



Reprint 1735

机场跑道风向的分析支持空中交通流量管理

黄秋平、陈浩维

第 36 届粤港澳气象科技研讨会

暨

第 28 届粤港澳气象业务合作会议

珠海，2024 年 1 月 29-30 日

机场跑道风向的分析支持空中交通流量管理

黄秋平 陈浩维

香港天文台

摘要

香港国际机场是一个交通流量需求极高的国际枢纽机场。在每日频繁的航班安排中，香港国际机场需要在某些时段策略性地调整跑道容量。这些短暂调整跑道容量的时段（“防火带”）是为了应付一些经常发生但又不能准确预测的常规事件，例如跑道变更、天气不稳等等，以缓冲空中交通延误。本文分享如何从分析及统计机场跑道风向以推测一天中最有可能发生跑道变更的时段。这有助香港国际机场各持份者更有效地选定流量管理策略及调整防火带的设置。在风向分析的支持下，香港国际机场重新设置的防火带能够减少整体交通延误，提升运作效率的成果。

Wind Direction Analysis of Airport Runway Supports Air Traffic Flow Management

Wong Chau-ping Chan Ho-wai

Hong Kong Observatory

Abstract

The Hong Kong International Airport (HKIA) is an international hub with very high traffic demand. During daily flight scheduling, the HKIA strategically adjusts the runway capacity at certain time periods. These temporary adjustments in runway capacity (the “firebreaks”) are implemented to cater for recurrent events which are difficult to predict, for example, runway changes and adverse weather situations. They also serve as buffers for absorbing air traffic delays. This article discusses how analysing airport runway wind direction statistics can help predict the most likely time periods for runway changes, thereby assisting various stakeholders of the HKIA in selecting traffic management strategies and adjusting firebreak settings more effectively. With the support of wind direction analysis, the HKIA reconfigured firebreaks which reduce the overall traffic delays and enhance the planning outcomes of operational efficiency.

机场跑道风向的分析支持空中交通流量管理

黄秋平 陈浩维

香港天文台

1. 引言

香港国际机场(HKIA)是一个交通流量需求极高的国际枢纽机场。在每日频繁的航班安排中，HKIA 均需要在某些时段策略性地调整跑道容量。这些短暂调整跑道容量的时段(“防火带”)能有助 HKIA 各持份者安排跑道变更等常规事件，并用作为吸收空中交通延误的缓冲。

跑道风向常因应天气情况出现显著改变，例如海风入侵跑道范围时使跑道风向与原本的背景风不同时，跑道上会有较明显的顺风—逆风变化以及风切变，因而不利于航班起降。在这种情况下，HKIA 会考虑顺逆风的强度与持续时间安排跑道变更，而每一次跑道变更可影响多达八班航班的起降。本文分享如何从分析机场跑道风向以推测一天中最有可能发生跑道变更的时段。这有助 HKIA 各持份者更有效地选定流量管理策略及调整防火带的设置。

2. 数据收集及处理

本文收集由 2016 至 2022 年 HKIA 3 条跑道上 9 个测风站的每日每分钟的十分钟平均风资料进行分析。HKIA 跑道大概为东西走向，因此，飞机在 HKIA 下降和爬升的飞行路线基本上也是东西走向。而这 9 个测风站分别为 r1w、r1c、r1e、r2w、r2c、r2e、r3w、r3c 及 r3e。r1/r2/r3 代表南跑道/中跑道/北跑道，w/c/e 代表测风站在跑道西面/中间/东面位置，详细测风站的位置可参考图一。(注：北跑道的 3 个测风站于 2022 年投入运作。)

考虑到 HKIA 跑道实际上的朝向方位，为估算一日当中跑道风出现显著风向改变的频率，我们采用以下一个简单的方法去划分跑道风：HKIA 跑道的方位角为 074 和 254 度，假想有一侧风边界(与机场跑道方向垂直的风称为侧风)，因此侧风方位角应为 344 和 164 度，而侧风边界则为一连接 344 和 164 度的分界线。藉由侧风边界，我们将跑道风划分为两大类，当风向位于侧风边界的东面和西面时，跑道风分别标示为 E_wind 和 W_wind (见图二)。

