



2017年全国民航航班运行效率报告



民航局运行监控中心
2018年02月

2017 年全国民航航班运行效率报告

编委名单

总编审：	王志清	民航局
主 编：	李宗冀	民航局 监控中心
	张翀昱	民航局 监控中心
编 委：	黄卫芳	民航局 监控中心 飞行计划室
	刘锋锋	民航局 监控中心 飞行计划室
	章 乐	民航局 综合司 局长办公室
	王冉冉	民航局 监控中心 飞行计划室
	王宏伟	民航局 监控中心 飞行计划室
	肖 震	国际航空运输协会
	赵焜飞	中国民航大学
	张 颀	中国民航大学
	马伶俐	中国民航大学
	井诗博	民航数据公司
	王晓光	民航数据公司

目 录

1 总体概述	1
2 交通量	2
2.1 总体情况	2
2.2 年度各类飞行起降架次.....	3
2.3 年度航班量.....	4
2.4 月度航班量.....	5
2.5 日均航班量.....	6
2.6 区域交通量.....	7
2.6.1 地区航班起降架次.....	7
2.6.2 交通量季节变化.....	8
2.6.3 区域月均飞行量.....	9
2.7 机场交通量.....	10
2.7.1 主要繁忙机场日均起降架次.....	10
2.7.2 年度协调机场小时高峰架次.....	11
2.7.3 主要繁忙机场小时流量分布.....	11
2.7.4 机场起降架次年增长率情况.....	18
3 空域环境	20
3.1 可用空域.....	20
3.2 空域运行繁忙程度.....	21
3.2.1 繁忙航段.....	23
3.2.2 繁忙航路点.....	24
3.3 主要航路拥堵情况.....	25
3.4 临时航线使用情况.....	26
3.5 城市对班机飞行路线非直线性系数.....	27

4 正常率	29
4.1 年度航班正常率.....	29
4.2 月度航班正常率.....	31
4.3 航空公司航班正常率.....	34
4.3.1 主要航空公司航班正常率.....	34
4.3.2 非主要航空公司航班正常率.....	35
4.3.3 航空公司不正常航班量情况.....	36
4.3.4 天气原因延误严重的航空公司.....	37
4.3.5 航空公司自身原因延误严重的航空公司.....	38
4.3.6 空管（含流量）原因延误严重的航空公司.....	40
4.4 八大航空公司正常率.....	41
4.5 机场放行正常率.....	42
4.5.1 主要机场放行正常率.....	42
4.5.2 放行正常率低的机场.....	43
4.5.3 主要机场不正常航班量情况.....	43
4.5.4 天气原因延误严重的机场.....	45
4.5.5 航空公司原因延误严重的机场.....	46
4.5.6 空管（含流量）原因延误严重的机场.....	47
4.5.7 主要机场平均到达延误.....	48
4.6 协调机场平均关舱门等待时间.....	49
4.7 协调机场平均滑出时间.....	50
4.8 航班延误时长.....	51
4.9 大面积航班延误情况下主要公司延误分析.....	53
5 航班飞行计划执行率	56
5.1 主要航空公司航班飞行计划执行率.....	56
5.2 主要航空公司未按批复计划执行情况.....	57
5.3 暑运执行情况.....	59
6 过站时间	61

7	航班飞行距离分布	67
8	成本效益	68
9	中欧对比	70
9.1	空域运行繁忙程度.....	71
9.2	日均航班量.....	73
9.3	主要机场起降量.....	73
9.4	机场容量利用率.....	75
9.5	滑行效率.....	77
9.6	航路飞行效率.....	78
9.7	进近效率.....	81
9.8	离港延误分布.....	82
9.9	到港延误分布.....	83
9.10	航班各阶段运行时间变化.....	84
10	上海虹桥机场运行专项分析	86
10.1	虹桥机场概况.....	86
10.2	虹桥机场运行情况.....	86
10.2.1	机场整体运行情况.....	86
10.2.2	放行率.....	87
10.2.3	始发航班正常性.....	88
10.2.4	航班不正常原因.....	90
10.2.5	机场主要航线问题分析.....	91
10.2.6	各公司延误分析.....	97
10.2.7	大面积延误情况下各公司运行效率.....	98
10.2.8	各公司滑行时间.....	99
10.2.9	终端区流量分布.....	101
10.2.10	容量、交通量和延误的关系.....	103
10.2.11	不同时间段的延误分布.....	104

1 总体概述

2017 年全国民航航班运行效率概览																																				
交通量	 <p>塔台保障航班起降架次（不含航校训练）</p>				<h3>各类飞行起降架次</h3> <p>2006年至2017年我国各类飞行起降架次持续增长，2017年达到了928万架次；年均增长率约为9.7%，2017增速比2016年有所上升，达到了10.39%。</p>																															
	正常率	 <p>年度各类飞行起降架次及正常率</p>				<h3>航班正常率</h3> <p>2006-2015年，航班正常率随航班量增长呈持续下滑趋势，2016年正常率止跌回升，2017年再次呈现下滑趋势。</p>																														
飞行距离分布		 <p>航班飞行距离分布</p>				<h3>航班飞行距离分布</h3> <p>2017年国内城市对之间的航班飞行距离主要集中在200至1800公里范围内，占全年航班量的82%左右。相比2016年飞行距离分布，2017年各飞行距离占比基本一致。</p>																														
	燃油效率	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>总飞行距离 (万架次·公里)</th> <th>总飞行时间 (架次·小时)</th> <th>单位航班公里燃油消耗 (千克/架次·公里)</th> <th>单位航班小时二氧化碳排放 (吨/架次·小时)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2013年</td> <td>363641.8</td> <td>5812211.8</td> <td>5.23</td> <td>10.31</td> </tr> <tr> <td>2014年</td> <td>392019.4</td> <td>6392546.9</td> <td>5.38</td> <td>10.40</td> </tr> <tr> <td>2015年</td> <td>419157.1</td> <td>6845760.7</td> <td>5.21</td> <td>10.04</td> </tr> <tr> <td>2016年</td> <td>464039.0</td> <td>7691724.3</td> <td>5.14</td> <td>9.77</td> </tr> <tr> <td>2017年</td> <td>498231.5</td> <td>8595608.7</td> <td>5.29</td> <td>9.65</td> </tr> </tbody> </table>					总飞行距离 (万架次·公里)	总飞行时间 (架次·小时)	单位航班公里燃油消耗 (千克/架次·公里)	单位航班小时二氧化碳排放 (吨/架次·小时)	2013年	363641.8	5812211.8	5.23	10.31	2014年	392019.4	6392546.9	5.38	10.40	2015年	419157.1	6845760.7	5.21	10.04	2016年	464039.0	7691724.3	5.14	9.77	2017年	498231.5	8595608.7	5.29	9.65	<h3>航班空中燃油消耗</h3> <p>2013-2017年，民航航班空中总飞行距离、总飞行时间与总燃油消耗均持续增长。单位航班小时二氧化碳排放呈现下降趋势，2017年为9.65吨/架次·小时，比2016减少0.12吨/架次·小时。</p>
		总飞行距离 (万架次·公里)	总飞行时间 (架次·小时)	单位航班公里燃油消耗 (千克/架次·公里)	单位航班小时二氧化碳排放 (吨/架次·小时)																															
2013年		363641.8	5812211.8	5.23	10.31																															
2014年		392019.4	6392546.9	5.38	10.40																															
2015年		419157.1	6845760.7	5.21	10.04																															
2016年	464039.0	7691724.3	5.14	9.77																																
2017年	498231.5	8595608.7	5.29	9.65																																

2 交通量

2.1 总体情况

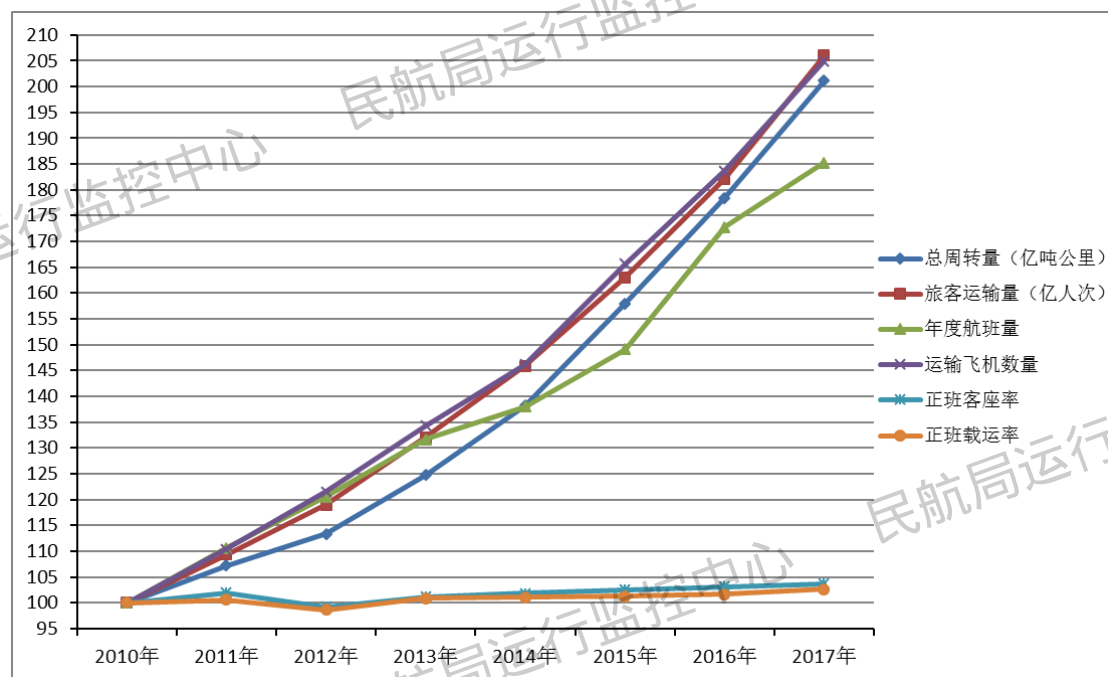


图1 2010年至2017年航班主要指标变化

2010年到2017年我国航班主要指标变化趋势如图1所示。以2010年为基点，各指标均以相对数表示，可以看出，2010年至2017年，总周转量、旅客运输量、航班量、运输飞机数量均持续增长，2017年航班量增长较2016年有所变缓。2017年正班客座率、正班载运率相对平稳且有小幅提高。

2.2 年度各类飞行起降架次

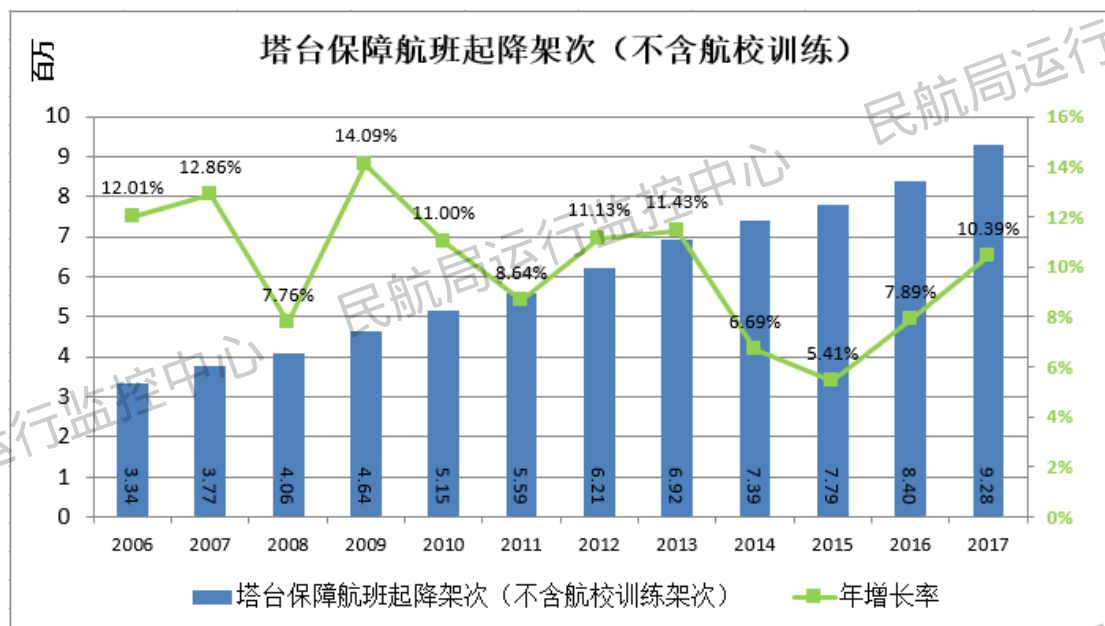


图2 年度各类飞行起降架次

如图2所示的是我国2006年至2017年各类飞行起降架次（不含训练飞行）。该期间，我国各类飞行起降架次持续增长，2017年达到928万架次。2015年增长率最低，增幅最大的是2009年，达14.09%。这里的各类飞行起降指的是在我国境内机场起降的飞行，包括公共航空运输、通用航空运输、调机等飞行。国内航班每班计为“一起”和“一降”两个架次，国际或港澳台地区航班每班计为“一起”或“一降”一个架次；飞越我国大陆上空的飞行不在此计算范围内。

2.3 年度航班量

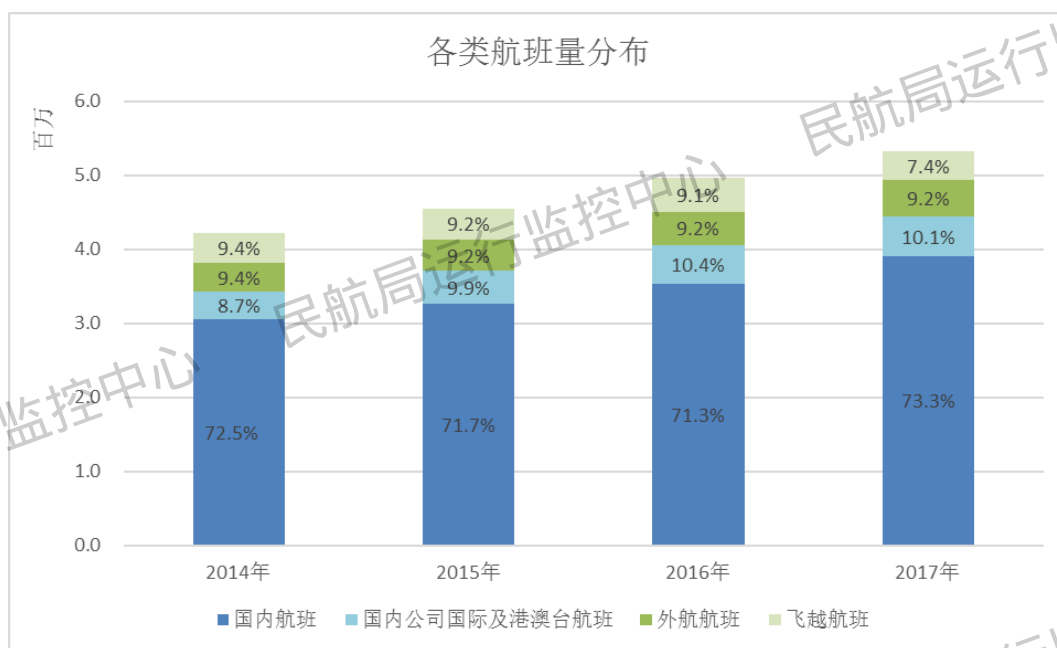


图 3 2014-2017 年度各类航班量

图 3 是 2014-2017 各类航班量增长情况，这里的航班量是实际执行的航班量。由图可以看出国内航班、国内公司飞国际及港澳台航班、外航航班均持续增长。2017 年我国总航班量达到 532 万架次，其中，国内航班、国内公司国际及港澳台航班、外航航班和飞越大陆航班所占百分比分别为 73.3%、10.1%、9.2% 和 7.4%。

2.4 月度航班量

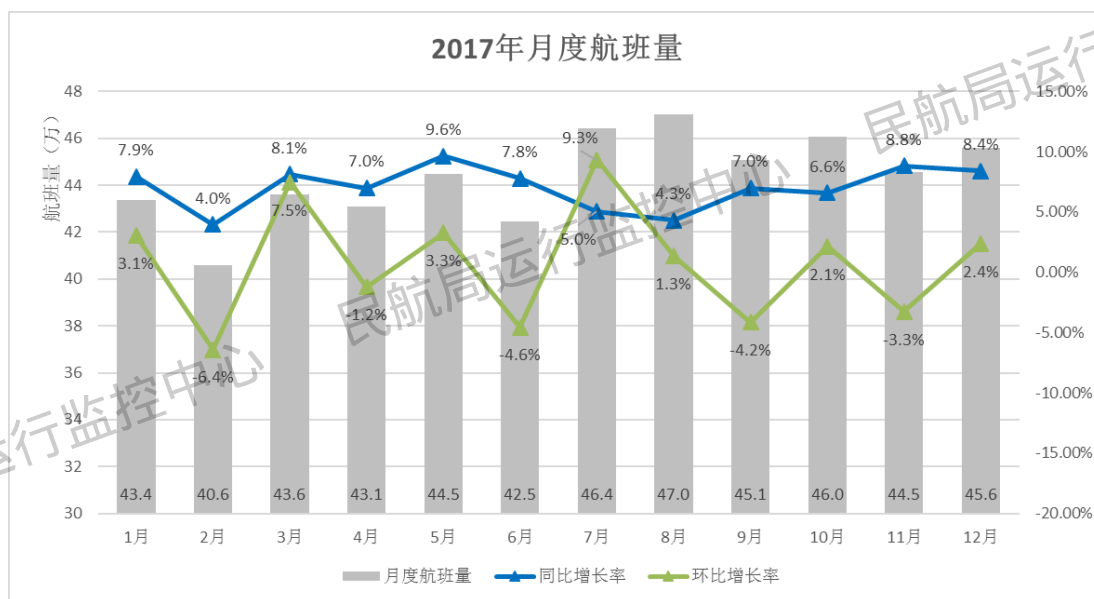


图 4 2017 年月度航班量

图 4 表示 2017 年各月实际执行航班量以及同比、环比增长率变化趋势。2017 年月均 443572 班，同比增长 7.01%。高峰出现在 7 月和 8 月，7 月环比增长率最高，8 月航班量最大，说明暑运需求持续旺盛。相比 2016 年，每月航班数量均稳步增长，其中增幅最大的是 5 月，达 9.6%。

2.5 日均航班量



图5 2017年月度日均航班量

图5所示为2017年每月的实际执行日均航班量情况，日均14583班，同比增长7.3%，其中1月份日均航班量最小，13988班，8月份日均航班量最大，为15172班，反映了暑运期间航班需求量大的现状。2013年至2017年，月度航班量的最大值与最小值之间的差值分别为1916班、1968班、1735班、1589班和1184班，说明在我国淡季与旺季航班量都在增长的背景下，淡季与旺季的日均航班量差距逐步缩小，说明全年各月民航客运需求逐渐趋于平稳，高峰和低谷差异逐步缩小。

2.6 区域交通量

2.6.1 地区航班起降架次

交通量年度增长率分布 (2017 VS 2016)

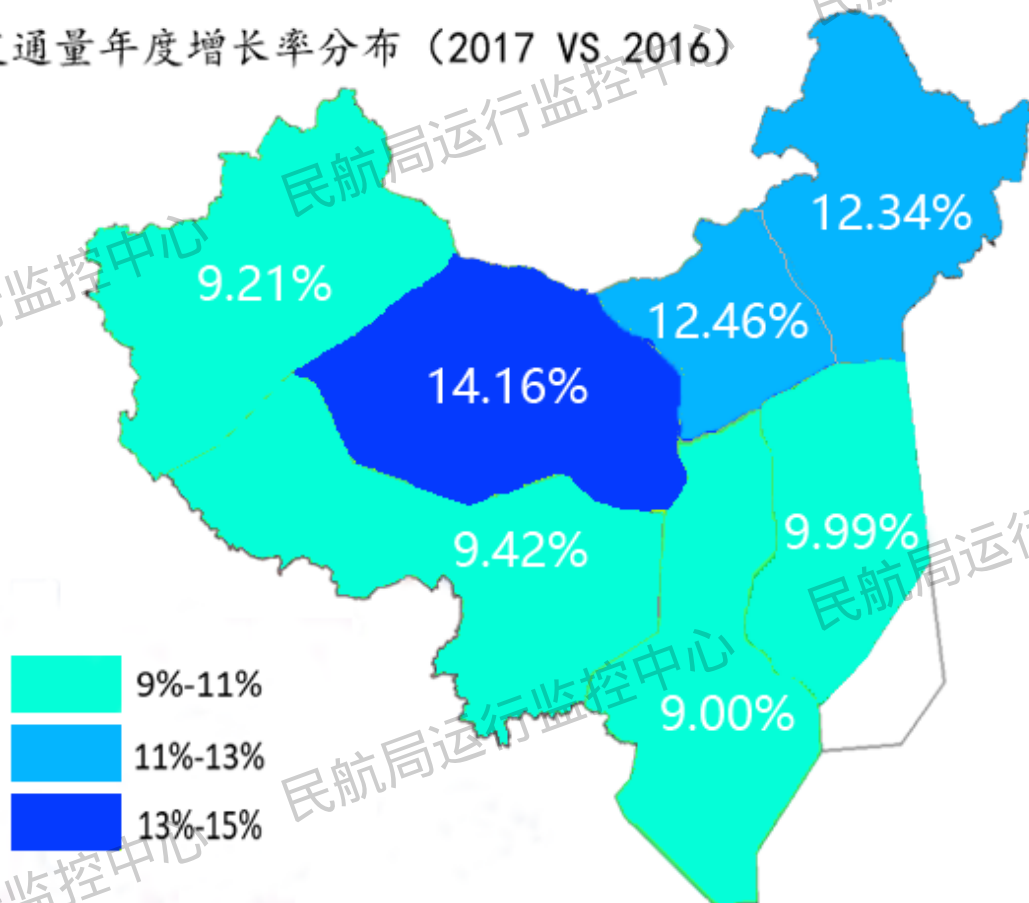


图 6 各地区年度航班起降架次

2017 年各地区年度航班起降架次（不含航校训练架次）增长率情况如图 6 所示。2017 年东西部航班起降架次增幅不均，东北、华北、西北地区同比增长超过十个百分点，其中增长最大的是西北地区，达 14.16%，增长最小的是中南地区，为 9.00%。

2.6.2 交通量季节变化

各地区起降航班季节变化

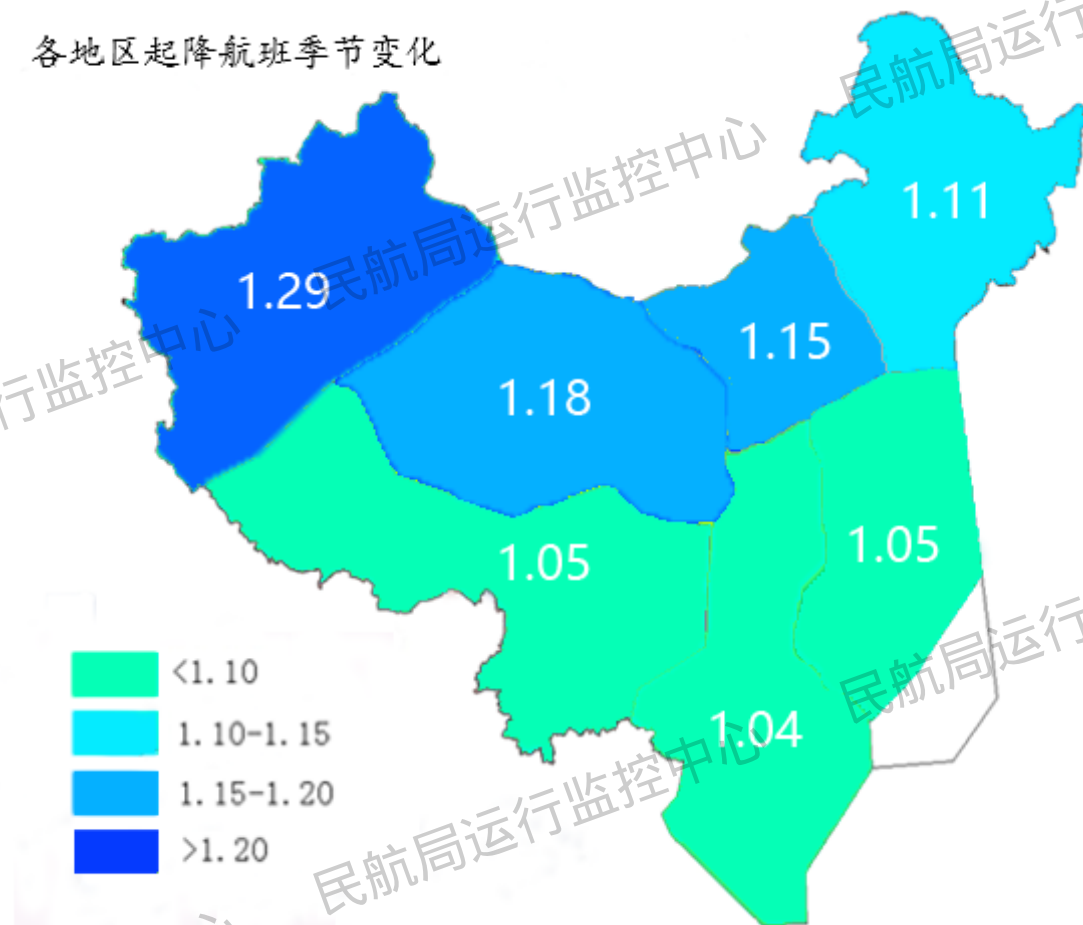


图7 各地区航班起降架次季节变化

表1 2013-2017年各地区航班起降架次季节变化

	新疆	西北	东北	华北
2013	1.17	1.23	1.15	1.13
2014	1.24	1.23	1.07	1.15
2015	1.27	1.19	1.15	1.12
2016	1.25	1.16	1.12	1.12
2017	1.29	1.18	1.11	1.15

图7说明的是各地区高峰月航班起降架次与年度月均航班起降架次的比值，表1是近五年来季节性变化较大的区域情况对比。2017年我国各地区季节性变化与2016年基本一

致，西北、东北和新疆地区都有几个月是旅游旺季，因此航班起降架次的季节性变化明显，变化率都达 11% 以上，华东、中南、西南区域季节性变化不大。

2.6.3 区域月均飞行量

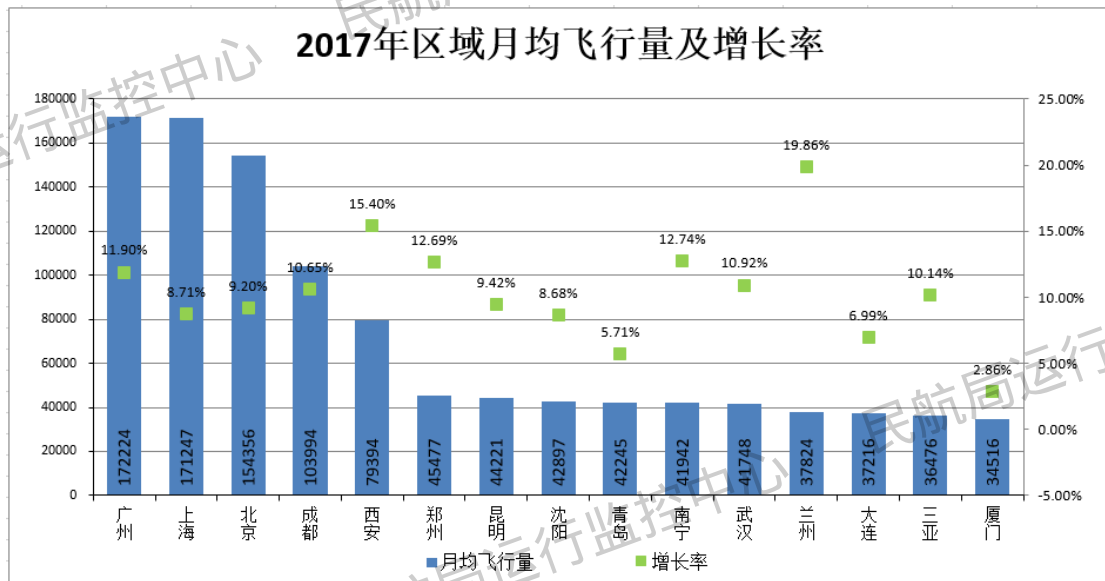


图 8 2017 年区域月均飞行量

如图 8 所示，2017 年月均飞行量最大的三个区域是广州、上海、北京，月均飞行量都超过 15 万架次，广州区域的月均飞行量最大，超过 17.2 万架次。各区域月均飞行量都有所增长，最快的是兰州区域，达 19.86%。

2.7 机场交通量

2.7.1 主要繁忙机场日均起降架次

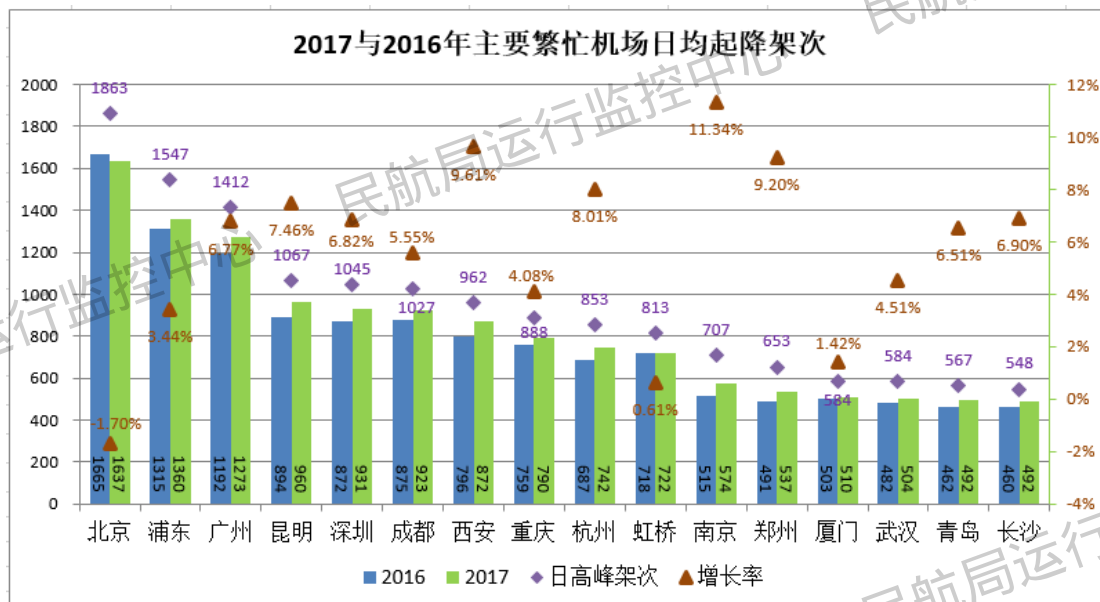


图9 2017与2016年主要繁忙机场日均起降架次

2017年与2016年主要繁忙机场日均航班量、日高峰架次以及航班量增长情况如图9所示。相比2016年，除首都机场外，各机场日均起降架次都有所增长，其中增幅最大的是南京禄口机场，达11.34%；首都机场增长率为负数，日均航班量降低1.7%，主要是因跑道大修以及为保障多个重要活动，实际运行中适当调减了部分航班量。日高峰架次方面，2017年首都机场日高峰达到1863架次，继续排名全国第一。

2.7.2 年度协调机场小时高峰架次

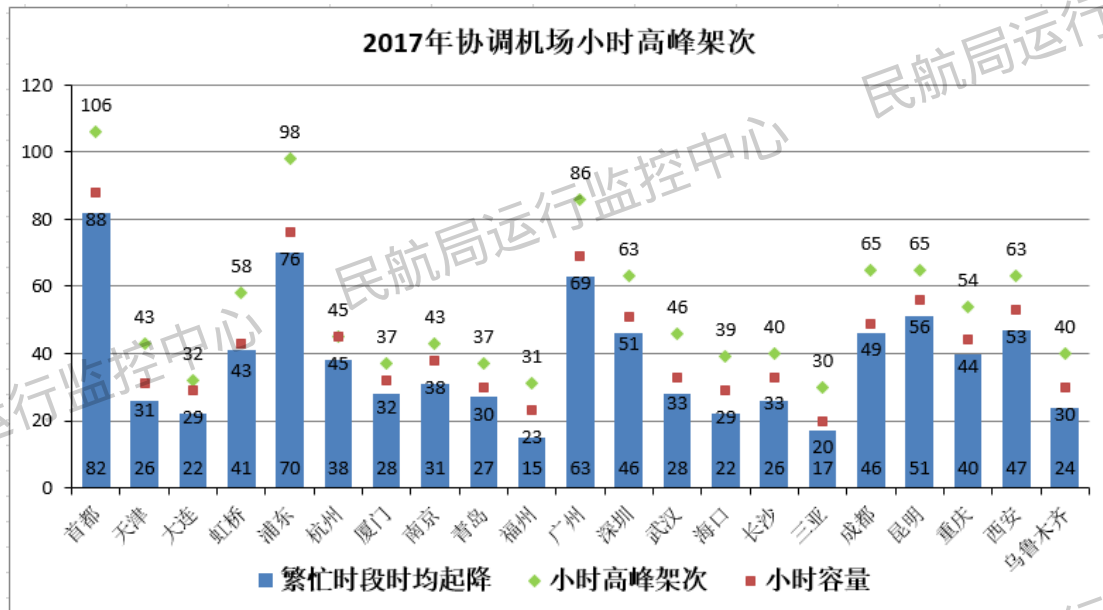


图 10 协调机场小时高峰架次

2017年，民航局公布的21个航班时刻协调机场协调时段小时平均起降架次、小时高峰架次和规定小时容量如图10所示。21个协调机场的小时高峰架次都大于公布的小时容量标准，其中，浦东超出22架次，另外，首都、天津、虹桥、广州和成都超出10余架次。

