

Reprint 1091

香港機場進場離場航道上強對流天氣信息服務

黃梓輝

第 30 屆中國氣象學會年會

中國南京，2013 年 10 月 23-25 日

香港机场进场离场航道上强对流天气信息服务

黄梓辉

(香港天文台)

摘要

香港国际机场是世界最繁忙的民航机场之一。对于这个日平均超过一千班航机升降的机场，适切的航空气象服务尤为重要。强对流天气会危及航机安全，为减少强对流天气对机场的影响，香港天文台在 2013 年 2 月推出一项新的服务，当强对流天气出现在机场 50 海里范围内，并有机会影响航机的进场及离场航道时，机场气象所人员会将信息传予香港民航处，并透过自动航站情报服务 (ATIS) 向机师广播。本文主要介绍此服务的背景，内容细节及制作相关产品的工具。

关键词： 强对流天气，进场离场航道，自动航站情报服务(ATIS)。

1 引言

飞机在起飞、航行和降落的过程中受到多种气象因素影响。高空风影响飞机在航线上的飞行速度和用油量；地面风（顺风、逆风及侧风）影响跑道的选择；当地面气温较高及气压较低时，飞机起飞滑跑距离和爬升时间会相应增加，降低飞机的载重量；低能见度和低空风切变则会影响飞机降落时的安全。然而影响飞机安全最重要的气象因素是对流天气。除了闪电和强烈的雷暴能严重干扰无线电通讯外，伴随雷暴的风切变、湍流、阵风、强降水、低能见度、结冰、雹、微下击暴流甚至冰雹，均会威胁飞行安全，严重的甚至会令飞机受损，导致飞机失控，危及乘客安全。机师会特别留意航道上或目的地的雷暴天气预报，以决定要否增添燃料。在航行时遭遇强对流天气时，机师会考虑改变航线绕过雷暴，或在空中盘旋直到机场天气转好。当飞机准备降落而机场上空或附近有雷暴时，机师更要小心应对，确保飞行安全。

若航空交通管制人员事前能掌握恶劣天气的准确信息，包括天气转变的时间及程度，他们可预先规划空中交通流量，优化航班的时序，同时减省航机等候时间及燃料消耗。为了实现这个目标，世界气象组织连同国际民航组织正开发新的「机场终端区域气象服务」(Meteorological Services in the Terminal Area) ([1])，以便更好地支持较大的机场终端范围内的航空交通管理工作。为体现这项发展所带来的效益，天文台于 2010 年 6 月开始为香港的航空交通管制中心提供一项名为「强对流监测及预报」的试验产品。该产品包含预测进场及离场航道在未来一小时以及主要等候区在未来十二小时内发生强对流的可能性，显示恶劣天气有可能出现的地方，并估计航空交通流量所受的影响。产品深受航空交通管制员欢迎，并获得国际认同([1])。由于现时地面与飞机通讯方面的频宽限制较大，因此产品未能直接上传至飞机。为满足飞机师对机场对流活动的资讯的要求，自 2013 年 2 月开始天文台为香港民航处提供一项新的针对影响进场及离场航道的强对流天气信息服务。相关资料会传送

至航空交通服务单位，经由 ATIS 发送至准备离开或降落香港国际机场的航机，帮助机师了解短期内机场附近恶劣天气的演变，预早准备。

2 服务目的

现时机场气象所发出的机场例行天气报告 (METAR) 及特殊天气报告 (SPECI) 都附有趋势预报 (TREND)，即预测紧接观测时间两小时内的天气转变。然而天气报告只覆盖机场 16 公里范围内的雷暴天气，而趋势预报和机场天气预报 (TAF) 只预报机场 8 公里范围内的天气变化，如果强对流天气发生在稍远的空域如进场及离场航道内，这些标准产品则未能为机师提供有用信息。

为补足趋势预报覆盖范围的不足，使机师更好地掌握香港机场附近的重要天气，提高他们对强对流天气的警觉性并预早采取相应行动减低恶劣天气对航机的影响，机场气象所的观测员在有需要时会提供「终端 TS/WX CELLS 活动」这个新的信息服务。这个额外天气信息主要报告机场 50 海里（约 90 公里）范围内出现对流胞 (WX CELLS) 或雷暴 (TS)，描述其走向，及预料将会影响哪一个进场/离场航道及复飞区域（图一的三个矩形范围）。有关天气资料传送香港民航处，透过自动航站情报服务 (ATIS) 向机师广播（参考图二样本）。

