高于欧洲，而欧洲的货运、包机和其他航班类型的比例高于中国。

### 2.4.3 客运航班

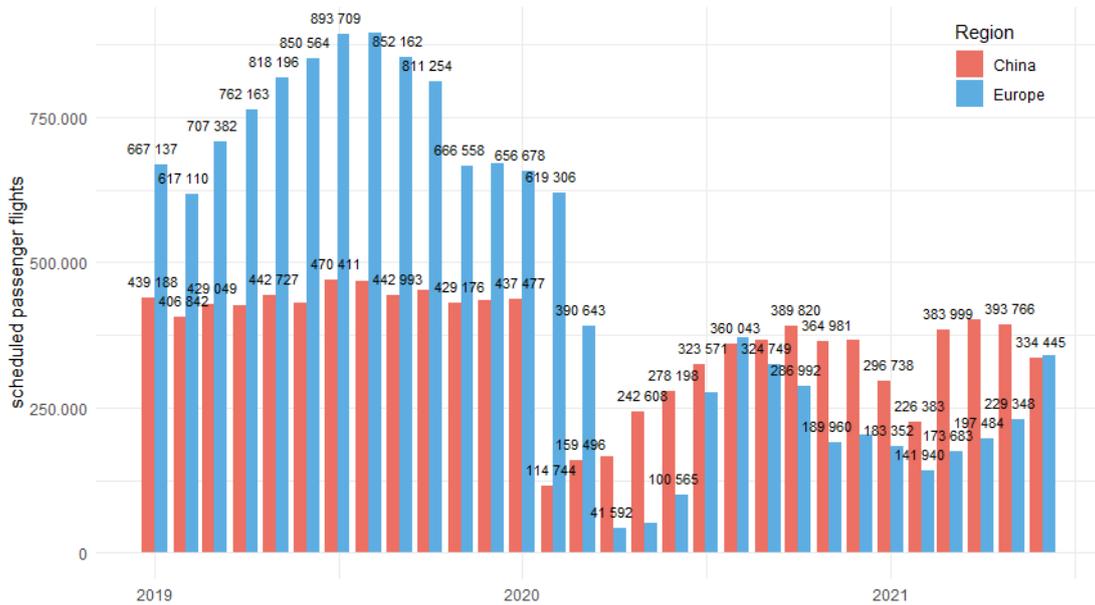


图 2.9: 中欧客运航班月度客运量条形图

如上图所示，客运航班是中国和欧洲的主要业务类型。这反映了航空运输在区域连接和公共运输方面的重要作用。图 2.9 显示了中欧每月的客运航班数量，同时也体现了两个地区间的差异。在整个 2019 年，中国的客运航班量比较稳定，

航空运输顺畅。而欧洲的航班量在夏季（即 7 月和 8 月）呈现出十分明显的季节性峰值。2019 年，欧洲冬季和夏季的月差异值达到约 25%，而中国的月差异值约为 9%。

如前文所言，与新冠肺炎疫情相关的航班限制措施导致中国的航班量出现下降比欧洲早 2 个月左右。值得关注的是，中国在整个夏季和 2020 年下半年期间，客运航班量水平与欧洲 2020 年的月度峰值 8 月份的客运航班量大致相同（同约为 360000 架次）。而欧洲客运航班量于 8 月份后又进入了新一轮下降周期。

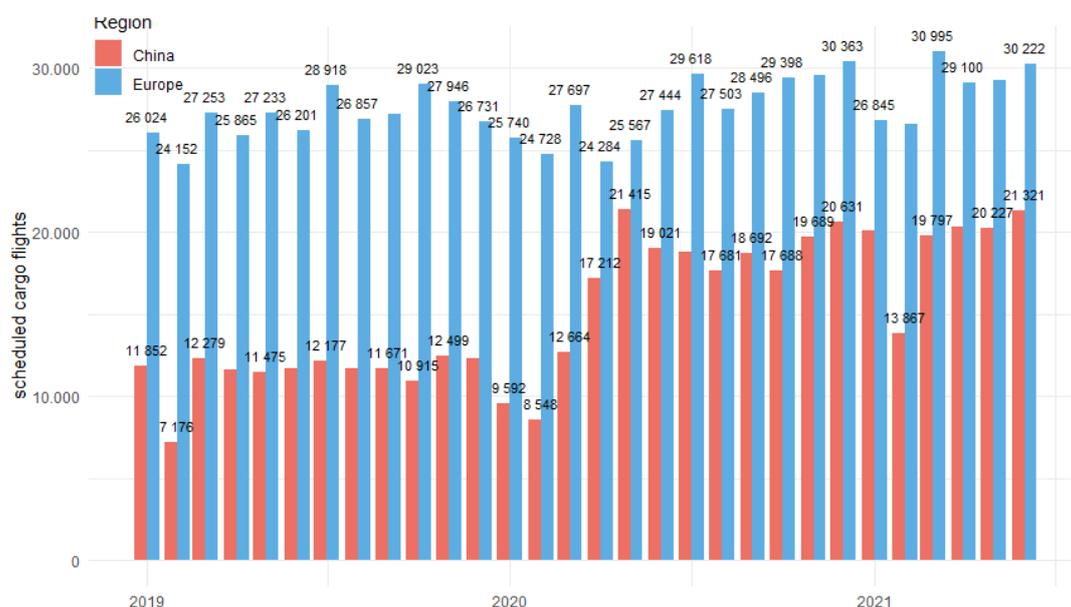


图 2.10: 中欧月度货物航班量条形图

图 2.10 显示了货运航班的月度总量。2019 年，欧洲货运航班量是中国的 2 倍多，该值在 2020 年发生巨大变化。欧洲货运航班总量略有增长，中国航空货运业务的显著增长导致了货运航班量的大大增加。中国和欧洲的货运航班量月差异值减少了约 20%，中国货运航班量约占欧洲货运航班量的 34%。

2021 年上半年仍在延续 2020 年的变化趋势，中国 2 月份解除疫情限制后，中国的货运航班量高于 2020 年的同期的水平。

欧洲和中国货运航班对疫情限制的反应一致，相比客运航班，货运航班受季节性影响较弱。

每月航班总数的汇总可能掩盖了空中网络连接的变化，未来可进一步分析。

### 3 机场航班量

本报告对比了欧洲和中国前十大机场的相关数据。空中交通服务的首要目标是保障空中交通的安全、有序、高效运行。因此运行系统的性能与需求服务（即空中交通）相关。充分了解所研究机场的空中交通情况和相关构成有利于民航运行效能的比较。

#### 3.1 机场航班量

##### 3.1.1 正常化的航班量演变

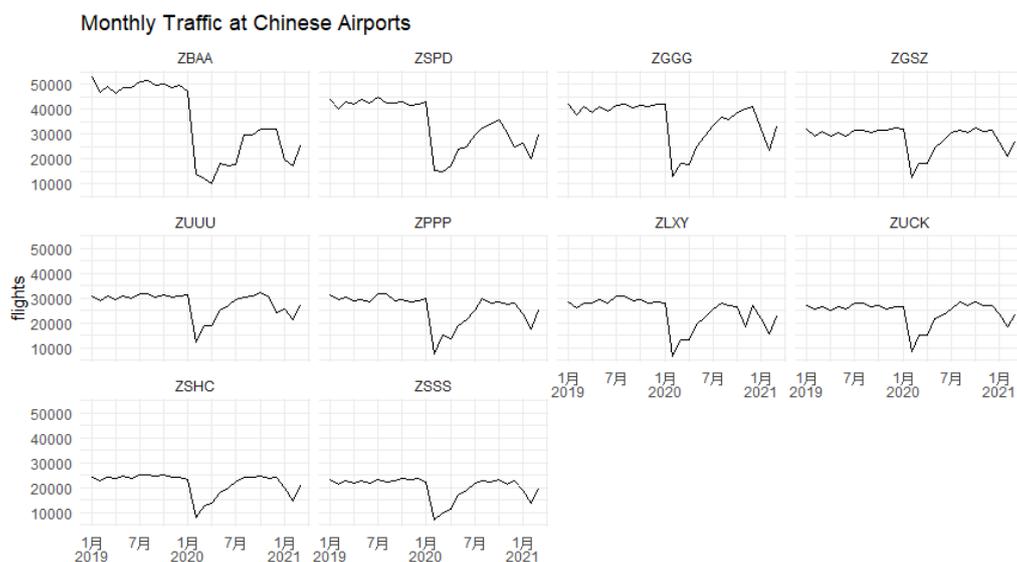


图 3.1: 中国主要机场航班量月度走势

表 3.1 中国前十机场起降架次

年月	北京首都 (ZBAA)	上海浦东 (ZSPD)	广州白云 (ZGGG)	深圳宝安 (ZGSZ)	成都双流 (ZUUU)	昆明长水 (ZPPP)	西安咸阳 (ZLXY)	重庆江北 (ZUCK)	杭州萧山 (ZSHC)	上海虹桥 (ZSSS)
201901	53108	43879	41989	31835	30782	31205	28342	27001	24321	23248
201902	46722	39935	37887	29183	29053	29297	26275	25606	22562	21231
201903	49105	42901	41013	30864	30804	30599	27861	26489	24170	22688
201904	46418	42229	38838	29111	29382	28970	28234	25393	23511	21860
201905	48810	43835	41043	30735	30826	29389	29423	26413	24423	22765
201906	48773	42612	39068	29217	29901	28433	28157	25502	23704	21937
201907	51294	44799	41549	31354	31804	31715	30930	27962	25252	23255
201908	51612	42590	41971	31602	31667	31763	30764	27915	24889	22375
201909	49587	42381	40637	30539	30344	28775	29089	26602	24722	22802
201910	50203	43106	41708	31561	31257	29601	29665	27039	25199	23732
201911	48869	41412	41005	31554	30182	28477	28224	25871	23975	22920
201912	49830	42156	41968	32439	30979	28962	28647	26644	24145	23611
202001	47160	42843	41807	31817	31428	30022	28116	26762	23302	21945
202002	13718	15318	12986	12350	12507	7550	6422	8648	7654	6866
202003	12195	14871	18123	18347	19185	15004	13277	15265	12705	9900
202004	10043	17206	17920	18171	19197	13669	13194	15218	13553	11011
202005	18295	24107	24950	24588	25291	18820	19450	21712	17959	17129
202006	17308	24794	28959	27321	27035	21540	22306	23156	19855	18934
202007	17447	29471	33557	30404	29294	25324	25568	25586	22075	21643
202008	29569	32690	36837	31508	30379	30024	28198	28671	23962	22572
202009	29570	33853	35714	30789	30971	28137	27301	27306	23856	22299