我们把7:00至22:00之间的15个小时设定为繁忙时段。该时段内，大部分机场平均起降架次接近小时容量，说明这些机场空域范围内每天都长时间处于高负荷运行状态。

2.7.3 主要繁忙机场小时流量分布

以2017年7-9月份为例，分析这92天内北京首都、上海浦东、上海虹桥、广州白云、深圳宝安、厦门高崎、昆明

长水、南京禄口和成都双流机场平均每小时航班量。

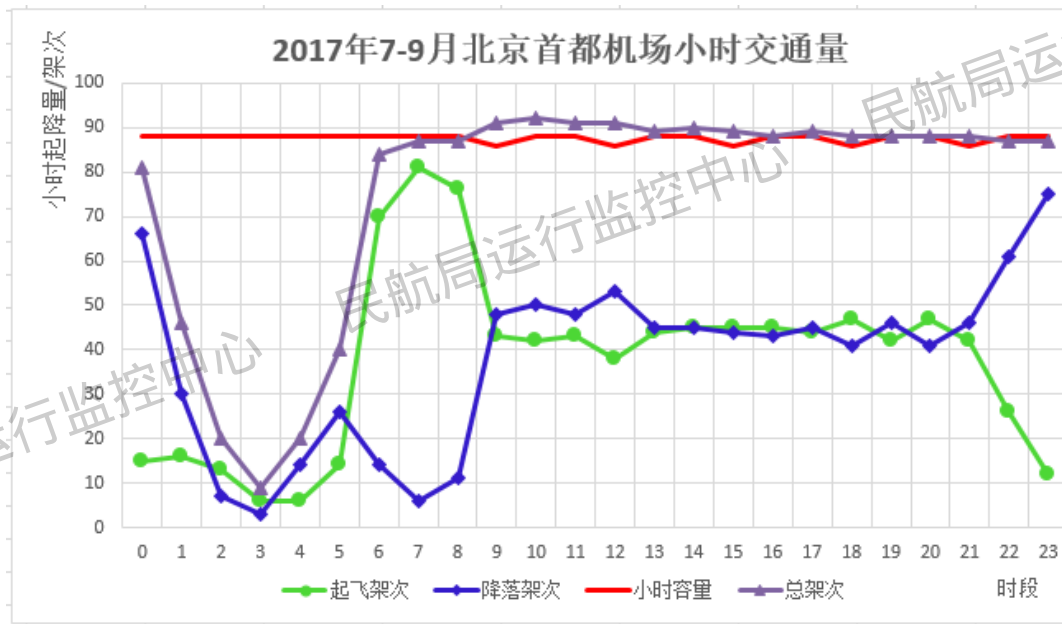


图 11 北京首都机场小时交通量与小时容量情况

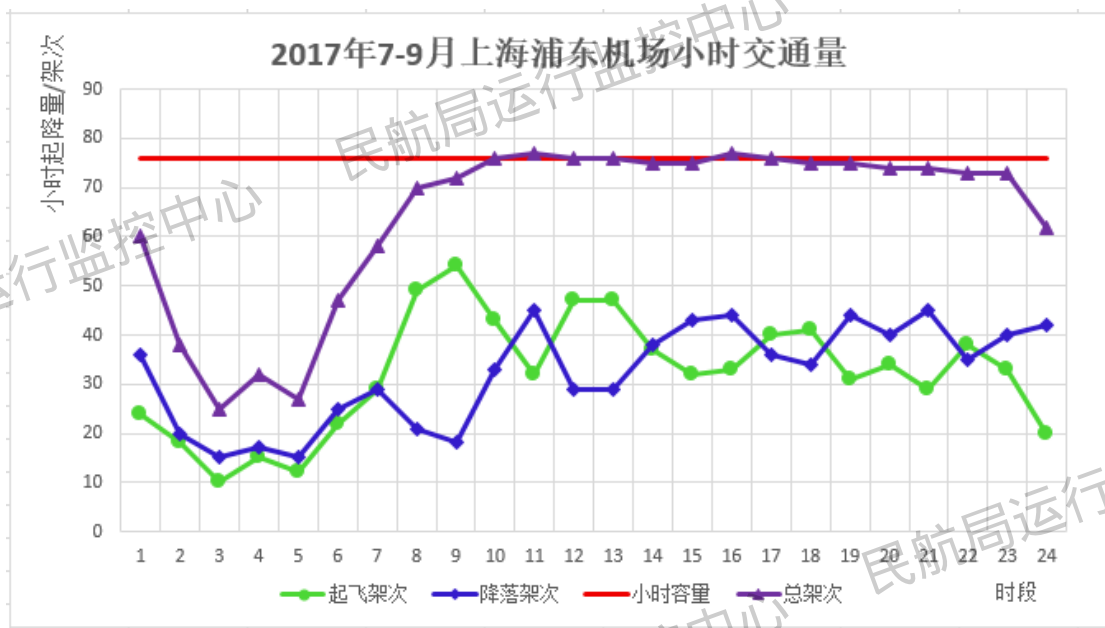


图 12 上海浦东机场小时交通量与小时容量情况

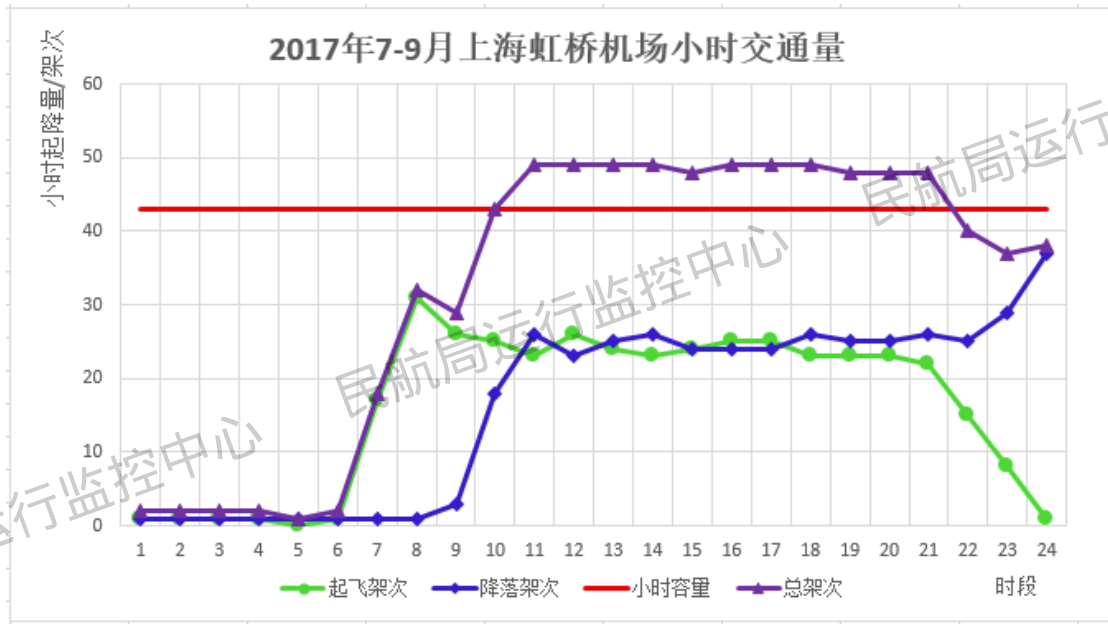


图 13 上海虹桥机场小时交通量与小时容量情况

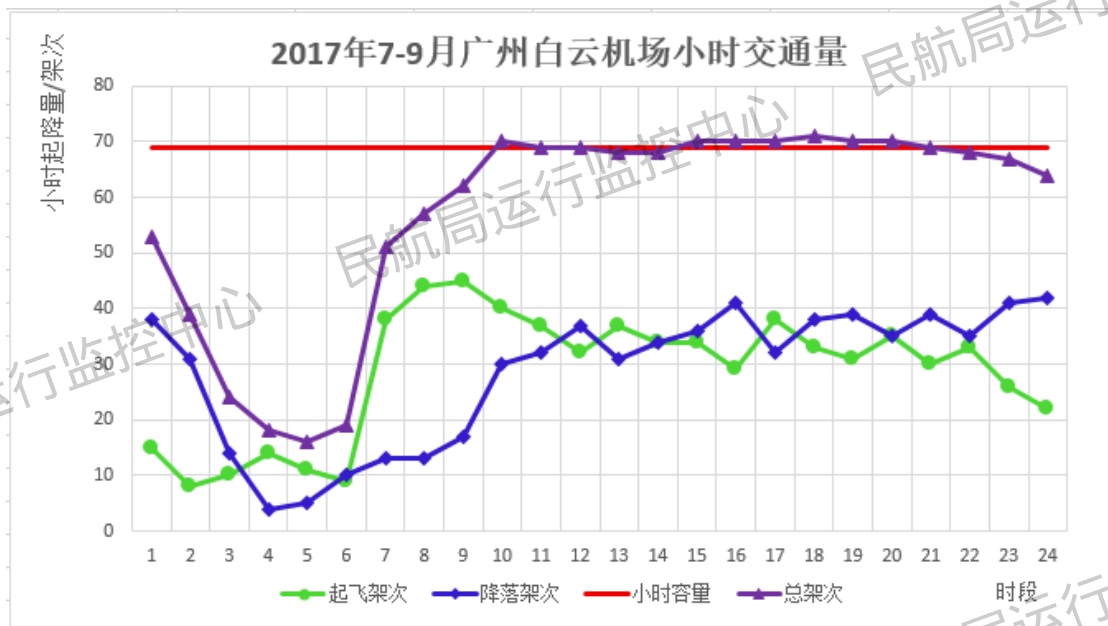


图 14 广州白云机场小时交通量与小时容量情况

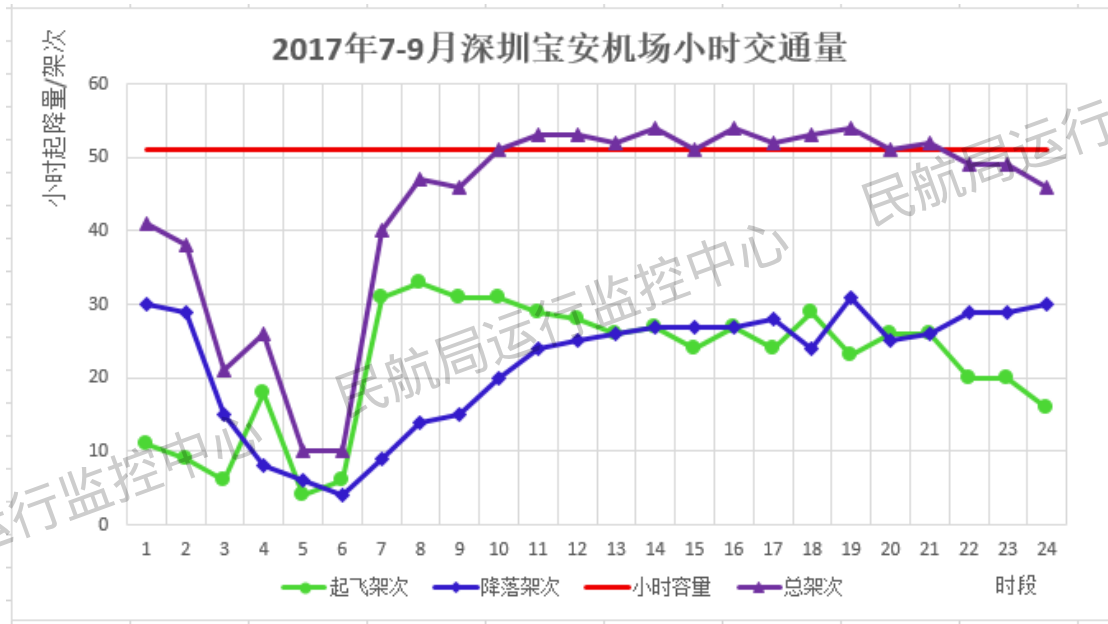


图 15 深圳宝安机场小时交通量与小时容量情况

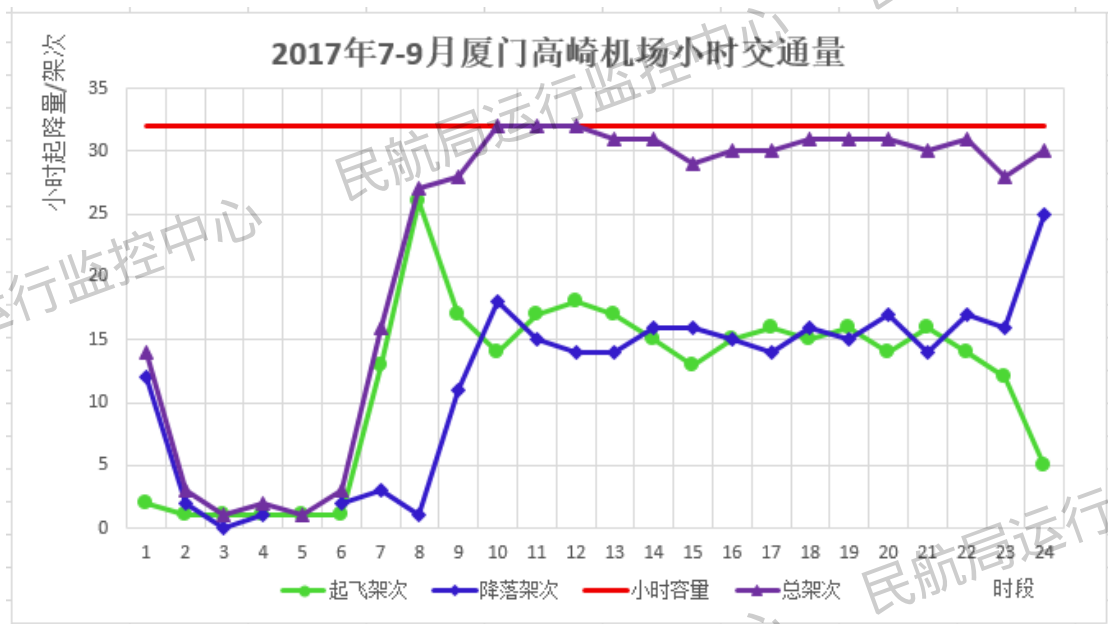


图 16 厦门高崎机场小时交通量与小时容量情况



图 17 昆明长水机场小时交通量与小时容量情况

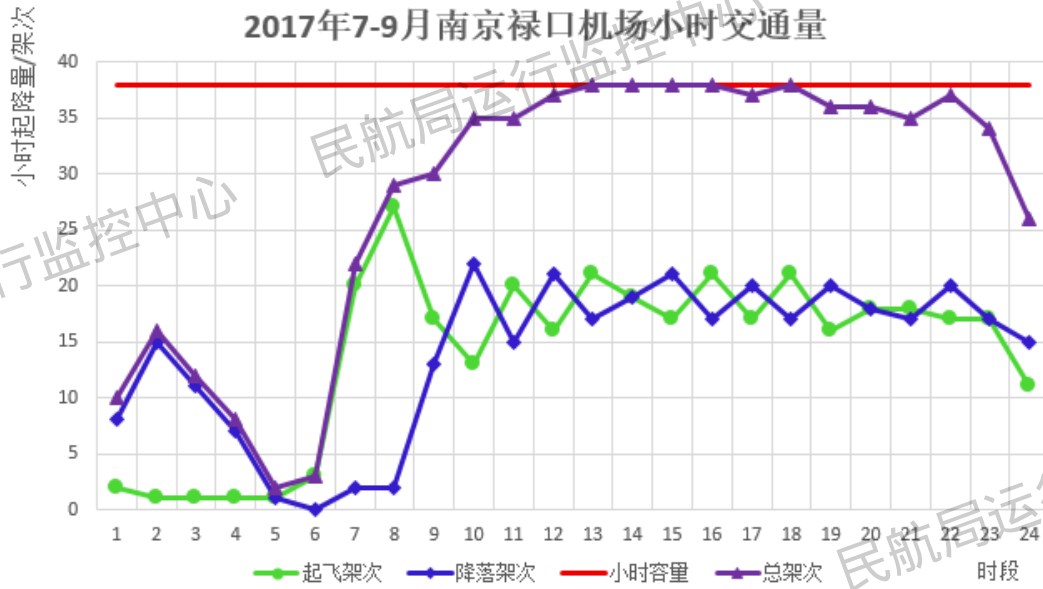


图 18 南京禄口机场小时交通量与小时容量情况

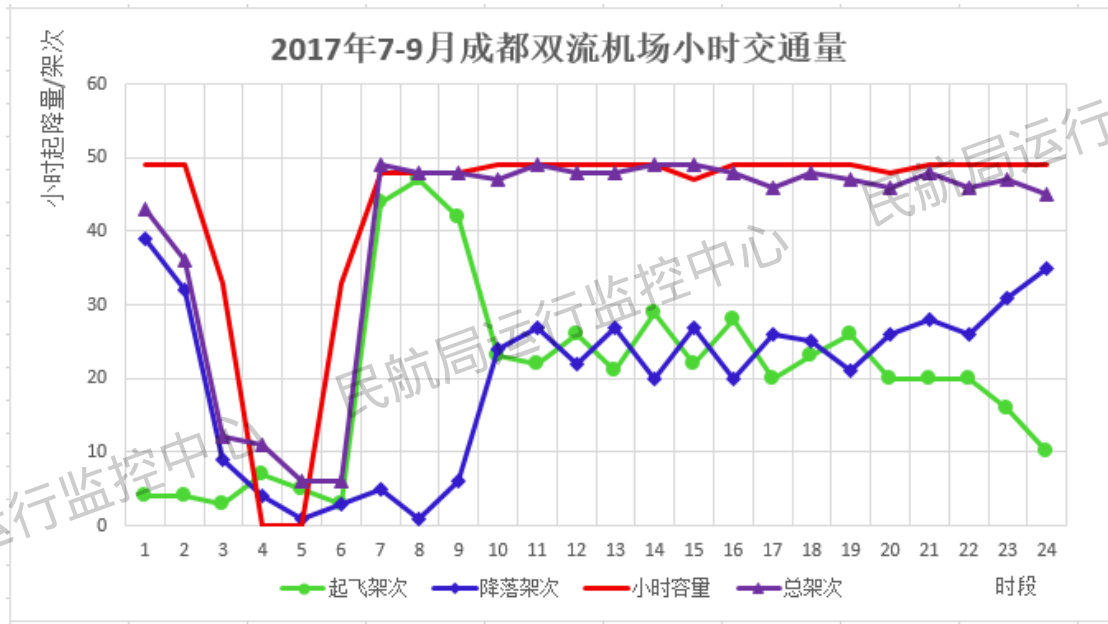


图 19 成都双流机场小时交通量与小时容量情况

由图 11 至图 19 可以看出，上述几个机场 24 小时流量分布特点基本一致：7 点至 23 点期间，大部分机场的小时总起降量接近或者超过小时容量，一方面反映了该统计时间段内交通需求量大、机场容量得到了充分利用的现状，另外，上海虹桥、深圳宝安、广州白云机场的单位小时交通量远超过小时容量也暴露了机场容量设置与实际保障能力不匹配、小时容量尚存在一定的提升空间。

从全天的流量分布来看，早上 6 点开始，机场起降航班量开始急速上升，8 点左右接近小时容量，之后保持平稳，一直持续到晚上 10 点后才开始明显减少，一般凌晨 2 点至 5 点间起降航班最少。从 24 小时运行情况来看，起飞和降落的航班量趋势存在较大不同。早上 6 点至 8、9 点是典型的“起

“飞行航班波”时段，起飞航班量一直急速增长，而降落的航班较少。9 点后，降落航班量快速增长至高位，起飞航班量稍有回落，起飞和降落的航班量都趋于平稳，一直持续到晚上 9、10 点后，起飞航班量开始明显减少，降落航班量却稳中有升，迎来“降落航班波”时段，一直持续到晚上 12 点以后才开始明显减少。

上述机场小时交通流量也各有特点。北京首都机场全天均很繁忙，早上 7 点便到达小时容量值，之后一直稳定在容量值附近，23 点后才有所下降。上海浦东机场 10 点开始交通量增加至超过容量值，之后保持稳定在容量值附近，直至 23 点之后交通量明显下降。上海虹桥机场上午 10 点之前交通量比较小，10 点至 21 点交通量明显超过容量值，21 点之后机场交通量下降。广州白云机场上午 9 点之前交通量比较小，9 点之后交通量迅速增长至容量值，10 点至 23 点小时流量均超过容量值，23 点之后机场交通量开始下降。深圳宝安机场上午 6 点之前交通量比较小，8 点半左右升至小时容量值，并一直维持在较高水平至 23 点，24 点开始交通量降至容量值以下。厦门高崎机场上午 8 点之前交通量比较小，9 点至 22 点交通量在容量值附近呈“波浪式”波动。昆明长水机场上午十点开始接近容量值运行，14 点开始有所下降，之后小幅度波动，稳定在容量值之下。南京禄口机场交通量在

13点达到容量值，持续到18点，其余时间均在容量值以下。
 成都双流机场 7-24 点均很繁忙，一直接近或超过容量值运行。

2.7.4 机场起降架次同比增长率情况

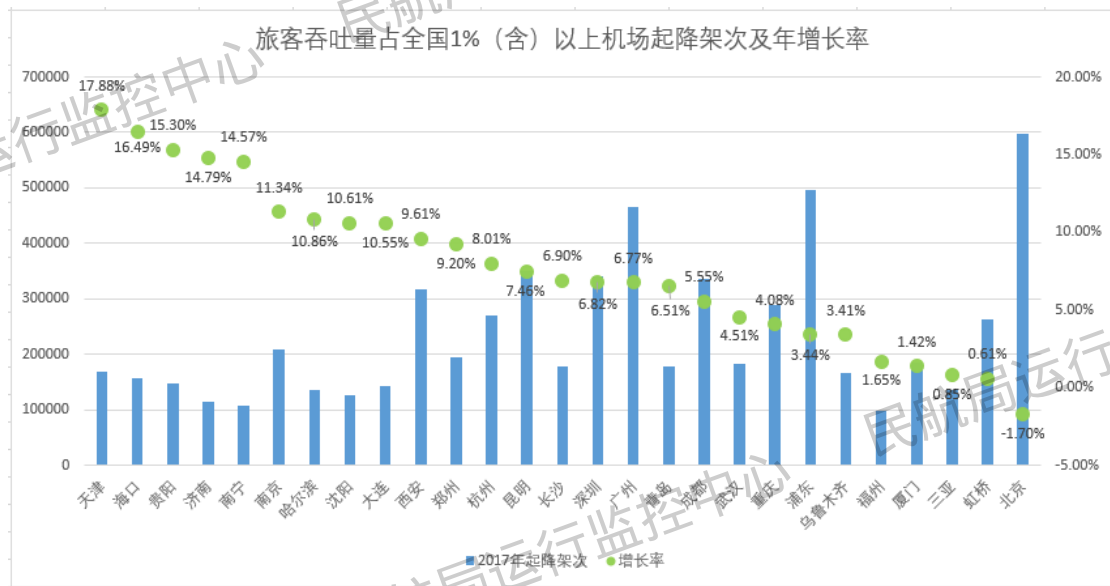


图 20 旅客吞吐量占全国 1%（含）以上机场起降架次及同比增长率

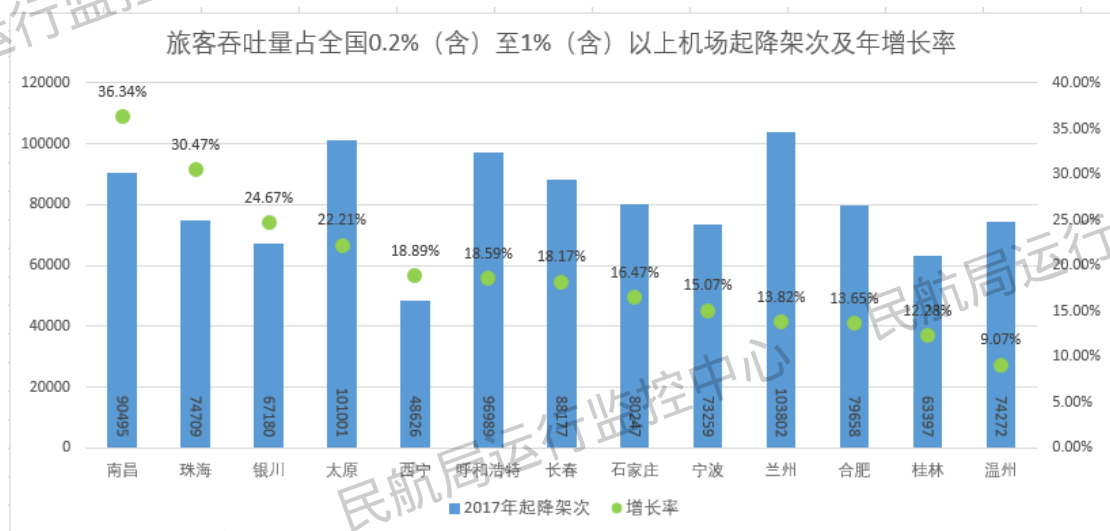


图 21 旅客吞吐量占全国 0.2%（含）至 1%（不含）机场起降架次及同比增长率

2017 年主要机场起降架次及同比增长率情况如图 20、21

所示。吞吐量占全国 1%（含）以上的机场中，天津机场涨幅最大，达 17.88%，海口和贵阳机场涨幅也超过了 15%；吞吐量占全国 0.2%（含）至 1%（不含）机场中，涨幅最高的是南昌机场，增长率达 36.34%，珠海、银川和太原机场增幅也在 20% 以上。

3 空域环境

3.1 可用空域

空域是航空器飞行的载体，民航航班飞行安全、正常更是依赖于可用空域的条件。2006 年以来，我国航班起降架次年均增长 10%左右，但是民航可用空域资源供给增加的幅度相对较低。如图 22 所示，2004-2017 年间，航路航线总里程年均增长仅为 3.6%。

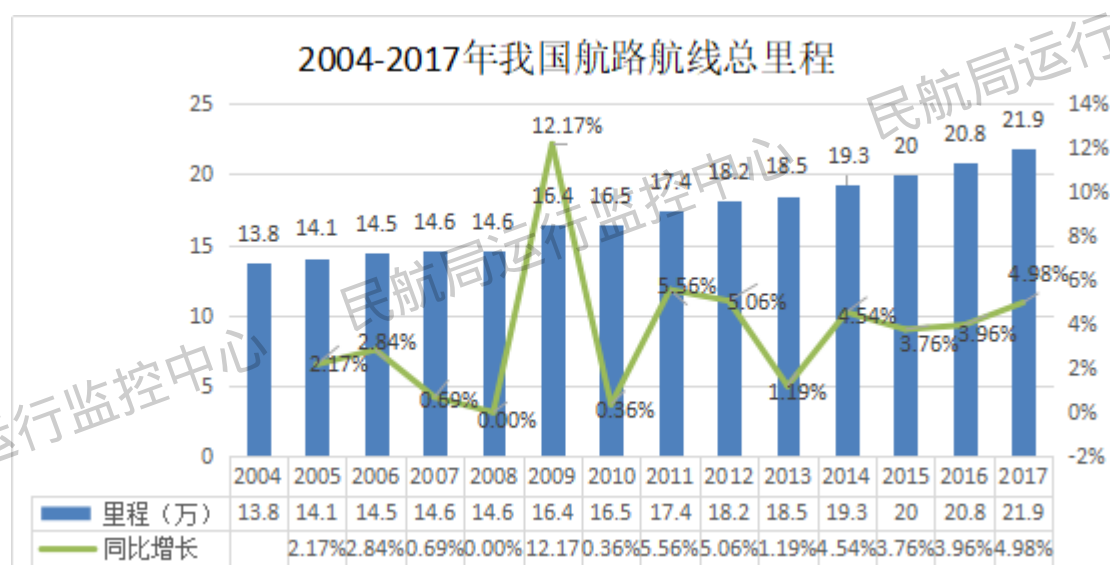


图 22 2004-2017 年我国航路航线总里程

3.2 空域运行繁忙程度

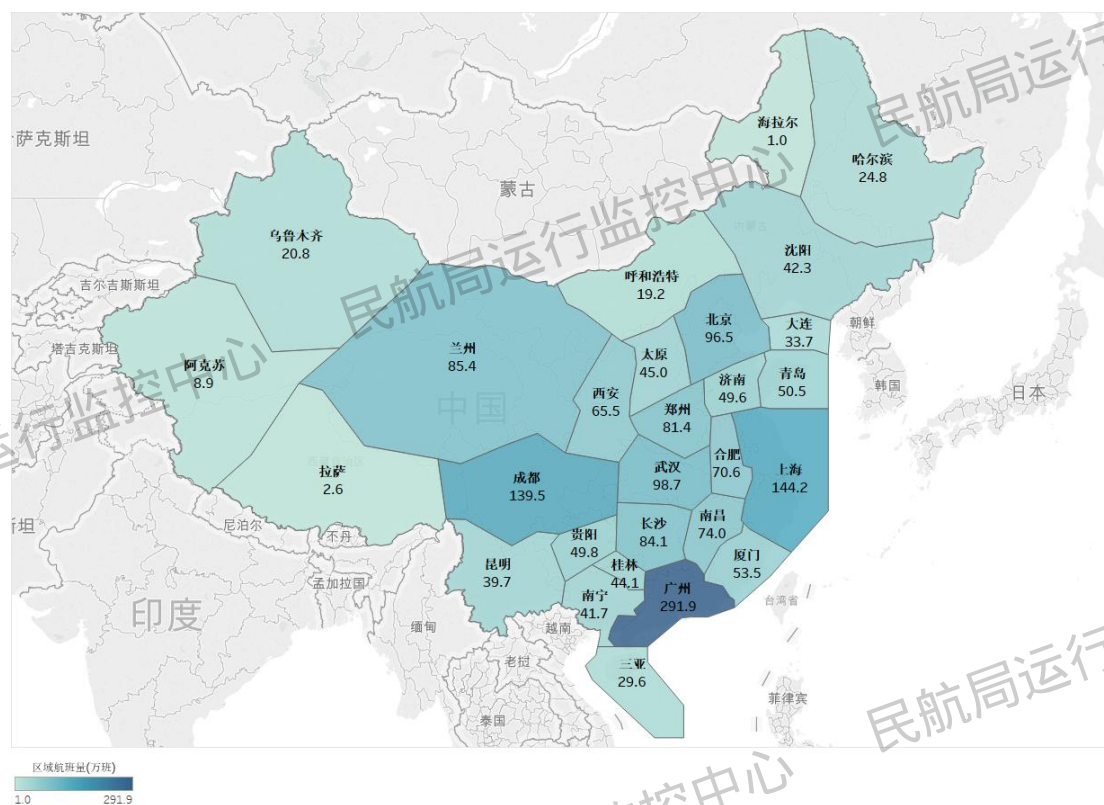


图 23 各管制区航班量

上图给出了 2017 年各管制区的航班飞行量分布。这里利用了 ADS-B 监视技术数据，将飞越该管制区以及在管制区内机场起降的航班计做一个架次。图中可以看出，广州管制区的飞行量明显多于其他管制区，为 291.9 万架次，其次为上海和成都管制区。

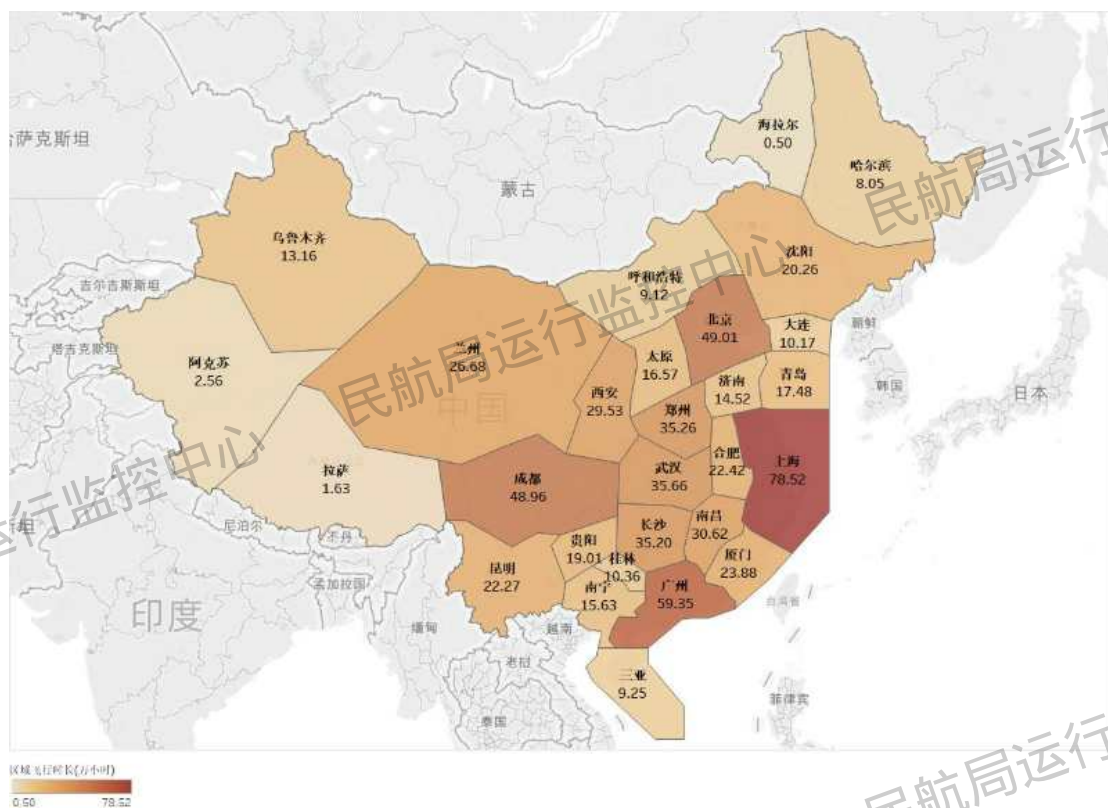


图 24 各管制区飞行时长

上图给出了 2017 年各管制区的航班累积飞行时长。这里利用 ADS-B 监视技术数据，统计所有飞越该管制区以及在管制区内机场起降的航班的累积飞行时间。图中可以看出上海管制区最为繁忙，为 78.52 万小时，其次为广州、成都、北京三个管制区。

3.2.1 繁忙航段

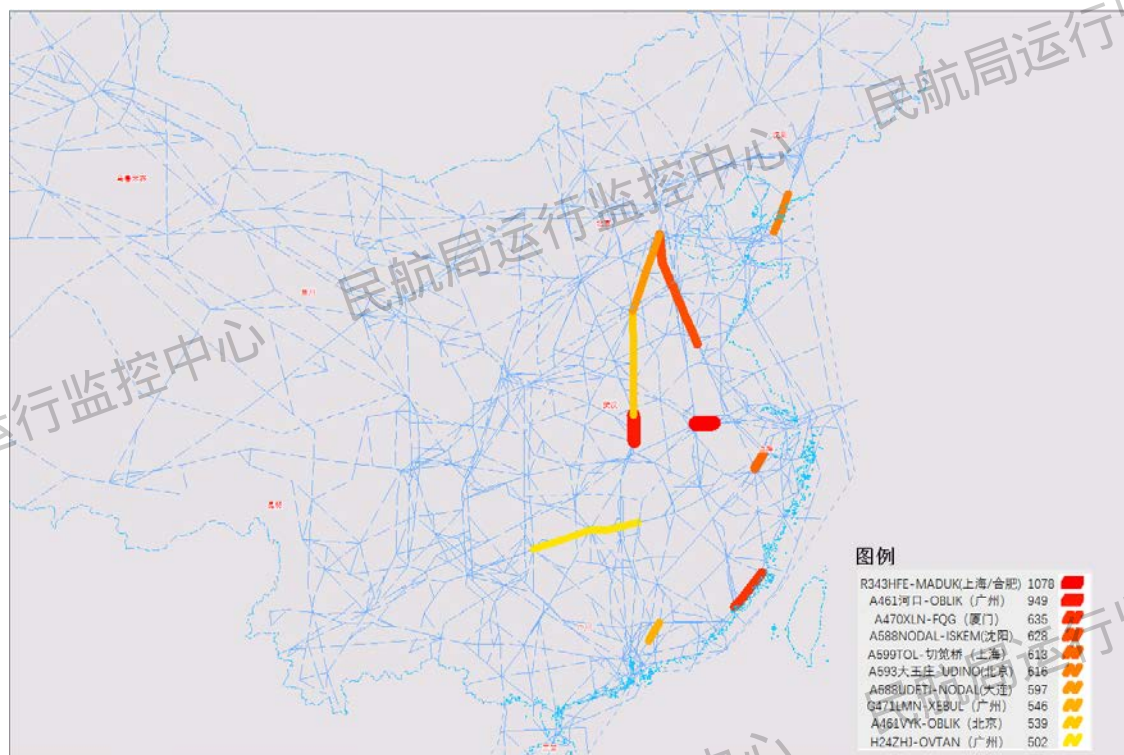


图 25 2017 年主要繁忙航段

如图 25，2017 我国繁忙航段日均流量排名前十的航段主要集中在北京、上海和广州区域，前五位的航段分别是 R343 航路合肥-MADUK（上海）段、A461 航路 河口-OBLIK（广州）段、A470 航线杏林-福清（厦门）段、A588 航路 NODAL-ISKEM（沈阳）段和 A599 航路桐庐-切笕桥（上海）段。

3.2.2 繁忙航路点

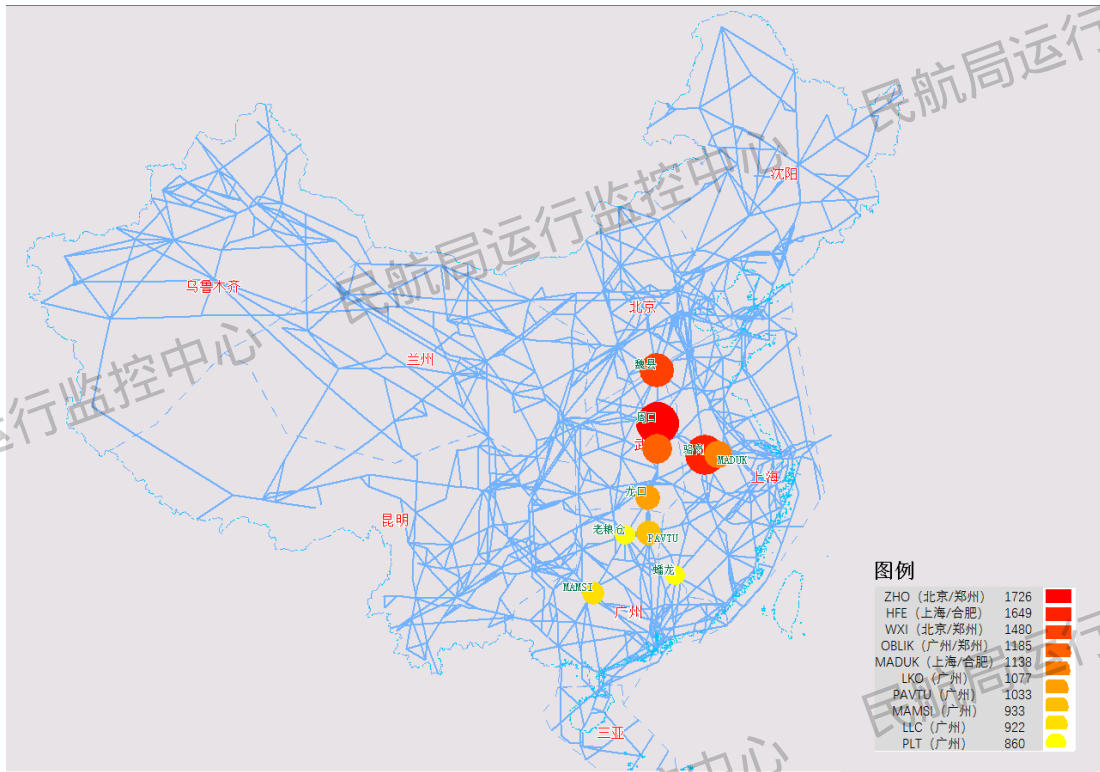


图 26 区域繁忙航路点日均流量

2017 年排名前十的区域繁忙航路点日均流量如图 26 所示，前三位的为周口（郑州区域）、合肥（上海/合肥）和魏县（郑州区域）。其中最繁忙的航路点为周口（北京/郑州），日均流量超过 1700 架次，该航路点一直是近四年来最繁忙的航路点。

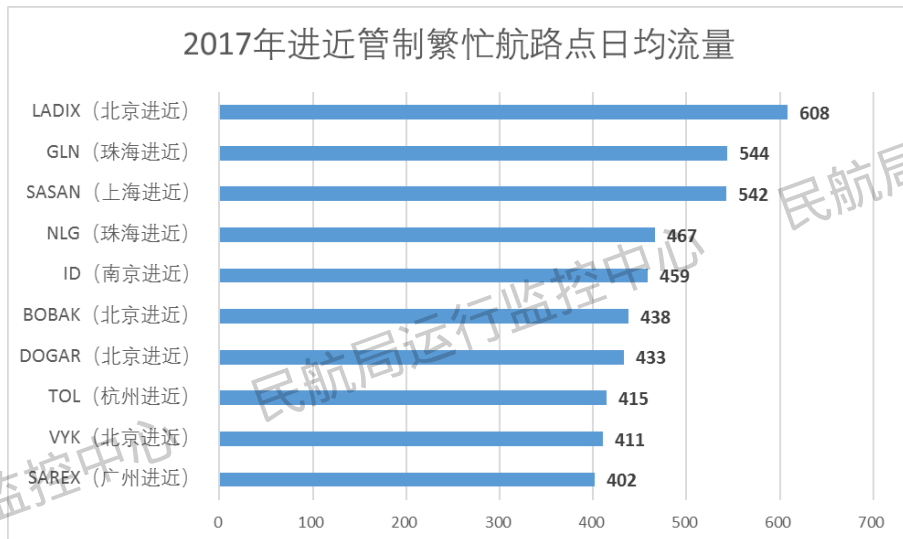


图 27 进近管制区繁忙航路点日均流量

如图 27, 2017 年进近管制区内日均流量超过 400 架次的繁忙航路点有 10 个, 排名前三的分别为 LADIX (北京进近)、GLN (珠海进近) 和 SASAN (上海进近), 日均流量分别为 608、544 和 542。

3.3 主要航路拥堵情况

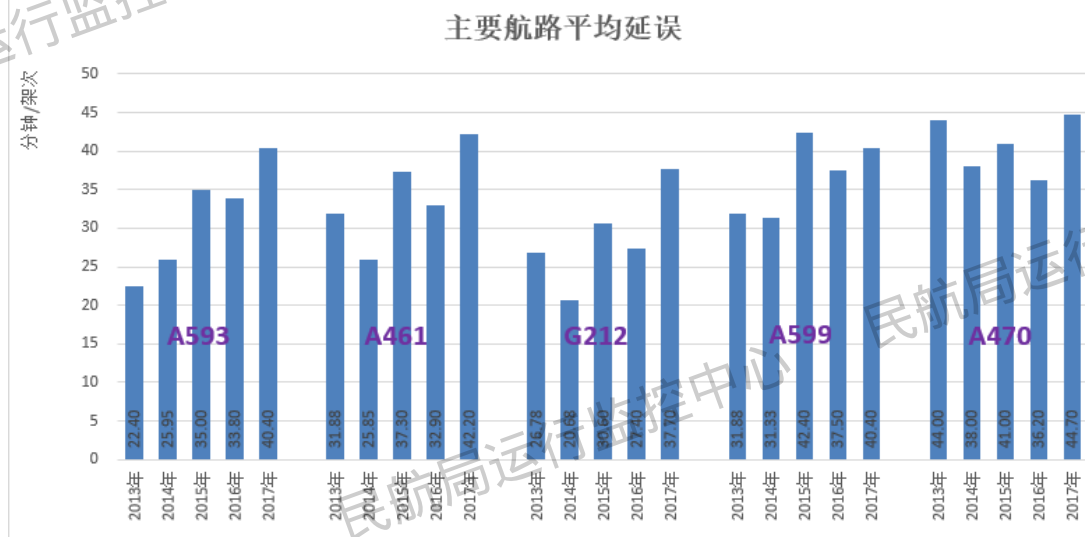


图 28 主要航路拥堵情况

图 28 描述的是 2013 年至 2017 年主要航路平均延误时

间。这里的主要航路指的是京沪航路 A593、京广航路 A461、京昆航路 G212、沪广航路 A599 和东南沿海航路 A470。这五条航路的平均延误时间变化趋势基本一致，除 A599 航路外，相比 2016 年，2017 年其余四条航路的平均延误时间均有所增加。