一般情况下，E_wind(W_wind)表示正在使用 07(25)跑道作升降之用，07、

25 两组号码是跑道编号，取自指南针上最接近 10 度单位的读数，代表跑道的朝向方位。数字后还会加上代表中间、左右的英文字母「C」、「L」及「R」去辨别现时 HKIA 的三条平行跑道。例如，07C/25C 是指飞机以磁北为起点，朝向 70/250 度方向飞行时机场中间的跑道(中跑道)，07R/25L 代表南跑道，07L/25R 代表北跑道，详情请参考图三。

机场跑道每日每小时跑道风的显著风向改变次数从当日零时开始运算，直至当日结束。如果在当日零时，跑道风为 E_wind，计算程序会默认正在使用 07 跑道，而下一分钟如果跑道风仍然为 E_wind，计算程序会默认继续使用 07 跑道，直至跑道风转为 W_wind，而且顺风为 5 海里/每小时或以上时，计算程序会判断为在相关的一小时内，跑道风有一次显著的风向改变，同时将默认跑道改为 25 跑道，继而再评估下一分钟跑道风是否出现显著风向改变。以此类推，计算一日 24 小时内，每小时累积的跑道风显著风向改变次数。至于顺风 5 海里/每小时的阈值考虑，是在试验不同阈值后，将不同结果提供给民航处空中交通流量管理单位，而有关单位作出的选择。

3. 讨论

由于 HKIA 的北跑道从 2022 年 7 月初才开始运行，该跑道上的测风站所收集的跑道风资料并不多，代表性不全面。另外，由于影响香港的季候风主要是夏天(冬天)的西南季风(东北季风)，所以飞机在夏天(冬天)较多从东边(西边)着陆。因此，我们选取位于中跑道着陆范围的两个测风站 r2e 及 r2w 的风向分析结果，作为例子说明。

图四(图五)显示由 2016 至 2022 年“夏天”(“冬天”)，一日 24 小时内，每小时累积的跑道风显著风向改变次数。这里夏天(冬天)的月份定义来自航空界沿用的 4 月至 10 月(11 月至翌年 3 月)。蓝色长条代表由 E_wind 转为 W_wind 的次数，红色长条则代表由 W_wind 转为 E_wind 的次数。

无论在夏天或冬天，风向最有可能改变的时段，亦是一天中最有可能发生跑道变更的时段。HKIA 与海为邻，每当海陆温度有较大差异的时候，就有机会建立海陆风环流(文献[1])。海风形成时，在机场西部通常转吹西风，在背景风普遍为东风的情况下，机场跑道可能出现显著的风切变。而香港天文台第 103 号的技术报告(文献[2])则指出在背景东风约为 10 海里/每小时或以上时，海风的入侵会在跑道范围产生较为明显的风切变。而正如引言中所提到的，当跑道风向出现显著改变而造成风切变时，HKIA 会考虑安排跑道变更。从风向分析结果可以看到在夏天(冬天)的一天中，HKIA 跑道着陆范围风向最有可能改变的两个时段分别发生在 03 至 04 和 09 至 10 UTC (04 至 05 和 09 至 10 UTC)，这两个时段

与在 HKIA 有海风的日子，海风入侵跑道和撤退的时间大致吻合。

HKIA 根据这个风向分析结果，将 2023 年度 HKIA 夏天机场跑道容量时间表原有的防火带，由第一个时段 05 至 06 UTC 和第二个时段 13 至 14 UTC(图六中黑框所标示的时段)，分别调整为 03 至 04 UTC 和 09 至 10 UTC (图六中绿框所标示的时段)。根据分析作调整的防火带，于策略性规划层面上能有效减少整体抵达香港航班的延误时间。表一显示调整第一个防火带时段后，每班抵达香港航班的平均延误减少时间为 2 分钟 5 秒，有 65 班航班从中受益。表二显示调整第二个防火带时段后，每班抵港航班的平均延误减少时间为 3 分钟 51 秒，有 125 班航班从中受益。