---

年月	北京首都 (ZBAA)	上海浦东 (ZSPD)	广州白云 (ZGGG)	深圳宝安 (ZGSZ)	成都双流 (ZUUU)	昆明长水 (ZPPP)	西安咸阳 (ZLXY)	重庆江北 (ZUCK)	杭州萧山 (ZSHC)	上海虹桥 (ZSSS)
202010	32152	35710	38568	32369	32206	28461	26388	28447	24595	23179
202011	32182	30358	39937	31024	30365	27700	18543	26905	23601	21383
202012	32096	24710	41112	31519	24002	28099	26883	26918	24054	22541
202101	19705	26121	31906	26880	25609	23904	21868	23698	19921	18853
202102	17180	19895	23477	21175	21359	17588	15650	18399	14463	13607
202103	25520	29559	33103	26647	27274	25156	22830	23453	20757	19105

图 3.1 描述了中国主要机场航班量的月度走势。如图所示，各机场航班量月度走势有着较为规律的变化。2020 年 1 月受出行限制措施影响，航班量有所下降。2020 年航班恢复初期，各机场的航班量都呈现出了大致相同的变化模式。除北京首都国际机场（ZBAA）和上海浦东国际机场（ZSPD）外，其他机场航班量均恢复到新冠疫情爆发前的水平。这说明了除北京首都和上海浦东机场外的其他 8 个机场国内航班占比更大，故航班量没有因为国际旅行限制而受到影响。

上海浦东国际和北京首都国际机场作为国际航空枢纽机场航班量比较明显。随着 2019 年 9 月 25 日北京大兴国际机场启用，以及 2020 年 3 月起国内和国外航空公司入境航班的在第一入境点入境的政策，使得北京首都机场的日均起降航班数量有所下降。而上海浦东机场主要执行上海地区的国际客、货运航班飞行任务，2019 年上海浦东机场的国际和地区的客运航班约占所有航班的 42.75%。疫情期间，全球国际航班数量骤减，因此上海浦东机场在 2021 年期间的航班量未能恢复到 2019 年的水平。

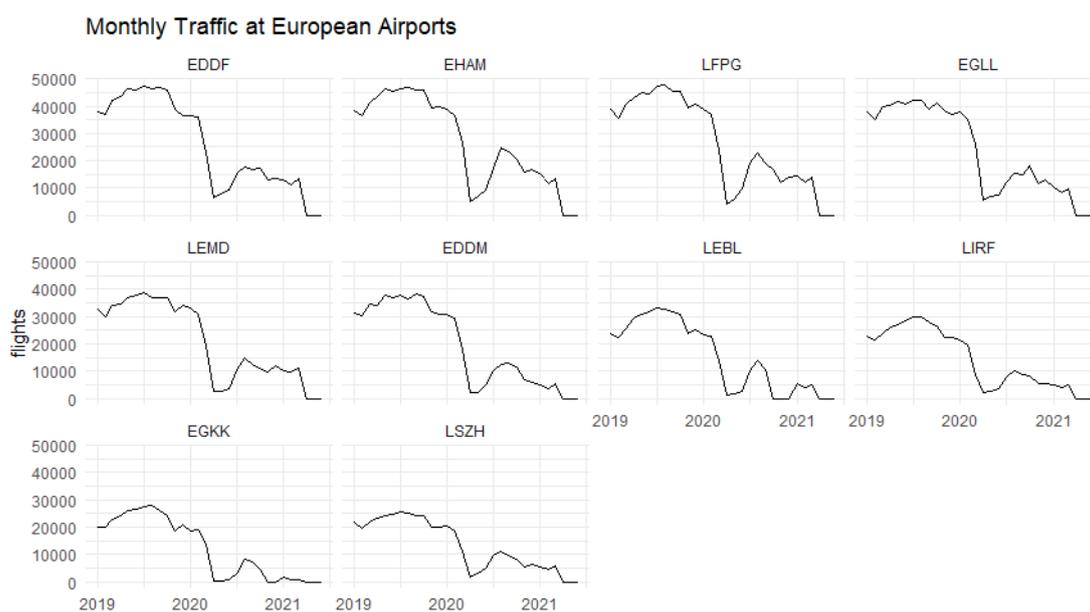


图 3.2: 欧洲主要机场航班量月度走势

表 3.2 欧洲前十机场起降架次

年月	德国法兰克福机场 (EDDF)	荷兰阿姆斯特丹史基浦机场 (EHAM)	巴黎戴高乐国际机场(LFPG)	英国伦敦希思罗国际机场 (EGLL)	西班牙马德里巴拉哈斯机场 (LEMD)	德国慕尼黑黑里姆机场(EDDM)	西班牙巴塞罗那埃尔普拉特机场 (LEBL)	意大利罗马菲乌米奇诺机场 (LIRF)	英国伦敦盖特威克机场 (EGKK)	瑞士苏黎世机场 (LSZH)
201901	37676	38528	38694	37835	32681	31482	23882	23028	19781	21647
201902	36849	36567	35719	35256	29991	30122	22590	21506	19927	19670
201903	42056	41286	40673	39920	33922	34507	25611	23935	22680	22048
201904	43683	43551	43155	40337	34588	34322	29603	26317	24008	23249
201905	46183	46510	44899	41686	36965	37730	30952	27262	26089	24422
201906	45870	45247	44558	40911	37645	36692	31848	28459	26579	24691
201907	47125	46430	47215	42108	38642	37922	32977	29951	27573	25738
201908	46395	46669	47812	42041	36805	36371	32494	29981	28160	25229
201909	46713	45751	45349	39046	36933	38114	31883	28063	26141	24350
201910	45938	46113	45330	41354	36933	37555	30605	26388	24437	24005
201911	38790	39321	39265	38165	31963	31680	23609	22379	18460	19800
201912	36635	39777	40585	37135	34006	30681	24981	22535	21064	20163
202001	36391	38876	38758	38047	33047	30887	23324	21206	18675	20572
202002	35857	36432	36995	35291	31045	29614	22850	19367	18906	18630
202003	22839	26411	23865	26080	19665	17534	13745	8607	13809	11047
202004	6512	4952	4243	5258	2406	2033	1449	2388	310	1886

年月	德国法兰克福机场 (EDDF)	荷兰阿姆斯特丹史基浦机场 (EHAM)	巴黎戴高乐国际机场 (LFPG)	英国伦敦希思罗国际机场 (EGLL)	西班牙马德里巴拉哈斯机场 (LEMD)	德国慕尼黑黑里姆机场 (EDDM)	西班牙巴塞罗那埃尔普拉特机场 (LEBL)	意大利罗马菲乌米奇诺机场 (LIRF)	英国伦敦盖特威克机场 (EGKK)	瑞士苏黎世机场 (LSZH)
202005	7760	6747	5866	6848	2850	2301	1697	2747	245	3032
202006	9329	9223	9874	7489	3625	4813	2668	3556	571	5019
202007	15370	17228	19155	12143	10540	10183	10273	7795	3130	9866
202008	17696	24594	23047	15395	15056	12480	13982	10110	8137	10834
202009	16939	23485	18913	14657	12299	12974	10423	8673	7489	9569
202010	17105	20678	16937	18175	11200	11558	0	8232	4575	8394
202011	12802	15783	11933	11631	9832	6654	0	5283	1	5625
202012	13627	16975	13952	12913	11954	5830	0	5424	0	6435
202101	13197	15312	14275	10114	9914	5073	5482	4832	1720	5524
202102	11117	11492	12262	8140	9544	3621	3902	4209	740	4684
202103	13674	13369	14142	9845	11124	5329	5052	4937	896	5753

图 3.2 展示了欧洲主要机场航班量的月度走势。2019 年欧洲前十大机场的航班量均呈现出明显季节性特征。作为欧洲排名前四的机场，阿姆斯特丹希斯霍普机场（EHAM）、巴黎戴高乐机场（LFPG）、法兰克福美茵机场（EDDF）、伦敦希思罗机场（EGLL）月均航班量多于 40000 架次。虽然各机场航班量大体走势相近，但受新冠肺炎疫情影响，不同地区或国家的航班量变化也存在一定差异。欧洲前十机场作为主要的国际枢纽机场，在跨地区和国际交通中占有巨大的份额。随着主要航空公司（如荷兰皇家航空、英国航空、法国航空、汉莎航空）停飞亚洲航线，2020 年 1 月和 2 月的航班量有了小幅的下降。欧洲针对世卫组织宣布的“大流行”疫情，实施了大范围的旅行限制措施。2020 年 3 月和 4 月，由于国际间的社交距离和各地旅行限制导致了航班量的锐减。机场作为国内交通网络和国家间往来的枢纽，在 2020 年秋季见证了航班量的初始恢复阶段、递减阶段和持平阶段。

### 3.1.2 高峰日运行

虽然年度航班量可以反映总体空中交通流量信息和机场相关需求服务信息，但并不能反映出日最高航班量。除了航班需求，后者更取决于运行程序和运行限制，以及跑道等系统设施的使用。高峰日航班量被定义为日航班量（包含进港和离港航班）的第百分之 99 的分位点。