3.4 临时航线使用情况

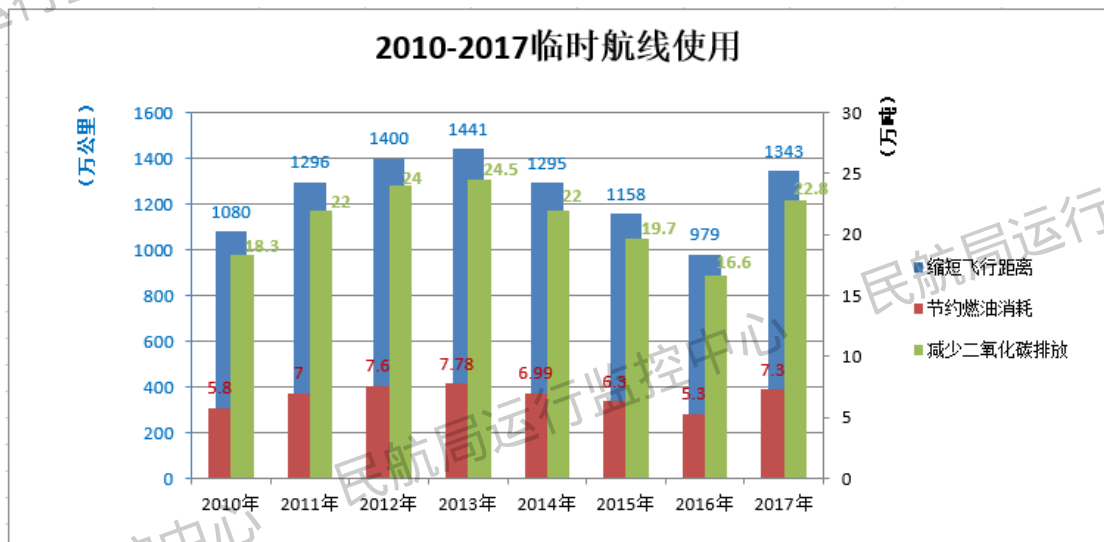


图 29 2010-2017 临时航线使用

如图 29 所示，2010 年至 2017 年，在军航相关部门的大力支持下，民航空管部门积极协调使用临时航线，实现航班“截弯取直”飞行。2010 年至 2013 年燃油消耗节约量和二氧化碳减排量均逐年增加。2017 年，随着军民航空域精细化改革进程，各部门进一步加大了协调和协同力度，使用临时航线的成效明显加大。

3.5 城市对班机飞行路线非直线性系数

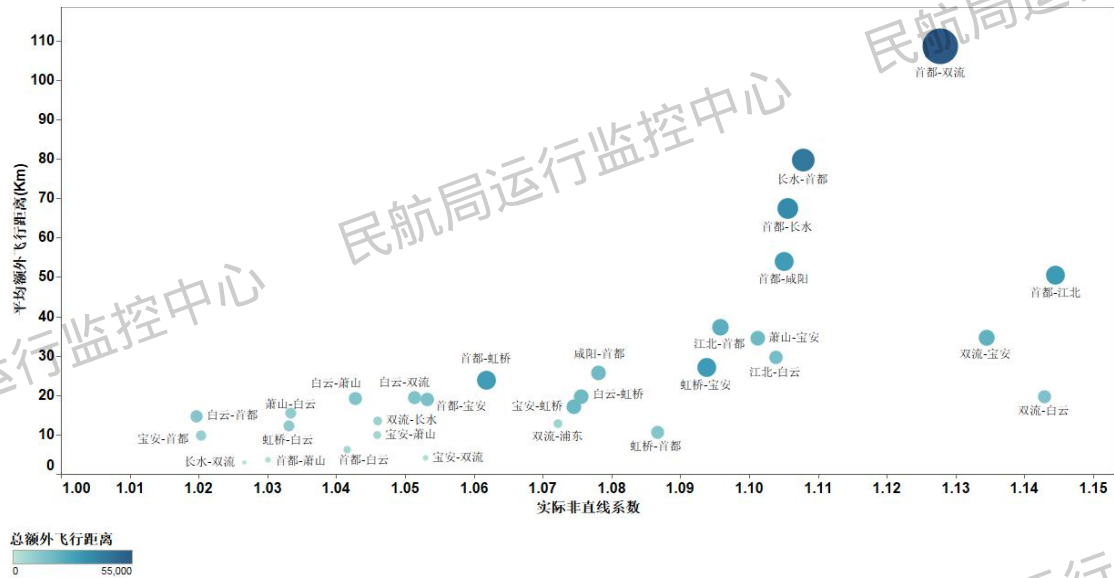


图 30 繁忙航线额外飞行距离与实际非直线系数的关系

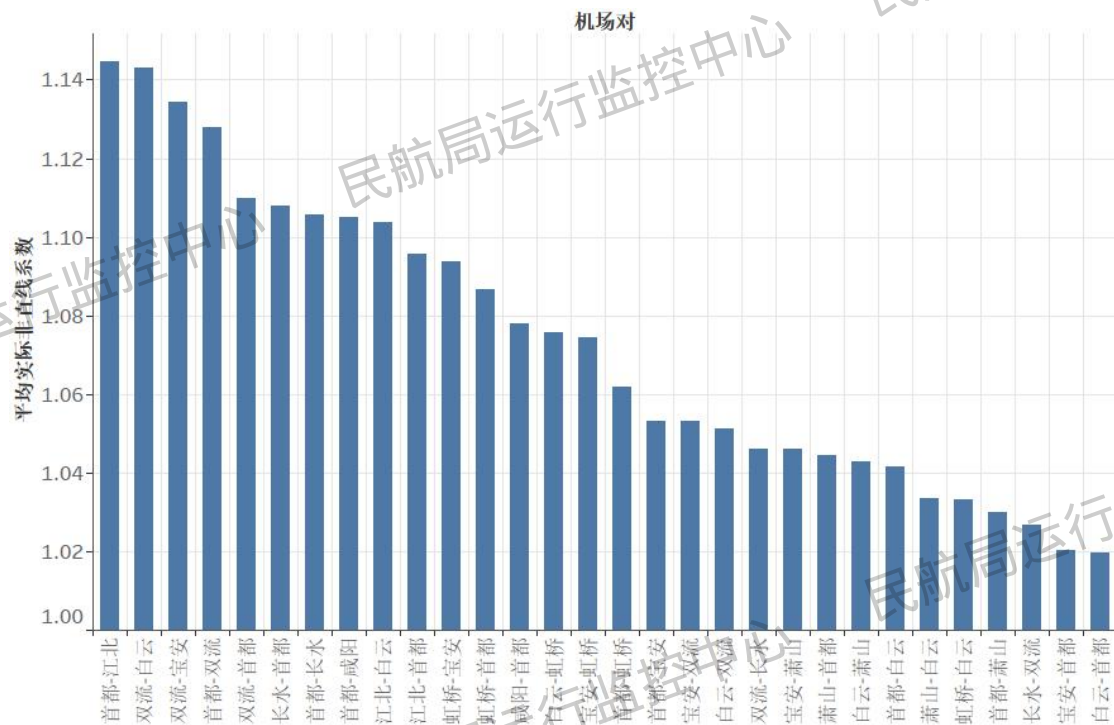


图 31 繁忙航线的实际非直线系数

上图描述了 2017 年全国主要机场对间，实际非直线系数与额外飞行距离的关系。额外飞行距离定义为，以实际飞

行距离的 20%分位点作为参考飞行距离，各实际飞行距离与参考飞行距离的差即为该航班的额外飞行距离。上图中每个横轴为各机场对间的实际非直线系数。纵轴为机场对平均额外飞行距离，其中圆形大小表示该机场对的总额外飞行距离，总额外飞行距离和机场对间的航班量、额外飞行距离密切相关。圆形越大，表示浪费的飞行距离越多。圆形越小，且越向零点集中，说明运行效率越高

4 正常率

4.1 年度航班正常率

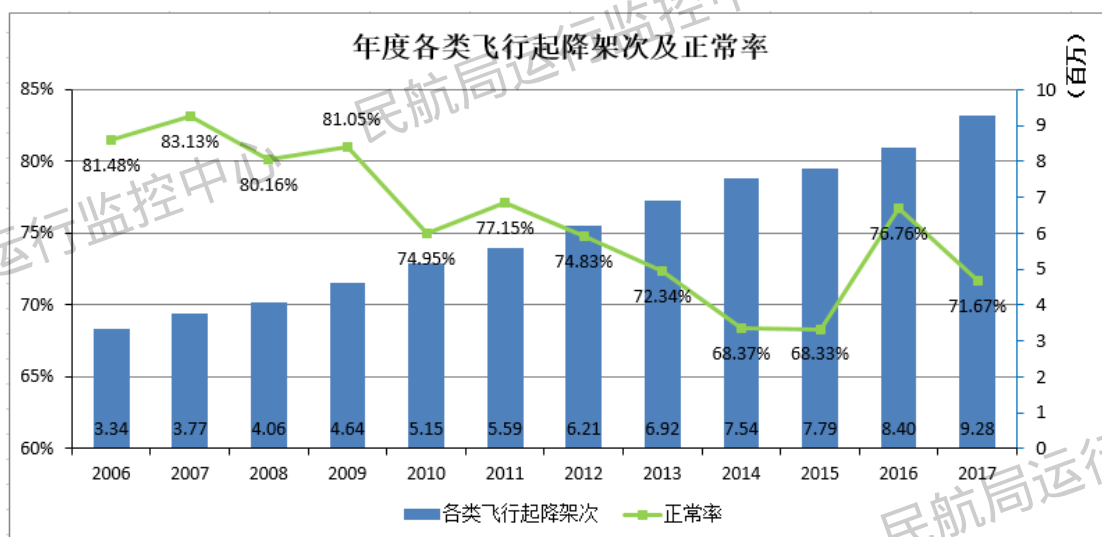


图 32 年度各类飞行起降架次及航班正常率

如图 32 所示，2006 年到 2017 年各类飞行起降架次持续增长，11 年间增长了 178%，年均增长 10.39%。2006-2015 年，航班正常率随航班量增长呈持续下滑趋势，2016 年止跌回升，但 2017 年又有所下降。图 32 中的各类飞行，不仅是指运输航班，也包括调机、通航等临时飞行，这些飞行共同占用有限的空域资源和机场时刻资源，影响着公共运输航班的正常水平。此处的各类飞行不包括航校训练。

除了加大外部协调、争取更有利的运行环境之外，民航系统一直以来不遗余力的采取了多种内部挖潜措施，一定程度上提高了现有空域容量和运行效率，但仍无法适应流量年

均两位数的快速增长需要，内部挖潜的努力成果很快被流量迅速增长而淹没。增加空域供给是大幅提升空域容量的最直接、最快速、最有效的方式。可以预判，空域结构和使用方式不做根本性调整的情况下，很难大幅提升航班正常率。地面方面，机场地面保障也是影响航班延误重要因素。跑道、滑行道和联络道布局、停机位设置、场面滑行路线规划、场监系统辅助、各单位协同配合，都将直接影响地面航班运转效率，也影响空中航班进离港效率，进而影响整体航班正常性。航班计划编排的合理性也影响着航班正常率。航班计划编排，是适应运输市场需求的举措，也是实施先期流量管理的行为。如果没有做好先期流量管理，就会导致“先天性”的航班延误。比如，如果某些机场部分时段过于密集、部分进离港方向过于集中，运行层面就要采取额外的流量控制措施才能理顺航班秩序。

民航航班运行对天气的依赖程度很高，不利天气导致的航班延误在整个航班延误量中占了很大的比例。民航各级部门多措并举，精准预测天气、提前研判部署，积极应对不利影响，努力提升恶劣天气条件下的航班运行效率。

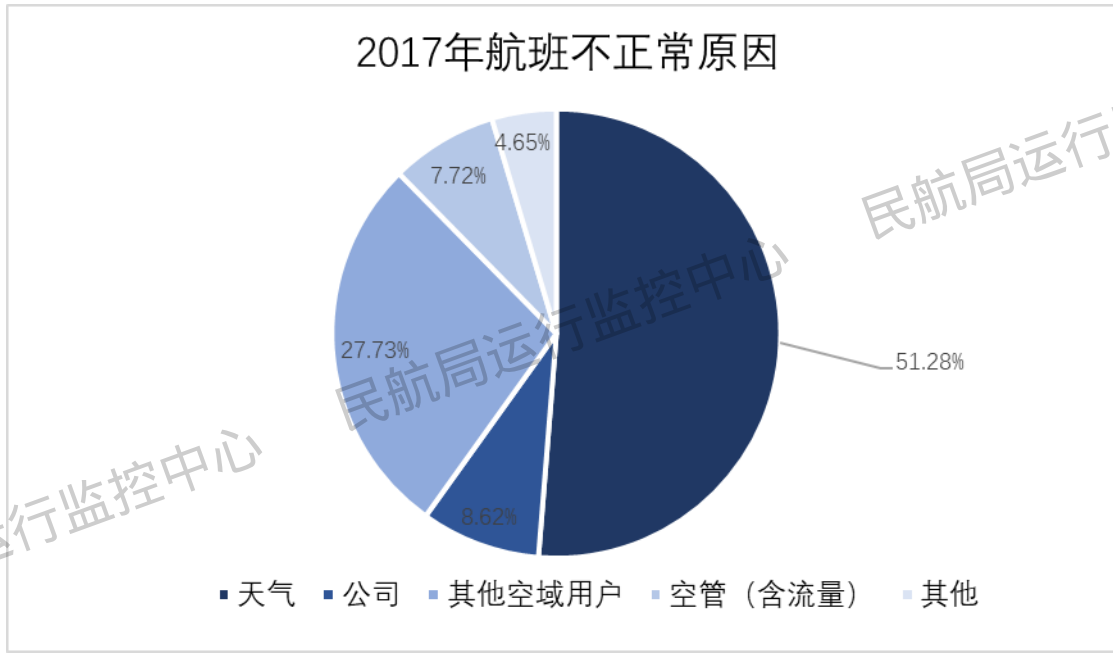


图 33 2017 年航班不正常原因

如图 33 所示，2017 年全年导致航班不正常的原因有天气、公司、其他空域用户、空管（含流量）和其他（包括时刻安排、机场、联检、油料、离港系统、旅客以及公共安全）。2017 年航班延误最主要因素是天气、其他空域用户和航空公司自身原因，分别达到 51.28%、27.73% 和 8.62%。

4.2 月度航班正常率

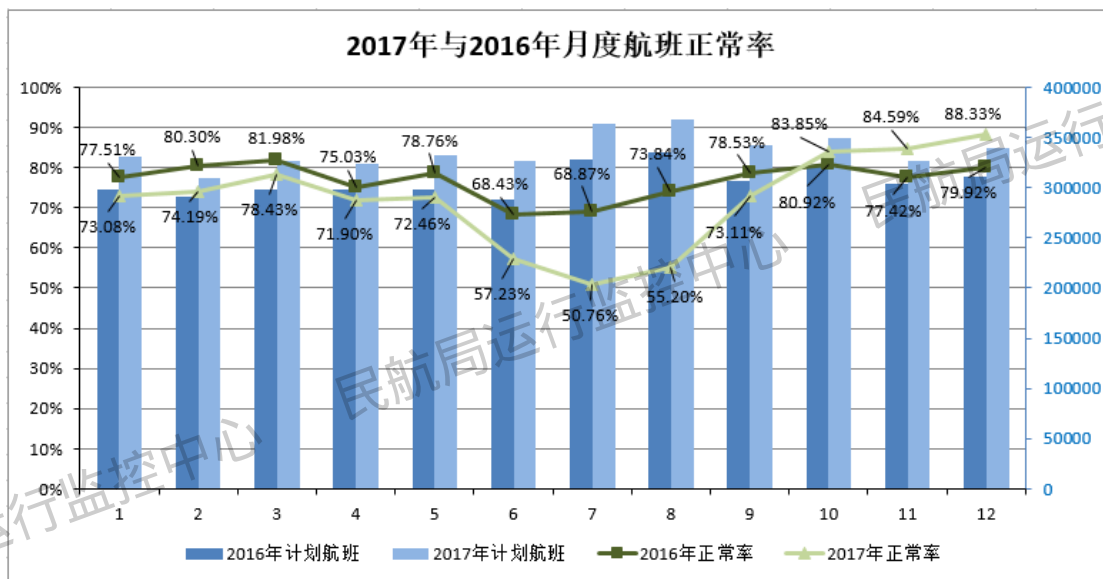


图 34 2017 年月度航班正常率

图 34 所示的是 2016 年和 2017 年月度航班量及正常率情况。从图中可以看出，整体来看，2017 年正常率水平明显低于 2016 年，尤其是 6-8 月三个月正常率同比降幅较大，2017 年 7 月份正常率下降到了全年最低，为 50.76%，同比降低 18.11 个百分点，全年航班正常率较 2016 年降低了 5.09 个百分点。

2017 年，受航班量持续增长、复杂天气多发、其他空域用户活动频繁等因素共同影响，航班正常率在 6、7、8 三个月跌入低谷。针对航班正常面临的严峻形势，冯正霖局长审时度势，在 8 月份的民航安全运行形势分析会上发表了重要讲话，为航班正常运行指引了方向；王志清副局长又主持召开了运输委员会专题会议，明确 32 项具体任务分工。民航各单位坚持稳中求进总基调，积极落实各项工作，及时优化机队运力，动态调控繁忙机场时刻结构，实现运行总量和保障能力匹配。各运行单位也抓住整体天

气形势向好的有利时机，积极采取措施提升运行效率，成效明显，为换季后航班正常性显著提升奠定基础。其中 10-12 月航班正常率分别为 83.85%、84.59%、88.33%，尤其是 12 月份正常率，创造了 2003 年 6 月以来 174 个月的新高。

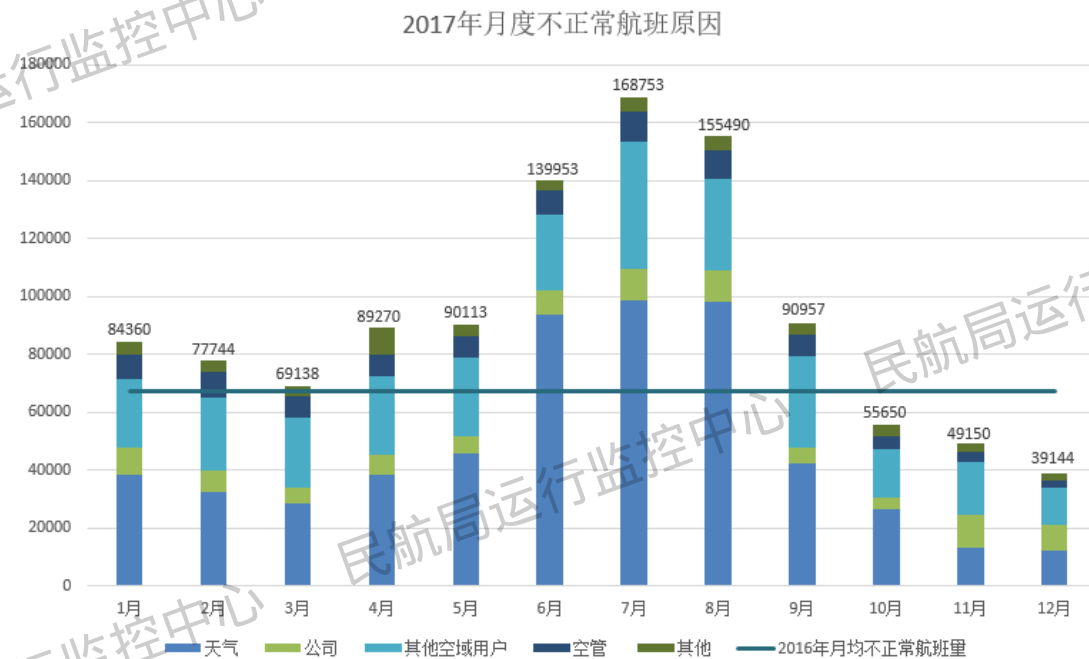


图 35 月度不正常航班量

如图 35，2017 年 1 至 9 月不正常航班数量高于 2016 年月平均不正常航班数，10-12 月正常性有了明显提升，不正常航班数量低于 2016 年月度均值，其中 6、7 和 8 月不正常航班最多，原因一是相比其他月份这三个月航班量最大，二是这期间雷雨天气相对较多，频繁、大范围的影响航班正常运行。

影响航班正常的因素中，空管（含流量）和天气原因月度变化幅度较大。年初和年末多冰雪天气，年中 7、8 月份

多雷雨天气，因此这几个月航班不正常原因中天气原因比例相对较高；11月份和12月份航空公司自身原因导致延误的比例较高；2017年，空管原因导致延误的比例总体较小，主要原因是空管系统在民航局航班延误专项整治的统一部署下，内部挖潜、外部扩容，采取优化空域环境、强化整体联动、完善大面积航班延误响应机制等措施，有效提升了空管保障能力。

4.3 航空公司航班正常率

4.3.1 主要航空公司航班正常率

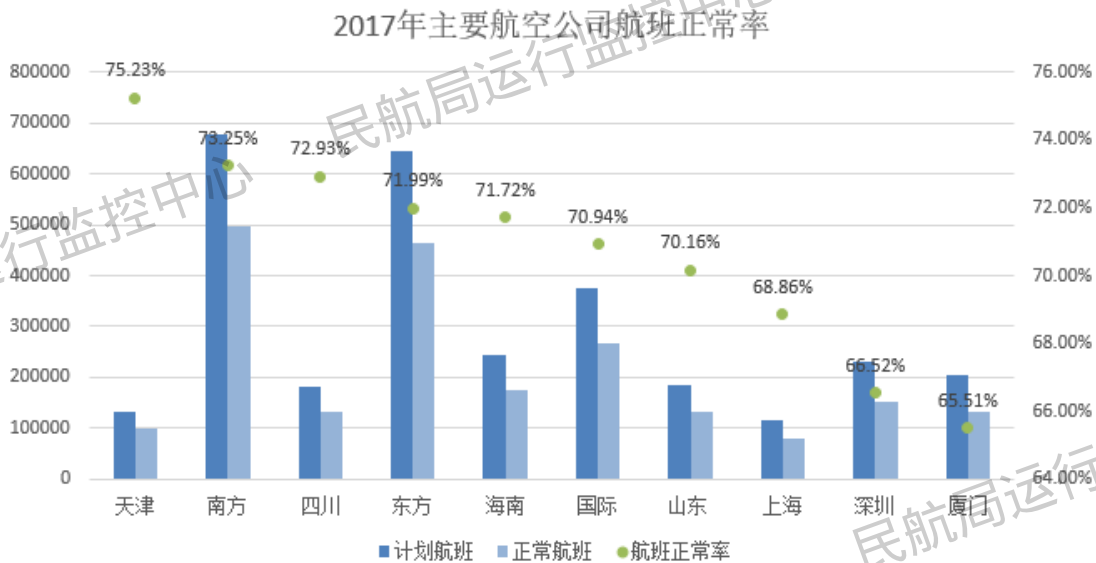


图 36 主要航空公司航班正常率

2017年全国10个主要航空公司航班正常率如图36所示，航班正常率最高的前3位航空公司依次是天津、南方、四川航空公司；厦门航空公司航班正常率最低，为65.51%。

2016 年统计的航班正常率最高的前 3 位航空公司依次是天津、山东、四川航空公司。

4.3.2 非主要航空公司航班正常率

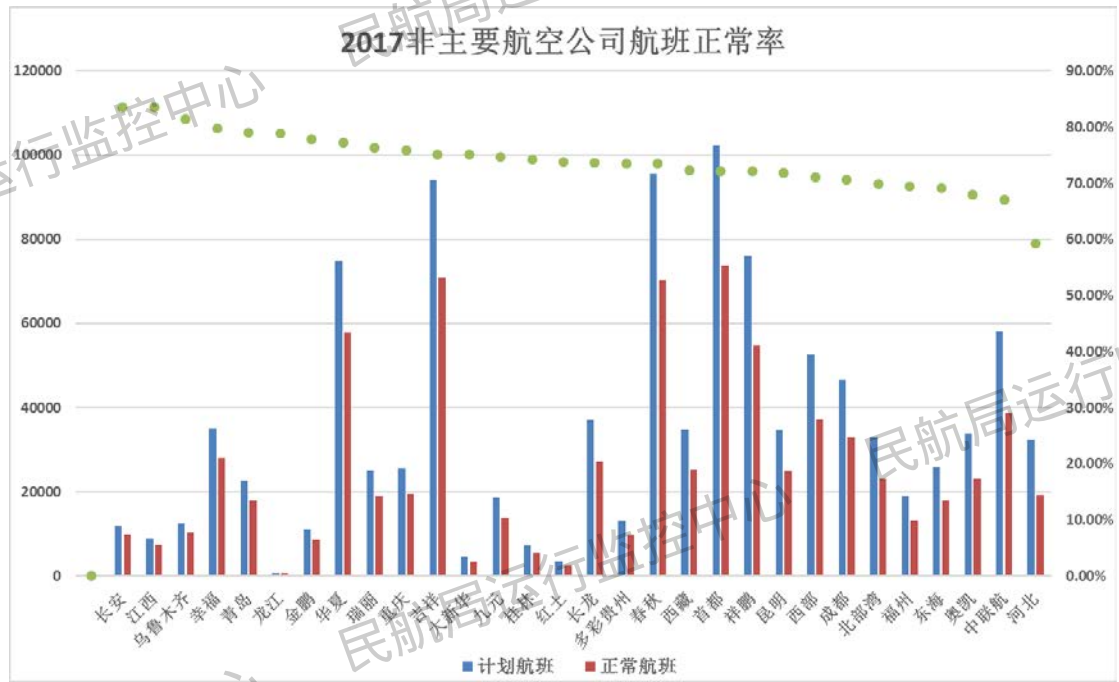


图 37 2017 年非主要航空公司航班正常率

如图 37 所示，非主要航空公司中，长安航空正常率最高，达 83.50%，其次是江西航空和乌鲁木齐航空。河北航空正常率最低，仅为 59.17%；中联航公司其次，正常率为 66.96%。2016 年统计的航班正常率最低的前 3 位航空公司依次是江西、青岛、河北航空公司。

4.3.3 航空公司不正常航班量情况

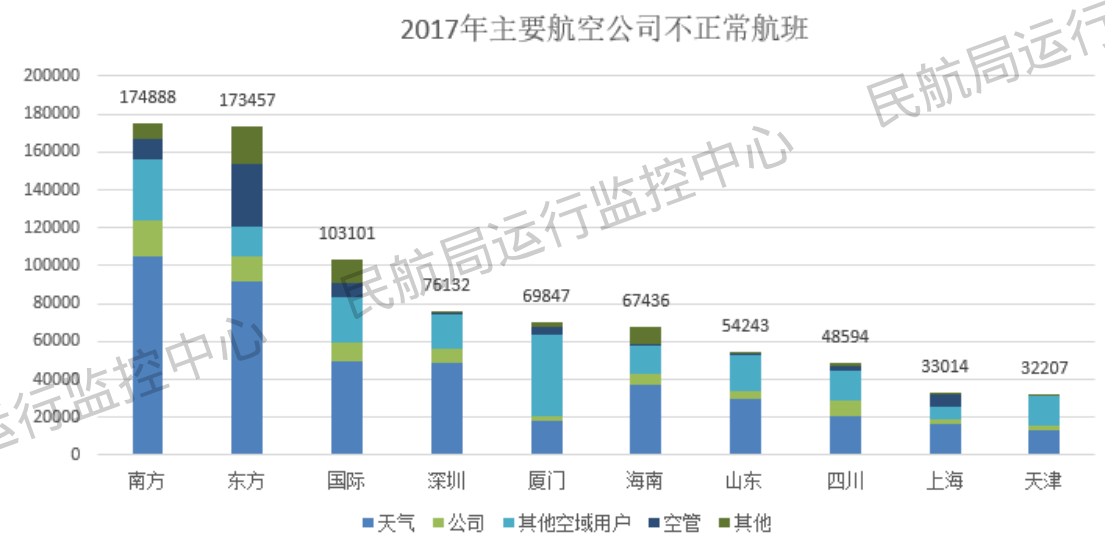


图 38 2017 年主要航空公司不正常航班情况

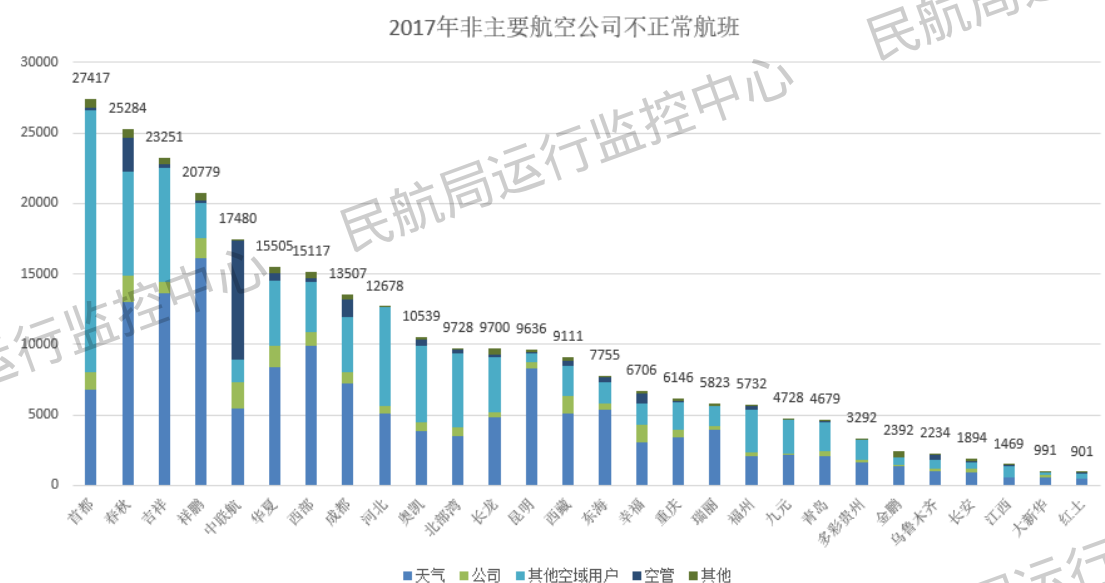


图 39 2017 年非主要航空公司不正常航班情况

图 38、39 列出了各航空公司 2017 年不正常航班量及各原因构成。可以看出，航班量多的航空公司，其不正常航班也比较多。南方航空公司全年共有不正常航班 17.49 万架次，东方航空公司全年共有不正常航班 17.35 万架次，较 2016 年

统计的不正常航班架次均有所增加。

4.3.4 天气原因延误严重的航空公司

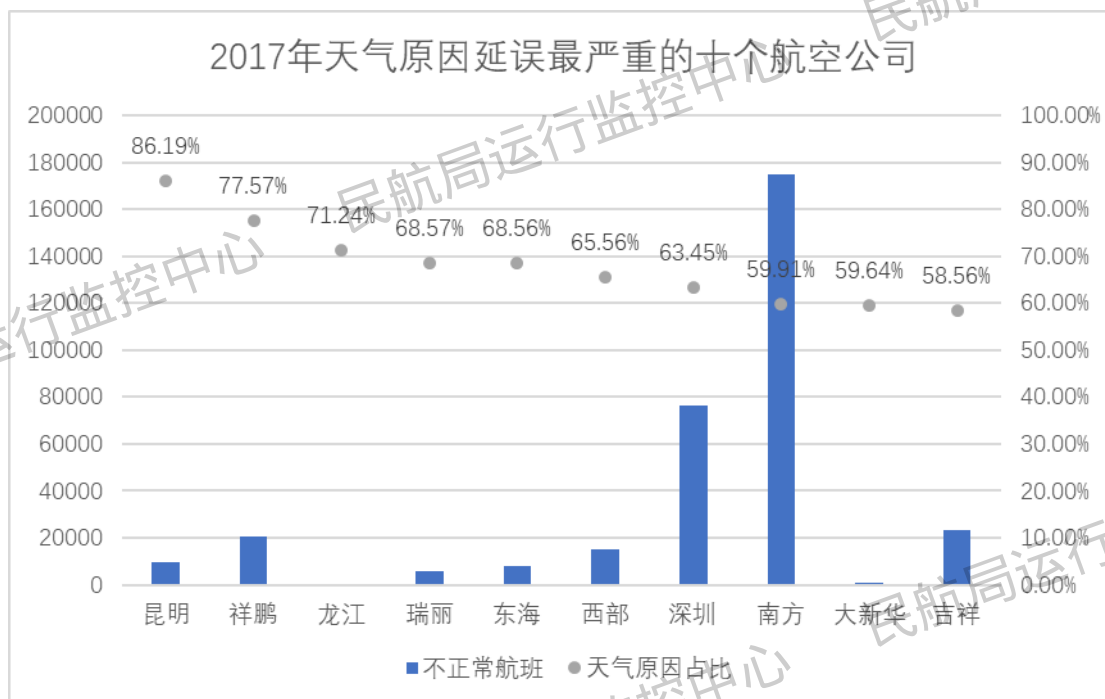


图 40 天气原因影响最严重的前 10 个航空公司

2017 年受天气原因影响最严重的前 10 个航空公司如图 40 所示。昆明航空公司由于天气原因造成航班不正常比例最高，在诸多因素中高达 86.19%；其次是祥鹏航空，天气原因造成不正常航班比例达到 77.57%。2016 年受天气原因影响最严重的是祥鹏航空公司，达 75.38%。

4.3.5 航空公司自身原因延误严重的航空公司

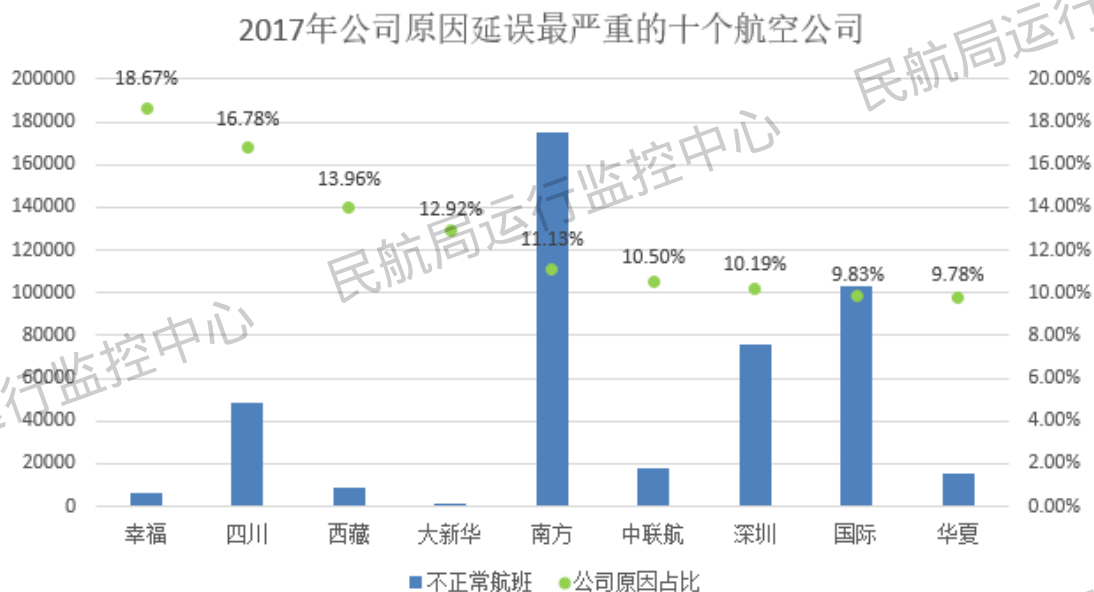


图 41 公司原因最严重的前 10 个航空公司

2017 年公司原因对航班延误影响最严重的前 10 个航空公司如图 41 所示。幸福航空公司因自身原因导致航班不正常的比例最大，达 18.67%；其次是四川航空，因自身原因导致航班不正常比例为 16.78%。2016 年因公司自身原因导致航班延误最严重的公司也是幸福航空公司。

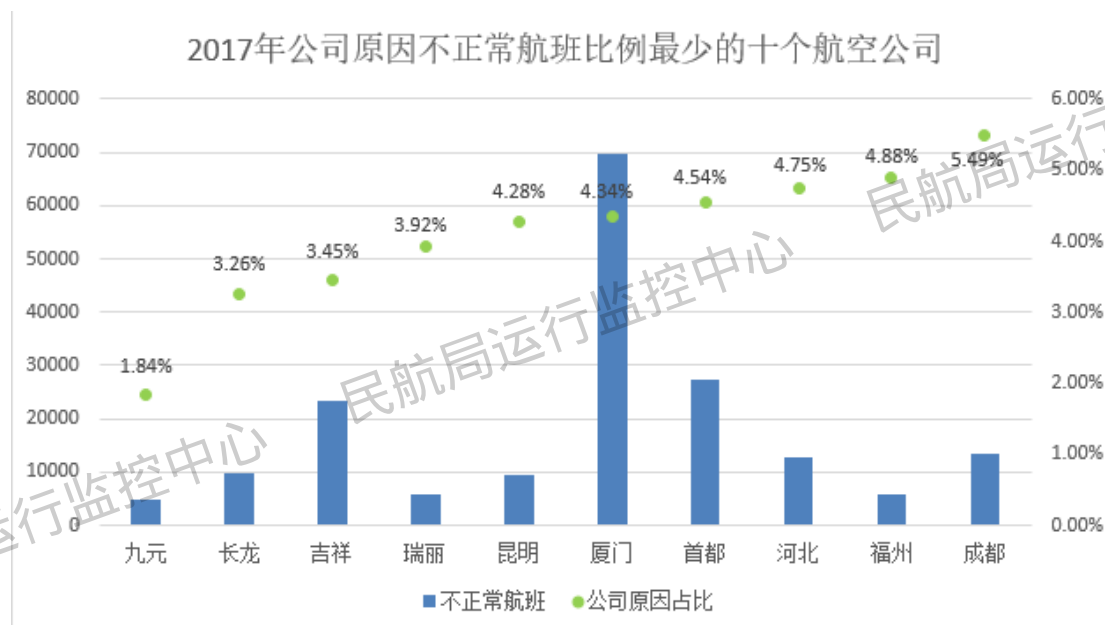


图 42 公司原因不正常航班比例最少的 10 个航空公司

2017 年公司原因不正常航班占不正常航班比例最少的十个航空公司如图 42 所示。九元航空公司因自身原因导致航班不正常的比例最小，为 1.84%；其次是长龙航空，比例为 3.26%。