上述航班延误减少时间的估算是组合不同空中交通条件和不同航机类型而估算得到，某些类型航机可能会从调整后的防火带时段当中受益较多，例如一些小型飞机对于顺风的容忍度较低，调整后的防火带时段有助它们避开跑道顺风变化较为剧烈的时段。因此表一和表二亦提供了抵港航班的最多和最少延误减少时间的数据作参考。

同理，HKIA 冬天机场跑道容量时间表的防火带时段，亦可透过天文台提供的跑道风向分析结果，作适当调整，以减少整体空中交通延误，这里就不再赘述。

4. 总结

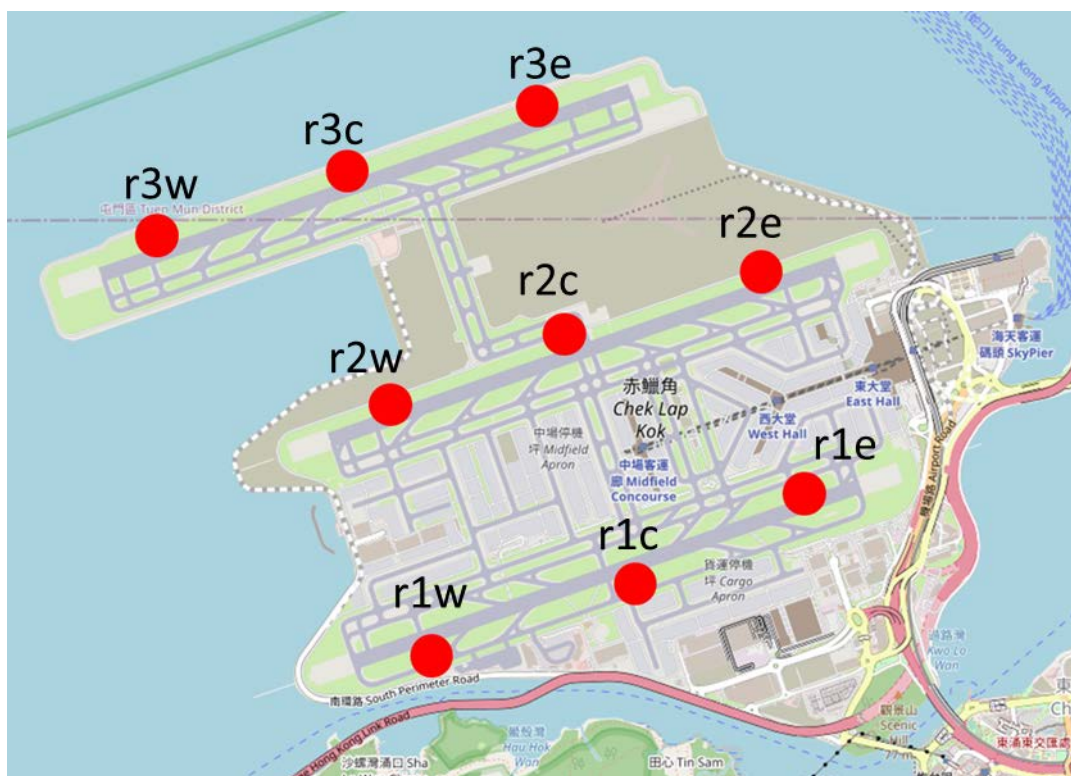
气象部门透过与民航空中交通流量管理单位的紧密合作，清楚了解对方在空交通规划时对某些关键气象元素重点考虑，例如本文谈及的跑道风向改变所引发的影响。气象部门因而集中开发相关研究，为空中交通流量管理策略提供更科学、更有力的支持。