3 产品细节

有组织的雷达回波以 WX CELLS 或 TS 表示，当探测到有闪电发生在对流系统中时会使用 TS 字眼，否则使用 WX CELLS。描述对流的位置会与香港国际机场的距离和方位来表示，方位取 8 个方位角，距离则介乎 10 和 50 海里之间，10 海里为间距单位。当 TS/ WX CELLS 距离香港国际机场少于 20 海里时，会以「WI 20NM」或「WI 10NM」表示。在有多个对流胞的情况下只会选取最接近机场的发出信息。

描述 TS/WX CELLS 的动向是以整体移向和速度而不是跟踪个别回波单体，故此并不一定和临近预报系统的回波追踪算法得出的结果一致。观测员倘有疑问时会咨询当值航空天气助理预报员或预报员，移向会以罗盘 8 个方位表示。当对流活动的上游地区有连续、频密的发展或预期移动缓慢，则可以省略有关移动速度的资料。当观测员发布或更新「终端 TS/WX CELLS 活动」信息时，亦会通知天气预报员，提醒他考虑修改趋势预报或其它对流预报产品，使各预报产品之间保持一致。

「终端 TS/WX CELLS 活动」的资料经计算机程序配对按照表一分配到对应的进场、离场航道及复飞三个区域，并产生符合表二文本格式规范的信息条，附加到 LRR/LSR（本地例行和特殊报告）报文中。空管人员会依据最新报文把资料输入 ATIS 向机师发布。为免 ATIS 信息过于冗长，空管人员只会选取信息中为特定跑道制备的内容。进场 ATIS 提供影响进场航道和复飞程序区域的天气资料，而离场 ATIS 则提供影响离场航道的天气资料。

4 订立进场及离场航道内对流天气的强度阈值

天文台在定义 TS/WX CELLS 信息的发出标准前咨询了民航处及航空公司。他们的意见是有关信息出现频数不用太多，以免飞机不必要的转飞其他机场，影响乘客及航空公司的运作。天文台根据 2012 年 7 至 9 月内约 160 个天气个案，抽取当时这些对流活动在雷达上所显示的数据，试验了回波反射率及覆盖范围大小的不同阈值，检视 TS/WX CELLS 的发出频率。雷达反射率以 3 公里 CAPPI 为准。除此之外，计算回波大小时要求反射率达 33 dBZ 的回波顶高度至少达到飞行高度 18 000 呎(大约 5400 米)。

实验取反射率强度分别为 30、33、35、40、45 和 50 dBZ，而覆盖面积则由 25 至 200 平方公里，取 25 平方公里间隔（见表三）。根据这些数据作不同组合，计算有关回波达标的频率。根据结果我们初步选取了 33 dBZ 及 25 平方公里大小为界定发出 TS/WX CELLS 的客观标准。在此准则下实验时段内需要发出信息的次数约占整个时段的 4%。这一标准亦得到民航处同意。

5 协助编备产品的工具

在辅助工具方面，除天气雷达之外，也应用了天文台的闪电位置信息系统（LLIS）([2])。把闪电位置迭加到雷达图像上可方便天气观测员得知对流胞是否伴随有闪电发生。天文台借助自行研发的「小涡旋」临近预报系统([3]、[4])，开发了一套专为航空而设的「航空雷暴临近预报系统」ATNS([5])。系统每 6 分钟自动更新，提供未来 1 小时内每 6 分钟时段内影响香港国际机场航空交通管制区重要位置及各航道上的雷暴预报，以便判定对流天气的未来动向。一般情况机场气象所人员主要利用「航空雷暴临近预报系统」（ATNS），但按不同天气情况也会参考其他自动临近预报系统的输出。为评估短时内对流天气的移动方向及影响进场及离场航道的程度，现时可供参考的临近预报系统包括有「多尺度光流变分法」（MOVA），「相关法」（TREC）及「多重网格光流算法」（MGOF）([6])。