4.3.6 空管（含流量）原因延误严重的航空公司

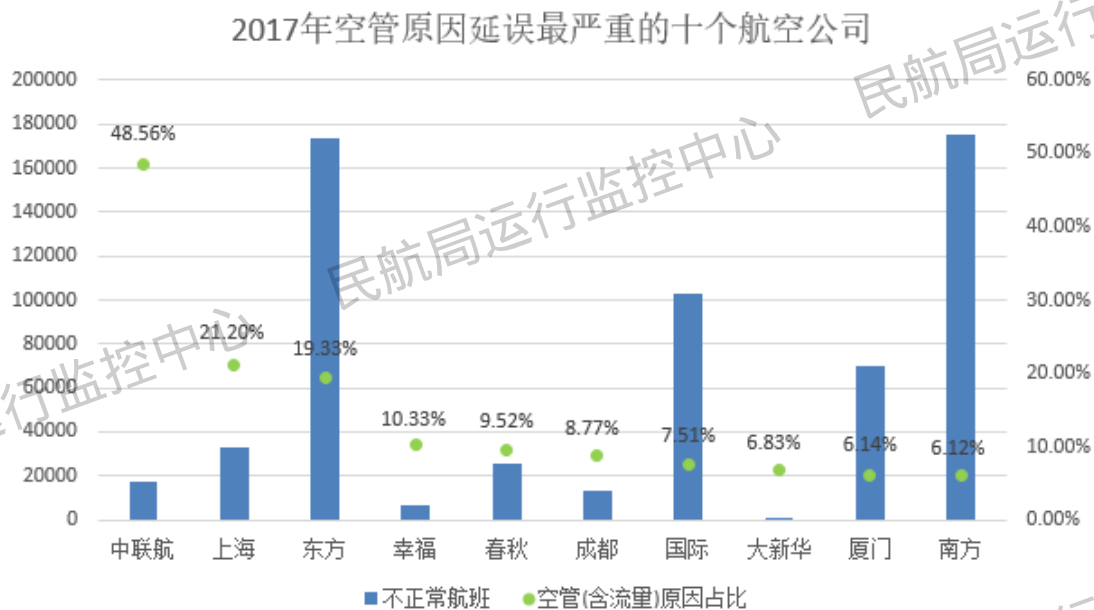


图 43 空管原因影响最严重的前 10 个航空公司

2017 年由于空管（含流量）原因导致航班不正常最严重的前 10 个航空公司如图 43 所示。中联航全年不正常航班约 17480 班，由于空管原因导致的不正常航班比例达 48.56%；其次是上海航空，由于空管原因导致的不正常航班比例为 21.20%。

4.4 八大航空公司正常率

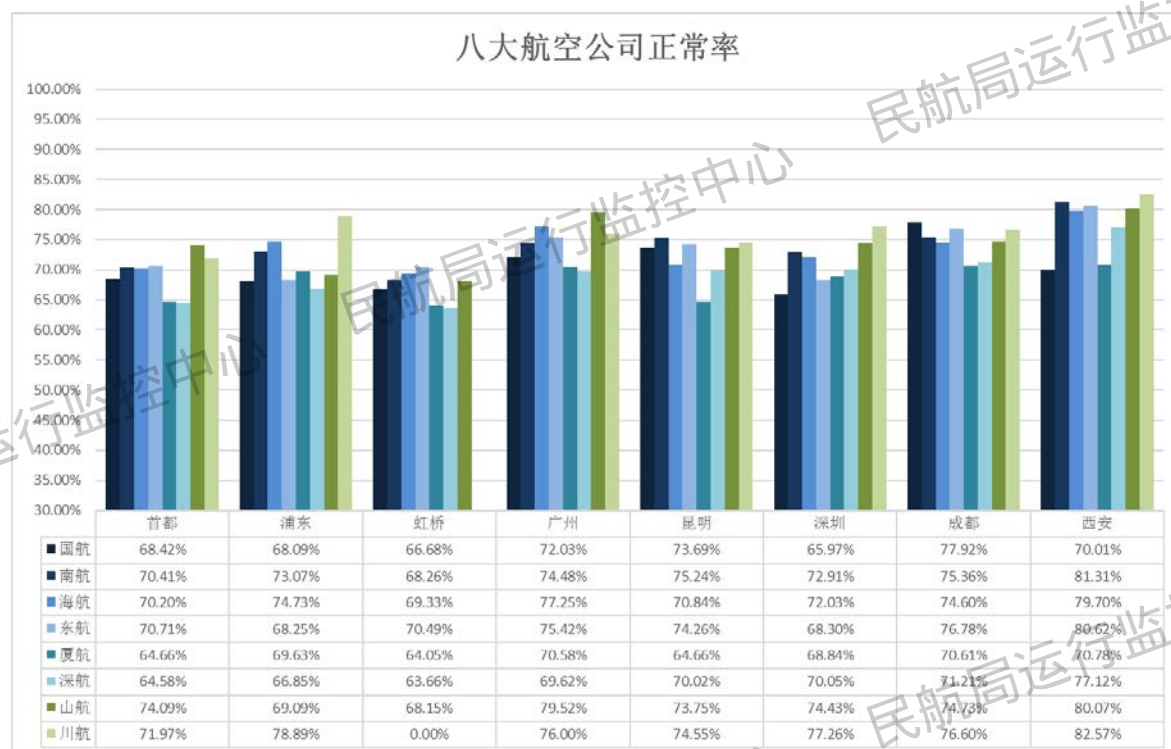


图44 2017八大航空公司在八大机场的正常率

图 44 为八大航空公司在八个主要机场的正常率统计情况。其中，厦航、深航在各主要机场的正常率都相对较低。

4.5 机场放行正常率

4.5.1 主要机场放行正常率

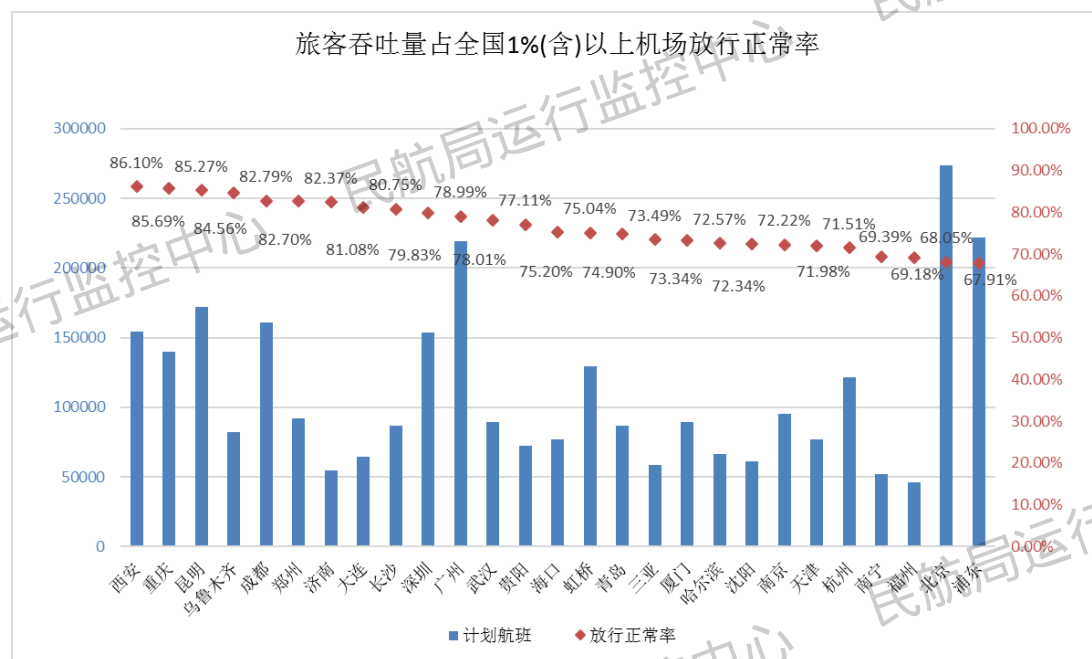


图 45 旅客吞吐量占全国1%（含）以上机场放行正常率

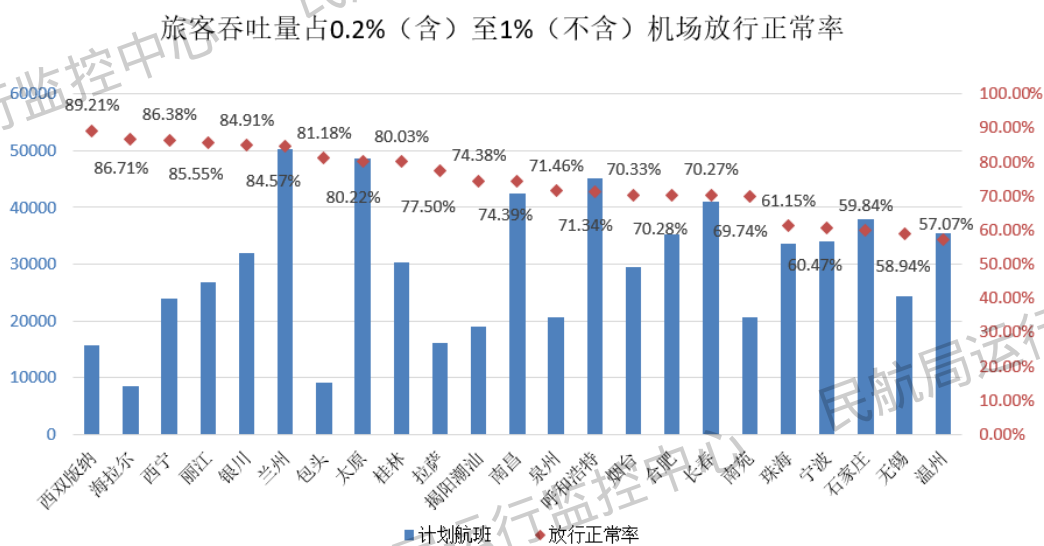


图 46 旅客吞吐量占 0.2%（含）至 1%（不含）机场放行正常率

2017 年全国各机场放行正常率如图 45、46 所示。旅客吞吐量占全国 1%（含）以上机场中，放行率最高的是西安

咸阳机场，为 86.10%，放行率最低的是上海浦东机场，为 67.91%；吞吐量占 0.2%（含）至 1%机场中，放行正常率最高的是西双版纳机场，为 89.21%，放行率最低的是温州机场，为 57.07%。

4.5.2 放行正常率低的机场

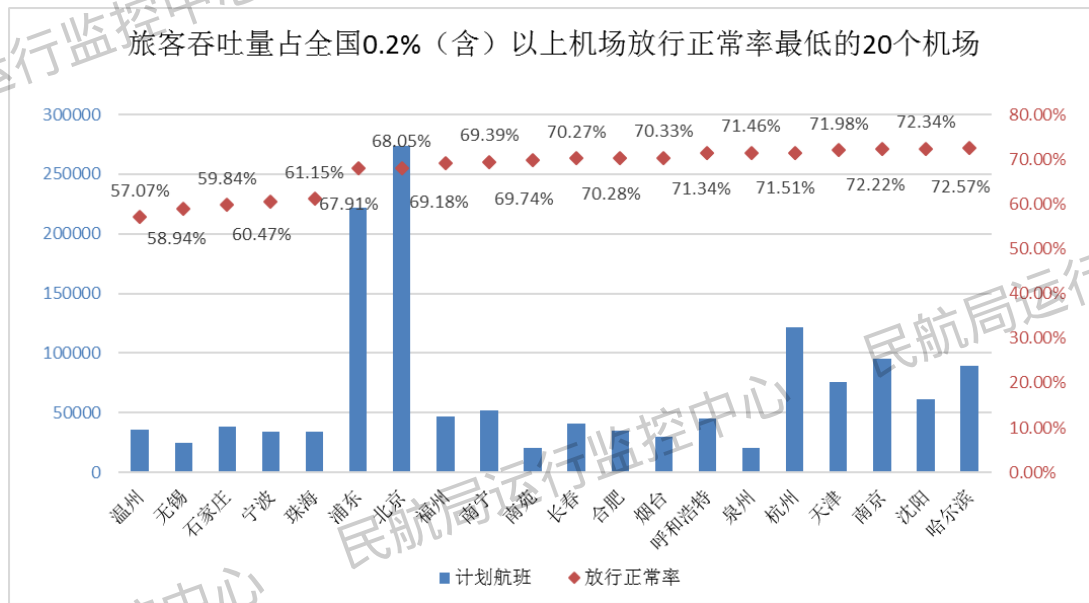


图 47 2017 年放行正常率最低的 20 个机场

2017 年旅客吞吐量占全国 0.2%（含）以上机场中，放行正常率最低的 20 位机场如图 47 所示，温州机场最低，放行正常率仅为 57.07%，无锡苏南机场其次，放行正常率为 58.94%。

4.5.3 主要机场不正常航班量情况

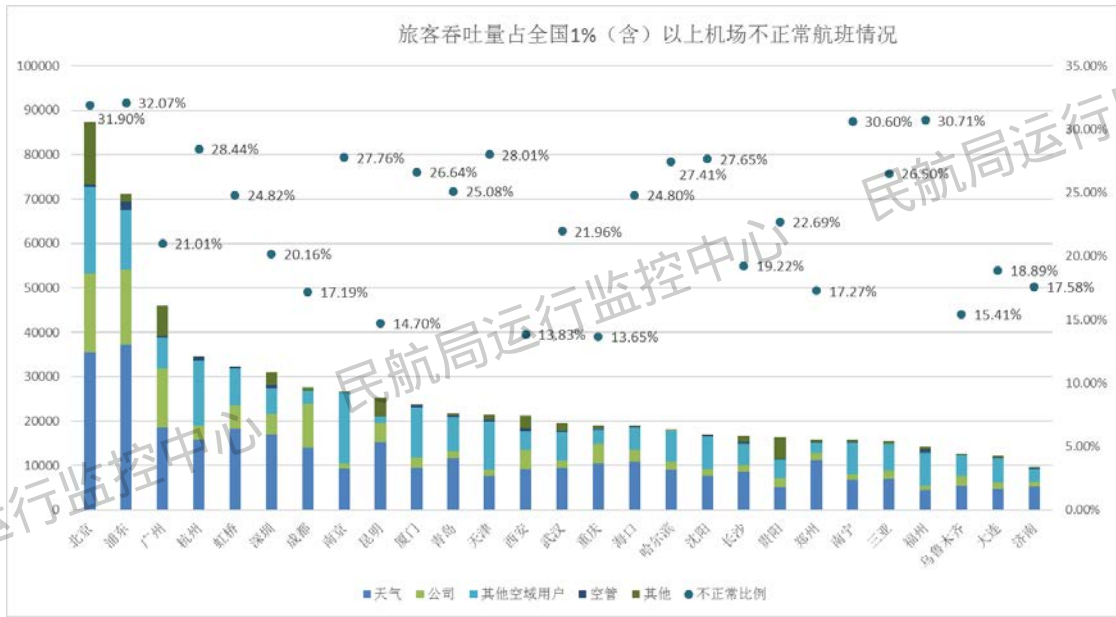


图 48 旅客吞吐量占全国 1%（含）以上机场不正常航班情况

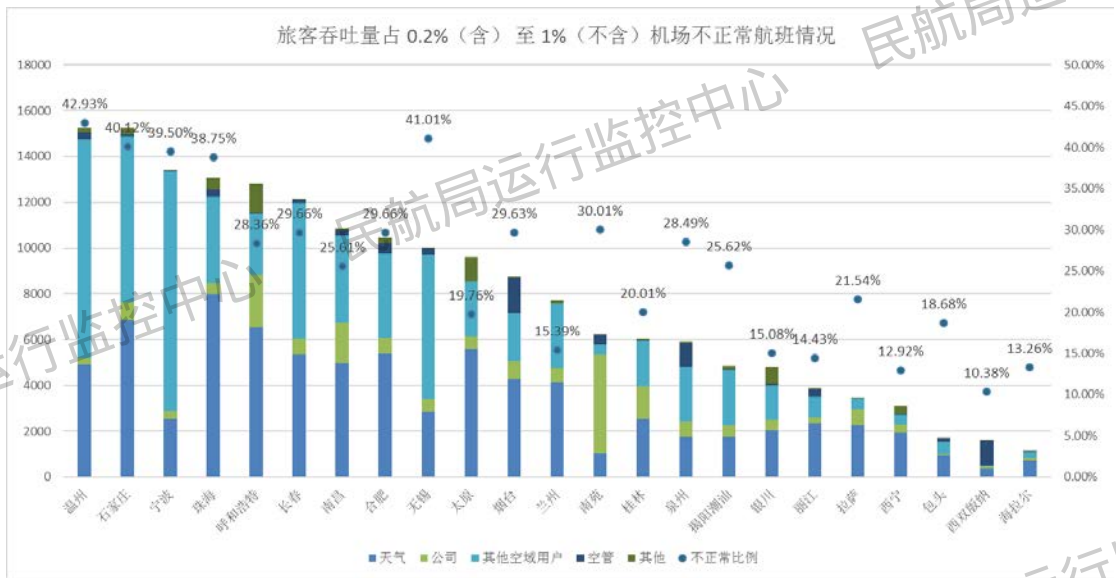


图 49 旅客吞吐量占 0.2%（含）至 1%（不含）机场不正常航班情况

图 48、49 列出了 2017 年主要机场不正常航班情况。可以看出，航班量相对大的机场，其不正常航班也比较多。旅客吞吐量占全国 1%（含）以上机场中，不正常航班最多的是北京首都机场和上海浦东机场，全年不正常航班分别为

8.73 万班、7.12 万班，占全国所有机场全年不正常航班总数的 22.7%。旅客吞吐量占 0.2%（含）至 1%（不含）机场中，温州、石家庄的不正常航班比例均超过 40%。

4.5.4 天气原因延误严重的机场

2017年天气原因造成航班不正常前20机场

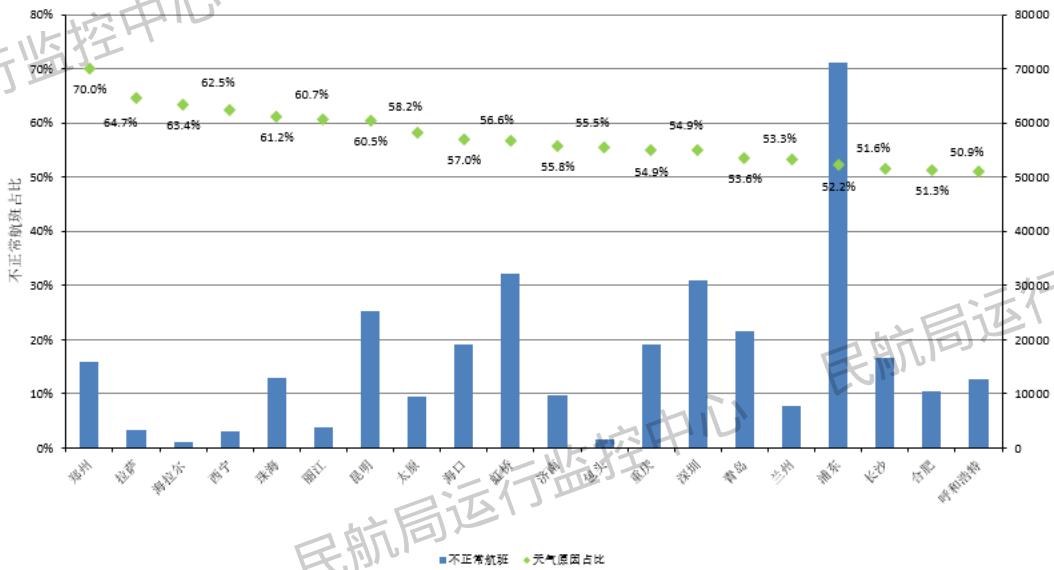


图 50 天气原因最严重的前 20 个机场

2017 年天气原因导致航班延误最严重的前 20 个机场如图 50 所示。郑州机场由于天气原因造成不正常放行航班比例为 70.0%；拉萨机场次之，比例为 64.7%；第三的是海拉尔机场，比例为 63.4%。

4.5.5 航空公司原因延误严重的机场

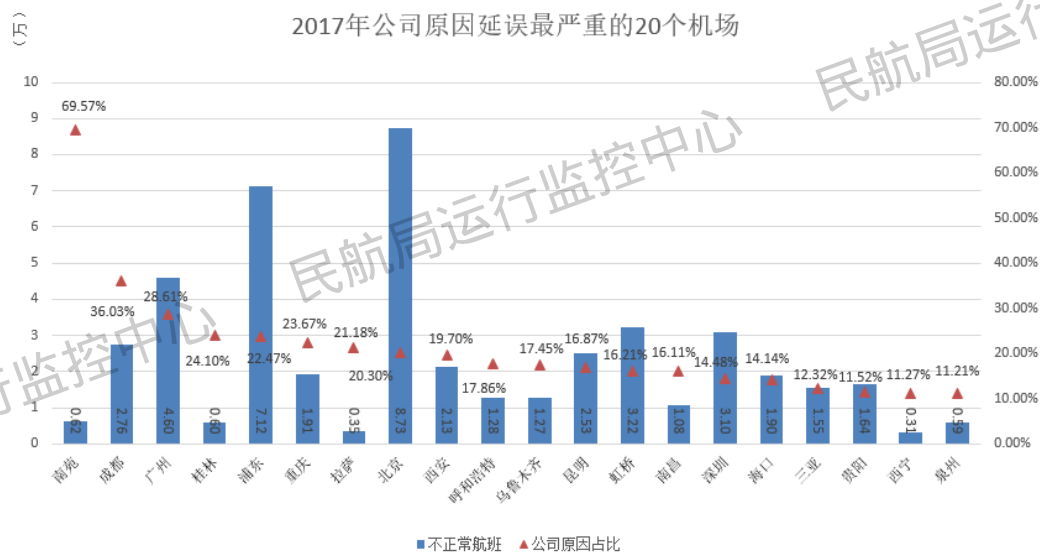


图 51 公司原因延误最严重的 20 个机场

2017 年公司原因导致延误最严重的 20 个机场如图 51 所示。南苑机场不正常航班约 6200 班，因公司原因导致航班不正常的比例最大，达 69.57%；成都双流机场次之，比例为 36.03%。2016 年公司原因最严重的是成都双流机场，为 44.25%。

4.5.6 空管（含流量）原因延误严重的机场

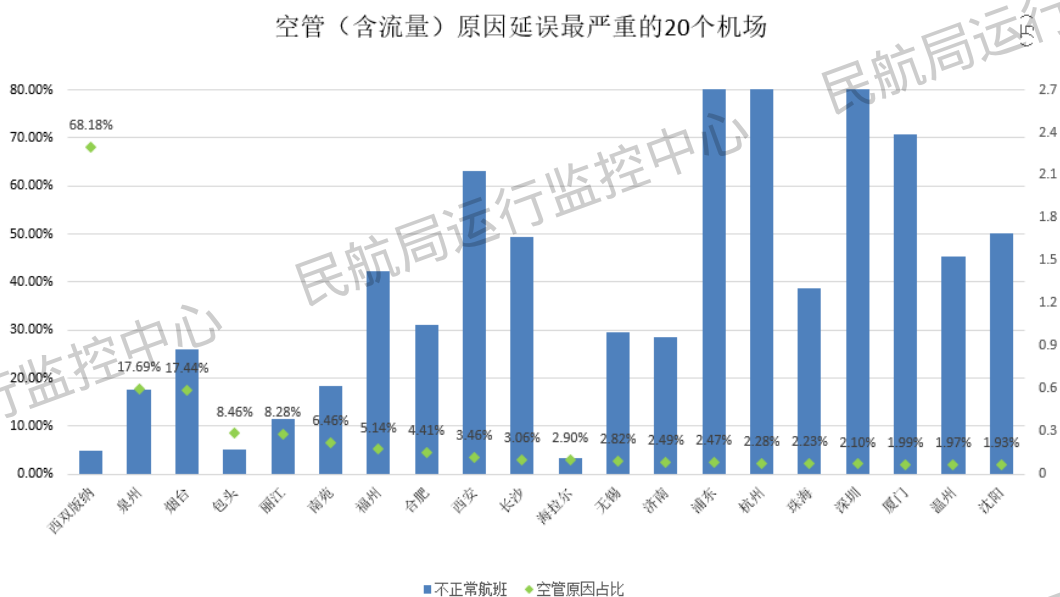


图 52 空管原因延误最严重的前 20 个机场

2017 年由于空管原因导致航班不正常最严重的前 20 个机场如图 52 所示。西双版纳机场全年不正常航班约 1630 班，其中由于空管原因导致放行不正常航班比例高达 68.18%；泉州机场次之，占放行不正常航班的比例为 17.69%；排名第三的是烟台机场，比例为 17.44%。

4.5.7 主要机场平均到达延误

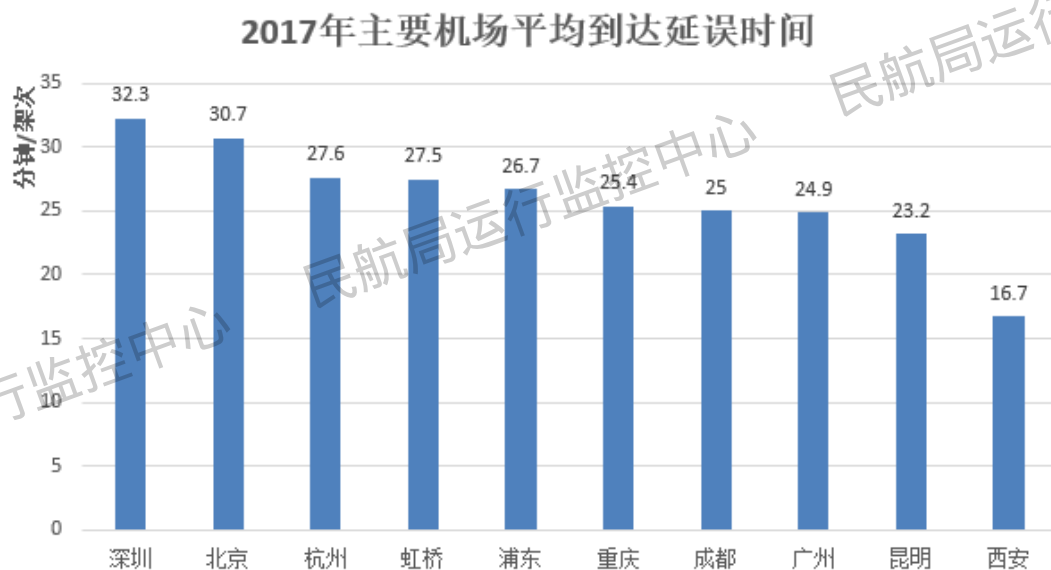


图 53 主要机场平均到达延误时间

2017 年 10 个主要机场所有航班的平均到达延误时间如图 53 所示。这里的到达延误时间为实际到港时间（挡轮挡时间）减去计划到港时间（航班时刻管理部门批准的到港时间）的差值。2017 年，十个机场的平均到达延误时间均比 2015 年有所增加，其中深圳宝安机场平均到达延误时间最长，达 32.3 分钟/架次。

4.6 协调机场平均关舱门等待时间

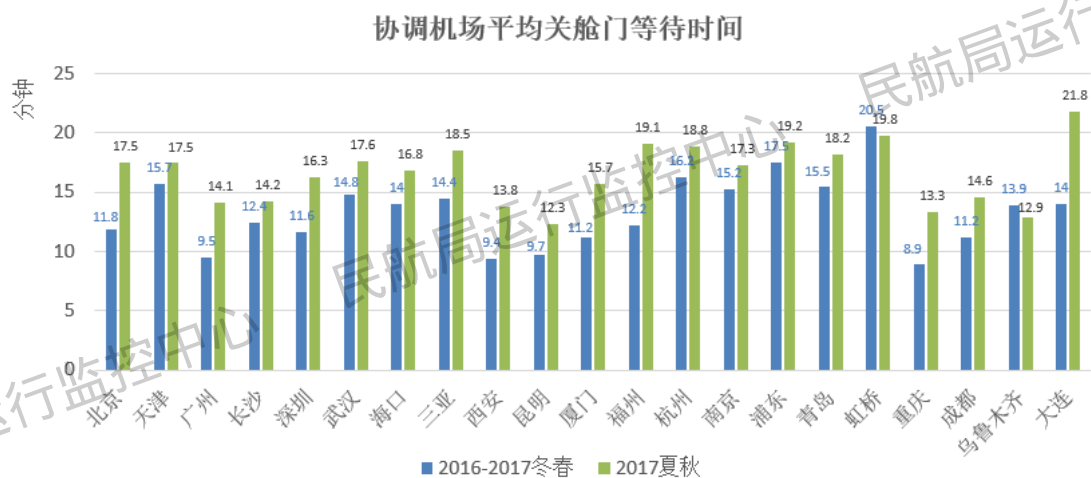


图 54 2017 年协调机场平均关舱门等待时间

根据航空器 ACARS 关舱门和松刹车的时间数据，我们计算出航空器关舱门后等待推出的时间。图 54 列出了 2016-2017 冬春季和 2017 年夏秋季各协调机场的平均每架航班关舱门后等待推出的时间。总体上，夏秋季关舱门等待时间均比冬春季要长，反映了夏秋季航班量较大、等待推出的时间较长的状况。2016-2017 年冬春季上海虹桥机场平均每架航班关舱门等待时间最长，为 20.5 分钟；其次是上海浦东机场，平均关舱门等待时间为 17.5 分钟；时间最短的是重庆机场，为 8.9 分钟。2017 年夏秋季大连机场平均每架航班关舱门等待时间最长，为 21.8 分钟；其次是上海虹桥机场，平均关舱门等待时间为 19.8 分钟；时间最短的是昆明机场，为 12.3 分钟。

4.7 协调机场平均滑出时间

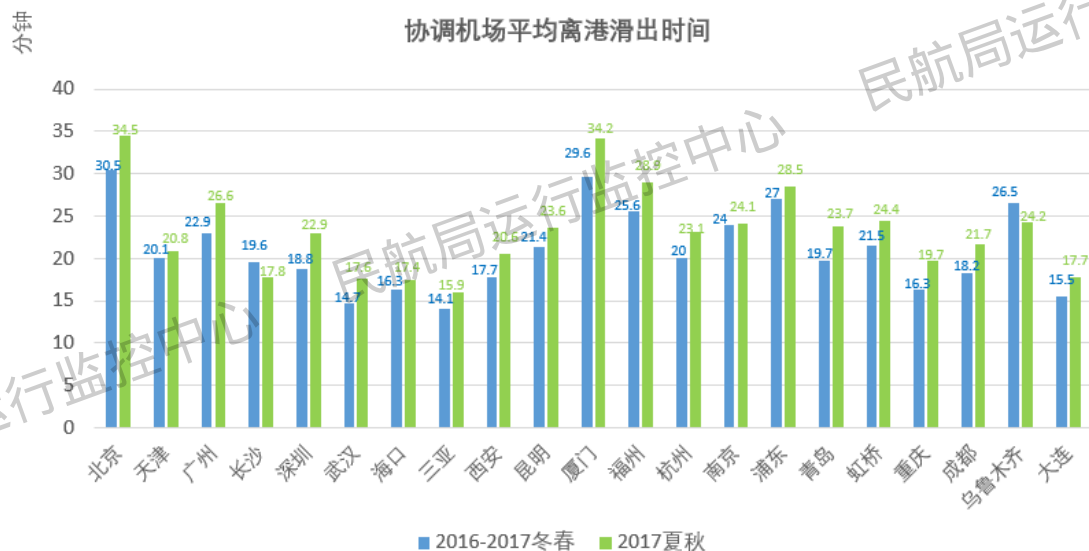


图 55 2017 年协调机场航班平均滑出时间

根据航空器 ACARS 松刹车的时间数据和航空器起飞动态电报的时间数据，我们可以计算出航空器推出后至起飞的滑行时间。2017 年协调机场的平均出港滑行时间如图 55 所示。对大部分机场来说，夏秋季出港滑行时间均比冬春季要长，反映了夏秋季航班量大、排序等待时间长的状况。2016-2017 冬春季北京首都机场平均每架航班出港滑行时间最长，达 30.5 分钟；其次是厦门高崎机场，平均滑出时间为 29.6 分钟；时间最短的是三亚凤凰机场，为 14.1 分钟。2017 夏秋季北京首都机场平均每架航班出港滑行时间最长，达 34.5 分钟；其次是厦门高崎机场，平均滑出时间为 34.2 分钟；时间最短的是三亚凤凰机场，平均为 15.9 分钟。

4.8 航班延误时长

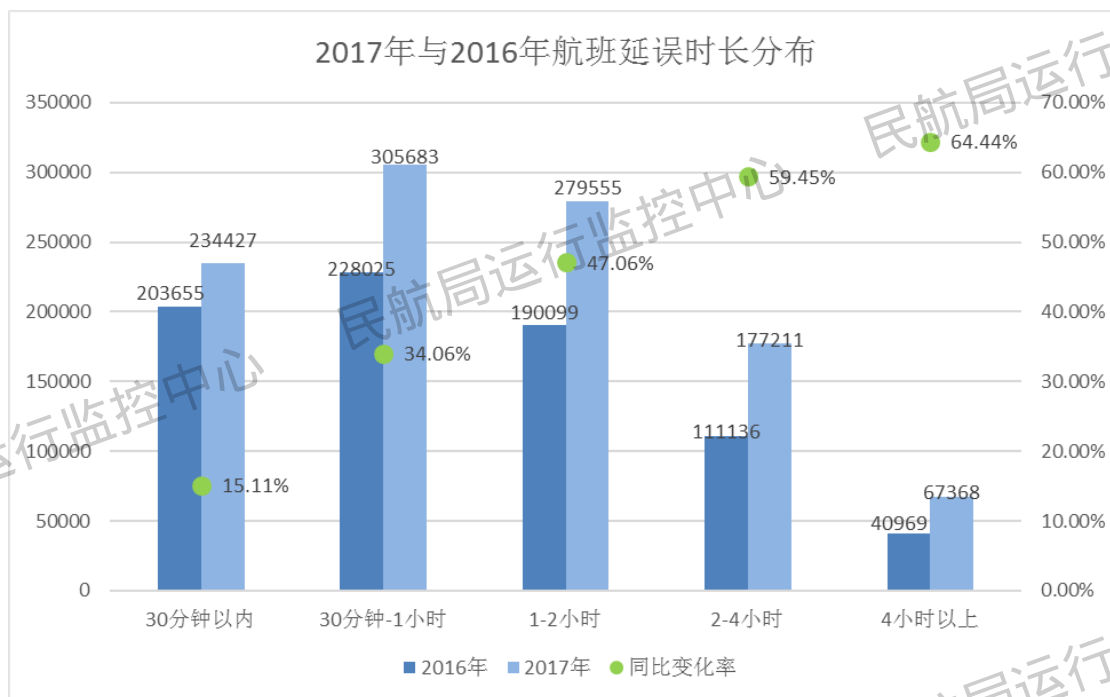


图 56 2017 年度航班延误时长分布

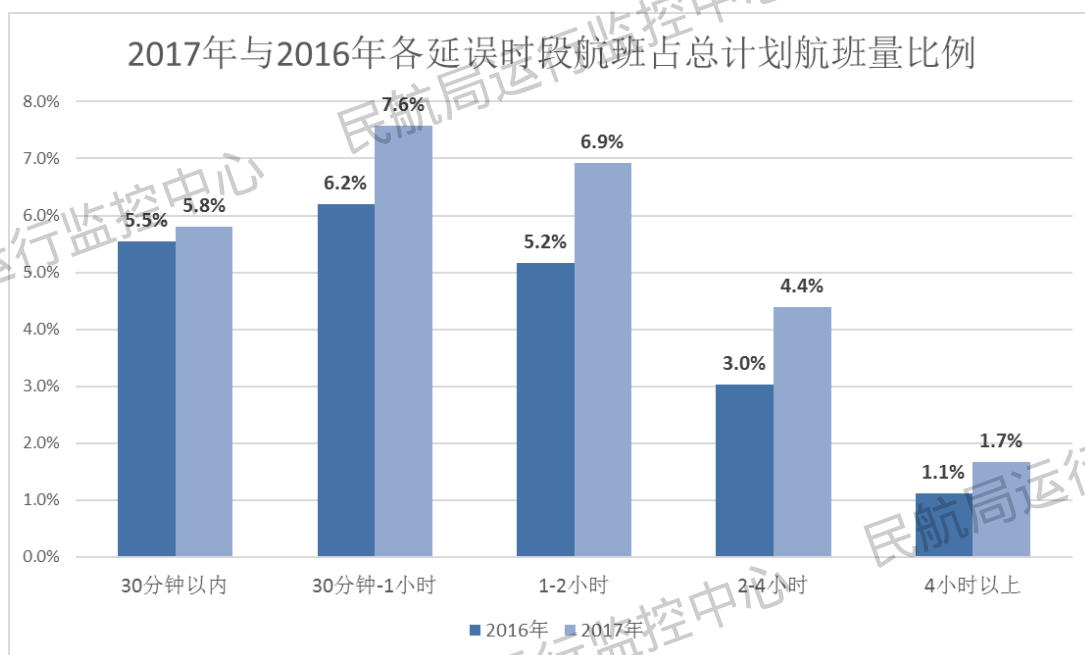


图 57 2017 年与 2016 年各延误时段航班占总计划航班量比例

2016 年和 2017 年航空公司所有延误航班延误时长分布情况如图 57 所示。由于总航班量的增加，延误航班量也随之增多，各延误时长的航班量相比 2016 年均有所增加，延

误时长 30 分钟以内的航班班次增加了 15.1%，延误 30 分钟至 1 小时的航班增加了 34.1%，延误 1-2 小时的航班增加了 47.1%，延误 2-4 小时的航班增加了 59.5%，延误 4 小时以上的航班增加了 64.4%。从延误航班占总计划航班量的比例来说，30 分钟内的短时延误比例增加较少，但是 1 小时以上的较长时间延误增幅较大。