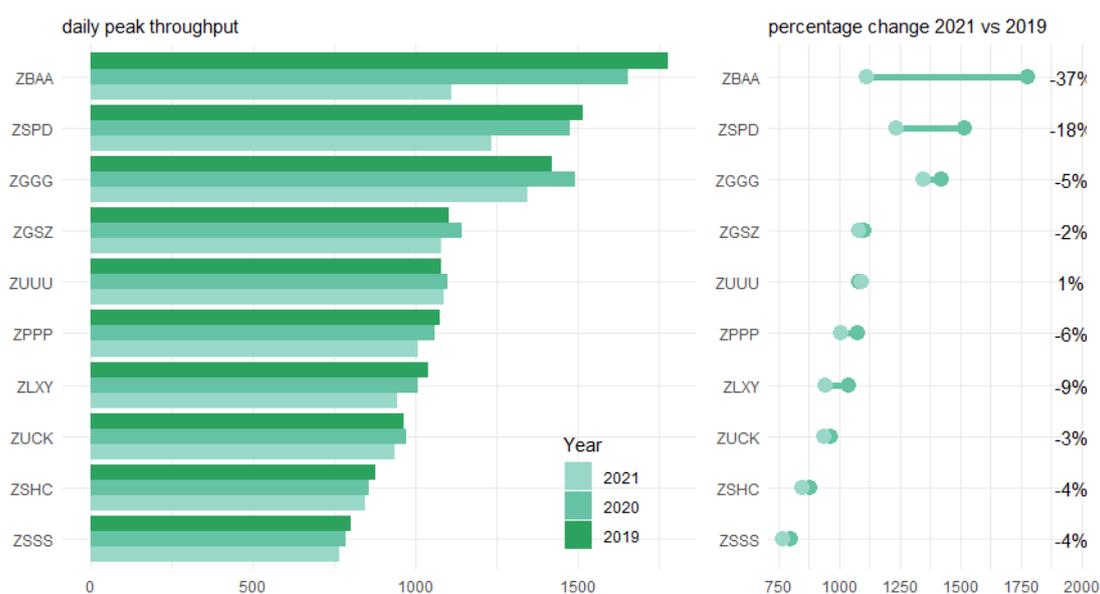


图 3.3: 中国主要机场高峰日航班量年度变化

表 3.3 中国前十机场高峰日航班量及变化

	2019	2020	2021	2021VS2019
ZBAA	1780	1655	1113	-37%
ZSPD	1517	1478	1237	-18%
ZGGG	1421	1492	1345	-5%
ZGSZ	1104	1145	1082	-2%
ZUUU	1079	1099	1090	1%
ZPPP	1075	1059	1008	-6%
ZLXY	1039	1010	945	-9%
ZUCK	966	974	939	-3%
ZSHC	876	857	845	-4%
ZSSS	801	786	765	-4%

如图 3.3 中国大部分主要机场在 2020 年至 2021 年 6 月期间日高峰航班量变化不大。这表明这些机场的航班量比较稳定，高峰时段运行负荷并没有随着时间的推移而大幅下降。对于主要枢纽机场，即北京首都国际机场（ZBAA）和上海浦东国际机场（ZSPD）由于国际航班量的减少，高峰航班量有明显的下降。

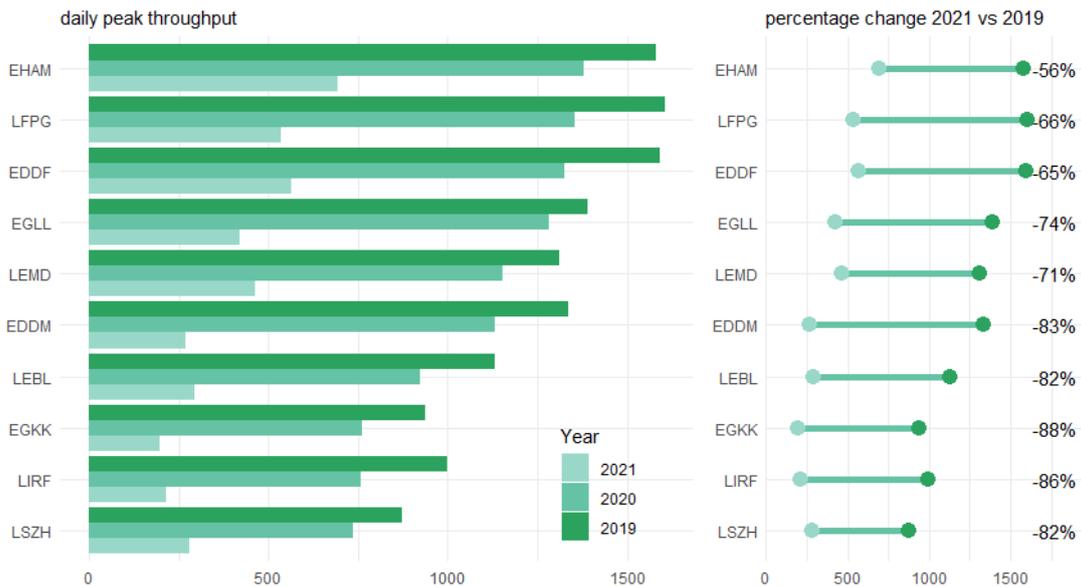


图 3.4: 欧洲主要机场高峰日航班量年度变化

表 3.4 欧洲前十机场高峰日航班量及变化

	2019	2020	2021	2021VS2019
EHAM	1581	1380	694	-56%
LFPG	1604	1355	536	-66%
EDDF	1591	1324	564	-65%
EGLL	1390	1282	421	-74%
LEMD	1311	1151	463	-71%
EDDM	1336	1130	270	-83%
LEBL	1130	922	294	-82%
EGKK	936	760	196	-88%
LIRF	997	758	215	-86%
LSZH	873	735	281	-82%

受到新冠疫情限制出行的影响，2020 年及 2021 年上半年欧洲航班量大幅下降。随着 2021 年第二季度航班量的普遍增加，航空公司复飞中欧航线（国内城市和欧洲内部城市对）。较高的航班量与较高的机场利用率有关，其中包括了支线航班。然而，与新冠疫情爆发前的 2019 年相比，欧洲前十大机场的日高峰航班量明显降低。

### 3.2 国内/区域航线

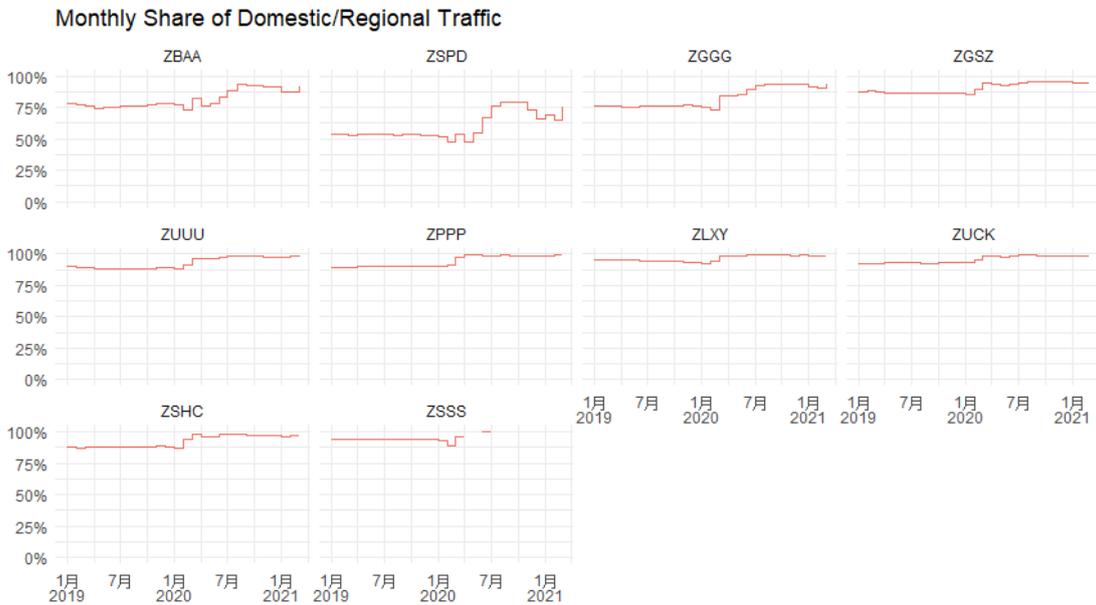


图 3.5: 中国主要机场国内航班占比

由于国际航班受到新冠疫情流行期间的旅行政策的限制，中国主要机场国内航班占比有所提升。大部分机场国内航班占比高于 95%。（参见图 3.5）可以明

显看到在 2020 年，上海浦东国际机场的国内航班占比提高了 20%-35%。这是因为上海浦东国际机场主要服务于上海地区的国际客、货运航班，2019 年该机场的国际客运航班约占所有航班的 42.75%。2020 年疫情期间由于国际客运航班量的减少，且国内航班市场需求相对稳定，上海浦东机场的国际、地区的客运航班时刻转而用于国内航班，因此上海浦东机场在 2021 年实现了国内航班量的阶段性增长。

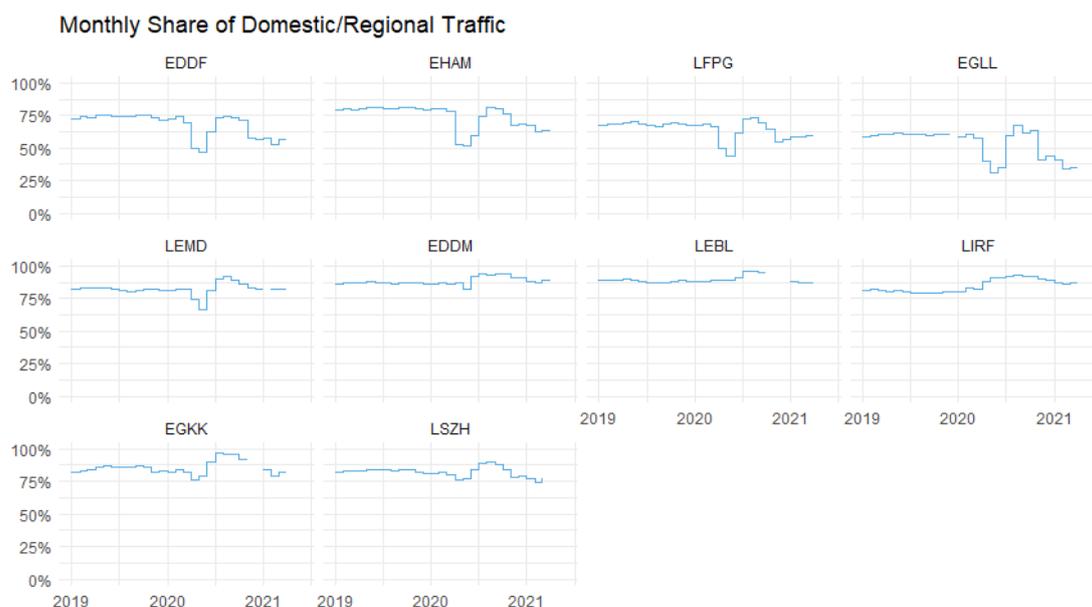


图 3.6: 欧洲机场区域内航班占比

图 3.6 看出欧洲区域内航班有着多种特征。由于欧洲空中导航系统多基于国家层面运行的特性，欧洲国家之间不同的出行限制也导致了各机场航班占比的差异。欧洲主要枢纽机场的区域内航班占比较低，如阿姆斯特丹希斯霍普机场（EHAM）、法兰克福美茵机场（EDDF）、巴黎戴高乐机场（LFPG）和伦敦希思罗机场（EGLL）。2019 年上述机场的国际航班占比 20%-25%，伦敦希思罗机场国际航班甚至占比接近 40%。值得注意的是 2020 年夏季航班恢复初期，上述枢纽机场区域内航班占比接近同等水平。次要枢纽机场模式有所不同，在航班恢复初期，其国内区域内航班占比极高。虽然欧洲区域内航班大体上有所减少，但几乎所有的国际航班都停飞了，导致国内航班和欧洲洲内航班的占比升高。2020 年至 2021 年初，次要枢纽机场区域内航班总体占比有所下降。由于航班量远低于 2019 年同期（参见上文），国际航班量占比份额回到了疫情爆发前的水平。