5. 鸣谢

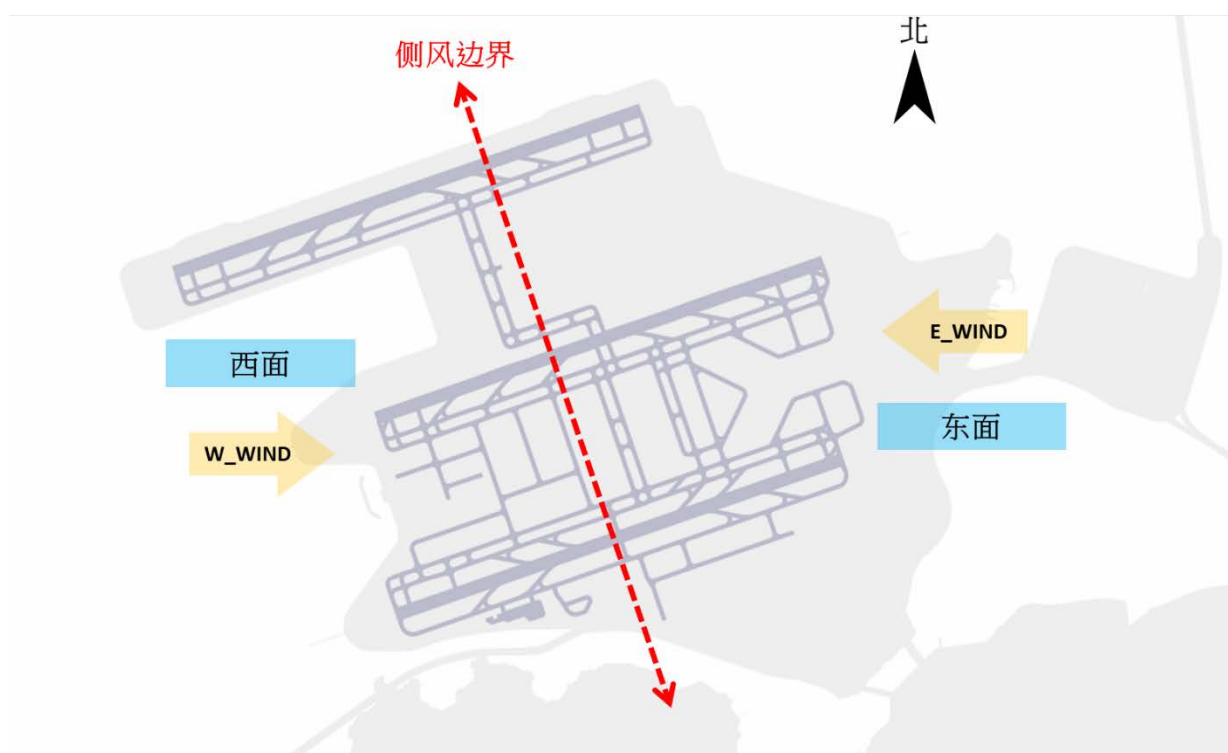
本文 HKIA 夏季机场跑道容量时间表和抵港航班延误减少时间的估算由香港民航处提供，同时，香港民航处亦就本文研究提供了宝贵的意见，特此致谢。