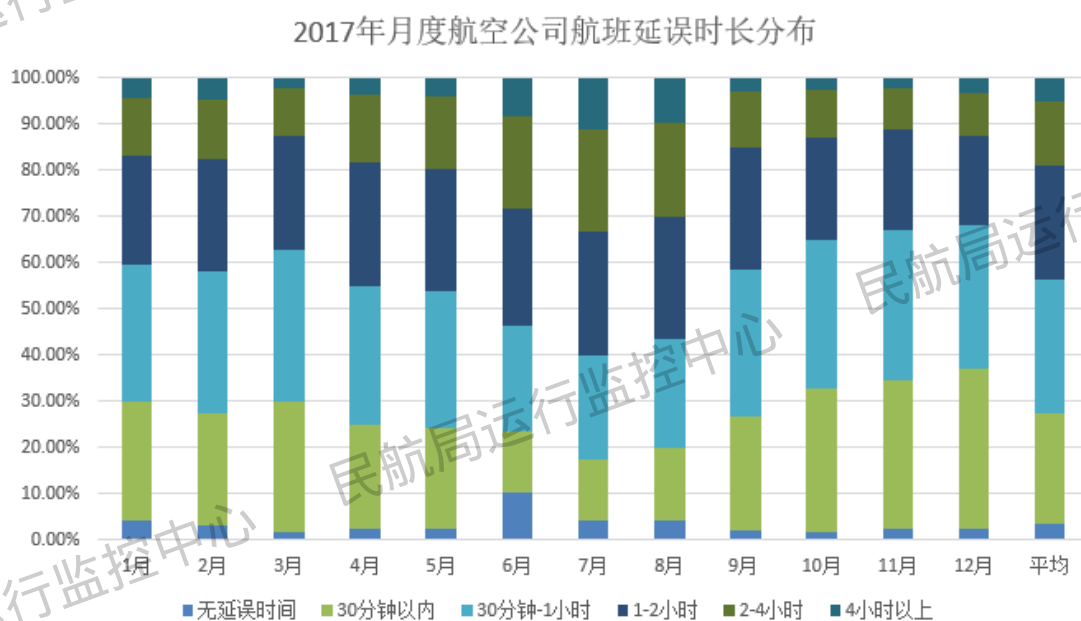


图 58 月度航空公司航班延误时长分布

2017 年月度不正常航班延误时长的分布如图 58 所示，大致呈现 V 字形。7 月份 1 小时以内的延误比例最低，约 40%，长时间延误比例最高。除 6-8 月外，其余月份 1 小时内的延误比例均在 50% 以上。

2016与2017年月度航班平均延误时间

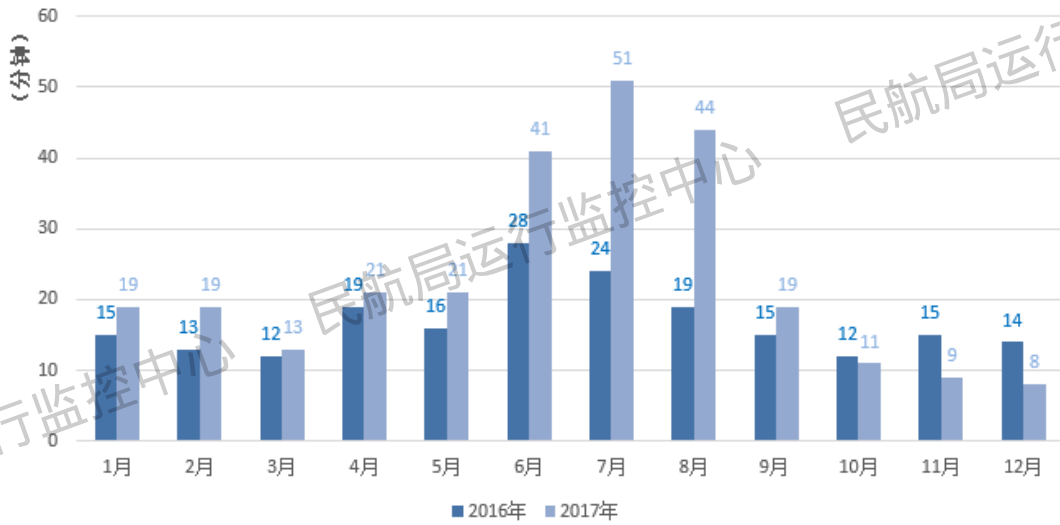


图 59 月度航班平均延误时间

2016 与 2017 年每月航班平均延误时间如图 59 所示。从图中可以看出，月度航班平均延误时间变化趋势与月度航班量变化趋势基本一致，7、8 月份航班量最大，平均延误时间也最长。

4.9 大面积航班延误情况下主要公司延误分析

本节选取了 2017 年 6、7 月份首都机场和浦东机场大面积航班延误情况下，统计分析了部分主要航空公司的延误。

2017年7月首都机场八大航空公司延误分析

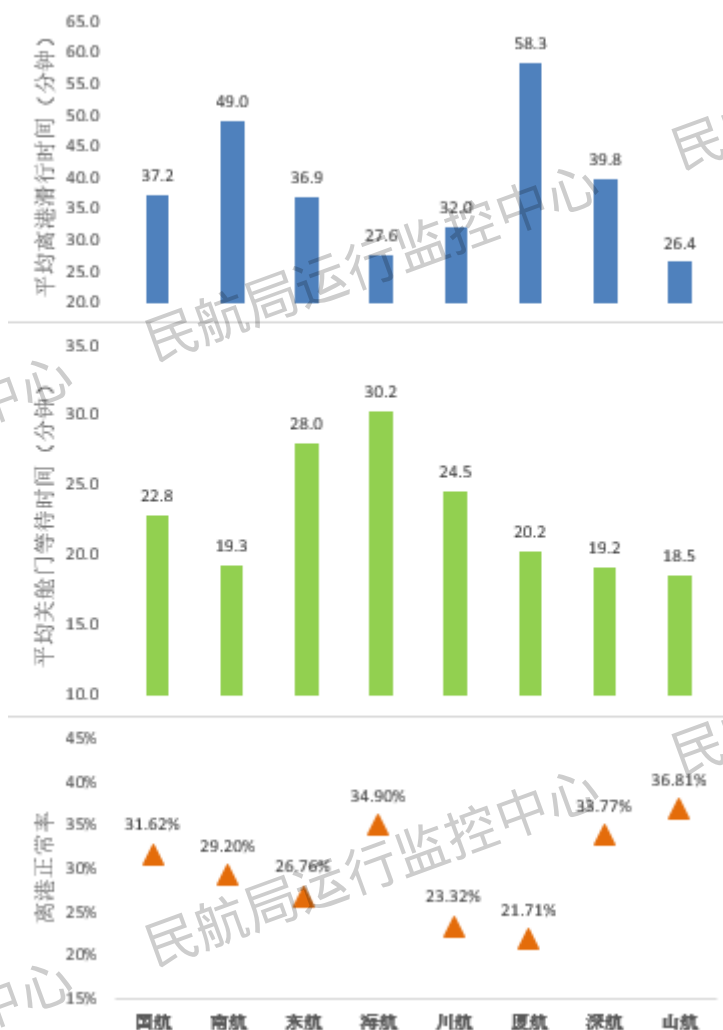


图 60 2017 年 7 月首都机场八大航空公司航班延误分析

2017 年 7 月期间，山航正常率为八大航空公司中最高，平均滑行时间和关舱门等待时间最短；厦航正常率最低，平均离港滑行时间最长。



图 61 2017 年 6 月浦东机场八大航空公司航班延误分析

2017 年 6 月期间，国航在浦东机场的正常率为八大航空公司中最高；南航关舱门等待时间最短，平均离港滑行时间最长；深航正常率最低，但关舱门等待时间较短。

5 航班飞行计划执行率

5.1 主要航空公司航班飞行计划执行率

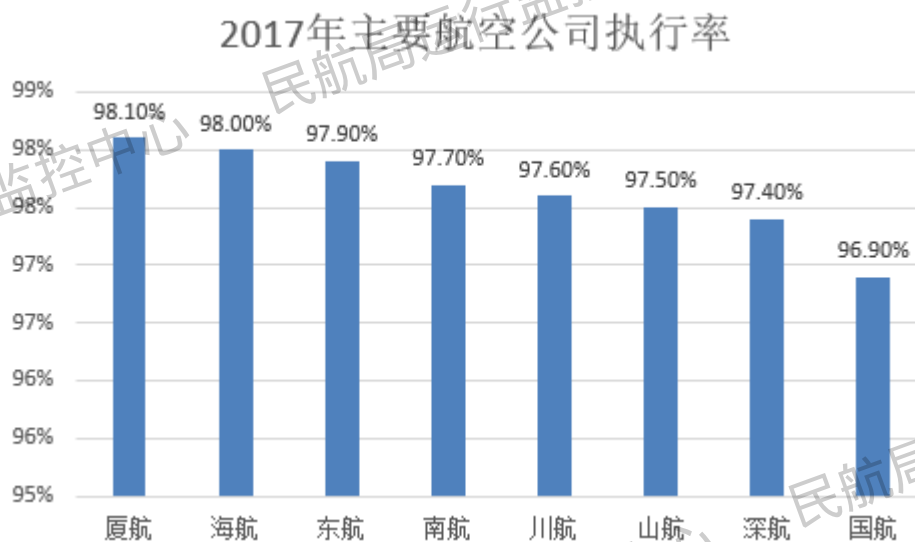


图 62 2017 年主要航空公司执行率

图 62 是八家主要航空公司 2017 年的飞行计划执行情况。八大航空公司的整体执行率较 2016 年明显提高，厦航以 98.10% 的执行率排名第一；国航最低，为 96.90%。

2017年八大航空公司在八大机场执行率

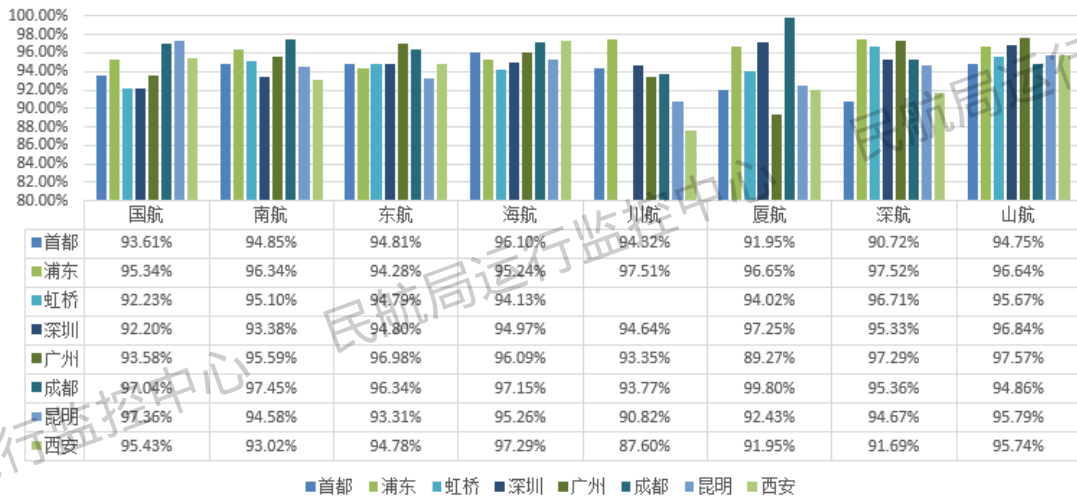


图 63 2017 年八大航空公司在八大机场计划执行率

如图 63 所示，八大航空公司中，厦航全年计划执行率相对较低。川航和厦航在昆明长水机场以及西安咸阳机场的执行率相对较低。

5.2 主要航空公司未按批复计划执行情况

2017年未按批复执行航班计划情况

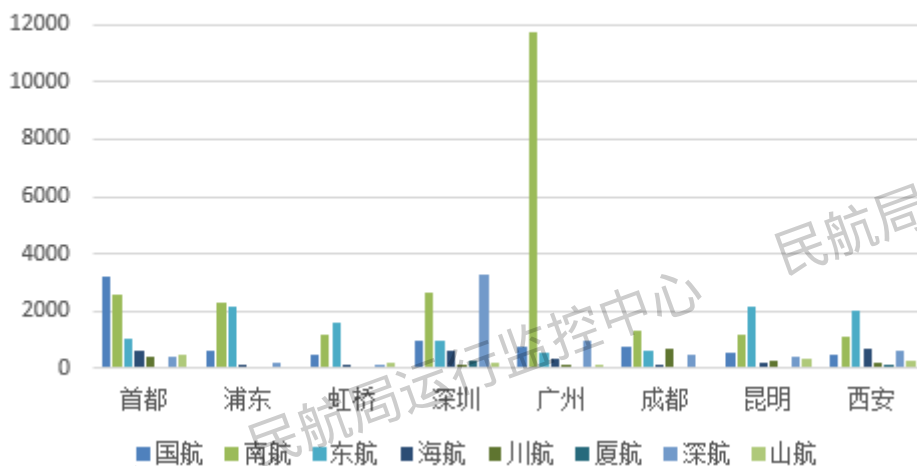


图 64 主要航空公司未按批复计划执行航班情况

公司未按批复计划执行航班指的是因公司自身原因主

动推迟起飞时间大于 30 分钟以上，以公司提交的领航计划报（FPL）为依据。由图 64 可以看出，2017 年南航在各机场未按批复执行的架次都比较多。其中，南航在广州白云机场未按批复计划执行的航班架次最多，超过 10000 架。

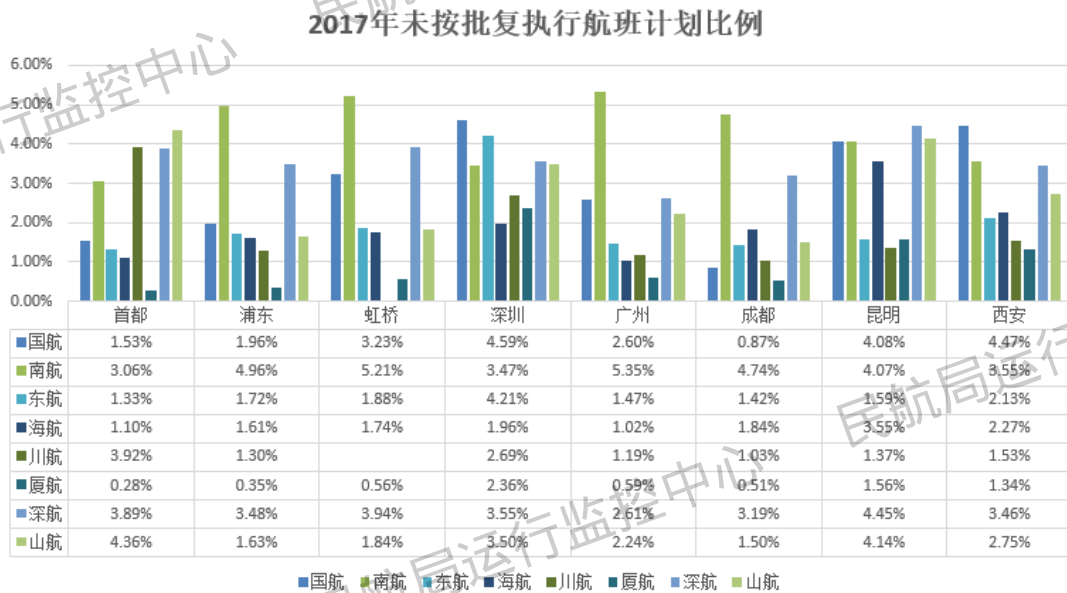


图 65 主要航空公司未按批复执行航班计划比例

由图 65 可以看出，2017 年未按批复执行航班计划比例较 2016 年有所降低。2017 年，八大航空公司中，南航在八大机场未按批复执行航班计划的比例最高，其中在上海虹桥机场和广州白云机场的比例超过 5%，而在上海浦东机场和成都双流机场的比例也接近 5%。川航和厦航在八大机场的未按批复执行航班计划比例较低。

5.3 暑运执行情况

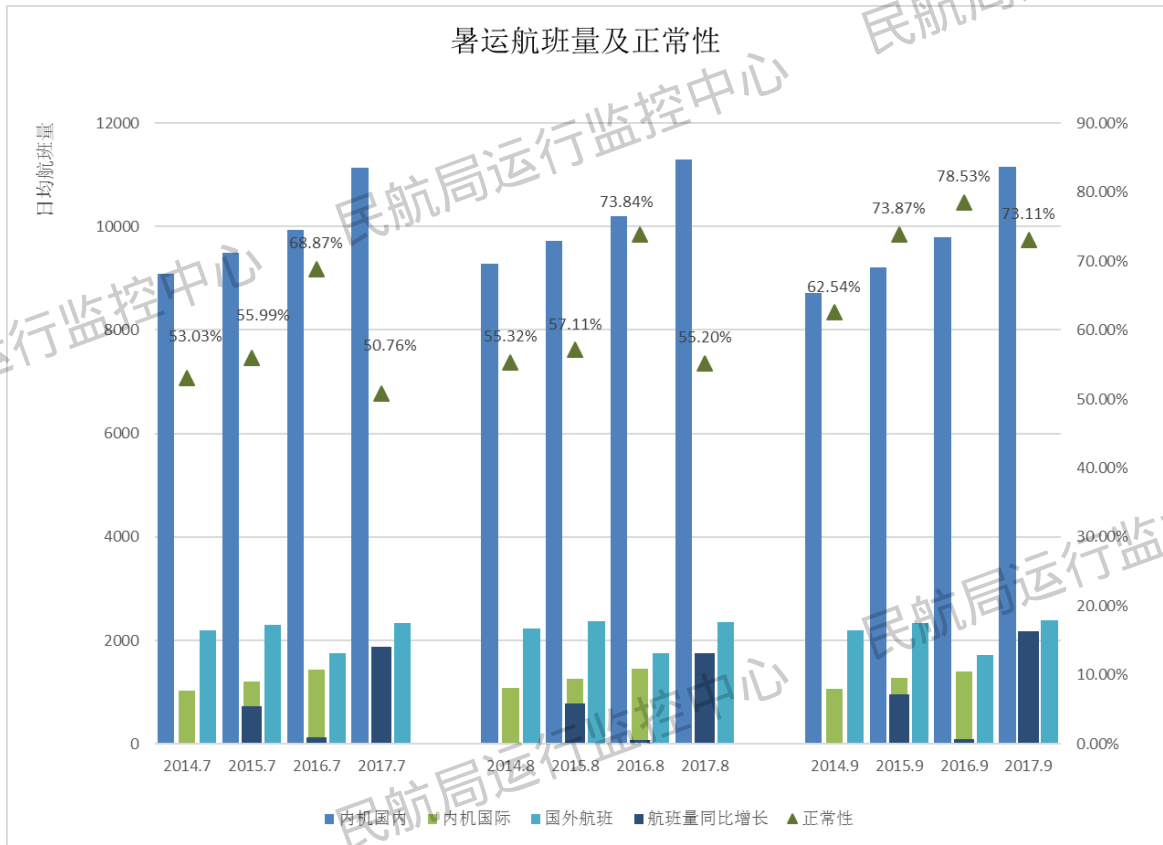


图66 2014-2017 年暑运日均航班量及正常性

2014 至 2017 年的暑运期间，内机国内、内机国际航班逐年增长，国外航班不太稳定。2017 年 7 月正常性降幅最大，较上一年低了 18 个百分点，同一年暑运，每个月的航班正常性均逐年提高，2017 年 9 月较 7 月提高得更明显。

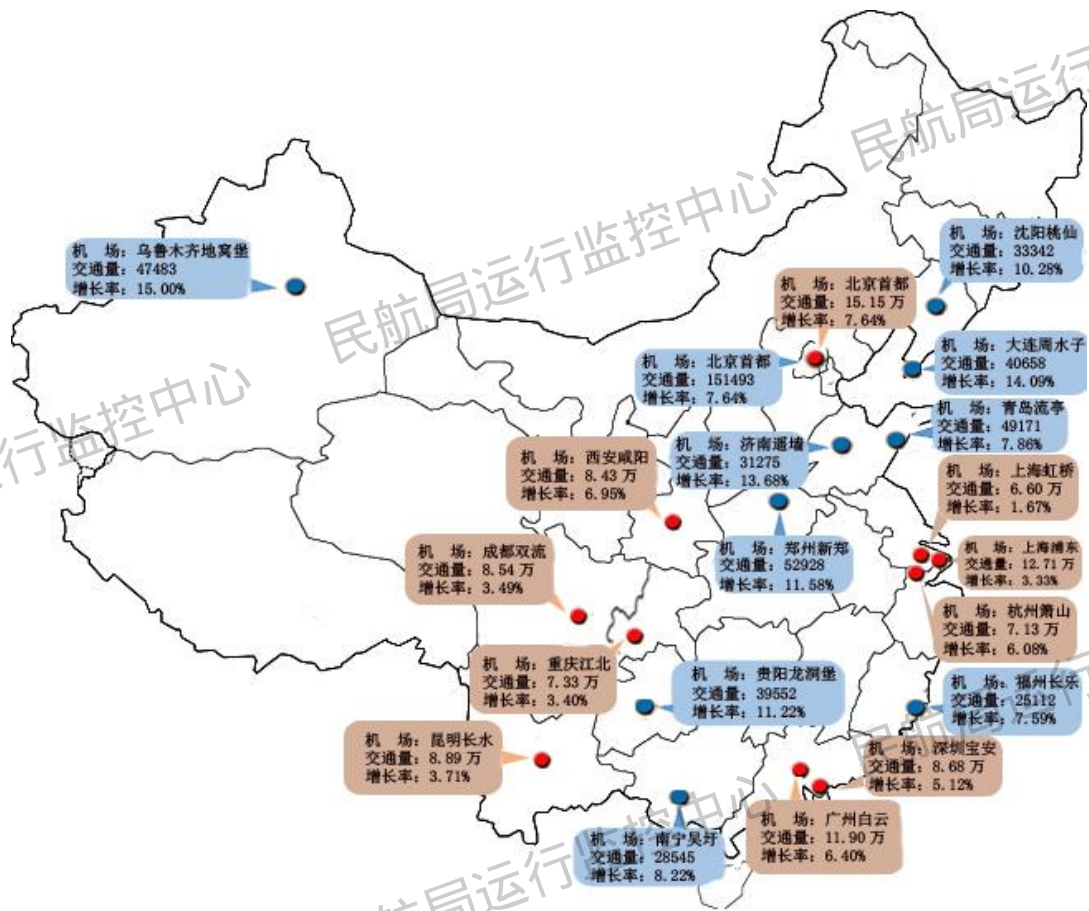


图 67 暑运国内热点城市

旅客吞吐量占全国 0.2%(含)以上的机场中,将 2017 年 7 月至 9 月航班量与 2017 年 4 月至 6 月航班量对比,将增幅排名前十的机场所属城市定义为暑运热点城市,如图 67 蓝色标签所示。2017 暑运国内热点城市中,涨幅最高的乌鲁木齐地窝堡、大连周水子和济南遥墙机场,增长率分别为 15.00%、14.09%和 13.68%。红色标签所示为航班量前十的机场,其中北京首都机场航班绝对量排名第一,增长率排名第九。

6 过站时间

本节总结了八大主要航空公司在八大主要机场过站时间的情况，并按照现行规章中的机型分类，分析了各机型过站时间。

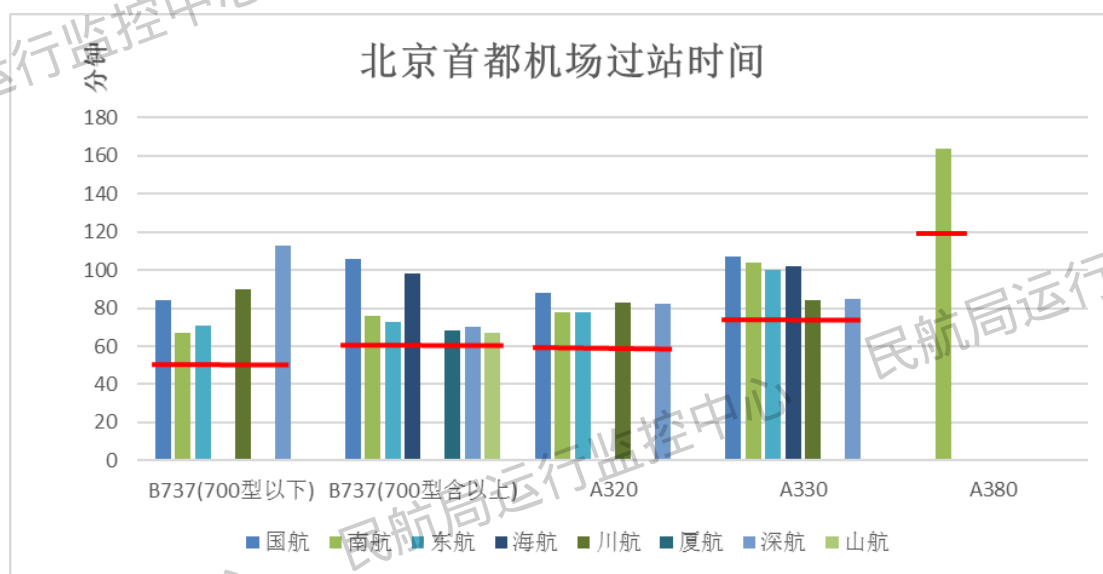


图 68 首都机场各机型过站时间

从图 68 可以看出，首都机场大部分机型的过站时间都比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，各航空公司不同机型在首都机场的过站时间差别明显，并且国航各机型在首都机场的过站时间都相对高于其它航空公司。

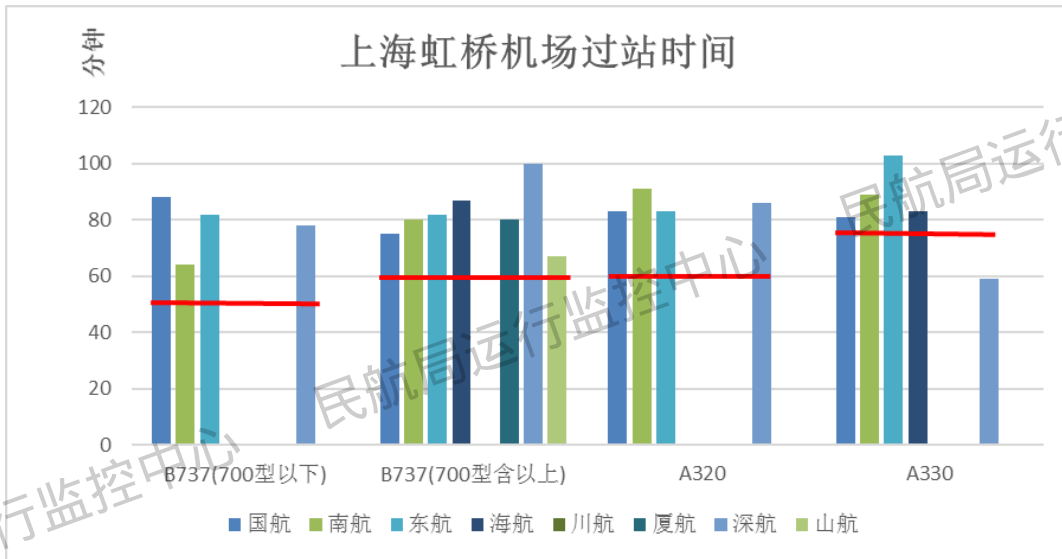


图 69 虹桥机场各机型过站时间

从图 69 可以看出，虹桥机场大部分机型的过站时间都比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，深航 A330 机型在虹桥机场过站时间低于其最少过站时间，过站效率较高。

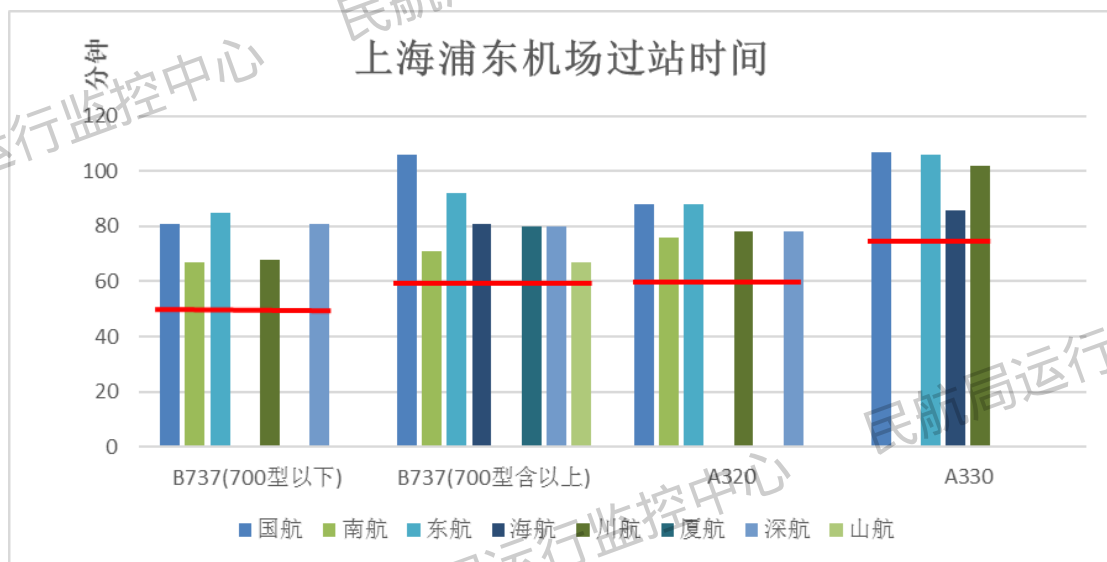


图 70 浦东机场各机型过站时间

从图 70 可以看出，浦东机场大部分机型的过站时间都比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，

各航空公司不同机型在浦东机场的过站时间差别比较明显，并且南航波音 737 等中型机在浦东机场的过站时间相对低于其它航空公司，国航、东航各机型的过站时间都相对较长。

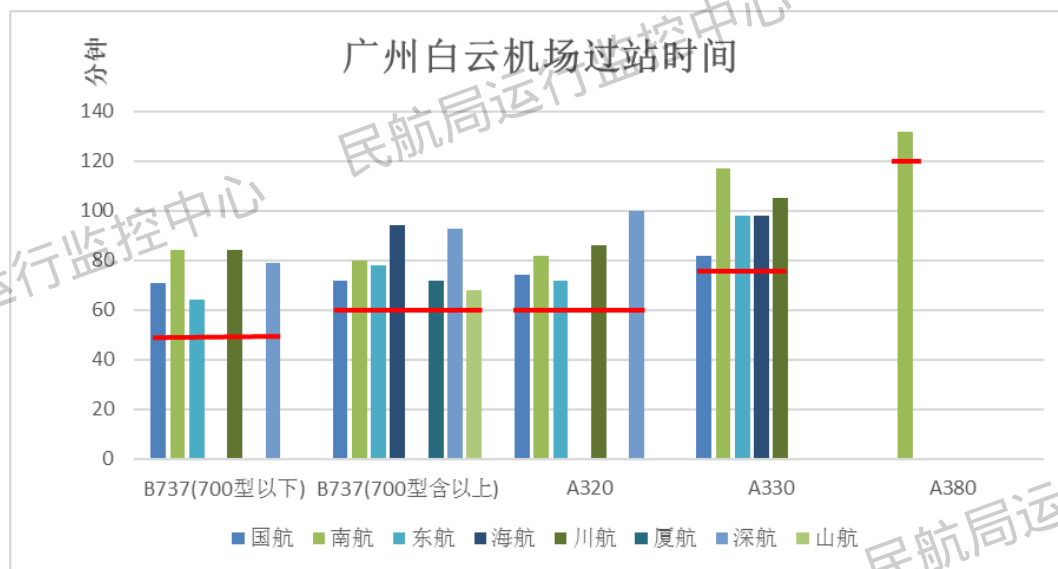


图 71 白云机场各机型过站时间

从图 71 可以看出，白云机场大部分机型的过站时间都比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，各航空公司不同机型在白云机场的过站时间差别比较明显，东航、国航波音 737 等中型机过站时间相对低于其它航空公司；南航、川航过站时间相对都较长。

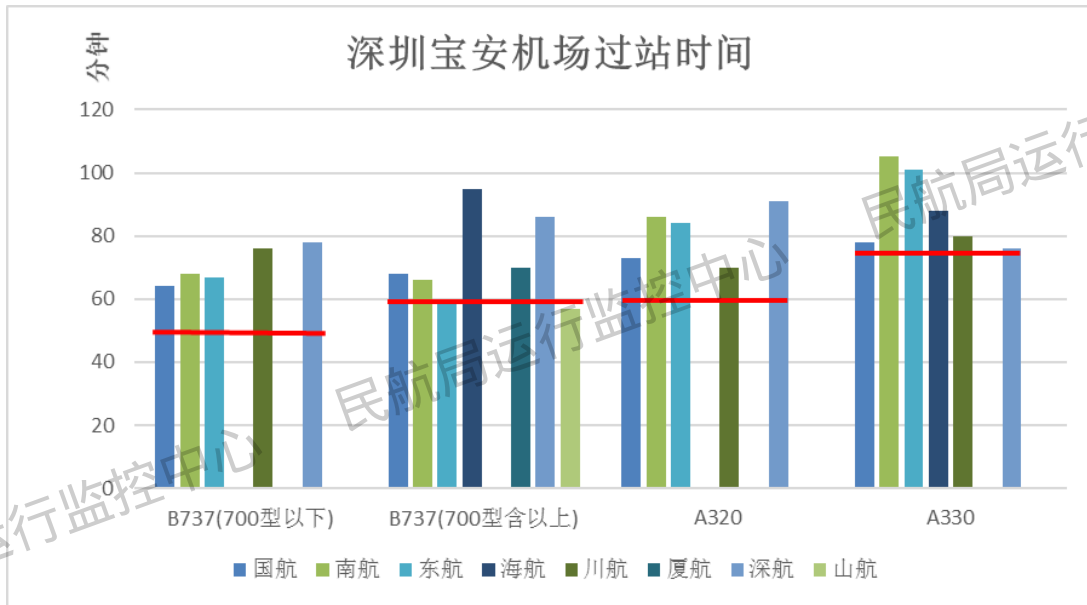


图 72 宝安机场各机型过站时间

从图 72 可以看出，宝安机场大部分机型的过站时间都比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，各航空公司各机型在宝安机场的过站时间差别比较明显，深航的大部分机型过站时间均比其他航空公司的长。

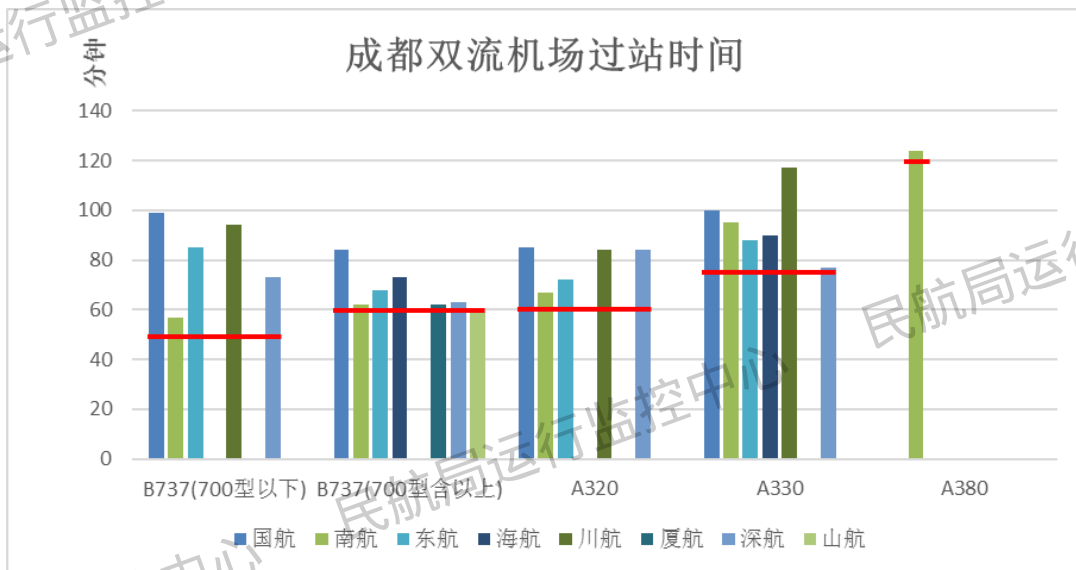


图 73 成都机场各机型过站时间

从图 73 可以看出，成都机场大部分机型的过站时间都

比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，各航空公司不同机型在成都机场的过站时间差别比较明显，国航、川航各机型的过站时间都相对较长。

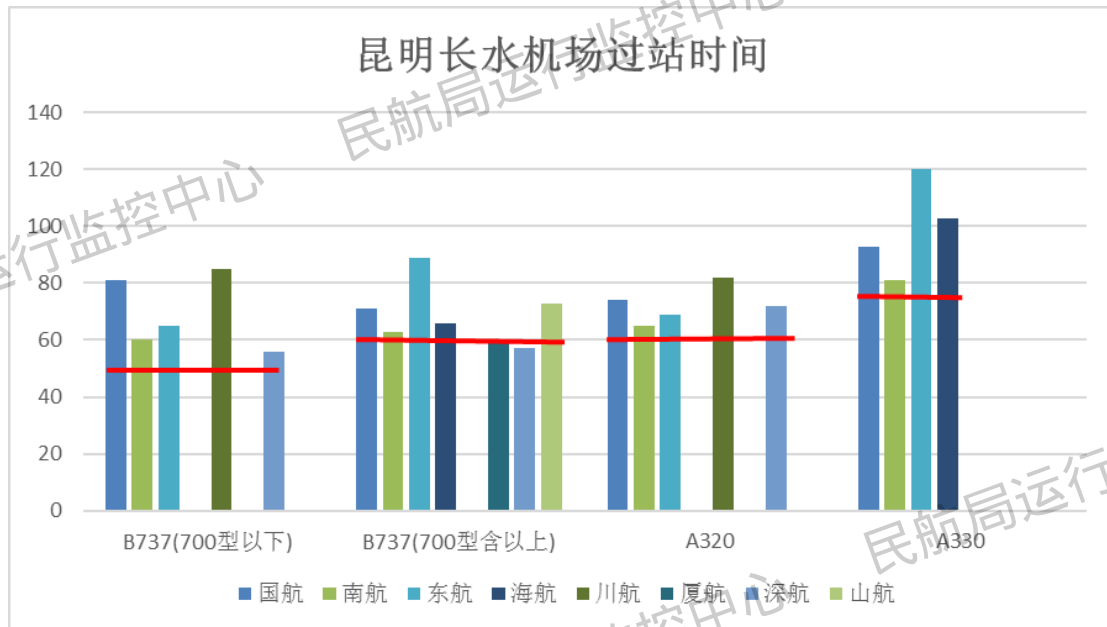


图 74 长水机场各机型过站时间

从图 74 可以看出，长水机场大部分机型的过站时间都比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，各航空公司不同机型在长水机场的过站时间差别明显，东航、国航各机型都相对较长。