### 3.3 机队构成

运行效率也会受到机队构成的影响，其放行排序和航班地面保障流程会影响到交通流量，从而影响机场的容量及实际起降架次。特别是在涉及复杂高度变化中，重型机占比增大将导致所需要的尾流间隔总时间增加，从而降低机场航班起降架次，因此机场运行容量值会根据最优机队组合及运行特点来决定。这会对实际起降架次、终端区航班排队等待时间和地面滑行时间起到最终的决定性作用。

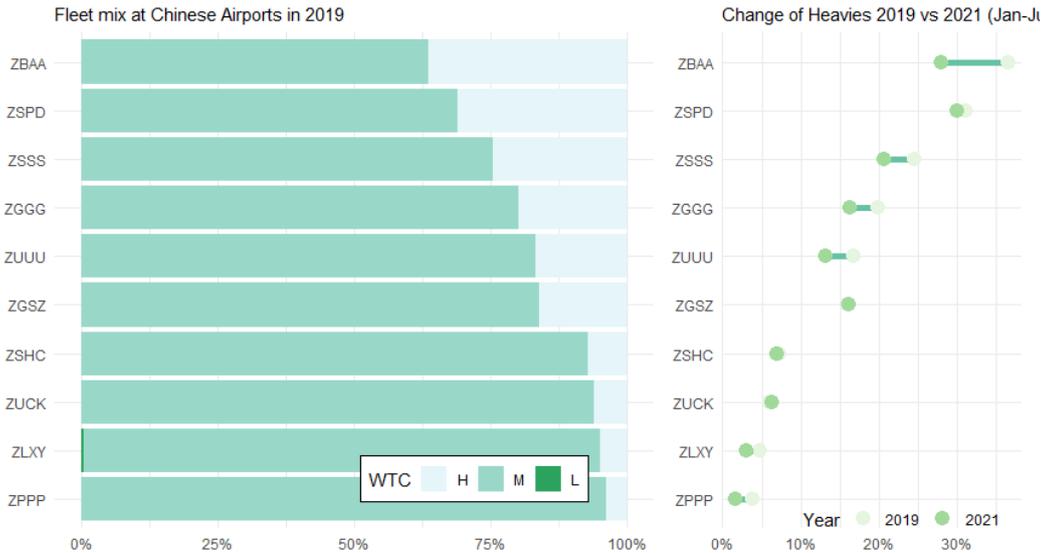


图 3.7: 中国主要机场各机型起降架次构成情况

图 3.7 主要展现了 2019 年中国主要机场各机型起降架次构成情况，其中轻型机占比极少，中型机为主要机型。2019 年，北京首都机场、上海浦东机场、上海虹桥机场的重型机占比高于 25%；其他机场重型机的占比也相当可观，2021 年与 2019 年相比，各机场重型机占比份额变化各不相同。较 2019 年相比，2021 年北京首都国际机场（ZBAA）重型机比例下降近 10%，其中一个原因是北京大兴国际机场的启用，北京首都机场的部分国际航班转到大兴机场运营，另外，新冠疫情政策使得国内和国外航空公司入境航班的到指定的第一入境点机场入境，所以北京首都机场重型机比例下降最多。

此外，中国的主要国际枢纽机场，如北京首都、上海浦东、上海虹桥、广州白云、深圳宝安机场重型机的比例较高，这是因为这些机场的航班时刻更具有经济价值，航空公司更愿意使用重型机执行航班任务，而重庆江北、西安咸阳、昆明长水机场位于中国的西部地区，支线航班占比较高，与它们通航的支线机场多

数不能起降重型飞机。杭州萧山机场服务国内货运航班居多，而中国的货运航空公司通常使用中型飞机执飞国内货运航班。

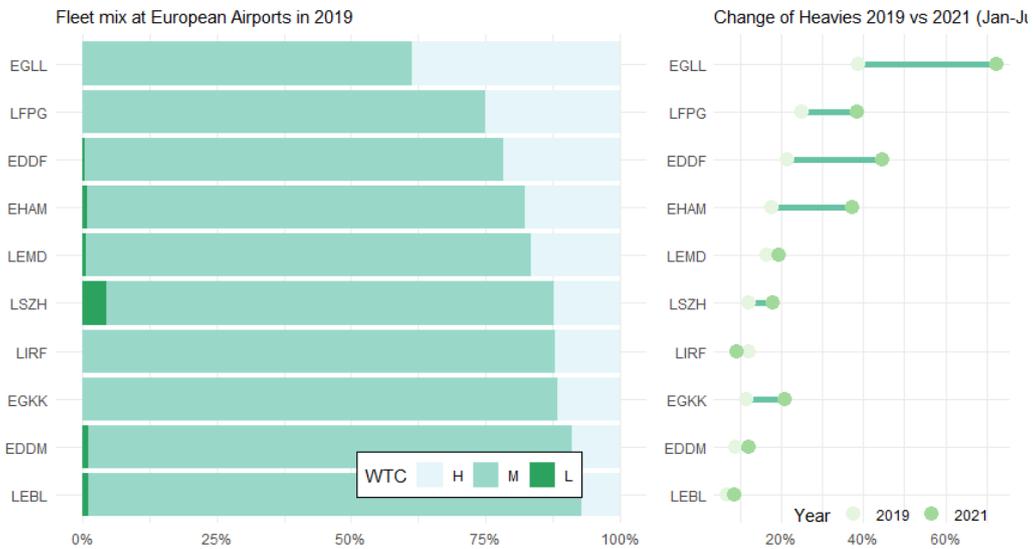


图 3.8 欧洲主要机场机队构成占比情况

图 3.8 描述了 2019 年欧洲主要机场机队构成情况并展示出 2019 年和 2021 年上半年重型机占比份额的变化。根据 2019 年欧洲机队构成情况来看，部分机场轻型机占比份额明显。尤其是苏黎世机场（LSZH）轻型机占机队组成的 5% 以上。在前十机场中，中国与欧洲的重型机比例相近。希斯罗机场（EGLL）重型机占比与北京首都机场相近。其余几个机场中，2019 年欧洲机场重型机占比更多，因为这些机场开通了更多的洲际远程航班。2019 年与 2021 年前六个月相比，重型机机队占比变化较大，主要枢纽机场的重型机大幅减少。希斯罗机场（EGLL）服务于大量的国际远程航线，在 2021 年上半年，其宽体机占比份额下降了 30%。由于新冠疫情旅行限制，国际航班减少，LFPG、EDDF、EHAM 的重型机航班量下降了 10%-15%。

---

## 4 运行效率

运行效率是评估空中航行系统运行管理和执行力的关键组成部分。空中导航服务在促进机场地面和空中交通的高效运行方面，特别是通过提供间隔服务和地面保障服务发挥着至关重要的作用。过低的效率会造成大量的航班延误成本和额外的燃油消耗。

在本报告中，主要评估了滑出阶段的运行效率。从概念上讲，本报告研究的措施是基于航班地面滑行和空中航行时间。将运行时间与基于类似特点运行的相关标准时间进行对比，通过两者之间的差异（即额外滑行时间）来评估运行效率。但需要特别注意的是，无论再高的运行效率仍会产生一定的额外时间。因此，运行效率的提高旨在最大限度地减少相应航班的额外运行时间。

### 4.1 额外滑出时间

额外滑出时间是飞机从停机位撤轮档到实际起飞对应的滑出时间和规定的标准滑出时间的差值。从运行效率的角度来看，标准时间应与不发生拥堵情况下所需要的滑行时间（即畅通滑行时间）一致。畅通时间可以反映出运行的瓶颈或季节性运行特点，可以为制定标准运行程序提供支持。

在本报告中，中国机场滑出时间是分机场进行分析的，算法与欧洲一致，机场的标准滑行时间为2019年每个月该机场所有离港航班滑行时间的从低到高排序的第20百分位的航班的滑行时间。

欧洲相关数据通过应用国际民航组织全球空中航行计划的算法，确定了每个停机位与不同跑道组合所需的标准滑行时间。考虑到运行的多变性，针对高峰或低流量运行时期、不同天气条件，相对应的标准时间被设定为全年滑行时间数值的第20百分位数。此报告数据为年度标准滑行时间，因此报告中不同机场交通模式新冠疫情爆发前后变化较大。

### 4.1.1 前十大机场标准畅通滑出时间



图 4.1 2019 年中国主要机场标准畅通滑出时间

对于大多数机场而言，每月标准畅通滑出时间为较恒定的数值。例如，西安咸阳国际机场（ZLXY）的标准畅通滑出时间每个月都为 10 分钟。具体机场根据当地实际运行情况，每个月标准畅通滑出时间有一定的差异。

上海浦东机场的标准畅通滑出时间波动较大，这是因为其建在东海之滨，冬季易受海上平流雾和低云等气象条件的影响，航班的滑行时间比其它季节长。



图 4.2: 2019 年欧洲机场畅通滑行时间

图 4.2 为 2019 年机场的月度标准畅通滑出时间。对于欧洲大部分机场，第

20 百分位法可以得出一个相对恒定的各月的标准畅通滑出时间。通过算法可以看出：当被研究机场运行条件类似，标准畅通滑出时间有着相对稳定并具备一定规律性的特点。仅阿姆斯特丹机场（EHAM）例外，其月度标准畅通滑出时间波动较大。阿姆斯特丹机场是欧洲唯一一个拥有 6 条跑道的机场。由于其特殊的地理位置（靠近荷兰海岸）和多变的天气条件，多种跑道系统配置等多种因素叠加影响，导致该机场 2019 年标准畅通滑出时间有一定波动。