6. 参考文献

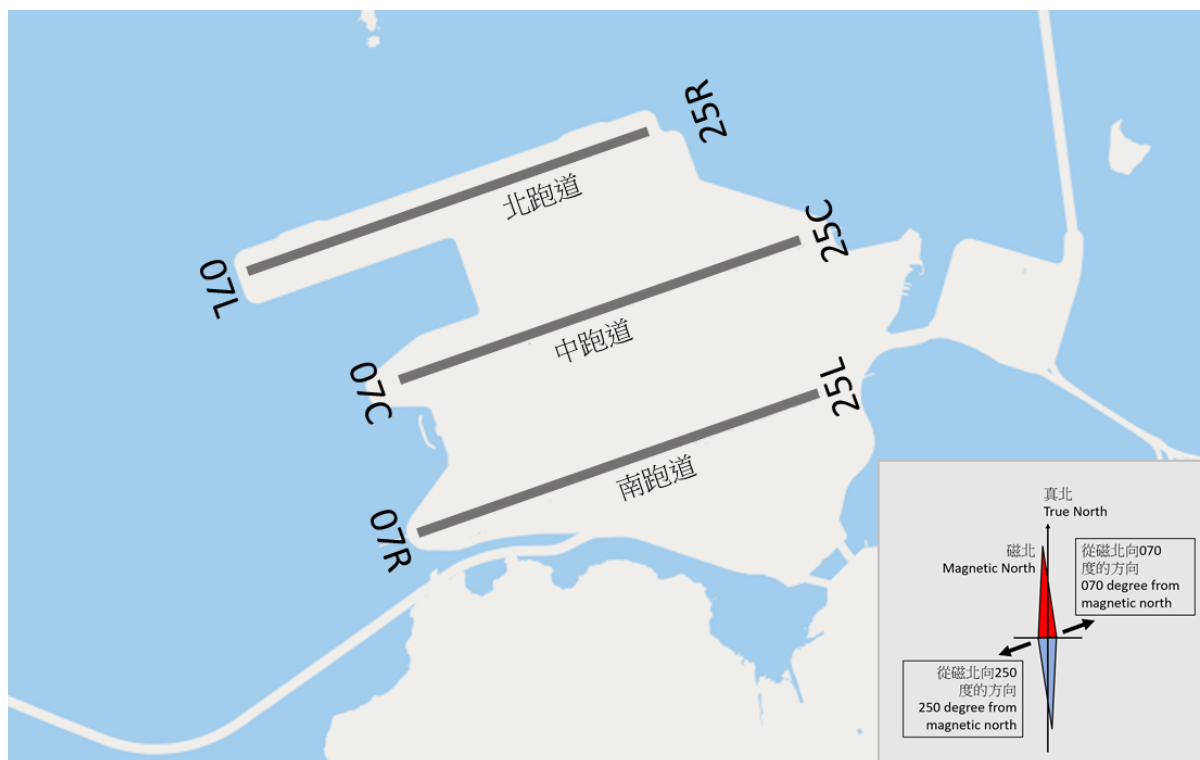
- [1] Cheng C.M., 1999. Characteristics of sea-breezes at Chek Lap Kok. Technical Note No. 96, Hong Kong Observatory.
- [2] Cheng C.M., 2002. Sea-breeze induced windshear at Chek Lap Kok, Hong Kong. Technical Note No. 103, Hong Kong Observatory.