为帮助天气观测员制作「终端 TS/WX CELLS 活动」信息，天文台利用天气雷达的软件发展出一些工具，来识别出符合 WX CELLS 条件的回波，一旦认定那些回波符合 WX CELLS 条件的话，就会自动绘画出它的范围，并印上“WC”以作识别。根据之前的雷达回波移动的情况而计算出最新的风场，用来推断最新收到的雷达图像上的回波的未来移动方向、距离和到达受影响的目标的时间；利用这些工具，印上“WC”的回波会加上一个箭咀，指出其移动方向及其 1 小时后的位置，借着预报员和观测员的经验和追踪回波的技巧，最终判断那些符合“WC”条件的回波是否有机会影响进场及离场航道。并且借着闪电定位系统，当云对地的闪电出现在符合“WC”条件的回波上，就会将这回波由定性为“WC”转而定性为“TS”。

天文台开发了以下网页界面，负责下列工作：

- A. 自动辨别符合 TS/WX CELLS 客观标准的雷达回波，并以“WC”标示在雷达图上（图三左

下方)；

- B. 报文生成。观测员只需在标示「整体」、「东」、「西」及「北」的空格内输入相关的资料，程序自动转成特定跑道适用的 ATIS 信息（图三左上方）。信息条会显示在「LATEST TS ACTIVITIES」下的方格内；
- C. 统计区内的闪电活动以方便天气观测员确定对流天气类型是 TS 或 WX CELLS(图三右上方)；
- D. 显示闪电位置迭加至雷达回波的图像资料（图三右下方）；
- E. 显示 33 dBZ 雷达反射率的回波顶高度，可选范围有 64, 128 或 256 公里雷达（图四左方）；
- F. 显示临近预报系统的输出（图四右方）。系统监察和预测雷达雨区并提供进场及离场航道的强对流自动预报作为初估值，提高天气观测员对天气状况及天气转变的警觉性。

雷暴天气变化快速，影响机场的整个过程往往在一、两小时内发生。天文台开发的这个辅助网页协助观测员快速制备及发出有关信息，提高了服务的实时性，以便机师能得到最新的信息。「终端 TS/WX CELLS 活动」的范例可参看附录一。