### 4.1.2 额外滑行时间

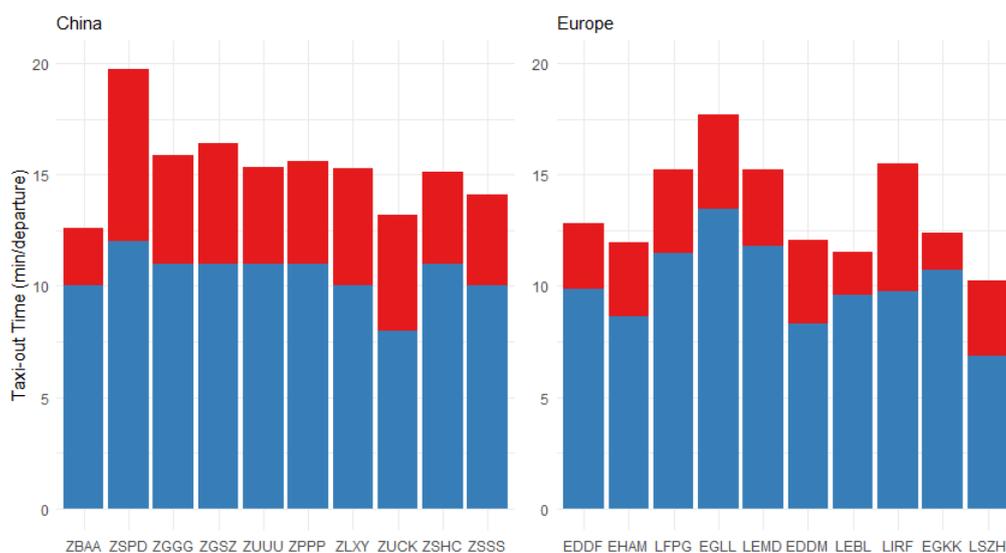


图 4.3: 2021 年中国和欧洲的滑行时间

据图 4.3 所示，两个地区的机场在 2021 年的滑出时间各不相同。总体而言，与中国相比，欧洲的平均额外滑出时间较短。然而，额外滑出时间的长短与机场保障航班量排名无关，除了北京首都国际机场和重庆江北国际机场，中国机场的保障航班量和机场额外滑出时间存在一定的线性关系。欧洲的机场则不具备这种线性关系，伦敦希思罗机场（EGLL）在所有机场中标准畅通滑出时间最长。与其他欧洲枢纽机场相比，伦敦希思罗机场是一个仅有双跑道的机场（而德国法兰克福机场和巴黎戴高乐机场均有 4 条跑道；荷兰阿姆斯特丹机场有 6 条跑道）。因此，在地面滑行阶段，地面基础设施面临着巨大的压力。这表明应用于伦敦希思罗机场的第 20 个百分位数方法可能已经包含一定的拥堵航班。

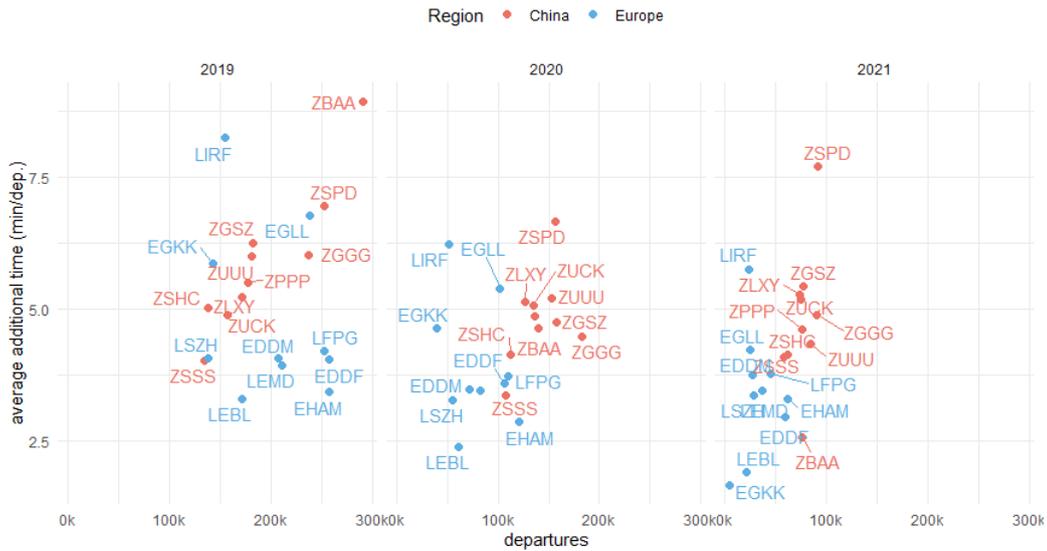


图 4.4：中欧额外滑出时间对比

离港航班量和平均额外滑出时间的整体演变如图 4.4 所示。2019 年，上海浦东和广州白云机场的离港航班量与欧洲主要枢纽（伦敦希思罗机场、巴黎戴高乐机场、法兰克福机场和荷兰阿姆斯特丹机场）的离港航班量相当。北京首都机场（ZBAA）是 2019 年所有被研究的机场中最繁忙的。当然，北京首都机场的平均额外滑出时间也最长，为 8.94 分钟。有趣的是，北京首都机场在 2021 年上半年的平均额外滑出时间最短，这与离港航班量的减少有密切关系。总体而言，额外滑出时间与保障的离港航班量呈正相关。离港航班量的减少缓解了地面设施的压力，相应的额外滑出时间就会减少，这一点在欧洲机场中得到了证实。中国的机场也出现了类似的情况。2021 年的数据代表了本年度前 6 个月的情况。2019 年，中国航班量前 10 位机场中的大部分平均额外滑出时间比 2021 年高出至少 5 分钟。中国航班量前 10 位机场比欧洲除伦敦希思罗机场、伦敦盖特威克机场和意大利罗马菲乌米奇诺机场以外的其他机场的额外滑出时间要高。尽管 2021 年上半年的航班量有所下降，但上海浦东机场的额外滑出时间仍然相当稳定，甚至出现了增长。

## 5 航班正点率

空中航行系统的可预测性以各种方式影响了航班的运行。比如，在航空公司制定航班时刻表的战略流量管理阶段以及在空中导航服务提供方和利益相关者寻求需求与容量平衡的运营阶段都受到可预测性的影响。

在这种情况下，正点率是在航空业内广泛应用的评价标准，提供了一个可以用来衡量旅客满意度的指标，帮助航空公司评估所设定的航班时刻表的价值，并支撑对航班延误成因的进一步分析。

正点率可以用多种方法来计算。本章选取了以下两种：

- 正点性能（OTP）指标，即航班实际进/离港时间与计划进/离港时间相差小于或正好等于 15 分钟；以及
- 一套基于国际民用航空组织全球空中航行计划性能评估标准的正点时间间隔算法。

### 5.1 2019 年-2021 年（上半年）中欧航班正点率对比



图 5.1：2019-2021 年中国区航班正点率统计图

如图所示，从 2019 年到 2020 年，中国的正点率上升了 7 个百分点，2021 年上半年正点率又小幅下降。中国的正点率和航班量成一定的负相关关系，2020 年受新冠疫情的影响，航班量大幅减少，运行负荷降低，正点率显著提升；2021 年上半年中国的航班量恢复至 2019 年同期的 80% 左右，正点率相应下降。

中国的航班量峰值通常出现在夏季的 7、8 月份，加上夏季多雷雨，导致相

应的正点率较低。



图 5.2: 2019-2021 年欧洲区航班正点率统计图

如图所示，从 2019 年到 2020 年，欧洲区的正点率至少上升了 10 个百分点。在 2018 年和 2019 年间，欧洲由于空域容量不足和空中交通流量管理不善，经历了大面积的航班延误。2019 年，航空器地面等待时间延长也对正点率指标的整体表现产生了负面影响，进/离港航班的正点率都在 75% 左右。而欧洲区在 2020 年以及 2021 年上半年的年均航班正点率基本保持一致。这期间正点率的提升得益于因新冠疫情蔓延而实施的旅行限制令，禁令使得出行需求显著降低。

过去，欧洲的航空航班量一般在夏季达到最高水平。这与实际观察到的因运力不足而导致 2019 年 5 月至 9 月的月均航班正点率低于 75% 的局面一致。

与之可形成对照的是，2020 年以及 2021 年上半年的实际运行航班量较少，从航线网络层面看，航班正点率进一步提高。

## 5.2 中欧十大机场航班正点率对比

下图分别标明了两个地区前十大机场的航班正点率及变化情况（2019 年至 2020 年）。

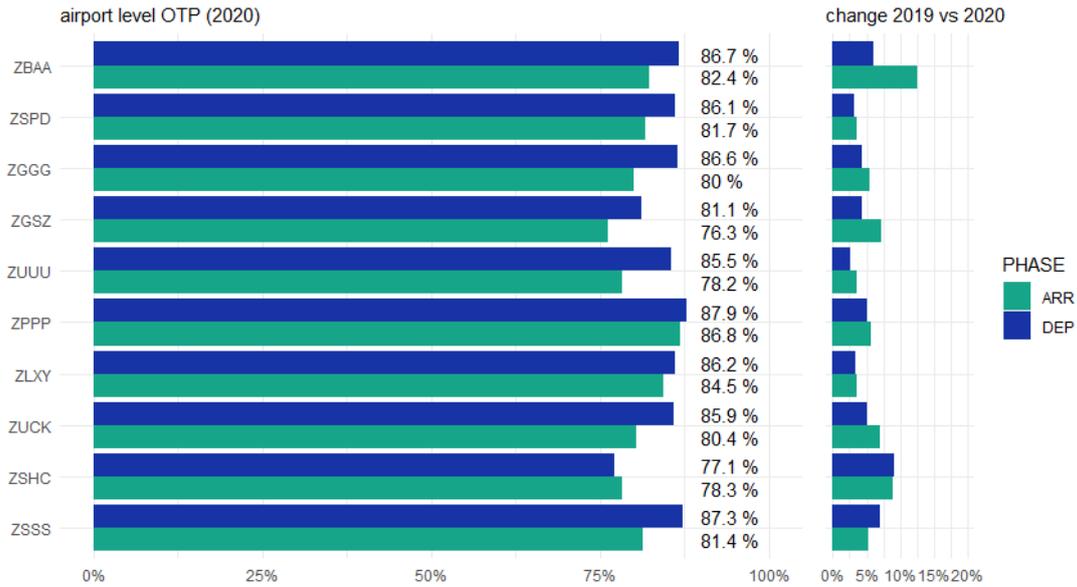


图 5.3: 中国区十大机场的航班正点率及变化情况

相较于 2019 年，2020 年中国前十机场的航班正点率均提高 5%左右。这得益于新冠疫情期间出行需求减少，航班量大幅下降，机场运行保障压力减少，运行品质得以提升。特别注意的是北京首都机场 2020 年进港航班正点率提高了 10 个百分点以上，北京大兴国际机场的启用和国际客运航班指大幅减少有效的缓解了北京首都机场的运行保障压力。