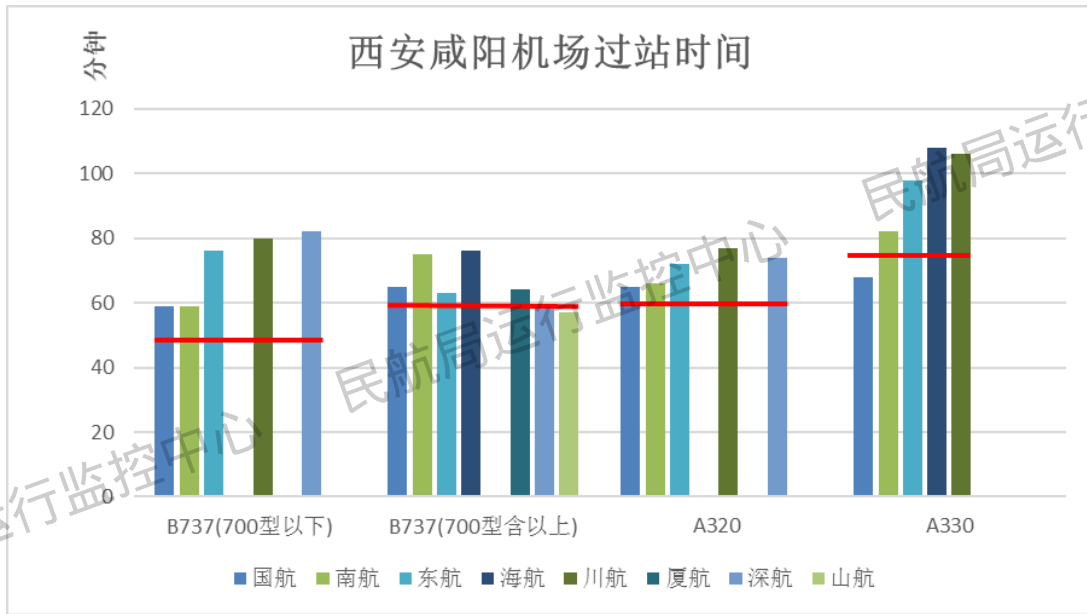


图 75 咸阳机场各机型过站时间

从图 75 可以看出，咸阳机场大部分机型的过站时间都比现行发布的标准时间（红线所示）长。同时，可以看出，各航空公司波音 737-700 以上、A320 等中型机在咸阳机场的过站时间差别不大，国航各机型都相对较少；川航、海航各机型过站时间都相对较长。

7 航班飞行距离分布

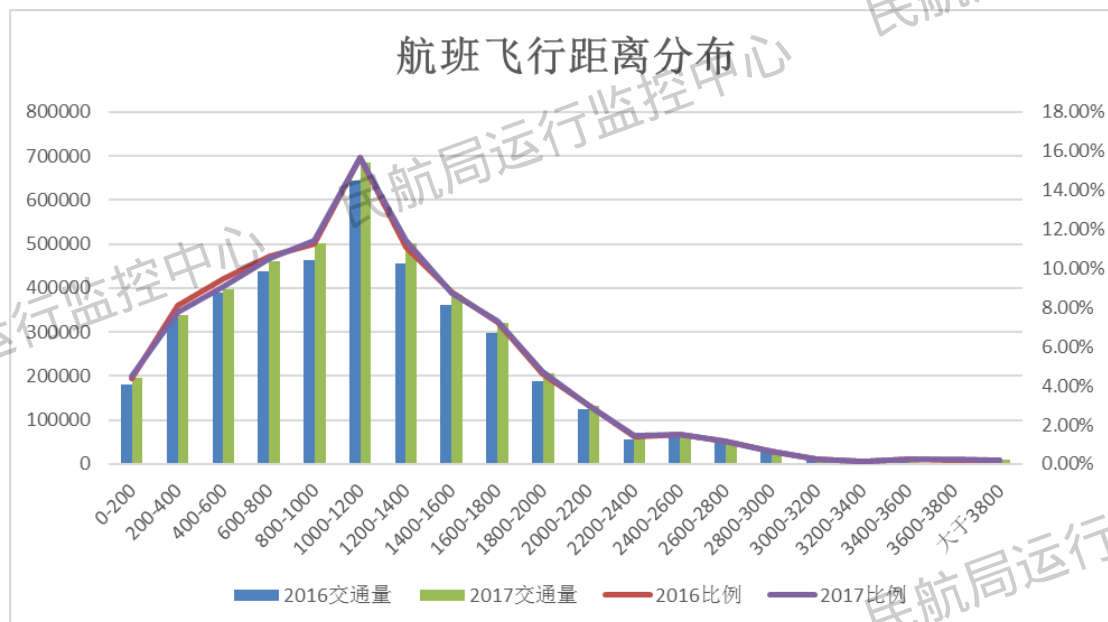


图 76 航班飞行距离分布

如图 76，从统计来看，2017 年国内城市对之间的航班飞行距离主要集中在 200 至 1800 公里范围内，占全年航班量的 82%左右；其它飞行距离的航班所占比例较少。相比 2016 年飞行距离分布，2017 年各飞行距离范围内的航班量均有所增长，但整体分布基本一致。

8 成本效益

表 2 2013-2017 年空中飞行燃油消耗

	总飞行距离 (万架次·公里)	总飞行时间 (架次·小时)	燃油消耗 (万吨)	二氧化碳排 放 (万吨)	单位航班公里 燃油消耗 (千克 /架次·公里)	单位航班小时二 氧化碳排放 (吨/ 架次·小时)
2013 年	363641.8	5812211.8	1901.7	5990.4	5.23	10.31
2014 年	392019.4	6392546.9	2110.5	6648.1	5.38	10.40
2015 年	419157.1	6845760.7	2182.6	6875.2	5.21	10.04
2016 年	464039.0	7691724.3	2386.4	7517.2	5.14	9.77
2017 年	498231.5	8595608.7	2633.2	8294.6	5.29	9.65

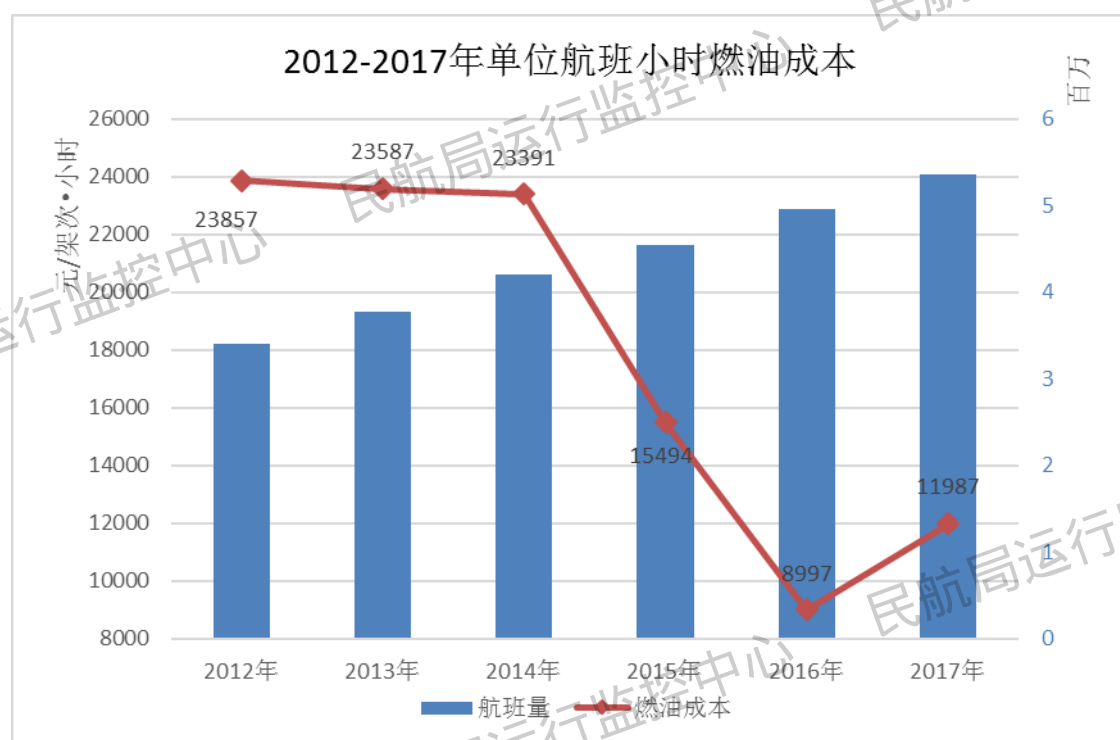


图 77 2012-2017 年单位航班小时燃油成本

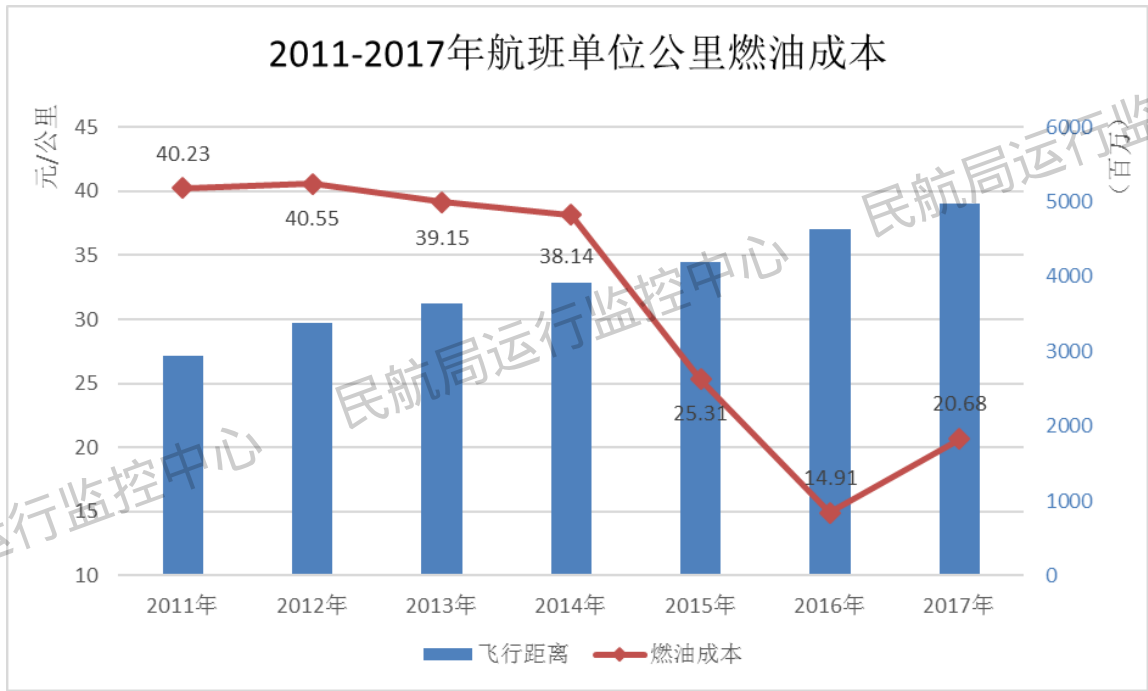


图 78 2011-2017 年航班单位公里燃油成本

表 2 是统计 2013—2017 年航班空中总飞行小时以及总飞行距离，并计算得出航班空中飞行燃油消耗和二氧化碳排放。从表 2、图 77、图 78 可以看出，2011 年以来实际执行航班量、飞行距离和飞行时间均逐年增加，燃油消耗也逐年增多，但燃油成本受航空煤油价格影响较大，2016 年燃油价格较低，故单位航班小时燃油成本和单位公里燃油成本为近几年最低，2017 年又有所上升。

9 中欧对比

表 3 给出了中欧空中交通运行相关基础数据。

表 3 中欧基础数据一览表

	中国(2017)	欧洲 (2015)	注释
地理面积 (百万平方公里)	9.6	11.5	不包括海洋
导航服务提供商	1	37	
管制员数量	8885	17370	在册管制员
飞行量 (百万)	5.36	9.8	全国
飞行小时 (百万)	8.60	14.8	全国
飞行密度 (小时/平方公里)	0.9	1.3	飞行小时/面积
起降架次 (百万)	3.73		十个机场航班量
平均飞行距离 (公里)	929.3	1064.9	全国
民用机场数量	237	415	
来源	ATMB	EUROCONTROL	

如表中所示，欧洲的空域面积（陆地上方，不包括海洋上空）比我国多约 20%。而在飞行量、飞行小时数、民用机场数量、在册管制员数量等方面，欧洲大约是我国的 2 倍。相较我国来讲，欧洲地区的飞行密度要大得多。我国空中交通管制服务由民航局空管局统一提供；欧控（EUROCONTROL）由多个会员国组成，由 37 个导航服务提供商共同提供空中交通管制服务。

管制员数量方面，2017 年我国持管制执照的管制员数量为 8885 人，2015 年欧控的一线管制员数量为 17370 人，约

为我国持管制执照的管制员人数的 2 倍。

9.1 空域运行繁忙程度

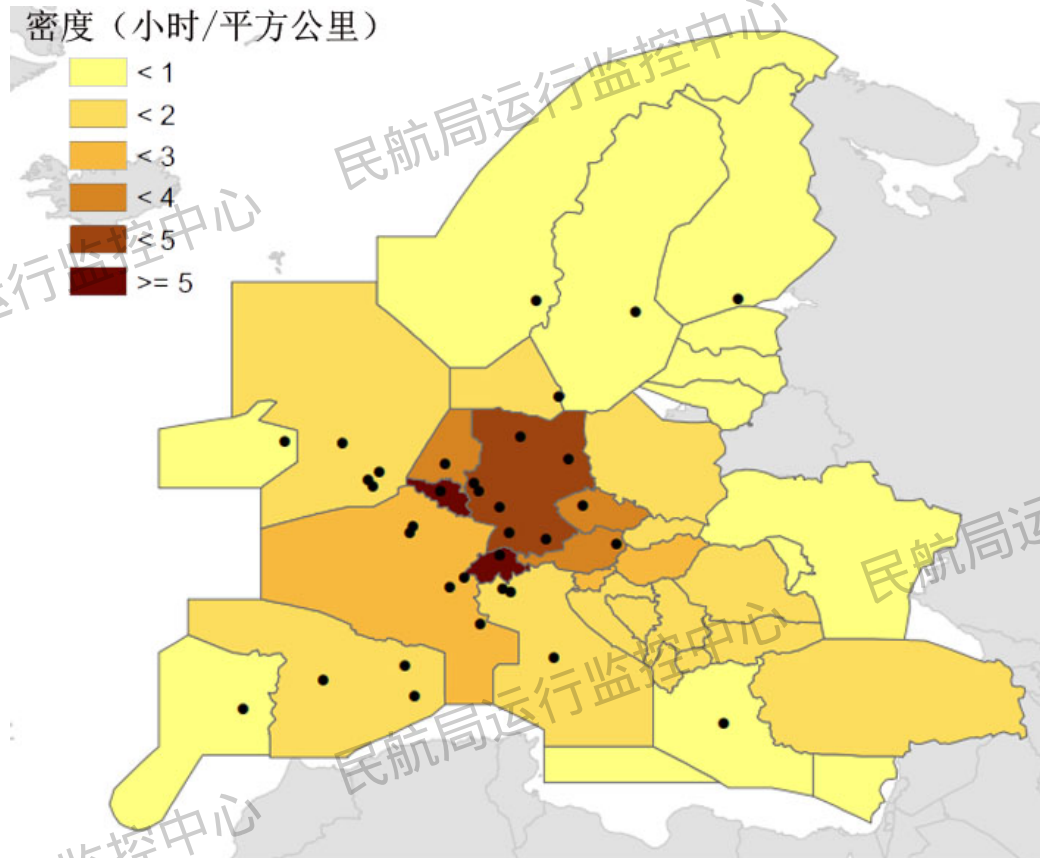


图 79 2015 年欧洲飞行密度图

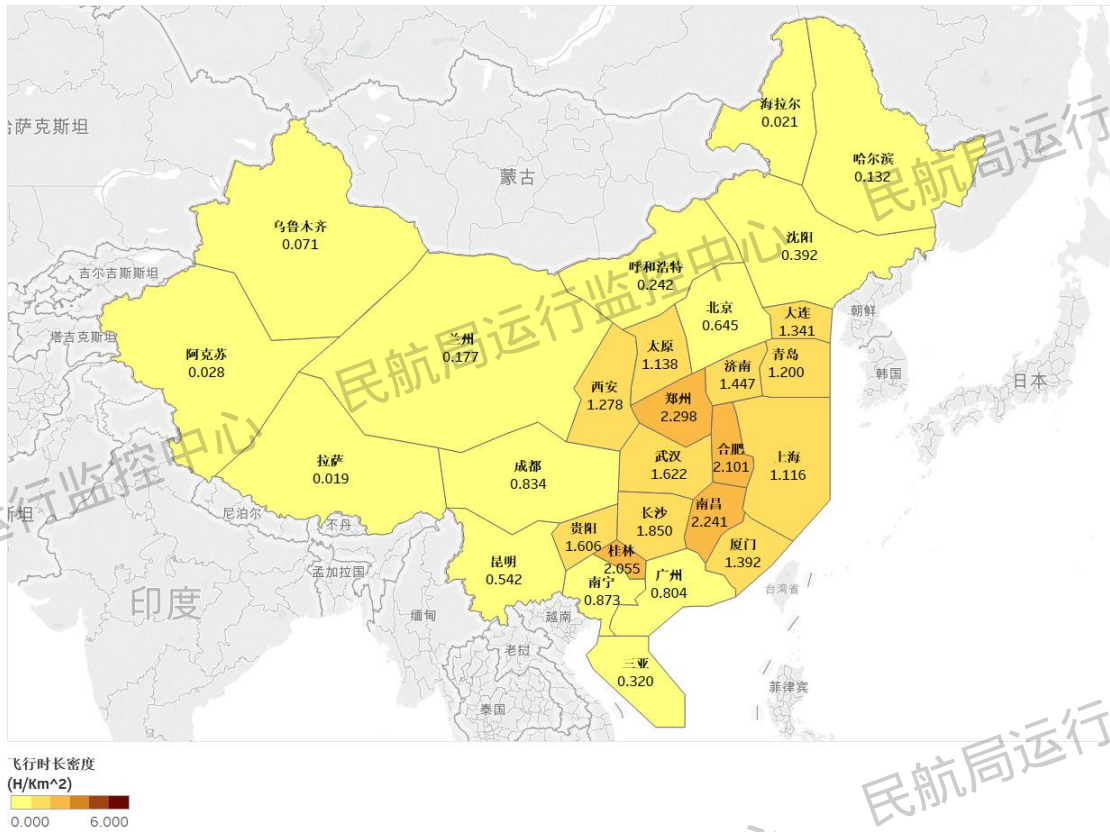


图 80 2017 年中国飞行密度图

这一部分对我国和欧洲不同管制区空域运行繁忙程度进行了对比，繁忙程度以该管制区内全年所有航班飞行时长总和与该管制区面积之比表示（小时/平方公里）。可以看出，我国最繁忙的郑州区域年度飞行密度为 2.298 小时/平方公里，而欧洲最繁忙的区域大于 5 小时/平方公里，相较于欧洲繁忙管制区，我国的繁忙程度仍有较大差距。中欧空域面积差不多，欧洲的交通量是中国的 2 倍左右，密度也是我国 2 倍多。其原因为我国可供民航使用的空域较小，航路航线较为单一，从而实际上以较小的可用空域，承担了较为繁重的航班实际运行量。

9.2 日均航班量

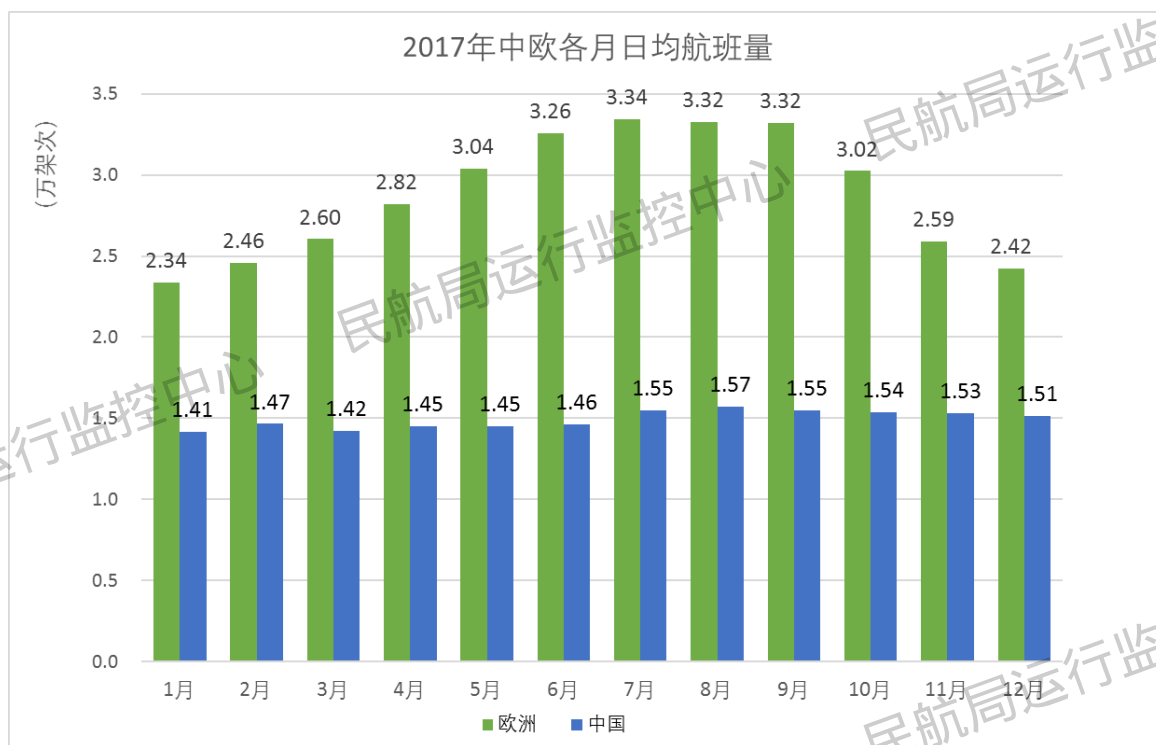


图 81 中欧日均交通量对比

图 81 是 2017 年各月中欧航班量的对比，我国的日均航班量约为欧洲的一半，且欧洲交通量随季节变化更显著。

9.3 主要机场起降量

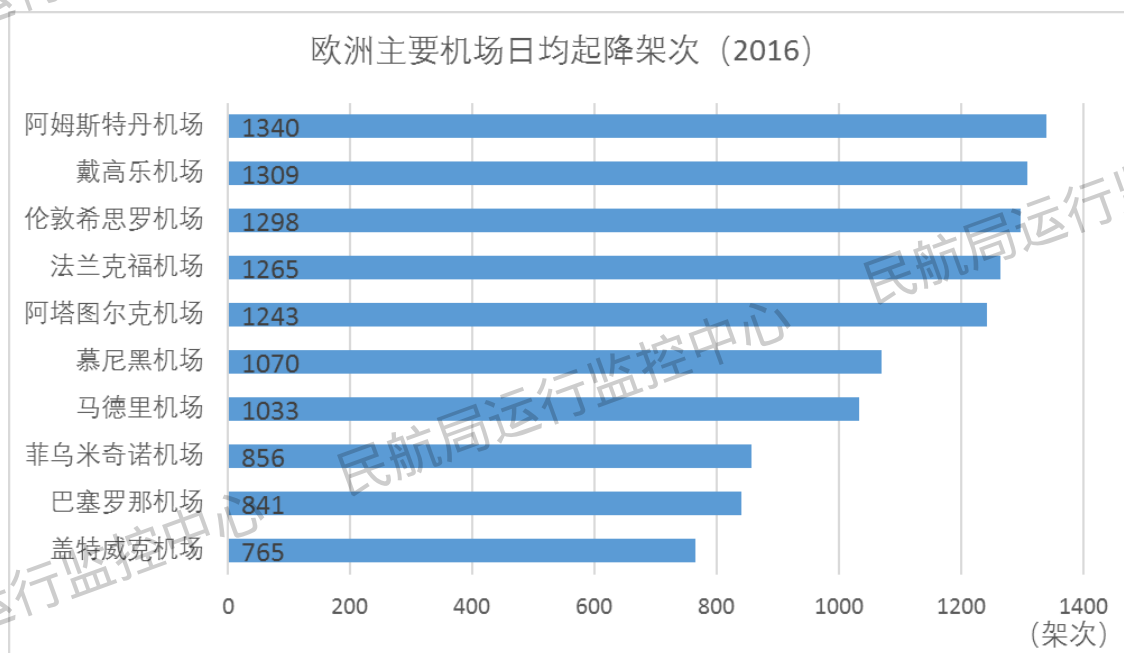


图 82 欧洲主要机场起降架次

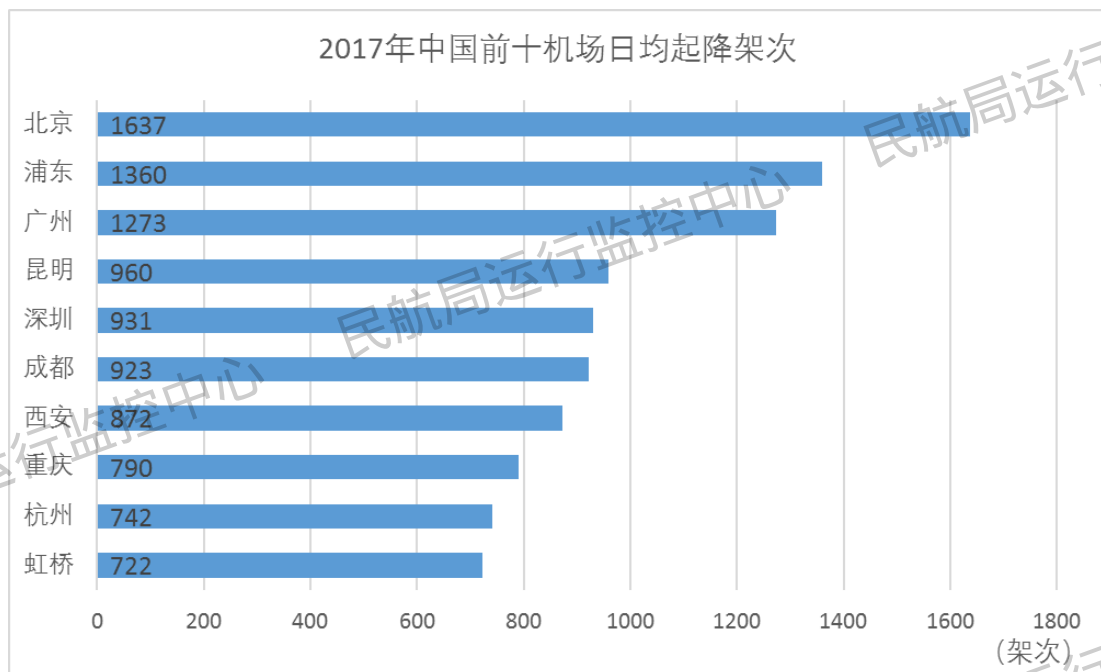


图 83 中国主要机场起降架次

如图 82、83 所示，显示了欧洲和中国前 10 机场的日均起降量，对比中欧前 10 机场的日均起降量的平均值可以发现，2017 年我国前 10 机场日均起降量与欧洲 2016 年前 10 机场日均起降量非常接近，北京首都机场甚至超越了欧洲机场的运行量，虽然我国总体航班量仅为欧洲地区的一半左右，但主要核心机场的运行保障能力已经与欧洲主要机场基本相当。

9.4 机场容量利用率

2016 年欧洲机场容量利用率

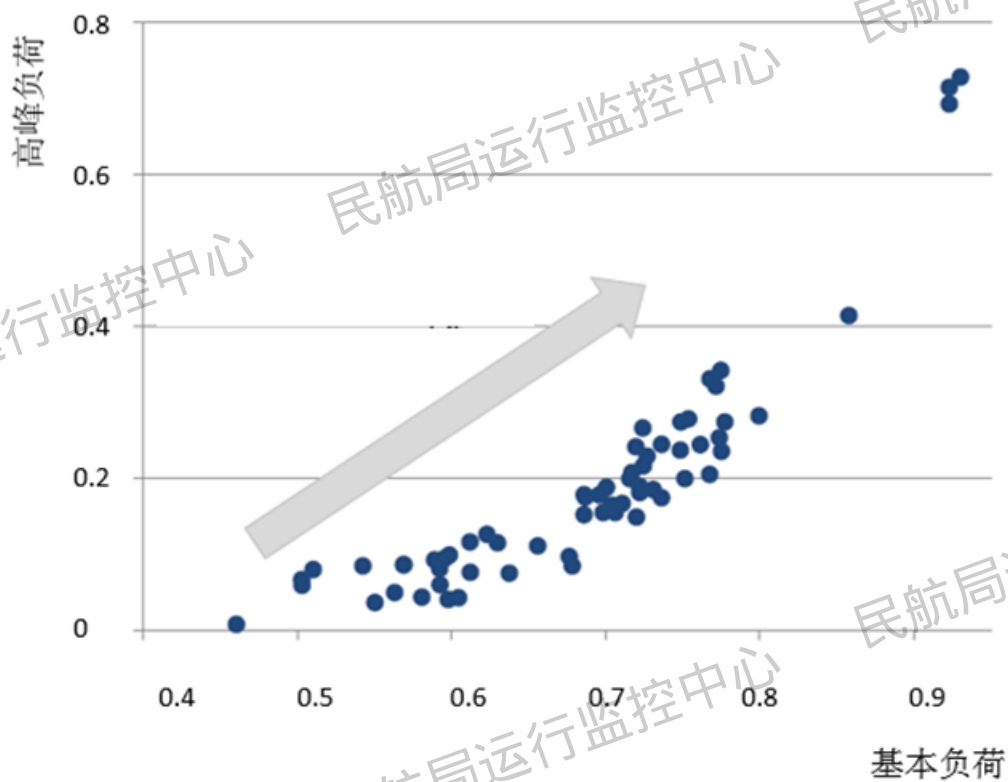


图 84 欧洲主要机场容量利用率

2017年中国21个协调机场容量利用率

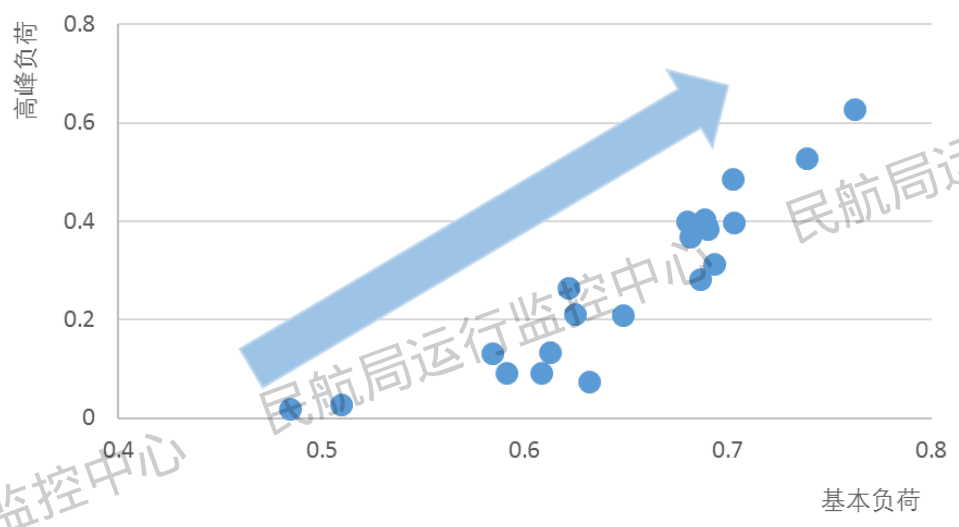


图 85 中国 21 个协调机场容量利用率

上图分别是中欧机场的容量利用率，欧洲选取 61 个机场，中国选取 21 个协调机场，每个圆点代表一个机场的繁忙程度。横坐标是机场的基本负荷，指的是机场的航班实际起降量占其总可用容量的比例；纵坐标是机场的高峰负荷，指的是机场高负荷运行（小时容量的 80% 以上的交通量）的时间比例。这里的容量选取参考机场实际运营情况，将高峰小时交通量的 95% 作为小时容量标准，时间段为全年 7-22 点的运行数据。

以首都机场为例，高峰架次为 106， $106 \times 95\% = 100$ 架次，100 作为容量，全年容量即为 $100 \times 16 \times 365 = 584000$ 架次，全年 365 天内每一天（7-22 点）的起降量之和即为全年的实际起降量，全年的实际起降量除以容量即为机场的基本负荷。研究时段内，实际小时起降量高于 80（ $100 \times 80\%$ ）架次的小时数占总小时数的比例即为高峰负荷。

基本负荷从交通量的角度反映了机场容量利用情况，该值越大，说明需求较大，机场各运行系统配合良好，时隙分配科学，运行效率较高，容量资源得到了充分利用。高峰负荷从交通量分布的角度体现容量利用情况，体现需求分布的均衡性。在实际交通量不变的情况下，该值越大，说明起降量聚集在某个时段的现象明显，证明交通需求分布不均衡。

中欧对比结果显示，中欧机场的基本负荷大部分在

0.6-0.8 之间，但当机场的基本负荷超过 0.6 以后，中国机场的高峰负荷比欧洲机场的大，说明我国机场航班需求相对更集中，需求分布不均衡性更明显。

9.5 滑行效率

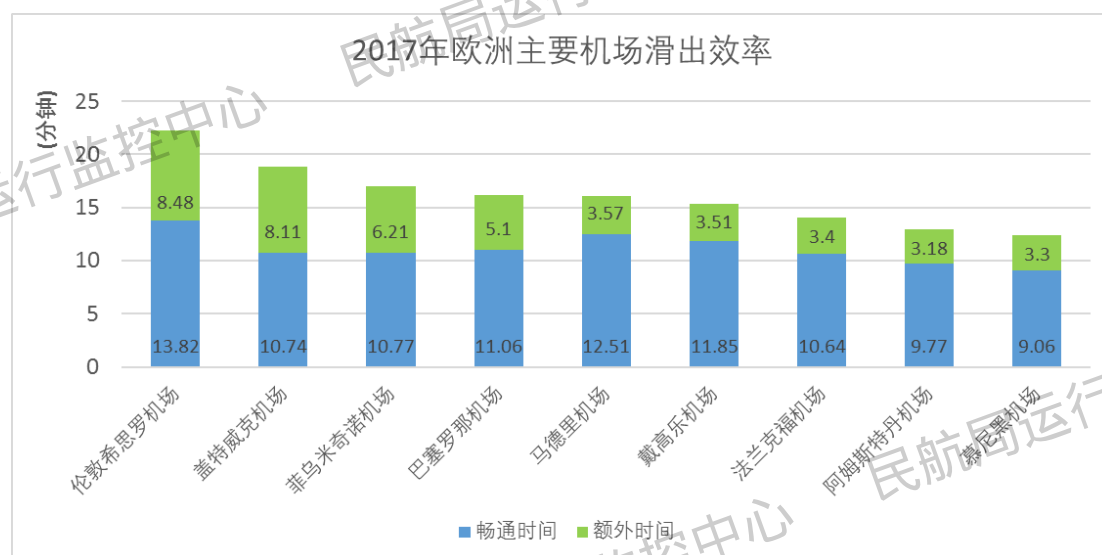


图 86 欧洲主要机场滑出效率

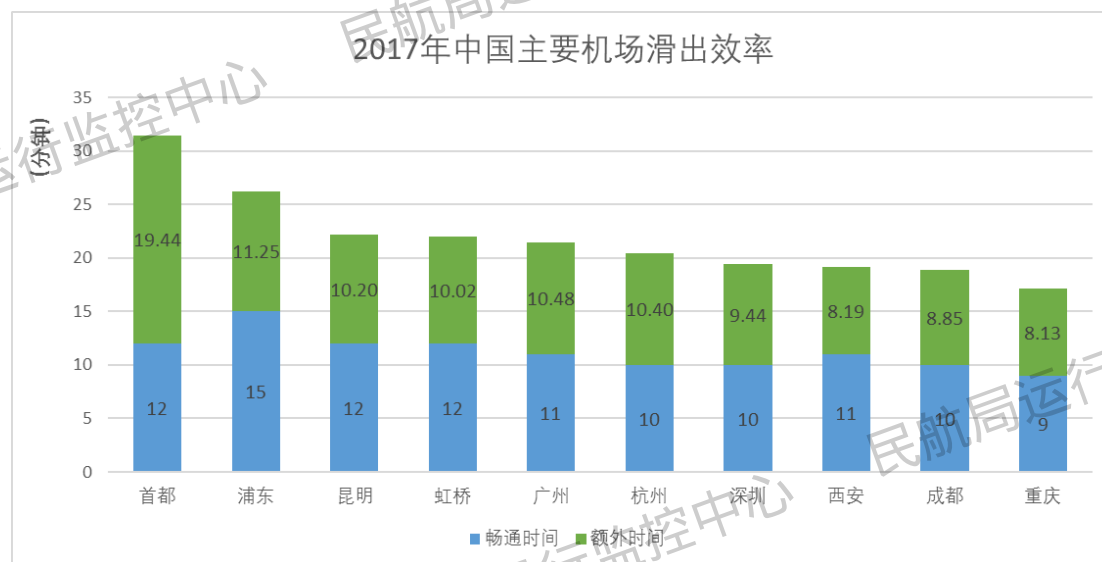


图 87 中国主要机场滑出效率

额外滑出时间定义为，将某个机场的所有航班滑行的时间进行升序排列，将排在总体航班量 20%位置的航班所对应的滑出时间定义为畅通滑出时间，实际滑行时间超出畅通滑

出时间的部分即为额外滑出时间。图 86、87 分别给出了欧洲和我国主要机场的畅通滑行时间和额外滑出时间。欧洲方面，2017 年伦敦希思罗机场 LHR 的额外滑出时间约为 8.48 分钟/架次，伦敦盖特威克、罗马菲乌米奇诺和巴塞罗那机场额外滑出时间也超过 5 分钟/架次，其他机场的额外滑出时间均低于 4 分钟/架次。对比我国，2017 年北京首都国际机场的额外滑出时间最高，超过 19 分钟/架次，其他机场的额外滑出时间大多在 8-12 分钟/架次。