图一 香港国际机场跑道上不同测风站的位置参考图，红点为测风站位置。

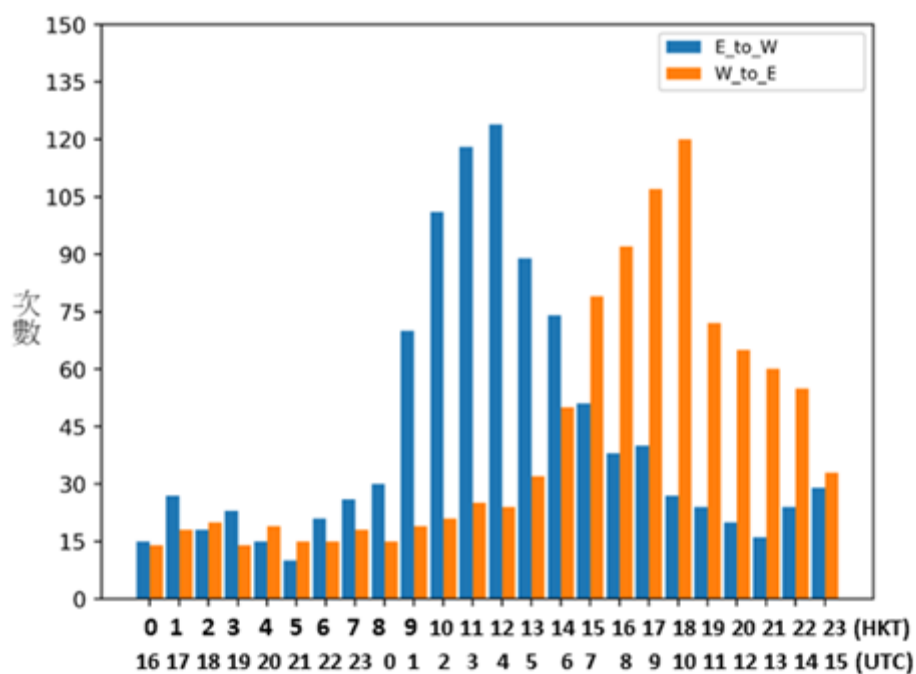


图二 香港国际机场跑道侧风边界示意图



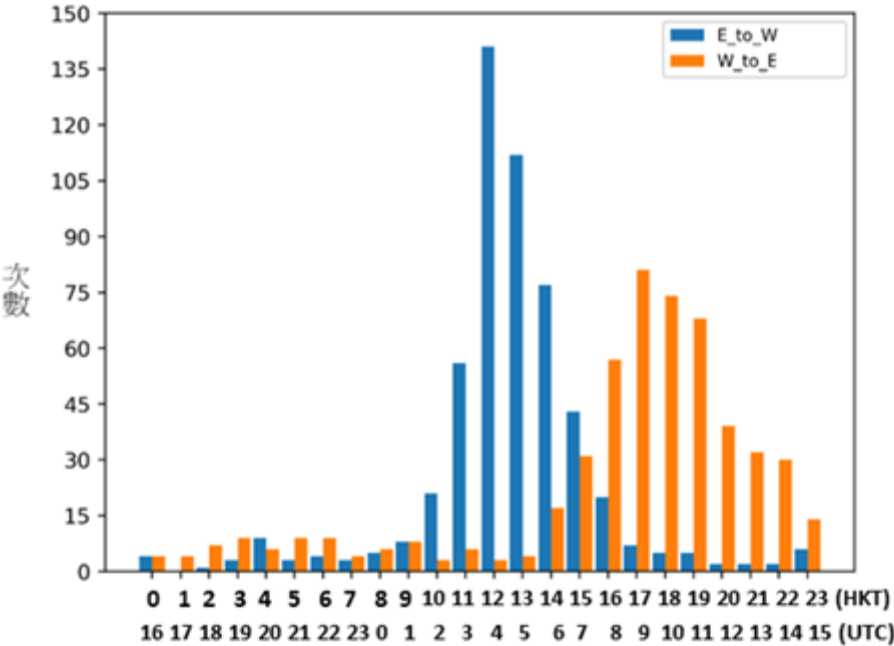
图三 香港国际机场跑道示意图

2016 至 2022 年夏天(4 至 10 月) - r2w 的每小时跑道风的显著风向改变



图四 香港国际机场中跑道着陆范围(07C)在夏天的每小时风向显著变化次数

2016 至 2022 年冬天(11 至 3 月) - r2e 的每小时跑道风的显著风向改变



图五 香港国际机场中跑道着陆范围(25C)在冬天的每小时风向显著变化次数

跑道容量																								
小时(UTC)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
抵港班次	33	33	35	34	34	34	34	35	35	34	34	36	34	34	34	32	32	20	20	20	20	20	24	28
离港班次	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	32	32	20	20	20	20	20	20	35
班次总数	68	68	69	66	65	66	68	69	69	65	66	69	68	67	67	64	64	38	32	32	32	32	32	63

图六 香港国际机场夏天机场跑道容量时间表（黑框:原有防火带时段。绿框：调整后防火带时段。）

	2023 年夏天第一个防火带时段		
	最多	最少	$\frac{\text{最多} + \text{最少}}{2}$
延误减少时间（时:分:秒）	9:00:00	0:00:00	4:30:00
每班航班平均延误减少时间 （时:分:秒）	0:04:09	0:00:00	0:02:05
受影响航班数目	130	0	65

表一 调整夏天一个防火带时段所带来的效益

	2023 年夏天第二个防火带时段		
	最多	最少	$\frac{\text{最多} + \text{最少}}{2}$
延误减少时间（时:分:秒）	20:30:00	0:36:33	10:33:16
每班航班平均延误减少时间 （时:分:秒）	0:06:45	0:00:56	0:03:51
受影响航班数目	182	68	125

表二 调整夏天第二个防火带时段所带来的效益