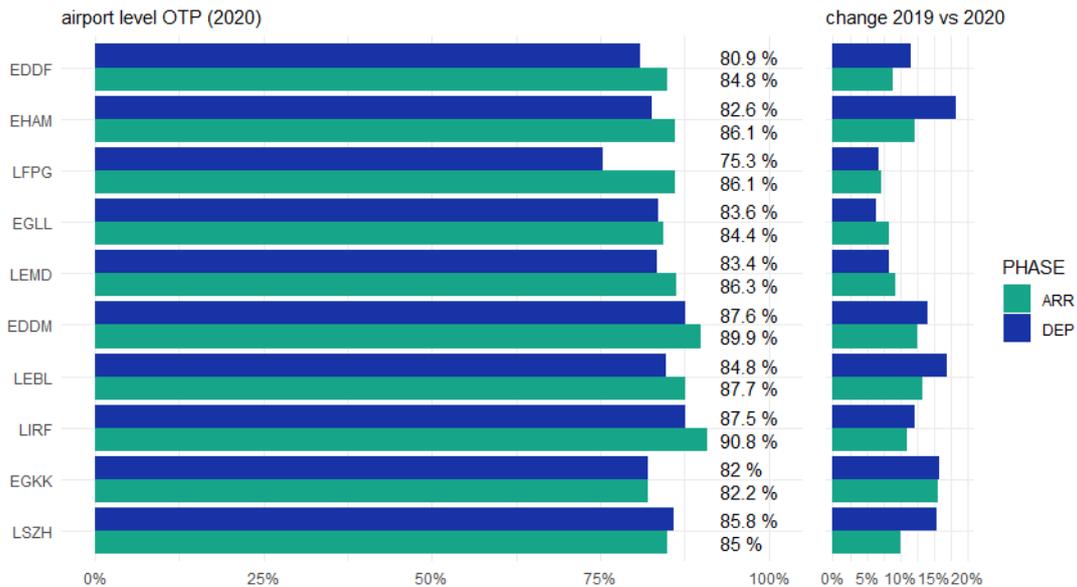


图 5.4: 欧洲区十大机场的航班正点率及变化情况

机场的航班正点率取决于机场所辐射的航线网络情况。相较于 2019 年，2020 年欧洲区各机场的航班正点率均有所提高。且欧洲各机场之间存在较大差异，正点率变化范围在 7%-20% 间不等。航班正点率的计算离不开计划进/离港时间，而当前正点率变化情况及其绝对值需要放到新冠疫情持续流行的大背景下来看。航班航行时间和中转时间变短可能是受益于较低的需求水平，并最终导致进/离港航班正点率处于较高水平。

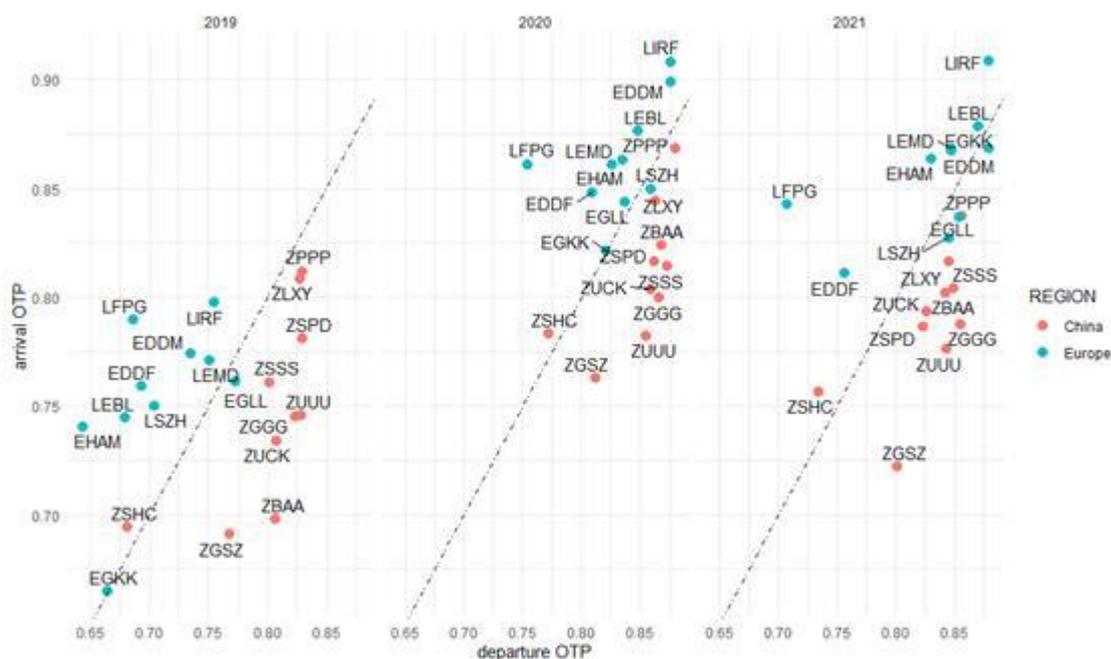


图 5.5: 进/离港航班正点率对比

图 5.5 描述了前十机场进港航班和离港航班正点率之间的关系。2019 年，中国机场离港航班的正点率高于欧洲机场。欧洲机场进港航班的正点率较高。随着 2020 年和 2021 年航班量的下降，所有机场的进离港航班的正点率都有所提高。然而，从总体上看，中国的离港正点率高于进港正点率，而欧洲的进港正点率高于离港正点率。

### 5.3 正点率

正点率还涉及到提前进港和提前离港的情况。随着航班量的变化，计划外的进/离港航班或许会因为超出可承受的服务范围进而增大空中航行服务商的压力，或是航空器不得不需要在进入和离开相关空域时、在离港滑行时排队等待。

### 5.3.1 进港航班正点率



图 5.6: 中国前十大机场进港航班正点率变化图

图 5.6 显示了 2019 年 1 月至 2021 年 6 月期间中国前 10 机场进港航班正点率变化情况。在 2020 年和 2021 年上半年内，各机场的进港航班正点率有所提高，特别是北京首都机场正点率提升较大（上文已经说过原因）。此外，早于计划达到时间 15 分钟以上到达的航班比例有所增加，这可能是由于航班需求的降低，空中运行更加顺畅，节省了空中航行的时间。

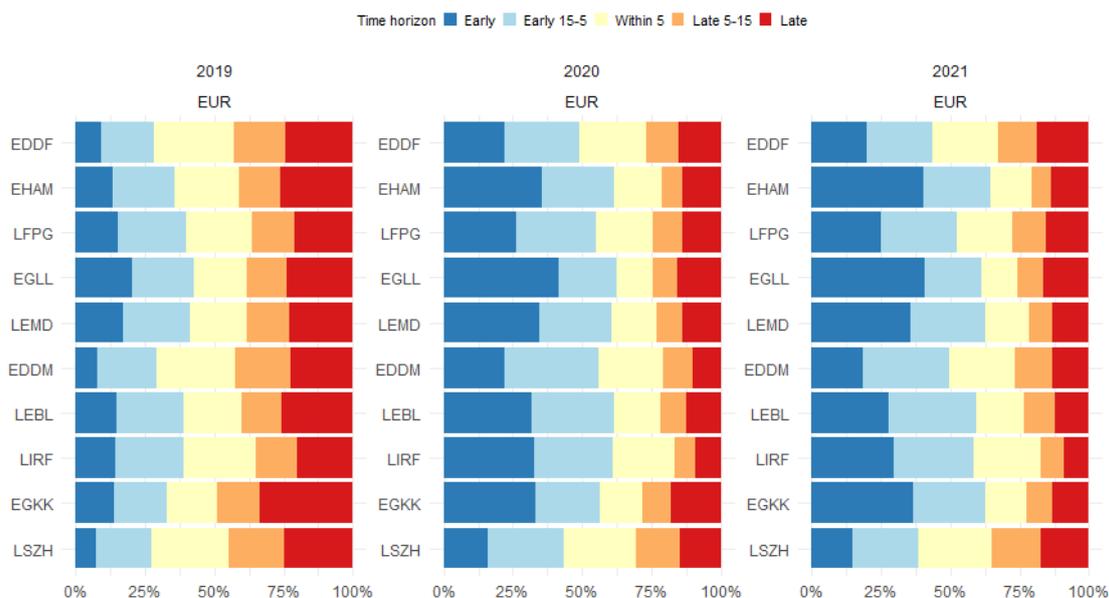


图 5.7: 欧洲前十大机场进港航班正点率变化图

图 5.7 显示了自 2019 年 1 月至 2021 年 6 月期间的欧洲机场进港航班正点率变化情况。平均而言，在 2020 年和 2021 年上半年内，欧洲各机场的进港航班正点率有所提高。在所有机场，早于预计到达时间 15 分钟以上到达的航班数量有所增加。这表明运输需求的减少缩短了总的航行时间。航空运输承运人按照航班时刻运行或是采用较为保守的航班计划航段时间。

### 5.3.2 离港航班正点率

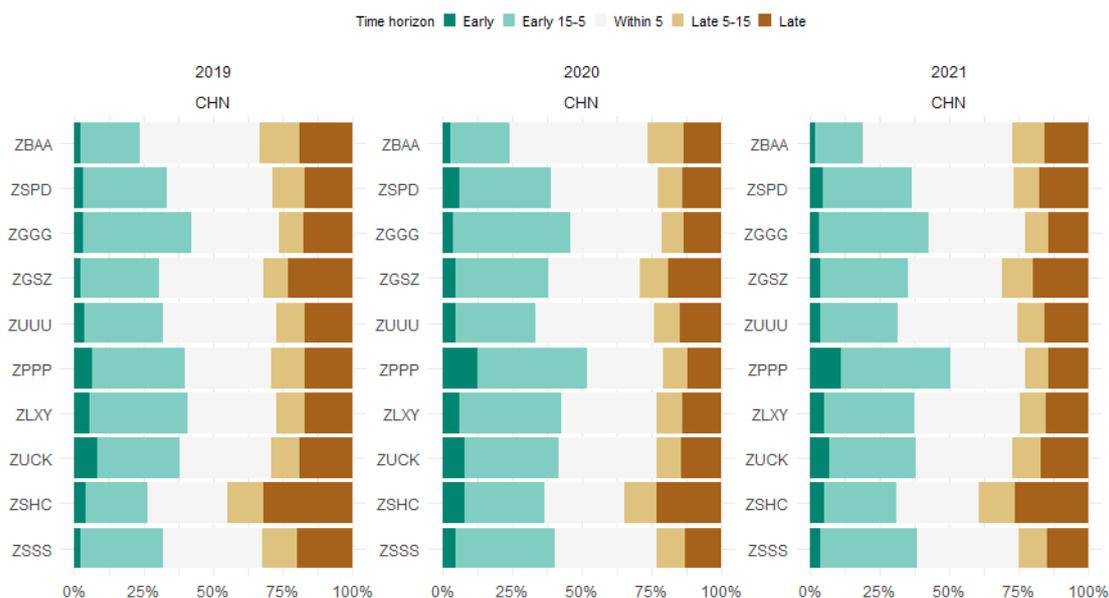


图 5.8: 中国前十大机场离港航班正点率变化图

图 5.8 显示了 2019 年 1 月至 2021 年 6 月期间中国前 10 机场离港航班正点率变化情况。在 2020 年和 2021 年上半年内，各机场的离港航班正点率有所提高。对比 5.6 和 5.8 还能发现提前 15 分钟以上离港的航班比例较低，但提前 15 分钟以上进港的比例较高，这可能是航空公司制定航班计划时更为保守，计划航段运行时间较长。