总体上看，我国主要机场的畅通滑行时间和额外滑出时间比欧洲机场要多。

9.6 航路飞行效率

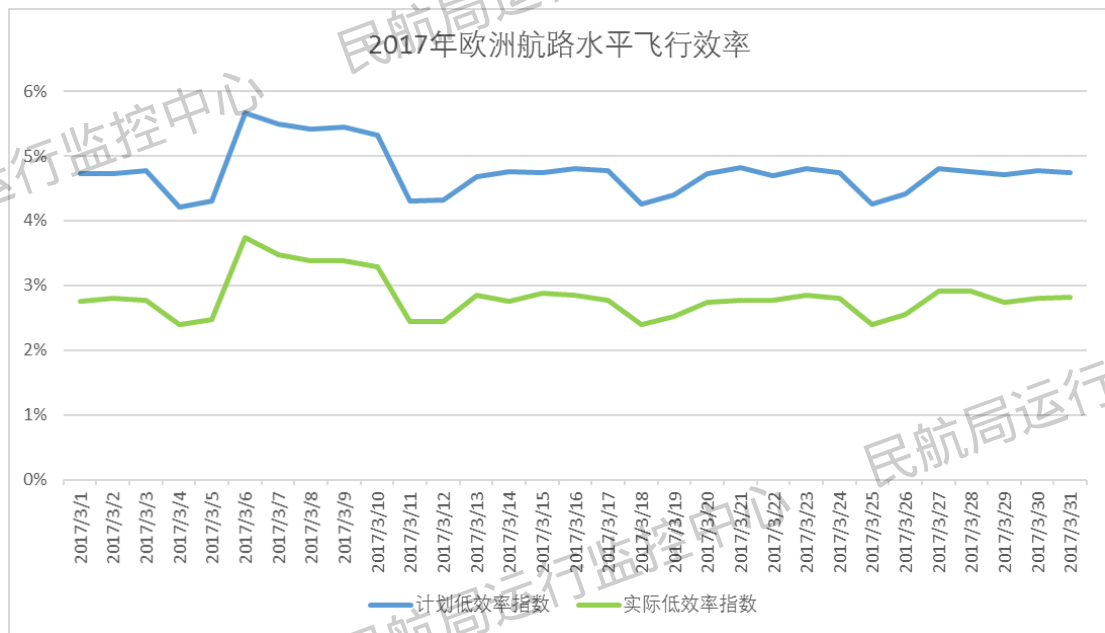


图 88 2017 年欧洲航路水平飞行效率

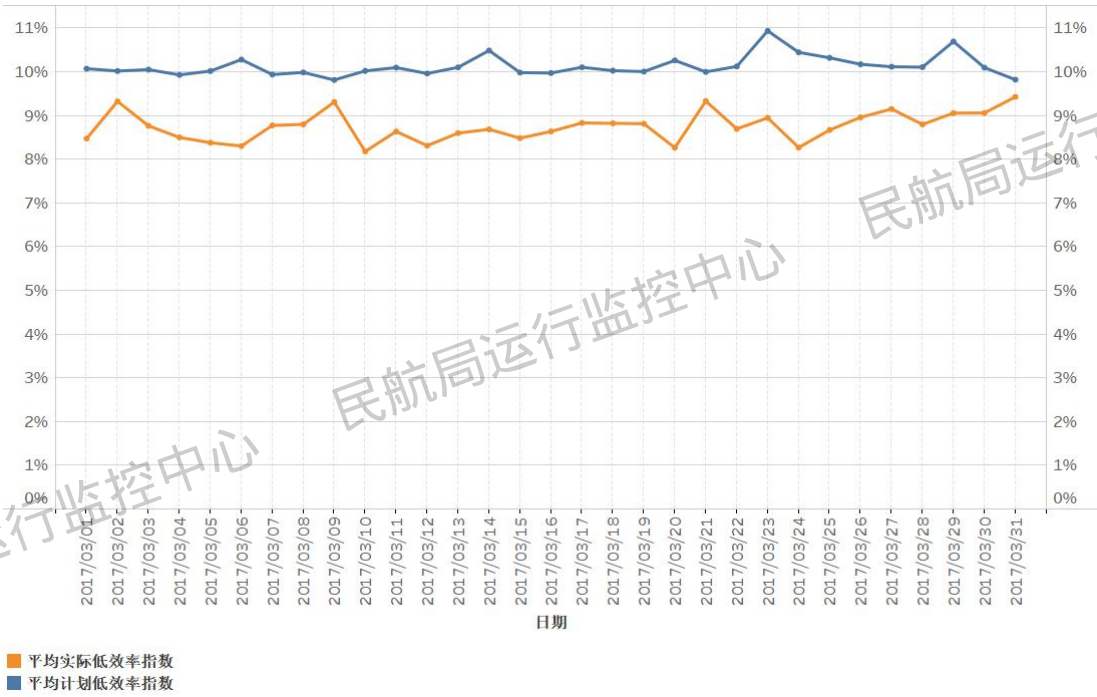


图 89 2017 年欧洲航路水平飞行效率

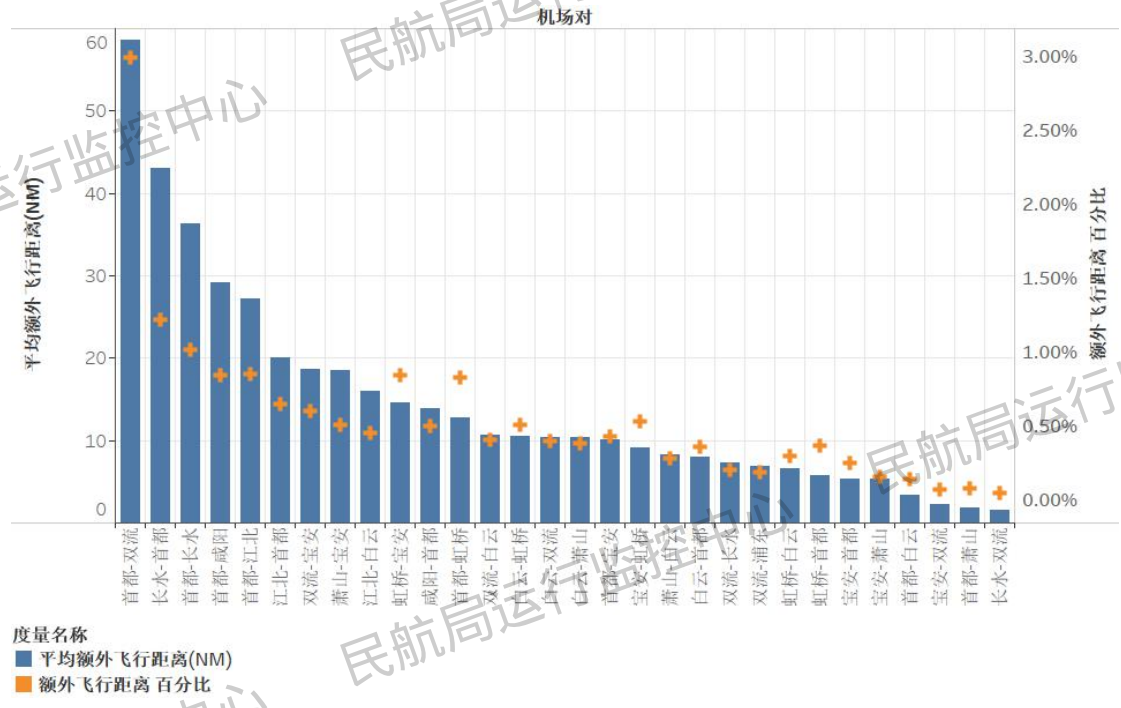


图 90 我国主要机场对额外飞行距离

这一部分给出了我国主要机场对与欧洲航路飞行效率

的对比。以机场对实际飞行距离的 20%分位点作为参考飞行距离，各实际飞行距离与参考飞行距离的差即为该航班的额外飞行距离。低效指数是空中飞行实际距离（利用 ADS-B 数据计算得出）与相应的参考距离的差值（即额外飞行距离）占参考距离的比值，系数越趋近于 0，就表示航班在起降机场之间的空中飞行航迹越高效。例如，两机场参考距离为 1000 公里，低效指数为 5%，则航班实际飞行距离为 1050 公里，相比最优航迹多飞了 50 公里。该指标可以评价事先划设的航路航线及实际运行中是否“截弯取直”。通过对比可以看出，我国主要机场对的额外飞行距离相对较长，但额外飞行距离占比多在 1% 以下，相对较低；欧洲平均额外飞行距离较短，但各机场的额外飞行距离多在 2% 以上，说明机场对的飞行距离对该指标影响较大。

中欧飞行效率对比显示，中欧航班的实际飞行效率均略好于计划飞行效率，但与欧洲对比可以看出，我国的实际和计划飞行效率都有待提高。

9.7 进近效率



图 91 2017 年欧洲主要机场进近效率

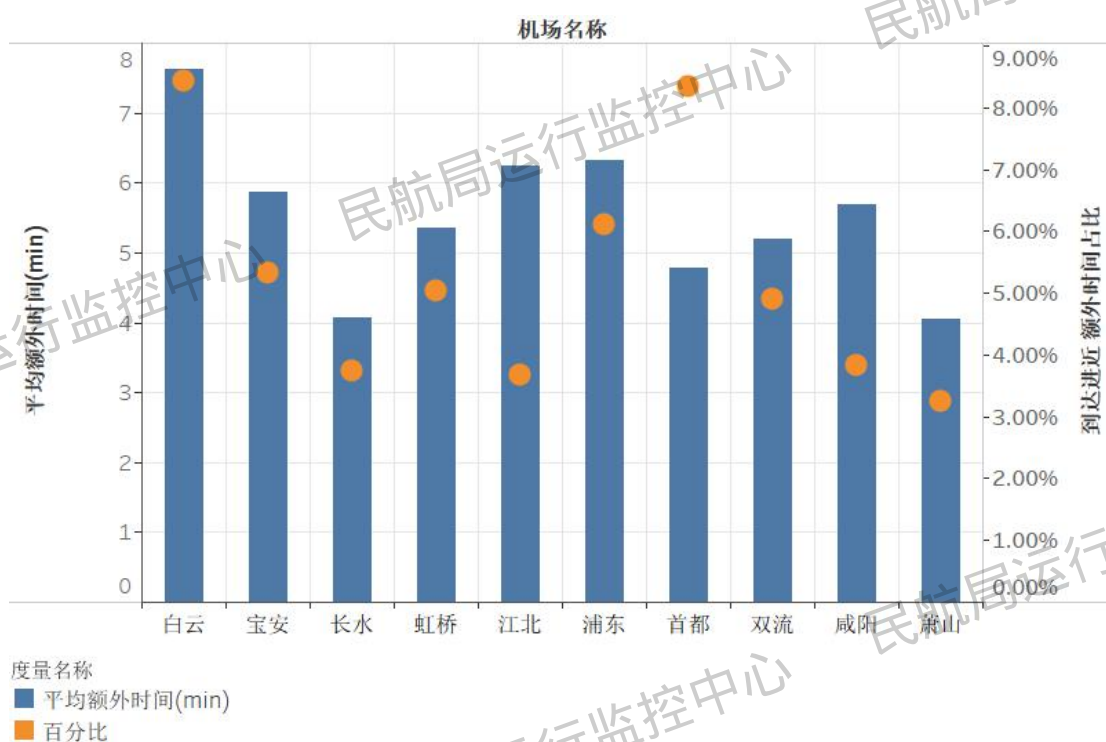


图 92 我国机场到达进近额外时间占比

这一部分给出了中欧实际进近额外飞行时间的对比情况，以进近区域（40NM）范围内实际飞行时间的 20%分位点作为参考飞行时间，各实际飞行时间与参考飞行时间的差

即为该航班的额外飞行时间。

可以看出首都机场平均额外飞行时间较低，由于其航班量很大，从而造成其额外飞行时间占全国总额外飞行时间比例较高，也增加了管制员的指挥负荷。从欧洲的进近额外飞行时间图可以看出，欧洲的额外时间基本在 4 分钟以内，我国数据均位于 4~8 分钟之间。

9.8 离港延误分布

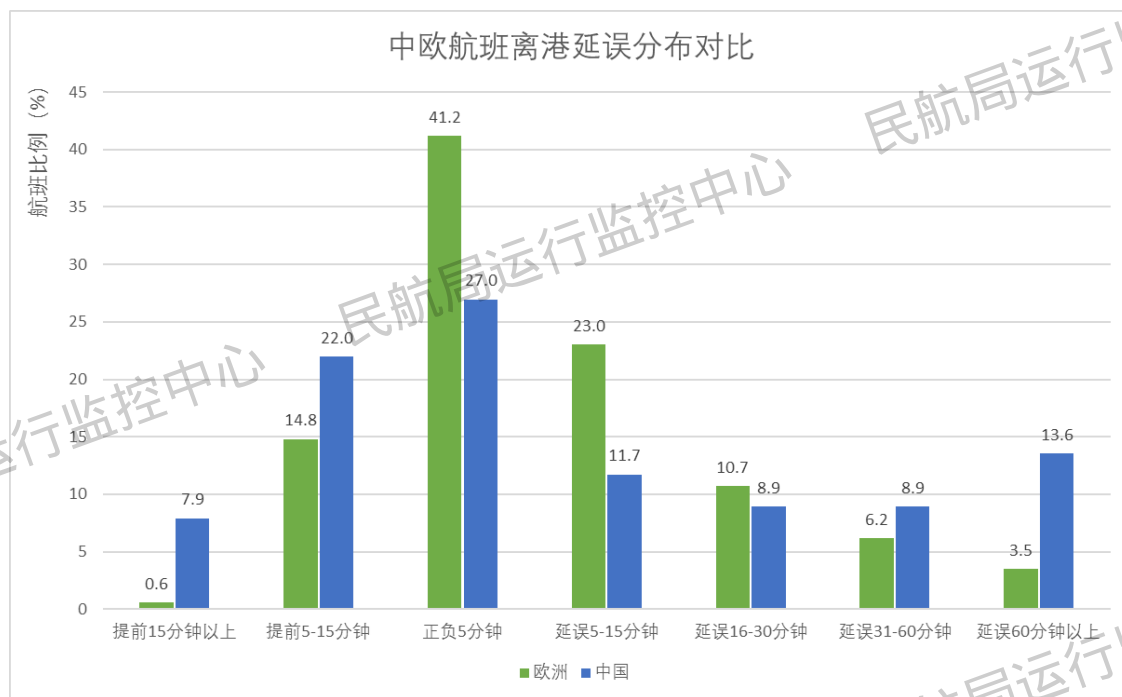


图 93 中欧航班离港延误分布对比

图 93 是 2017 年第二季度中欧航班离港延误分布对比图，这里的离港延误指的是实际撤轮档时间减去计划离港时间。相比欧洲，我国提前 5 分钟以上离港航班和 1 小时以上的长时间延误比例较大，占 43.5%，这部分航班给实际运行

造成的影响较大，处理不当的话容易打破整个网络运营的计划，整体运行效率下降。

9.9 到港延误分布

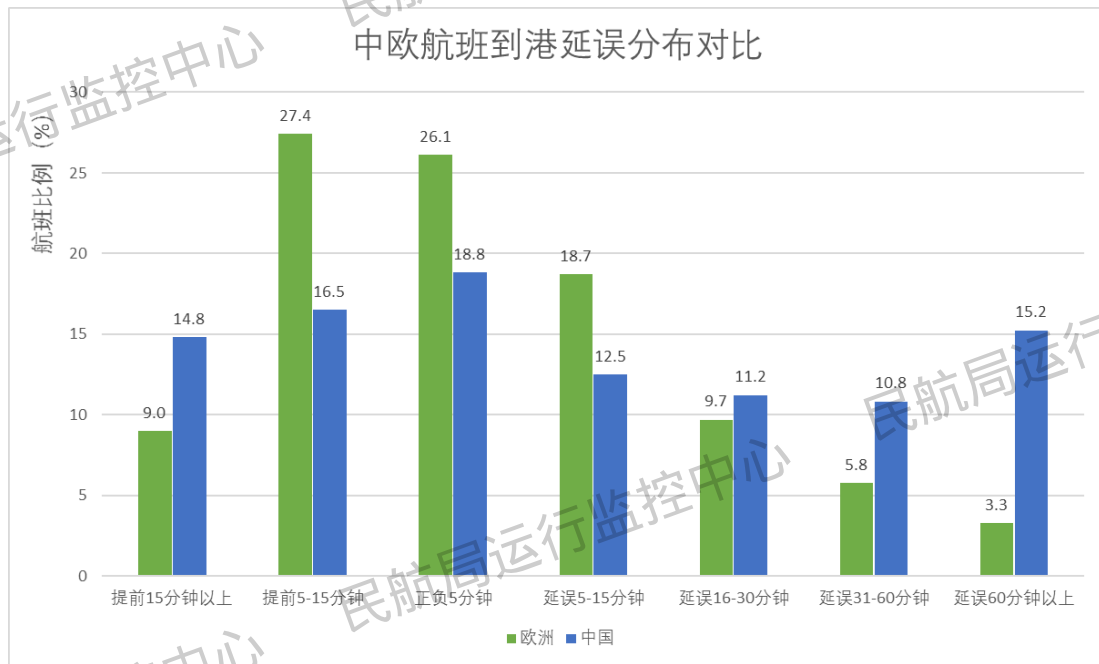


图 94 中欧航班到港延误分布对比

图 94 是 2017 年第二季度中欧航班到港延误分布对比图，这里的到港延误指的是实际挡轮档时间减去计划到港时间。我国正负 15 分钟内到港的航班比例严重低于欧洲，低 24 个百分点，提前和延误 15 分钟以上到达的航班比例较多。

9.10 航班各阶段运行时间变化

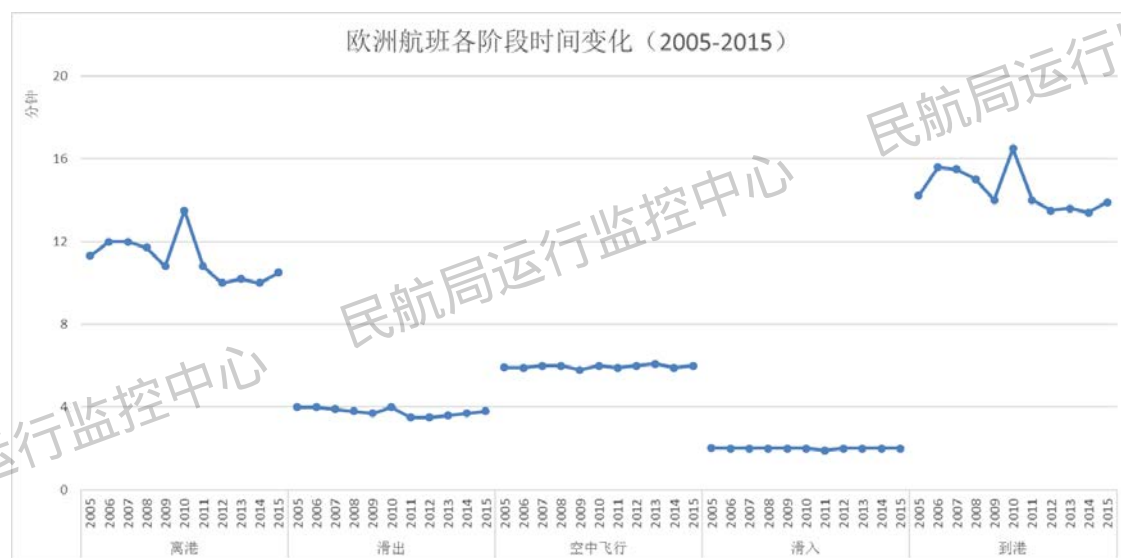


图 95 2005-2015 年欧洲航班各阶段时间变化



图 96 2017 年中国航班各阶段时间变化

图 95、96 显示了不同航班在各阶段的运行时间差异的情况。从两张图中均可以看出，航班到港的时间变化趋势与离港一致，两者呈正相关关系，说明了航班到港正常率主要受离港正常率影响。总体来讲，我国航班个体运行的时间差

异较欧洲大。此外，相较欧洲空中飞行阶段运行时间基本保持平稳，我国航班在空中飞行阶段的运行时间随时间的变化波动幅度较大。

这里的离港阶段指的是实际撤轮挡时间减去计划离港时间，滑出阶段是实际起飞时间减去实际撤轮挡时间，空中飞行阶段是实际落地时间减去起飞时间，滑入阶段是实际挡轮挡时间减去实际落地时间，到港阶段是实际挡轮挡时间减去计划到港时间。

10 上海虹桥机场运行专项分析

10.1 虹桥机场概况

上海虹桥机场地处上海市长宁区，距离上海市中心 13 千米，为 4E 级民用国际机场，是中国三大门户复合枢纽之一，始建于 1921 年，于 1950 年重建，1971 年由军民合用改为民航专用，2010 年启用 2 号航站楼和第二跑道。

虹桥机场飞行区保障能力：（1）平行近距离双跑道，协同运行一起一降，实际运行平均起降间隔 1 分钟 40 秒/架次，每小时起降 43-48 架次，最大容量可达 56 架次，单跑道运行起降间隔每小时 25-30 架次；（2）停机位分布情况如表 1 所示；（3）虹桥机场靠桥率 90%-91%，其中国内航班靠桥率 91%，国际航班靠桥率 90%，廊桥日均周转量 12-14 架次。

表 4 虹桥机场停机位情况

航班停机位	近机位	远机位	受爆炸物威胁机位
161 个	54 个	107 个	1 个
临时机位	反劫机机位	除冰雪机位	共计
8 个	1 个	8 个	179 个

10.2 虹桥机场运行情况

10.2.1 机场整体运行情况

表 5 虹桥机场各季度运行情况

	季度航班起降架次	平均起飞正常率	平均放行正常率	始发航班正常率	平均延误时间	始发航班正常<50%日数	始发航班正常率<30%日数
第一季度	65264	56.69%	71.01%	69.34%	16.57	2	0
第二季度	64884	47.40%	65.80%	69.12%	37.2	11	5
第三季度	65932	49.62%	70.53%	74.14%	41.15	6	2
第四季度	67476	85.16%	92.25%	92.17%	5.11	0	0

上表是 2017 年虹桥机场四个季度的整体运行情况，这里的起飞正常指的是在计划起飞时间后 30 分钟内起飞的航班，2017 年虹桥机场四个季度的起降架次相差不大，第四季度最高；起飞正常率、放行正常率第二季度最低，第四季度最高；综合来看第二季度虹桥场面整体运行效率最差，第四季度明显好转。

10.2.2 放行率

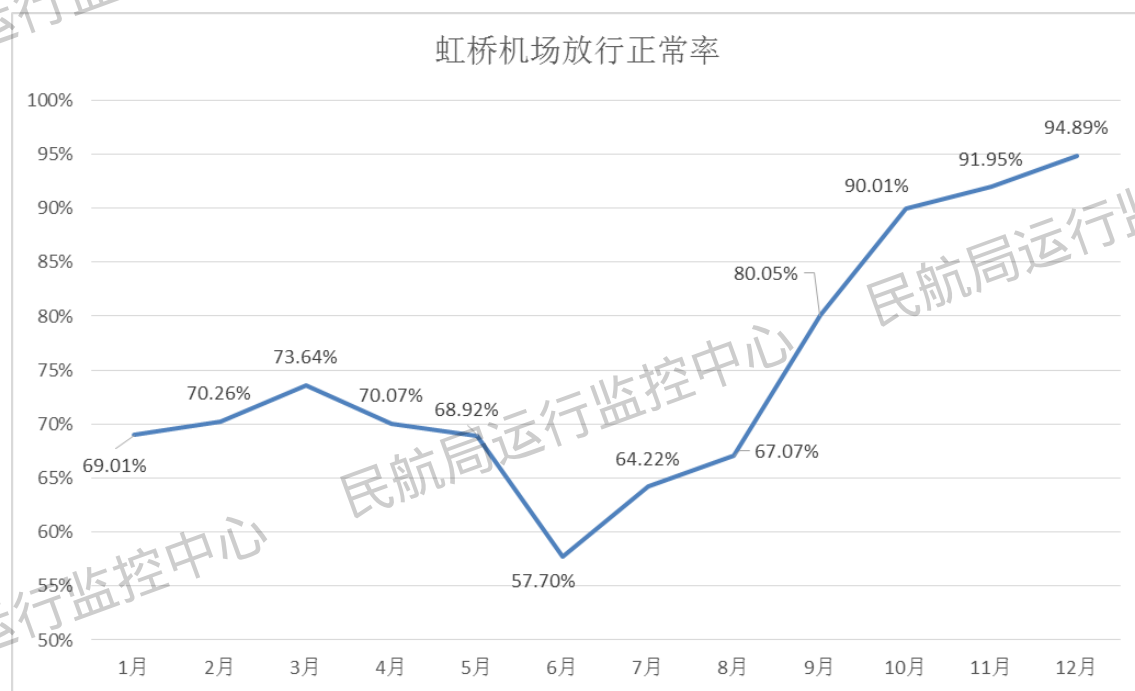


图 97 全年机场各月放行率

2017 年虹桥机场全年放行正常率走势如图 97 所示，全年呈现明显的 V 字形变化趋势，上半年由高到低，但波动幅度相对较小，其中 6 月份受雷雨天气影响较大，放行率跌至谷底，仅为 57.70%，下半年明显好转，逐月提升，12 月放行正常率 94.89%，全国排名第一。

10.2.3 始发航班正常性

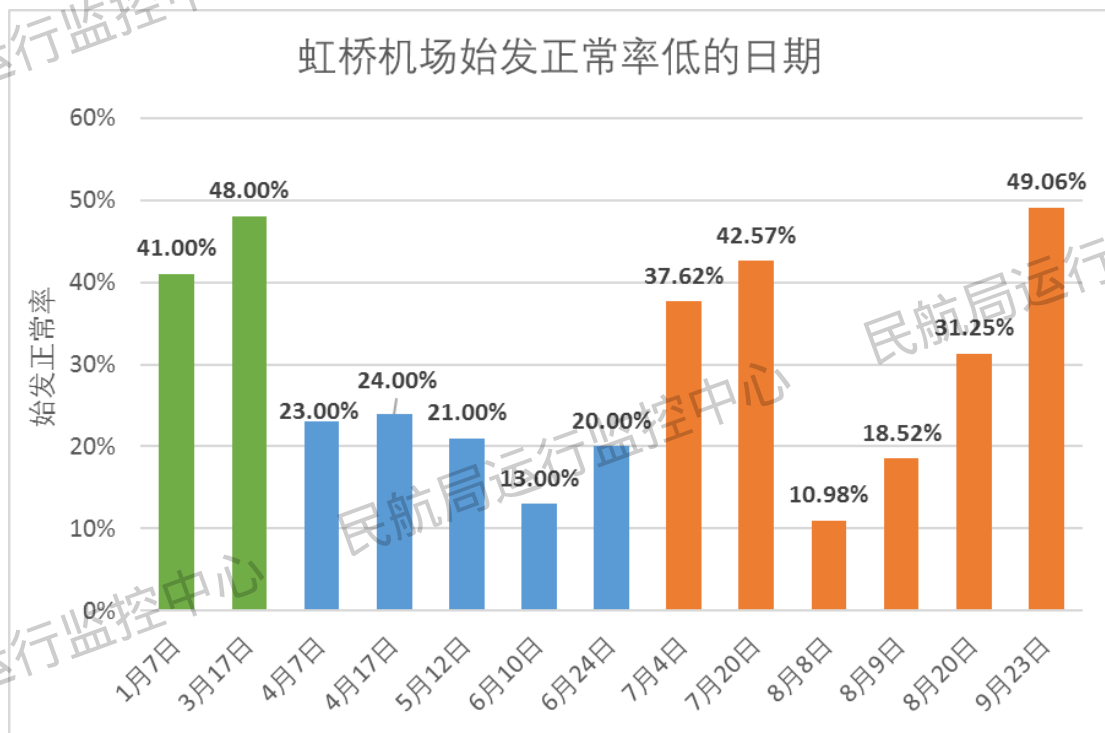


图 98 虹桥机场始发正常率低的日期

表 6 始发正常率低的日期各时段正常性分析

始发正常率/计划航班量	0600-0659	0700-0759	0800-0859	0900-0959	0600-1000 关舱门等待时间(分钟)/能计算航班量	平均跑道滑行时间(滑出)	平均跑道滑行时间(滑入)	延误 2 小时以上/占比
1月7日	93.3%/15	48.3%/29	20.7%/29	13.0%/23	27/75	20.768	6.525	9.00%
3月17日	100.0%/15	50.0%/30	32.0%/25	26.9%/26	36/70	15.330	6.112	0.00%
4月7日	85.7%/14	34.6%/26	0.0%/21	5.3%/19	46/73	15.000	6.546	1.10%
4月17日	100.0%/14	22.2%/27	0.0%/22	0.0%/17	45/69	23.047	10.482	5.80%
5月12日	66.7%/12	15.0%/20	19.0%/21	5.9%/17	17/70	19.000	8.395	21.70%
6月10日	76.9%/14	0.0%/29	5.9%/24	0.0%/18	34/59	19.728	6.974	65.40%
6月24日	64.3%/14	5.9%/17	14.3%/14	7.1%/14	37/60	16.278	7.737	8.90%
7月4日	64.3%/14	42.3%/26	32.0%/25	21.0%/19	28/66	16.402	6.604	9.30%
7月20日	58.3%/10	42.3%/23	25.0%/18	35.7%/17	49/69	15.759	6.646	6.90%
8月8日	30.0%/10	6.4%/15	37.5%/8	0.0%/13	58/54	13.848	6.509	42.40%
8月9日	33.3%/9	6.7%/15	9.1%/11	30.0%/10	39/53	16.414	6.148	31.00%
8月20日	50.0%/16	25.0%/28	38.5%/25	11.1%/17	38/64	15.667	5.982	16.70%
9月23日	86.7%/15	55.2%/29	18.2%/22	38.1%/21	39/63	16.274	5.563	4.90%

上图表是虹桥机场始发正常率低于 50% 的典型 13 天，始发航班是指同一注册号飞机离场超过 4 小时，计划离港时间在当日 06:00（含）以后，实际执行的第一段离港航班。始发航班离港正常率是反映始发航班在离港机场运行效率

的指标，即始发航班离港正常架次与始发航班架次之比，用百分比表示。

虹桥机场 1 月 7 日与 3 月 17 日两天均受到机场或者空管保障能力及其他空域用户活动的影响，始发正常率低于 50%；第二季度共有 5 天始发正常率低于 30%，全部由于天气的原因；三季度虹桥机场共有 6 天始发正常率低于 50%，其中 8 月 8 日、8 月 9 日受上海地区雷雨天气影响，始发正常率不足 20%，第四季度始发正常率显著好转，无低于 50% 的情况。

10.2.4 航班不正常原因

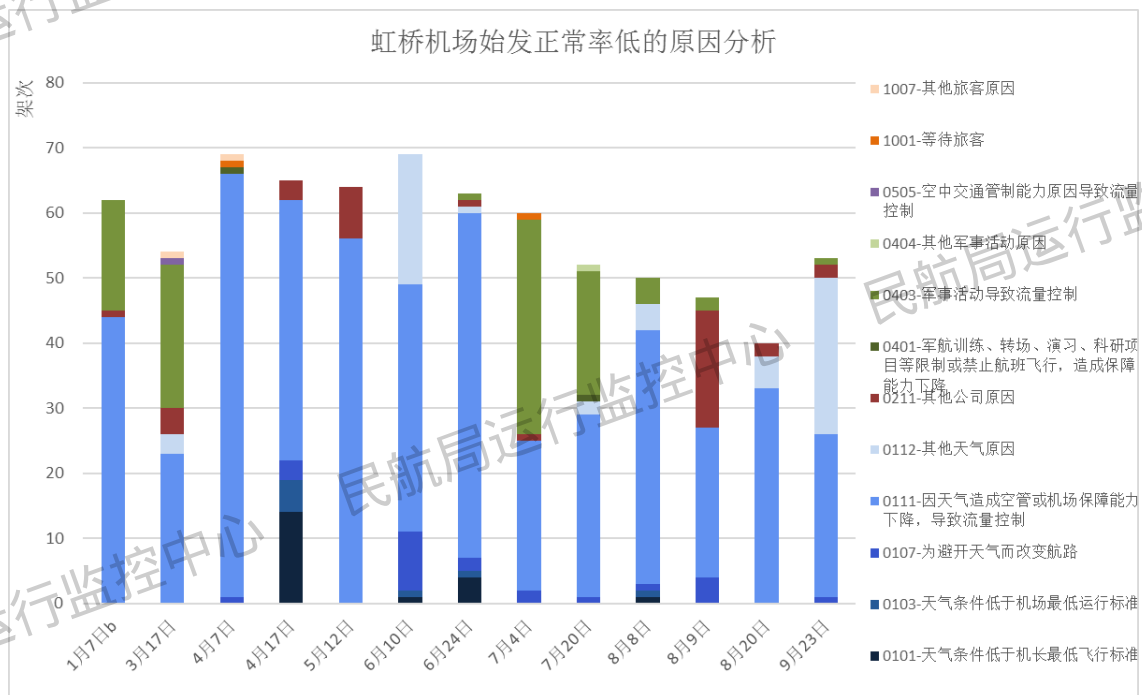


图 99 虹桥机场始发正常率低的原因分类

图 99 是 2017 年虹桥机场始发正常率低于 50% 的典型 13 天的原因分析显示，主要是天气原因导致的空管或机场保障能力下降、其他空域活动导致的流量控制。其中因天气原因造成空管或机场保障能力下降导致流量控制的事件比例较大，4 月 7 日、5 月 12 日、6 月 24 日和 8 月 20 日这四日因天气原因造成空管或机场保障能力下降导致流量控制的延误比例分别达到 94%、88%、84% 和 83%，该类原因中天气是诱因，也说明了空管和机场单位应对恶劣天气的应急响应机制未能发挥重要作用。基于此，虹桥机场空管深挖潜力，推进长三角空域精细化管理改革，新增 12 条临时航线、10 个等待空域释放空域流量压力，使得下半年的放行率显著提升。

10.2.5 机场主要航线问题分析

(1) 图 100 展示了虹桥机场第一季度 18 条主要航线运行效率关键数据，对比得出，虹桥-昆明航线的起飞正常率为 38.7%，放行正常率为 46.3%，平均延误时间为 30.4 分钟，是虹桥机场一季度正常性最差的航线。虹桥-昆明航线正常率低的主要原因在于一季度昆明机场频现的大雾及低能见度天气。由于这种天气多发生于夜间及凌晨，对虹桥至昆明航

线晚间航班及次日始发航班运行有较大影响。从时段正常性上分析，12:00 之后昆明航线正常率维持在较低水平，该时段平均起飞正常率为 33.0%，该时段正常率低是由于始发航班延误对后续航班执行产生的叠加影响造成的。

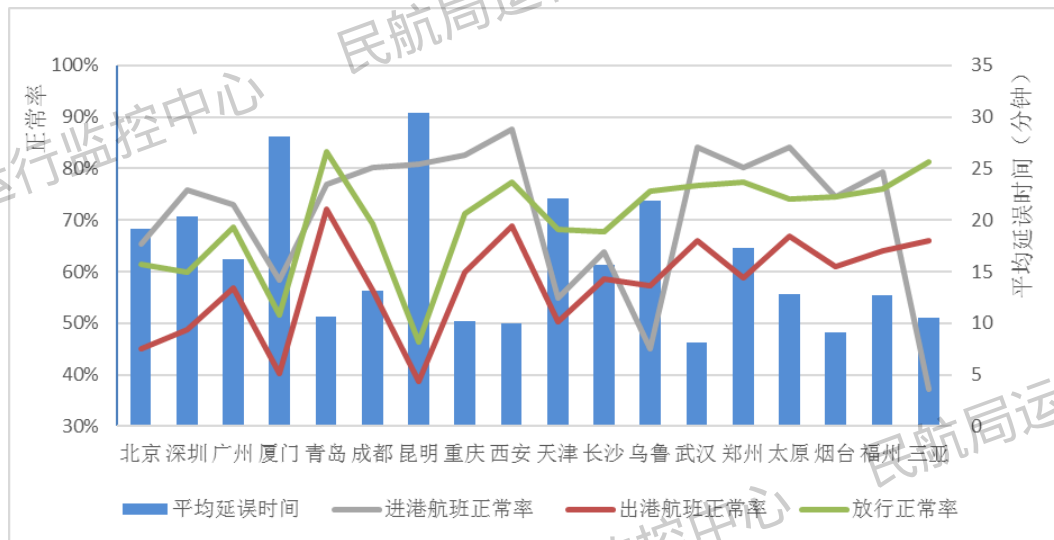


图 100 第一季度虹桥机场通航航线延误分析

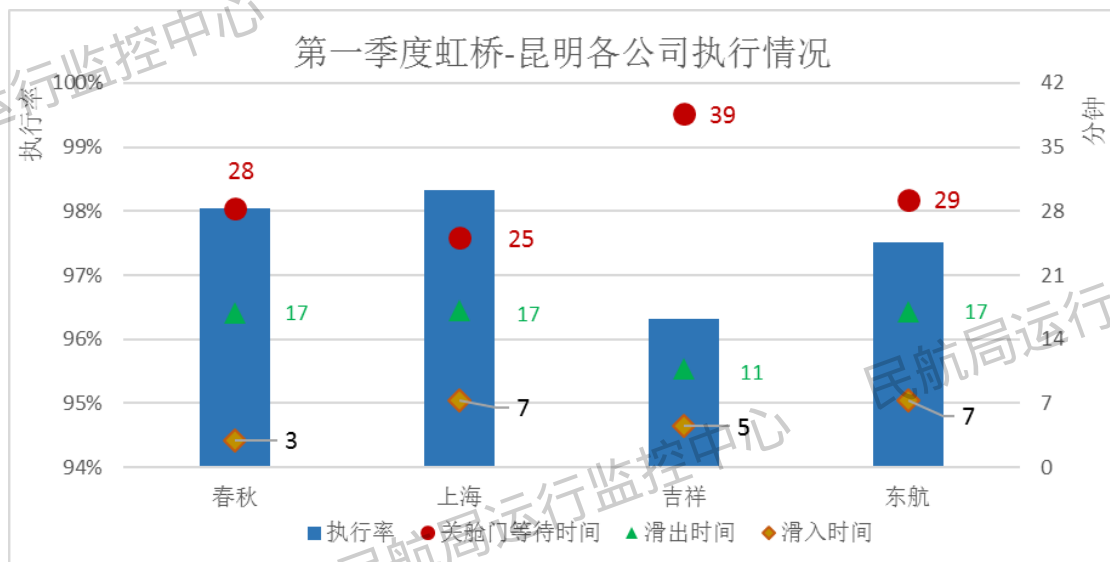


图 101 第一季度各公司虹桥-昆明航线延误分析

(2) 图 102 展示了虹桥机场第二季度 18 条主要航线运

行效率关键数据，对比得出，虹桥-厦门航线的起飞正常率为 31.1%，放行正常率为 43.5%，平均延误时间为 49.5 分钟，是虹桥机场二季度正常性最差的航线，该航线正常率低的主要原因在于华东区域航路雷雨天气及厦门区域军方活动等因素综合影响。从时段正常性上分析，12:30 之后厦门航线正常率维持在较低水平，该时段平均起飞正常率为 24%。