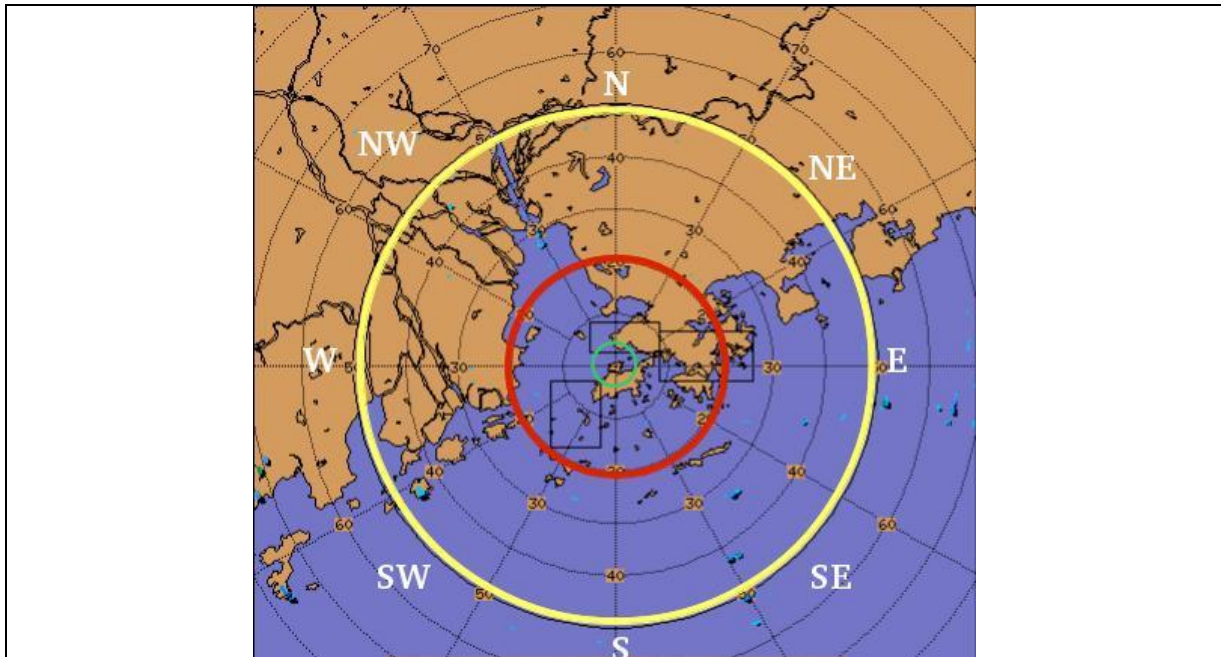
6 总结

香港是亚洲航空枢纽。随着空运量日趋繁忙，恶劣天气为航空交通及航机安全带来日益严重的影响。向空管单位和机师提供适切的天气信息变得更为重要。如果进场航道上出现了准备降落前未能预计到的强雷暴天气，航机将会遇到延误甚或需转飞其它机场，影响空中交通流量、增加空管人员和机师的压力及消耗更多燃油。为提高机师对强对流天气的警觉性，香港天文台 2013 年初推出了一项新服务，透过 ATIS 向机师报告出现在机场 50 海里范围内强对流天气的资料，以补充现时机场天气报告、天气预报只覆盖机场 16 及 8 公里范围之不足。天文台利用天气雷达和闪电位置信息系统，监察对流胞和雷暴的出现及预测其短时动态，用客观准则发出影响进场及离场航道的强对流报告，以求减低恶劣天气对航机的影响。天文台利用 2011 年至 2013 年中的天气雷达回波反射率作出统计分析，初步发现当 41 dBZ 回波反射率覆盖进场范围超过 35%，飞机进场每小时最高次数由 30 班次以上，缩减至 25 班次或以下。未来天文台会继续优化 TS/WX CELLS 的客观标准，并会从机场航机流量方面研究强对流和空中交通的关系，尝试量化恶劣天气的影响，为「机场终端区域气象服务」的发展作出贡献。


参考文献

- 1 Herbert Puempel (2011); "In-situ Aircraft and Atmospheric Science: A Unique Collaboration", ICAO Journal, Vol. 66, No. 3, 32-36.
- 2 黄秋平, 李炳华, 李立信, 「珠江三角洲一带的闪电数据特征及应用前景」, 粤港澳气象科技研讨会, 广州, 2006 年 1 月
- 3 YEUNG H.Y., W.K. Wong, K.Y. Chan and S.T. Lai, Applications of the Hong Kong Observatory Nowcasting System Swirls-2 in Support of the 2008 Beijing Olympic Games, WMO Symposium on Nowcasting, 30 Aug - 4 Sep 2009, Whistler, B.C. Canada.


- 4 YEUNG H.Y., Recent developments and applications of the SWIRLS nowcasting system in Hong Kong, The 3rd WMO International Symposium on Nowcasting and Very Short-Range Forecasting (WSN12), Rio de Janeiro, Brazil, 6-10 August 2012.
- 5 Li, P.W., Development of a Thunderstorm Nowcasting System in Support of Air Traffic Management. AMS Aviation, Range, Aerospace Meteorology Special Symposium on Weather-Air Traffic Management Integration, Phoenix, Arizona, USA, 11-15 January 2009.
- 6 Cheung P., Yeung H.Y., Application of Optical-flow Technique to Significant Convection Nowcast for Terminal Areas in Hong Kong, The 3rd WMO International Symposium on Nowcasting and Very Short-Range Forecasting (WSN12), Rio de Janeiro, Brazil, 6-10 August 2012.



图一 香港国际机场（绿色圆圈内）之进场及离场航道（机场东部和西南部的矩形）和复飞程序区域（机场北面的矩形），预报范围包括进场、离场和复飞航道，按方位分为机场以东，机场以西和机场以北。