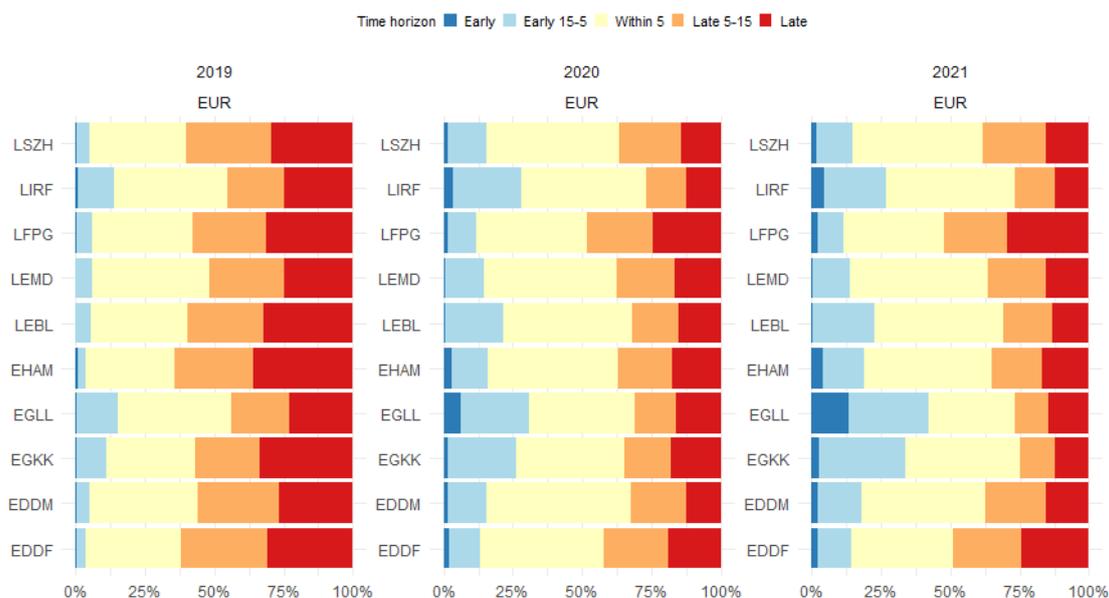


图 5.9: 欧洲前十大机场离港航班正点率变化图

图 5.9 显示了自 2019 年 1 月至 2021 年 6 月期间的欧洲机场离港航班正点率变化情况。平均而言，在 2020 年至 2021 年上半年内，欧洲各机场离港航班正点率有所提高。在所有机场，于原定时间的前/后 5 分钟范围内起飞的航班数量均有所增加。值得一提的是，与其他机场相比，巴黎戴高乐机场（LFPG）和法兰克福机场（EDDF）的延迟离港（即晚于计划离港时间 15 分钟）次数减少较少。如图所示，在 2020 年至 2021 年上半年期间，伦敦希思罗机场（EGLL）离港航班提前起飞的情况所占比例较大。需要特别注意的是，对提前 15 分钟或稍早于预定时间起飞的航班，我们假定该航班离港时间及机场空闲时段并不与实际航班时刻表完全一致。

## 5.4 航班延误原因

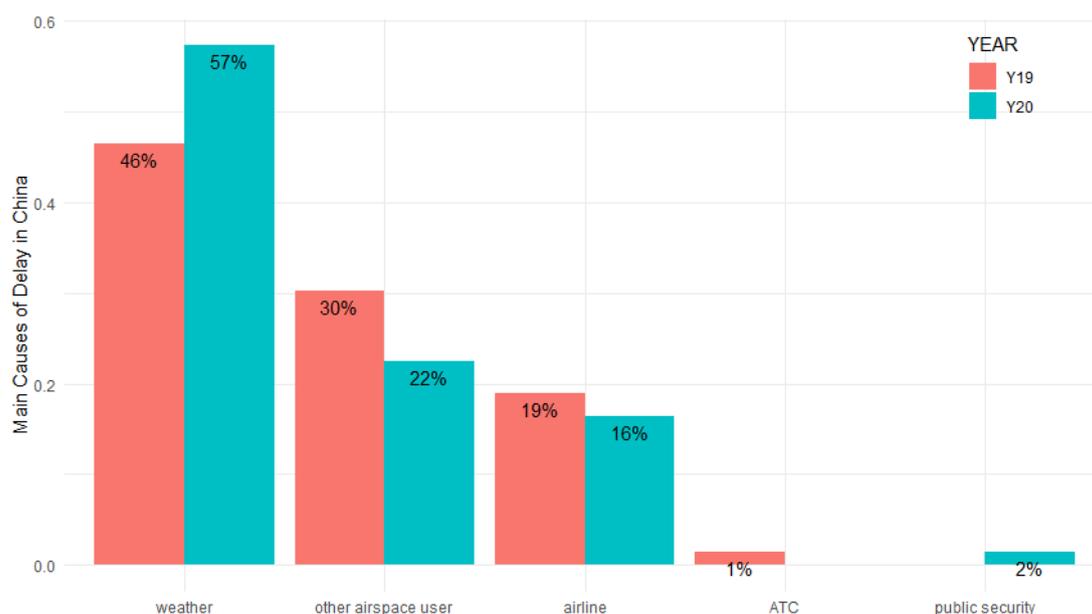


图 5.10 中国主要航班延误原因

在中国每个航班的延误原因最终归结为一个主要原因，因此，图中百分比是指延误航班量的百分比。2019 年至 2020 年期间，导致中国航班延误的主要原因是天气和其它空域用户的使用，航空公司的原因约占 1/5 左右，空管原因也占比较小。2020 年由于疫情影响，公共安全原因显著增加，由于公共安全原因中含有公共卫生事件导致的航班取消或延误。

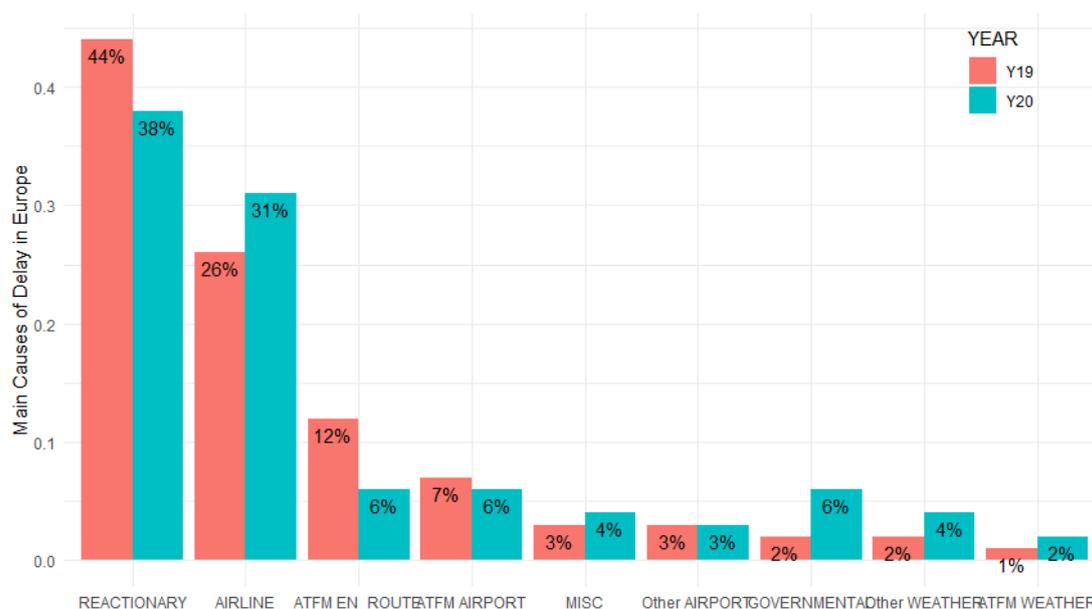


图 5.11 欧洲主要航班延误原因

欧洲的航班延误原因分类和统计方法与中国不同，欧洲的航班延误原因主要：前序航班晚到和旅客机组行李原因、航空公司原因、机场原因、航路原因、政府原因和天气原因等几类。每个航班延误时长按照其原因不同的原因分配时间占比，因此，图中延误百分比是指每个导致延误原因所占延误时间的百分比。2019 年至 2020 年期间，欧洲的主要三大延误原因第一是前序航班晚到和旅客机组行李原因、第二是航空公司原因、第三是航路原因中因空中交通管制航路容量导致的延误。