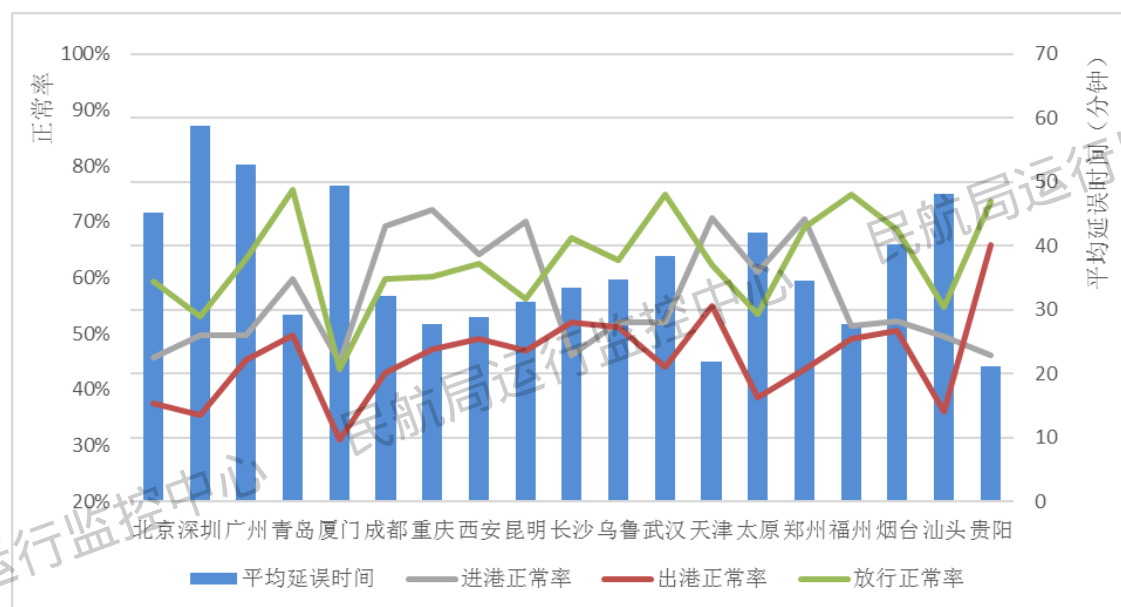


图 102 第二季度虹桥机场通航航线延误分析

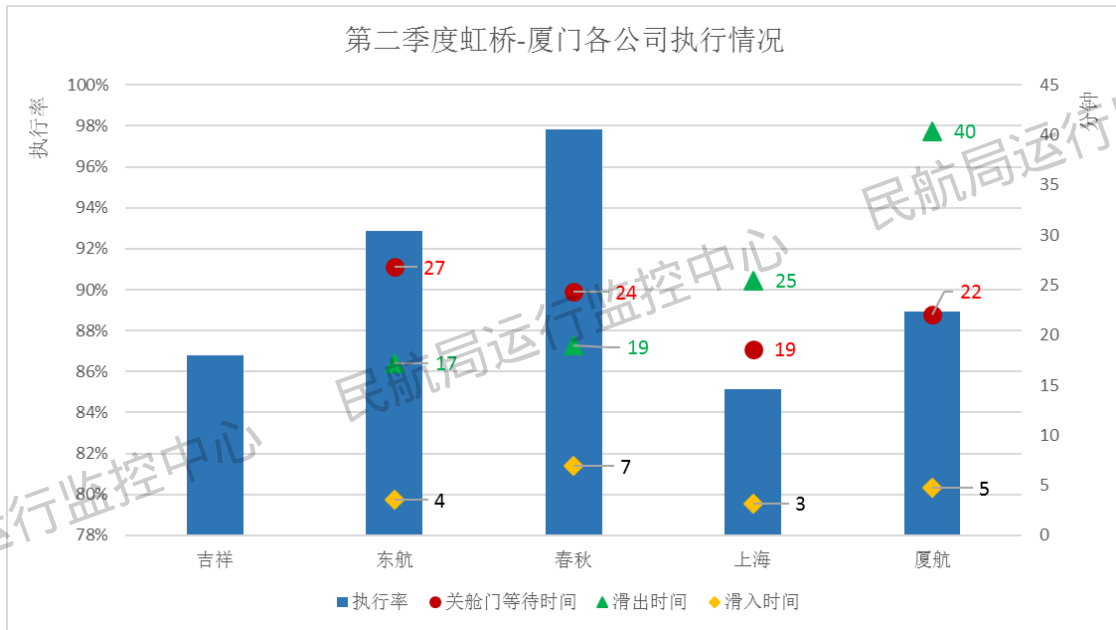


图 103 第二季度各公司虹桥-昆明航线延误分析

(3) 图 104 展示了虹桥机场第三季度 18 条主要航线运行效率关键数据，对比得出，虹桥-厦门、虹桥-天津航线运行情况较差，这里重点分析虹桥-天津航线，第三季度虹桥-天津起飞正常率 34.17%，放行正常率 51.62%，平均延误时间 64.39 分钟，该航线正常率低的主要原因在于大规模的雷雨天气及军方活动等因素综合影响。从时段正常性上分析，10:00 之后的起飞正常率下降较为明显，18:00-20:00 时段天津航线平均延误时间最长。

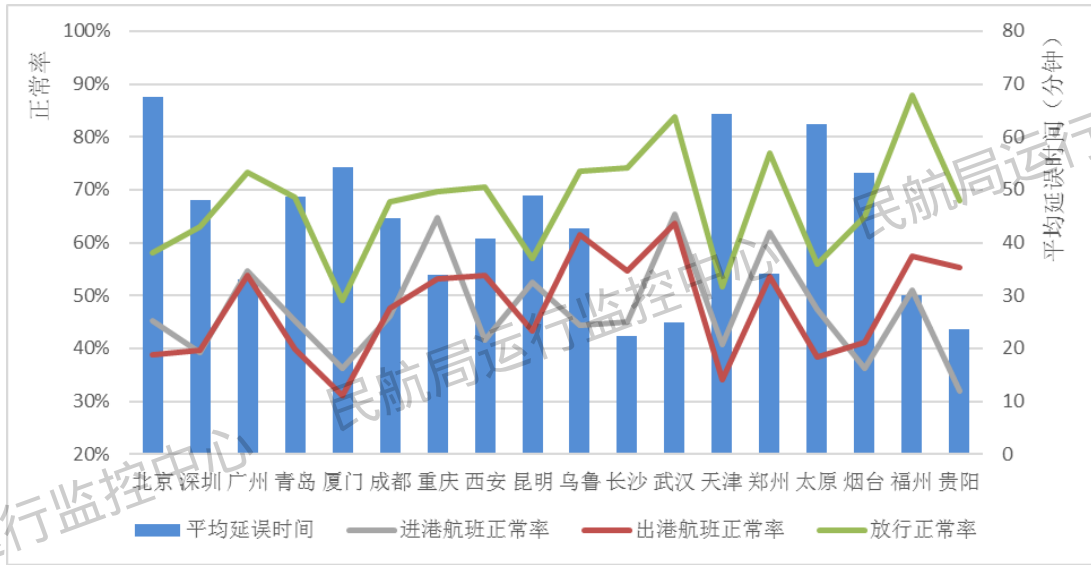


图 104 第三季度虹桥机场通航航线延误分析

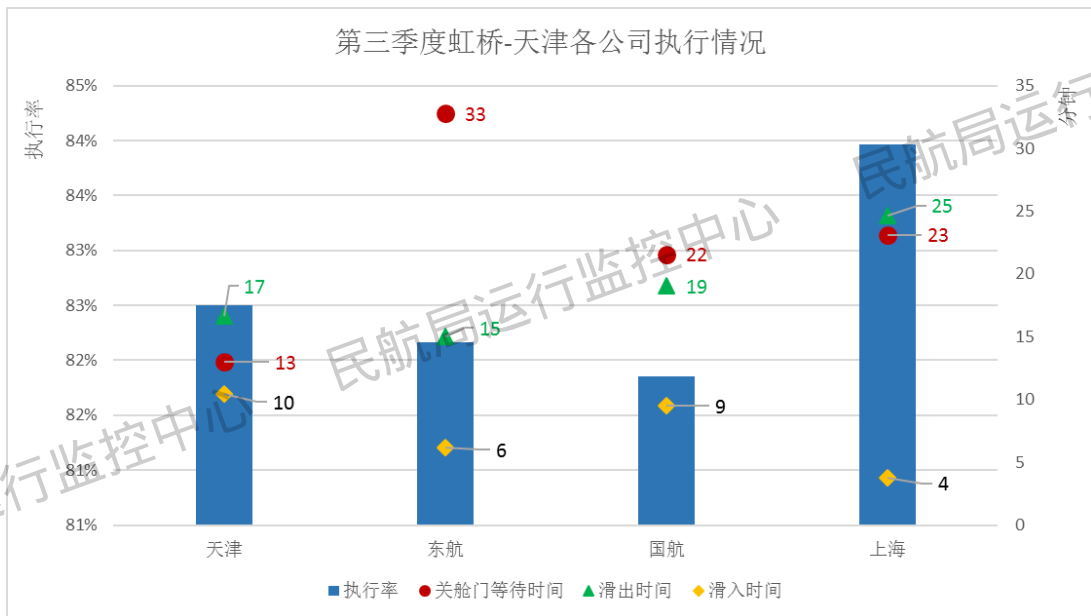


图 105 第三季度各公司虹桥-昆明航线延误分析

(4) 图 106 展示了虹桥机场第四季度 18 条主要航段运行效率关键数据，这里选择虹桥-烟台航线重点分析，第四季度虹桥机场各航段运行情况整体回转，其中虹桥-烟台航线起飞正常率为 76.67%，放行正常率为 85.85%，平均延误时间为 9.76 分钟，为第四季度虹桥机场正常性除厦门、天津外较

差的航线。该航线正常率低的主要原因为华东区域军方活动影响。从时段正常性上分析，09:00 之后航班起飞正常性下滑明显，15:00 至 20:00 平均延误时间增长。

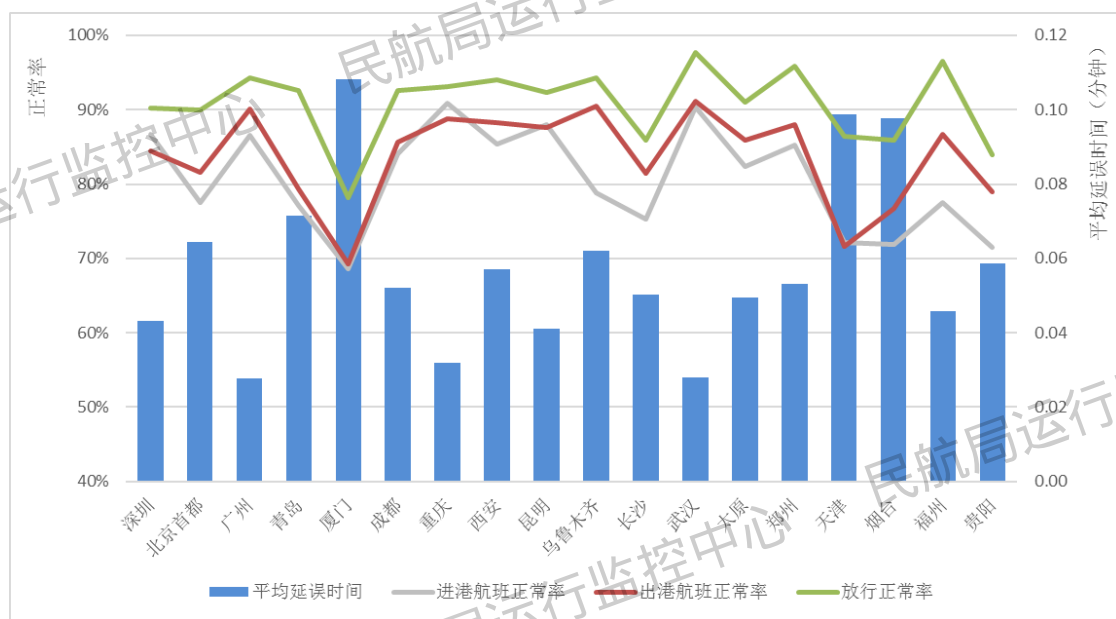


图 106 第四季度虹桥机场通航航线延误分析

10.2.6 各公司延误分析

表 7 2017 年虹桥机场各公司起降量及正常性

航空公司	起降量	出港航班正常率	放行正常率	平均延误时间
春秋航空	24110	75.70%	84.50%	16.2
河北航空	510	66.60%	81.70%	15.7
吉祥航空	22832	65.90%	76.80%	19.6
上海航空	45475	62.80%	74.00%	20.5
海南航空	4306	60.10%	73.20%	32.5
东方航空	77116	59.50%	72.30%	24.2
中联航空	1399	57.40%	87.90%	36
祥鹏航空	655	55.80%	79.00%	23
天津航空	278	53.80%	67.70%	25.5
国际航空	13946	53.00%	72.40%	34.8
南方航空	20516	52.00%	69.30%	37.6
山东航空	8234	49.40%	74.70%	27.9
西藏航空	1362	49.00%	69.30%	33.1
深圳航空	3328	47.10%	63.60%	47.3
厦门航空	12103	46.00%	63.70%	34.6

2017 年虹桥机场 15 个公司中，春秋航空的出港正常率最高，厦门航空出港正常率最低，二者差距接近 30 个百分点；放行正常率最高的是中联航空，最低的是深圳航空，说明在同样的机场保障能力下，各公司的运行保障存在较大差异；深圳航空的平均延误最高，河北航空的平均延误最低。

10.2.7 大面积延误情况下各公司运行效率

2017年6月是一年当中虹桥机场航班正常率最低的一个月，正常率仅为57.70%，在此将在这个机场运营的16个主要航空公司情况进行简要分析

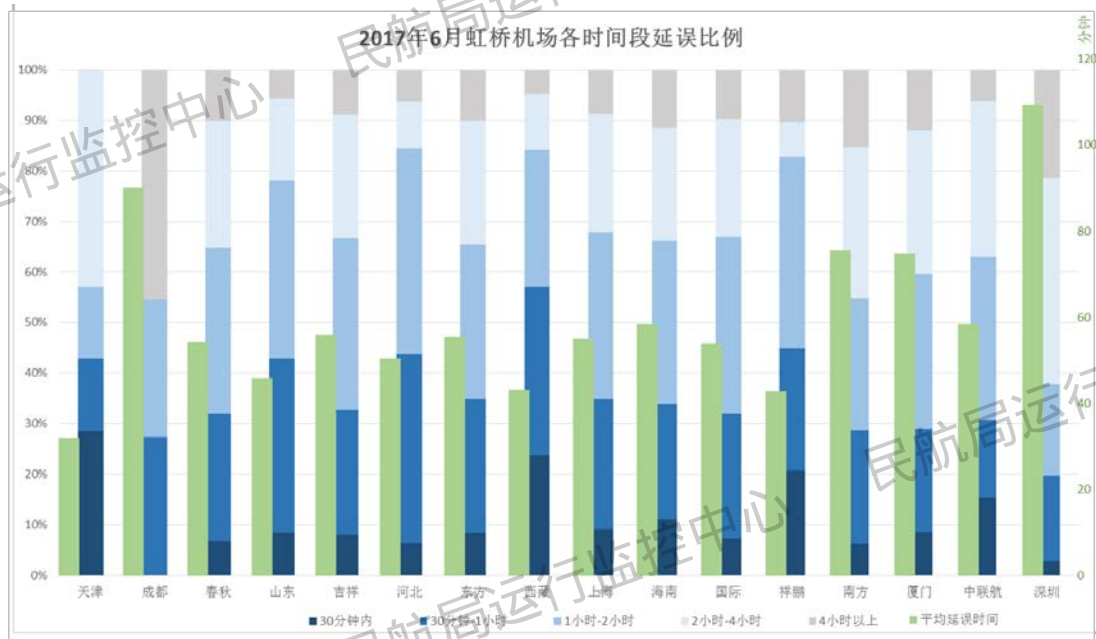


图 107 2017年6月虹桥机场各时间段延误比例

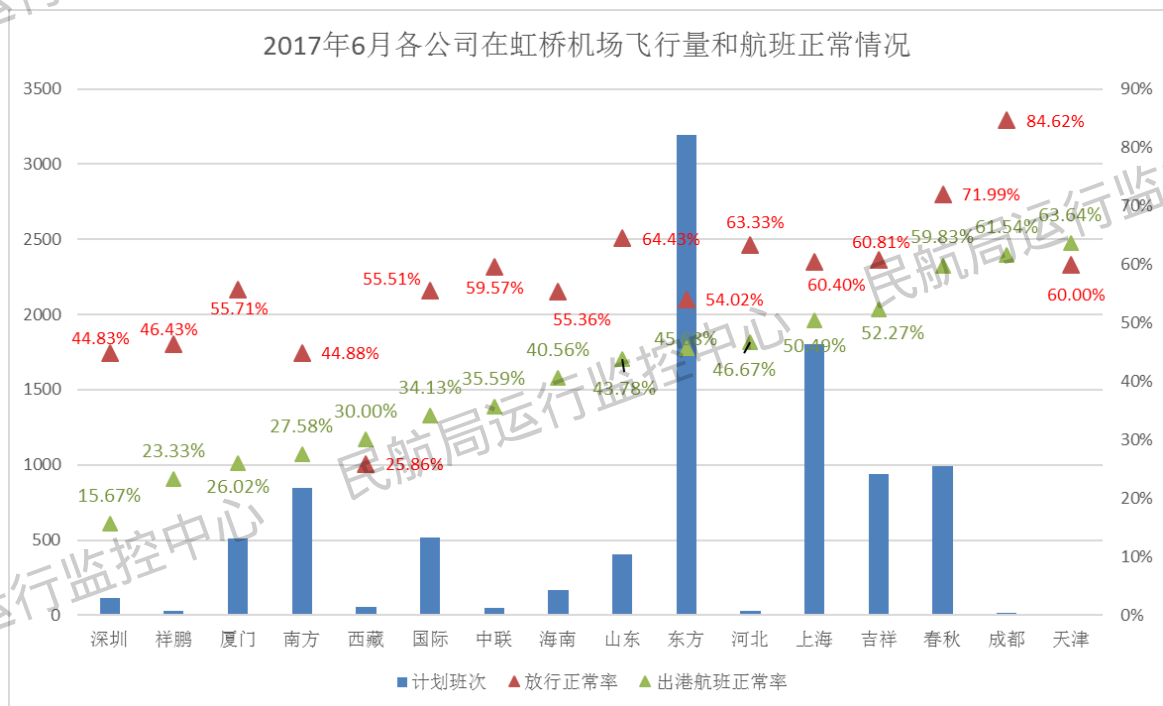
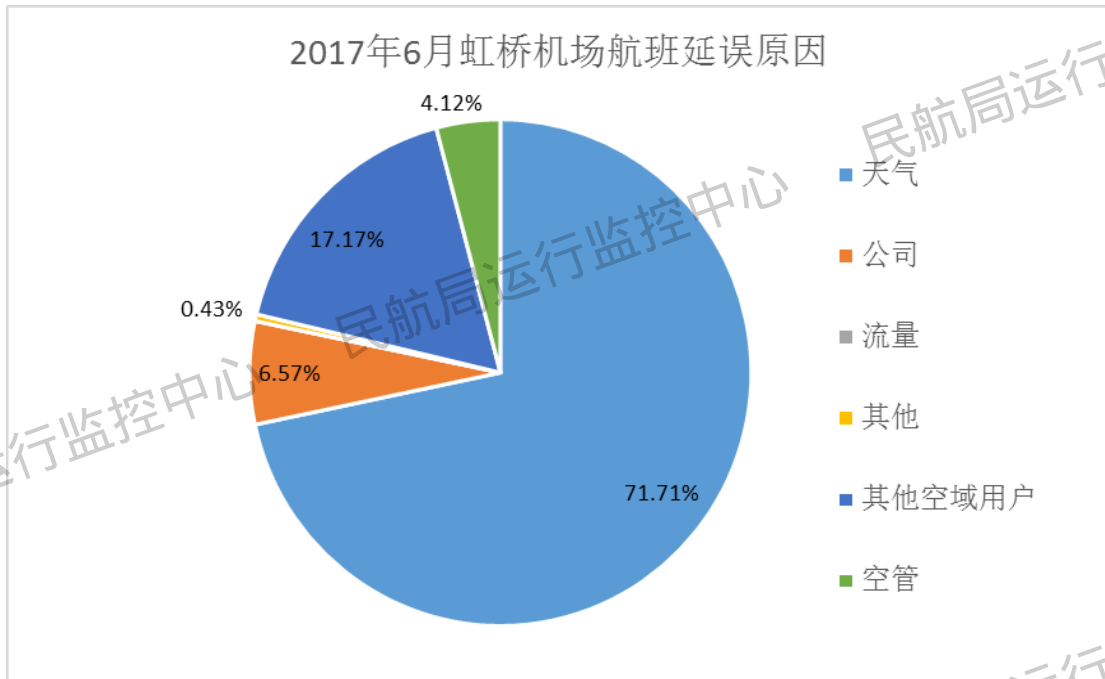


图 108 2017 年 6 月各公司在虹桥机场飞行量和航班正常情况



虹桥机场在 6 月份运行最差的一个月内，天气原因造成航班不正常的比例高达 71.71%，其次是其他空域用户导致的不正常比例，为 17.17%；全年出港正常率最高的是春秋航空，6 月份降低 16 个百分点，6 月份天津航空出港正常率最高，比全年的出港正常率高出近 10 个百分点。从 6 月份航班延误时长分布来看，大部分航空公司的延误在 30 分钟-4 小时，其中成都航空 4 小时以上的长时间延误比例最高。

10.2.8 各公司滑行时间

2017 年 6 月虹桥机场 16 个航空公司的平均滑行时间(进港 7.23 和离港 16.5 分钟)

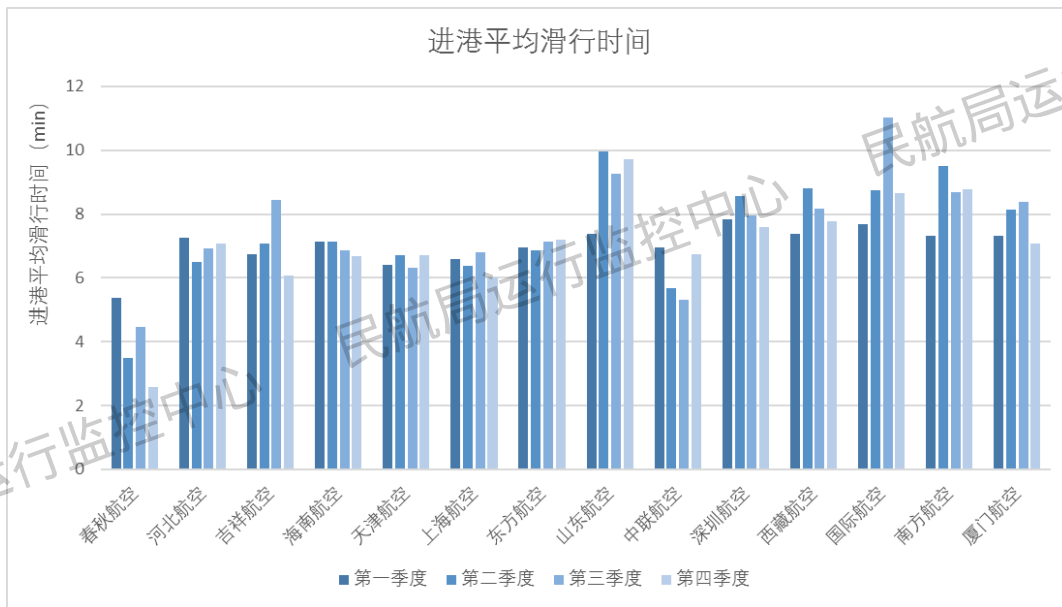


图 110 2017 虹桥机场各公司滑入时间

图 110 是 2017 年各公司在虹桥机场的滑入时间，滑行时间受各公司机位分配影响较大，总体来说，春秋航空的滑行时间最短，国航、南航和山航的滑行时间较长；国航各季度滑行时间差异较大。

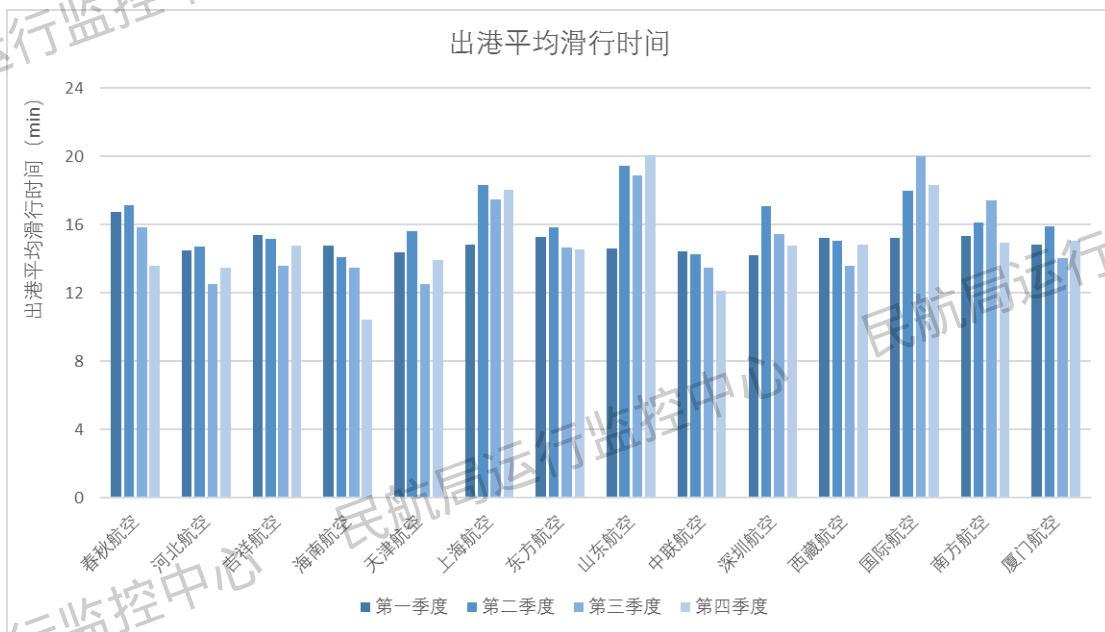
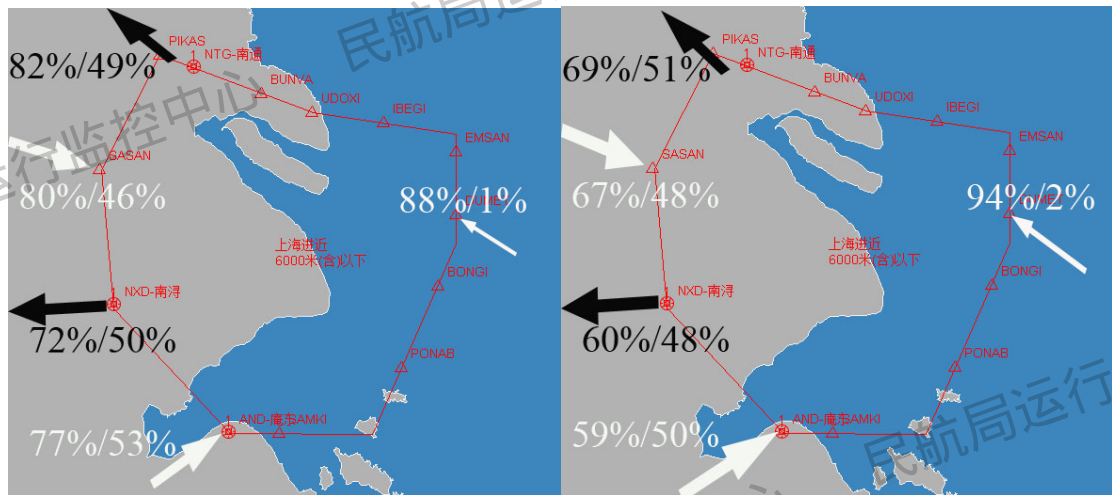


图 111 2017 虹桥机场各公司滑出时间

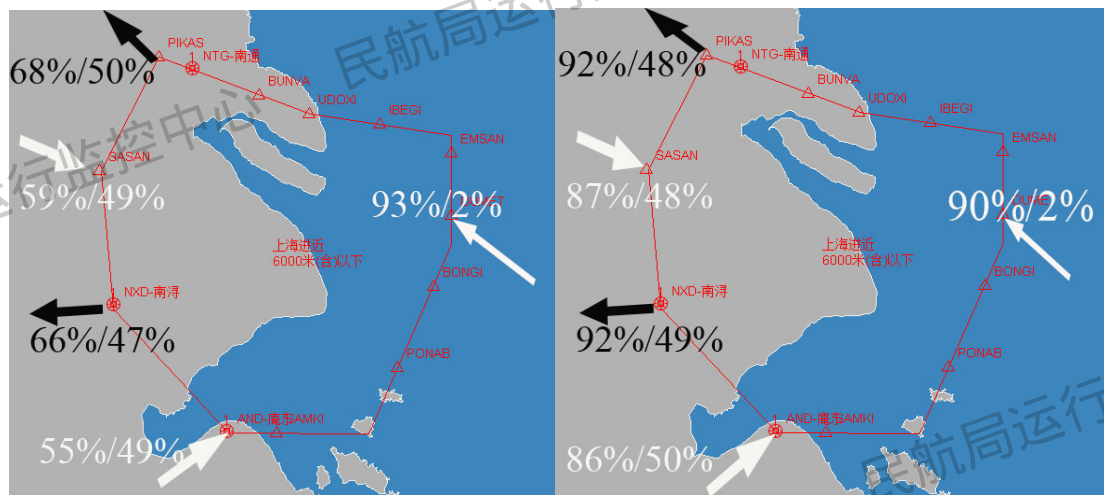
图 111 是 2017 年各公司在虹桥机场的滑出时间，滑出时间均比滑入时间长，其中中国航、山航的滑行时间较长；各公司第四季度滑行时间均较短，运行效率提高。

10.2.9 终端区流量分布



第一季度各点流量

第二季度各点流量



第三季度各点流量

第四季度各点流量

图 112 四个季度各点流量

图 112 是上海终端区四个季度各进离场点的流量统计情况，其中白色箭头和白色字体代表进港占主导位置的进场点

信息，黑色箭头和黑色字体代表离港口信息，箭头的粗细定性表明该点流量的大小，“/”前面的数字代表经过该点的航班的进港/离港正常性，“/”后面的数字代表经过该点的进港/离港航班占终端区所有进港/离港航班的比例。

整体看，上海进近区域虽然进离港口数量有 13 个之多，但飞行量分布不均，特别集中在两个大方向上，这里对季度流量超过 300 架次的点进行分析。

进场点主要是 AND 和 SASAN，其中 AND 主要接收来自珠三角、海南以及部分东南亚方向的航班；SASAN 主要接收来自西南、西北、北京、欧洲方向和北美通过极地航路来沪的航班。延误数据上看，AND 方向进港航班的延误比例相对 SASAN 高一些；延误原因方面，AND 和 SASAN 两点均呈现天气和军事活动原因导致延误较多的情况；时间分布方面：两点的进港延误均呈现第二、三季度比较差，第一、四季度比较好的形态，原因主要是在于二、三季度因雷雨等夏季对流天气对运行影响较大。

离场点主要是 PIKAS 和 NXD，其中 PIKAS 主要放行飞往北京、西南、西北、欧洲方向和经极地航路至北美的航班；NXD 主要放行飞往珠三角、海南、以及部分东南亚方向的航班。延误数据上看，NXD 的延误比例比 PIKAS 更高；延误原因方面，NXD 军事活动占比最高，而 PIKAS 则因天气原

因占比稍高；时间分布方面：两个点离港延误也呈现第二、三季度比较差，第一、四季度比较好的形态，原因同样是受夏季对流天气影响较大。

10.2.10 容量、交通量和延误的关系

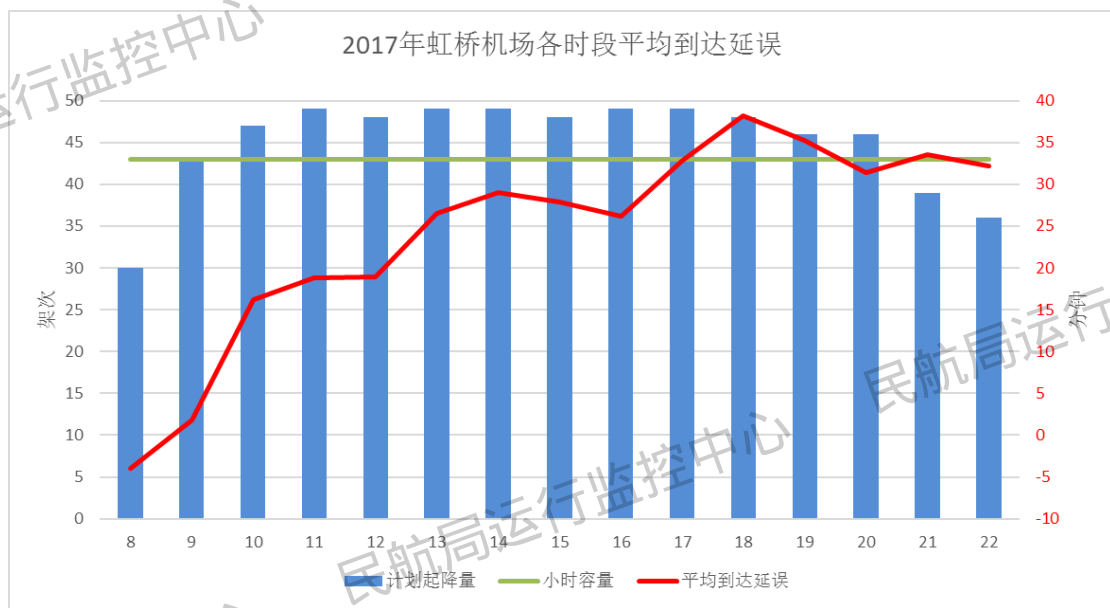


图 113 2017 年虹桥机场各时段平均到达延误

图 113 中横坐标是一天内划分的时间段，时段 8 是 08:00-08:59 一小时的时间，依次类推，23 是 23:00-23:59 内的一小时时间。蓝色柱形图代表的计划航班量是指计划在某个时段内虹桥机场的起降航班总和，绿线是小时容量标准。红线代表某个时段内计划到达虹桥机场的航班的平均延误时间，这里的延误指的是实际挡轮挡时间和计划到港时间之差，部分时段出现负延误，是因为航班计划里包含了少量的运行缓冲时间。

由图 113 可以看出，计划于 8:00-8:59 到达的航班，平均的到达时间早于计划到港时间，这是因为计划此时到达的航班大部分是当天飞行的第一个航段，没有前序延误的积累，加之计划运行时间包含了一定时间的裕度，所以计划此时到达的航班几乎都能提前几分钟到达；随后由于航班量的增加、前序航班的延误累积以及执行的不确定性增加，航班平均延误增加，直至 18 点达到峰值；虽然 21 点后航班量减少，但平均延误并没有显著降低，因为计划此时到达的航班基本上是当天执行的比较靠后的航段，由于前序航段的延误累积，此时的航班平均延误仍较大。

10.2.11 不同时间段的延误分布

表 8 虹桥机场 2017 年各时间段到港航班延误情况

时间段	均值（分钟）	标准差（分钟）	众数（分钟）	计划±15 分钟内到达量
8:00-8:59	-4.0	41.3	-17	47.89%
11:00-11:59	18.8	86.6	-13	57.55%
14:00-14:59	29.0	70.5	-10	46.37%
17:00-17:59	32.8	70.0	-5	44.54%
20:00-20:59	31.4	72.8	-2	40.56%

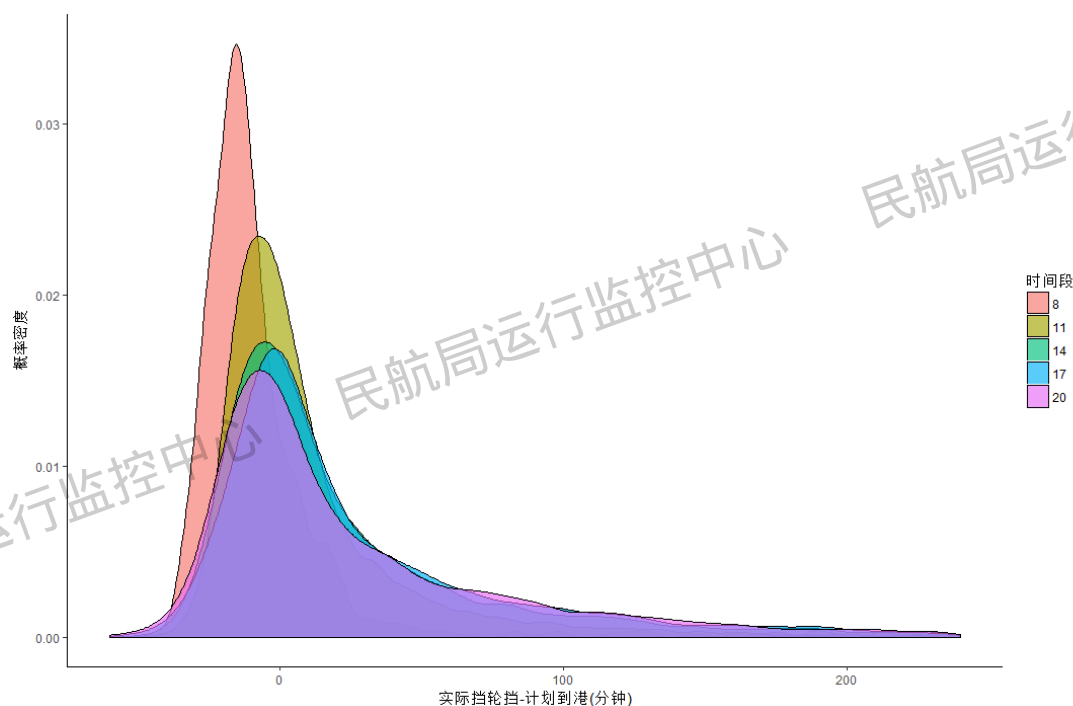


图 114 实际挡轮挡-计划到港时间

上述图表是 2017 年虹桥机场全年各典型时段的航班延误分布情况，该图表代表了航班延误的可预测性。这里的延误指的是某个时段内计划到达虹桥机场航班的实际挡轮挡时间和计划到港时间的偏差，这里的偏差包含负数，即提前到达。延误的标准差代表了该时段内航班延误情况的集中程度，在延误均值相同的情况下，延误的标准差越小，说明计划在该时间段内到达的航班延误时间比较集中，即延误时间相差不大，延误的不确定性降低，可预测性提高，便于航空公司、机场和空管运行单位提前进行运行决策和安排，反之亦然。

可预测性是反映交通系统抗扰动能力的重要指标。图表显示，计划 8:00-8:59 到达的航班平均延误为负数，标准差最

小，即绝大多数航班在计划到港时间之前挡轮挡，且提前的时间长度比较集中，但由于提前 15 分钟以上到达的较多， ± 15 分钟内的航班比例并不是最高；11:00-11:59 内航班平均延误虽然也不高，但标准差最大，延误的波动程度大， ± 15 分钟内到达的航班比例最高；17:00-17:59 平均延误最大，平均每个航班都在计划到港时间后的 32.8 分钟挡轮挡，延误波动幅度也较大。

从全天时间的延误分布来看，早上执行第一个航段的航班由于没有前序航班的不确定性影响，基本上能在计划到港时间之前挡轮挡，但提前量并不是越多越好，应控制在一定的比例内；随着时间的推移，航班量的增加、前序航班的延误累积以及执行的不确定性增加，航班平均延误增加，延误时间长短分布趋于离散，控制难度加大，因此，即使在晚上航班量比较小的情况下，平均延误仍然居高不下。