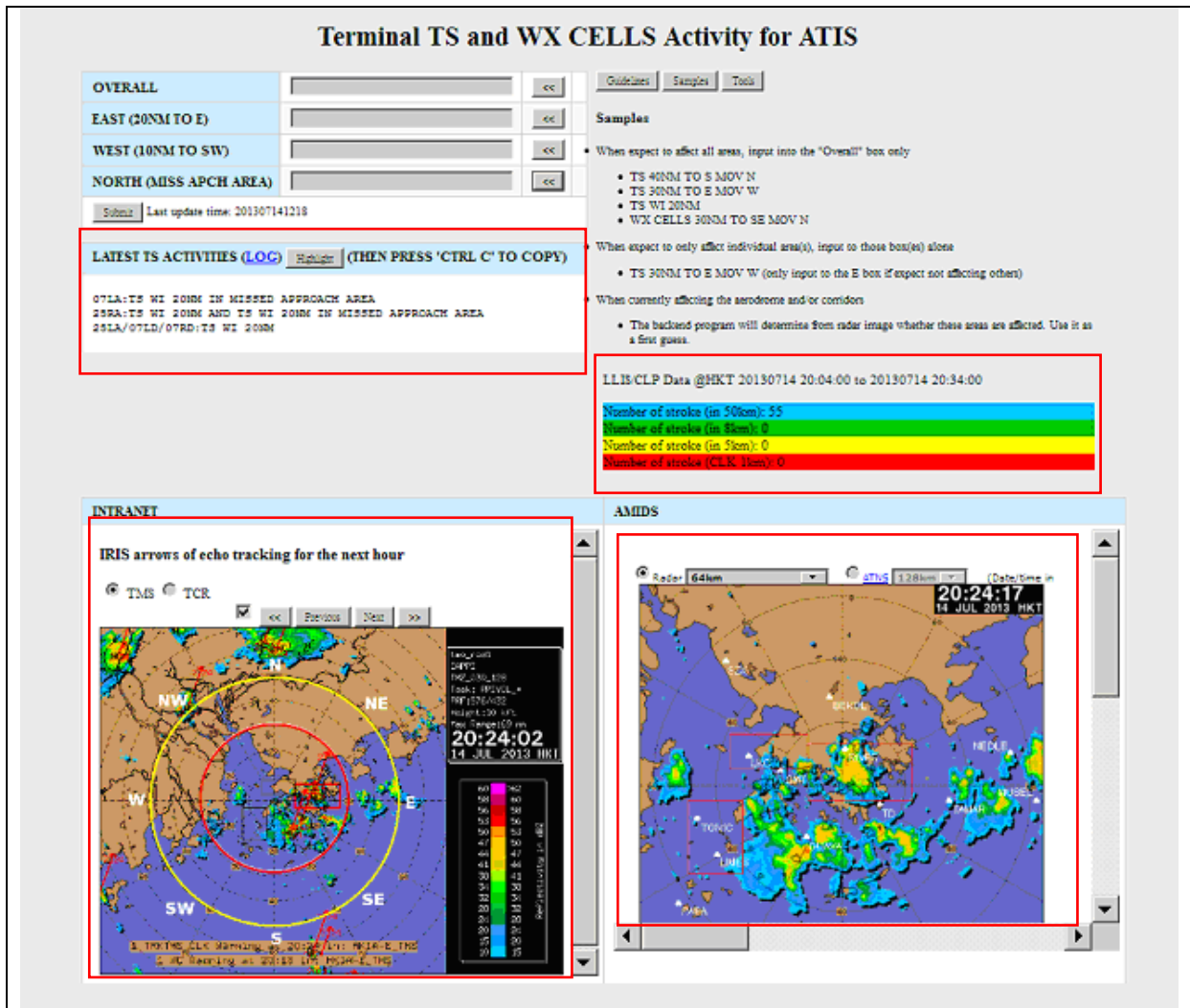
香港天文台
HONG KONG OBSERVATORY



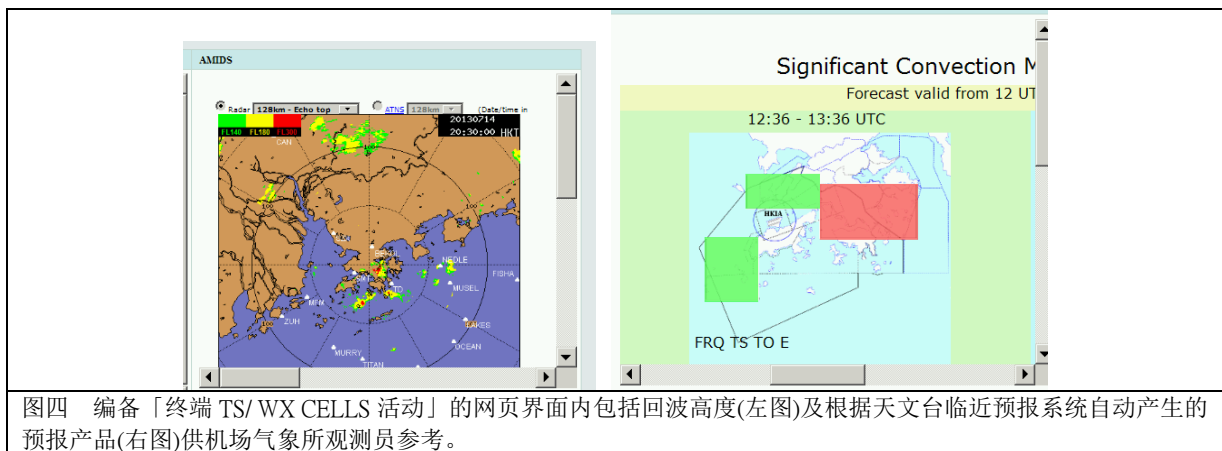
民航處
CIVIL AVIATION DEPARTMENT

Hong Kong International Airport (HKIA) Automatic Terminal Information Service (ATIS)			
ATIS 120			
A-TITLE	HONG KONG ARRIVAL INFORMATION	D-TITLE	HONG KONG DEPARTURE INFORMATION
A-IDENT	3	D-IDENT	5
A-TIME	0335	D-TIME	0337
A-INFO-D1		D-INFO-D1	
A-RUNWAY	07L	D-RUNWAY	07R
A-INFO-D2		D-MS-TURB	
A-MS-TURB	WS AND TURB FCST	D-SUPPL1	RWY SFC MET
A-SUPPL1		D-WIND	130
A-WIND	120	D-SPEED	15
A-SPEED	15	D-WRB-OTH	
A-WRB-OTH		D-AND	
A-AND		D-MAX	
A-MAX		D-MIN	
A-MIN		D-VIS	5000M
A-VIS	10 KM	D-DB	
A-RVR		A-METINFO TS 15 NM SW MOV NE	
A-PRESENT-W			
A-CLOUD	FEW 1000FT SCT 3500FT	D-WXCHG	
A-WXCHG		D-TEMP	27
A-TEMP	27	D-DEWPOINT	25
A-DEWPOINT	25	D-QNH	1007
A-QNH	1007	D-METINFO	TS 15 NM SW MOV NE