## 5.5 航班延误吸收率

在此项研究中，研究小组同意在选定的机场中调研航班延误吸收率。航班延误吸收率（DDI）主要研究选定机场的每个进港航班及其后续离港航班。

下图按月份分别给出了 2019 年至 2021 年上半年中欧各机场的日均航班延误吸收率。

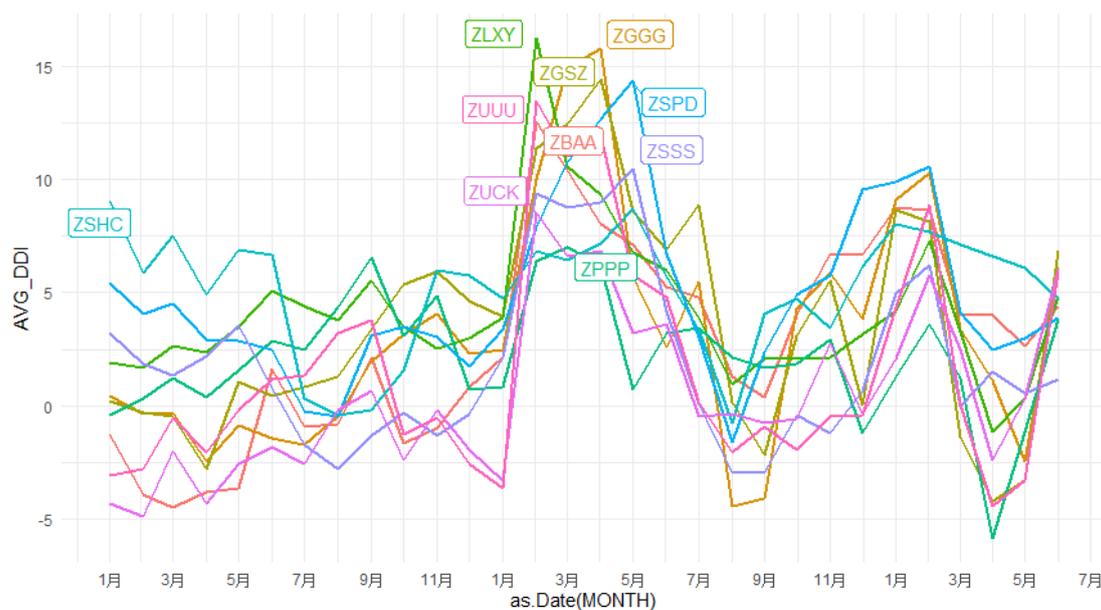


图 5.12: 中国 10 大机场航班延误吸收率变化

总体来说中国前 10 的机场的都具备一定的延误吸收能力，即在该机场过站期间能消化一定量的延误，使得下一航段的延误降低，这一指标反映了机场的过站保障能力。但比较明显的是 2020 年 2~6 月以及 2021 年 1~3 月，各机场的延误吸收率均出现了显著增长，即后续航班延误比前序航班延误增加了 10-15 分钟，这是由于各机场更加严厉的疫情防控措施导致过站时间变长。

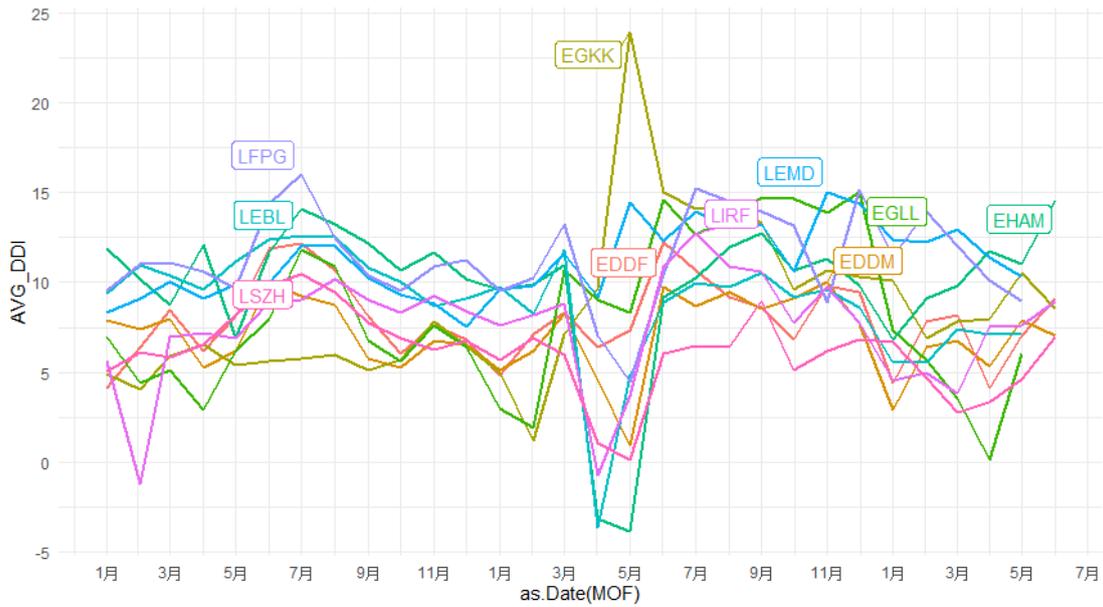


图 5.13: 欧洲 10 大机场航班延误吸收率变化

在整个研究周期，欧洲各机场的日均延误差异指数通常为正值，即此时的进港航班与其后续离港航班间的时间差约在 5~15 分钟以内。平均而言，前序进港航班若是延误，就会很难消化其造成的影响并做到后续离港只略有延迟。到了 2020 年 3、4 月，这一总趋势发生了变化。2020 年的 3 月，由于实施了旅行禁令，欧洲的航班量有所下降，并在接下来的整个 4 月都处于停滞状态。截至 2020 年 5 月，航班量实现初步回升（参见上图）。而这两个月内的运量变化导致日均延误差异指数下降，在某些情况下，甚至降为负数（此时离港航班延误率低于进港航班延误率）。

---

## 6 结论

这份报告标志着中欧首次对实际空中导航系统性能进行比较。该报告由中国民用航空局运行监控中心、中国民航大学、民航数据通信有限责任公司和欧洲航空安全组织性能评估小组在中欧双方制定的、统一的可比数据基础上共同起草的。此合作项目建立在两个地区现有的性能衡量标准和国际民航组织全球航空导航计划的基础上。因此，本报告给出了一套协调一致的性能指标及其参数。

对比报告显示了两个区域中系统性能的相似性和差异性。这为未来的研究和进一步的用例分析打下了基础，也促进了对潜在成因的研究。此项工作将有助于进一步开发和补充完善性能框架。

本报告把重点放在 2019 年 1 月至 2021 年 6 月的时间范围内。2019 年作为新冠疫情蔓延前研究这两个地区空中交通发展和空中导航系统性能的基线。正如本报告所谈及的，这两个地区经历了两次主要的新冠肺炎疫情传播以及相关的航空运输限制措施。因此，该报告还研究了在全球新冠肺炎疫情蔓延期间前所未有的限制措施对航空运输运行性能造成的影响，以及空中交通和系统性能的恢复程度。

本报告的第一部分分析了空中航行组织架构和影响性能因素(如空中交通需求和机队组成)方面的共性和差异。以上因素对实际运行性能有很大的影响。总的来说，中国由空管局提供导航服务的空域的面积约占欧洲空域的 94%。欧洲的空中导航服务更加分散，有大量的地方/国家空中导航服务提供方及各自的管制单位。中国的空中交通服务由一家提供服务。

在中国的前十机场中，只有北京首都(ZBAA)和上海浦东(ZSPD)受疫情影响较大，其他机场恢复得相对较好。欧洲的情况则完全不同，欧洲前十机场交通量变化较大、波动明显。与 2019 年相比，欧洲所有机场 2020 年和 2021 年上半年的高峰日航班量大幅下降。在中国，只有 ZBAA 和 ZSPD 两个机场在 2021 年上半年的高峰日航班量与 2019 年相比显著下降。然而，这一下降幅度仍然比欧洲的降幅缓和。

总体而言，中国机场的国内航班比例较高，北京首都、上海浦东和广州白云机场在疫情前的国际航班比例较高，2020 年至 2021 年期间的变化较大，国内航班的比例不断上升。对于欧洲机场来说，欧洲内部和国际航班都有所下降，这导

---

致在 2020 年初新冠疫情大流行期间，航班量大幅减少，洲内/国际航班比例也随之下降。欧洲第二波新冠肺炎疫情及其对欧洲内部和国际远程航班影响，在法兰克福(EDDF)、阿姆斯特丹史基浦机场(EHAM)、巴黎戴高乐机场(LFPG)和伦敦希思罗机场(EGLL)等欧洲主要交通枢纽更加突出。其他欧洲机场似乎没有受到远程国际航班量损失的影响。航班量的波动主要是由于航班量的普遍下降，特别是基于不同国家旅行和新冠疫情措施的欧洲内部航班量的下降。

本报告的重点是在滑行阶段的运行效率。在所有的研究机场中，中欧标准畅通滑出时间是相似的。总体而言，由于季节变化，主要是天气变化，欧洲机场的波动略高。中国的平均额外滑出时间高于欧洲，除北京首都机场外，中国机场的总滑行时间与额外滑出时间线性关系更明显。这表明在中国，滑行时间与机场的规模有关。在欧洲，各个机场的差异更大，说明滑出时间对机场的依赖程度更高(机场尺寸、跑道/滑行道系统和终端构型)。中国和欧洲均呈现出额外滑出时间随着航班量的下降而降低。

在运行效率层面，2019 年中国和欧洲的年度正点率相似。总体而言，欧洲在 2020 年和 2021 年上半年的正点率略高，所研究的机场中，正点率平均在 80%以上，这两个地区前十机场的正点率相当。2020 年和 2019 年相比，欧洲机场的正点率变化高于中国，这表明机场正点率和航班量之间的联系更紧密(欧洲机场航班量总体降幅更大)。在比较进港和离港正点率之间的关系时，我们发现 2019 年欧洲的进港航班和中国的离港航班更受关注。2020 年至 2021 年上班年，中欧航班进离港正点率之间的差距缩小，正点率水平不断提升。在研究的机场和时间范围内，中国的准点率变化幅度小于欧洲。中欧机场在计划到港和离港时间 $\pm 5$ 分钟内到港或离港的航班比例大致相同，然而，也有相当一部分提前到港的航空器。

中国和欧洲的延误原因和延误时间划分方法不一致，本报告进行了初步分析。

中国和欧洲运行的空中导航性能的初步比较，揭示了两个地区的相似性和差异性。在整个报告中，我们清楚地了解了新冠疫情的影响、应对疫情蔓延的不同措施及其对航空运输的影响。研究中国和欧洲导航系统进一步的恢复和发展，并扩展与中国和欧洲需求水平相关的运行性能分析，将是非常有意义的。这份报告确定了未来工作和进一步联合研究的领域。双方同意定期更新报告，并希望报告的研究结果有助于其他感兴趣的团体探讨区域性能评估的好处。

## 7 项目参与人员

表 7.1:主要参与者

中国		欧洲	
孙韶华	中国民用航空局运行监控中心	Rainer Koelle	PRU
王宇航	中国民用航空局运行监控中心	Fabio CARNEIRO BARBOSA	PRU
刘锋锋	中国民航航空局运行监控中心		
周薇	中国民用航空局运行监控中心		
王绮旋	中国民用航空局运行监控中心		
马伶俐	中国民航大学		
金开研	民航数据通信责任有限公司		
左谛	民航数据通信责任有限公司		