A-METINFO	TS 15 NM SW MOV NE	D-TREND	
A-TREND		D-SUPPL2	
A-SUPPL2		D-ACK	ACK INFO 5
A-ACK	ACK INFO 3	D-CDGMC	DELIVERY

图二 2013年5月14日上午透过自动航站情报服务（ATIS）向机师广播「机场西南15海里之雷暴向东北移动」。



图三 为筹备「终端 TS/ WX CELLS 活动」而设的网页界面。左上方显示程序自动转成特定跑道适用的 ATIS 信息；左下方显示自动辨别符合 TS/WX CELLS 客观标准的雷达回波；右上方显示区内闪电活动的统计；右下方显示闪电位置迭加至雷达回波的图像资料。



图四 筹备「终端 TS/ WX CELLS 活动」的网页界面内包括回波高度(左图)及根据天文台临近预报系统自动产生的预报产品(右图)供机场气象所观测员参考。

表一 跑道配置和预测区之组合

Table 1 Mapping of runway configuration to forecast areas

跑道配置 Runway configuration	预测区 Forecast areas	
	进场/离场航道 Arrival/Departure corridors	复飞程序区域 Missed approach area
07L APCH	SW	N
07R APCH	SW	-
25L APCH	E	-
25R APCH	E	N
07L DEP	E	-
07R DEP	E	-
25L DEP	SW	-
25R DEP	SW	-

表二 「终端 TS/WX CELLS 活动」信息的格式			
Table 2 Format of the "Terminal TS/WX CELLS activities " message			
Runway-specific heading	天气类型 Weather type	位置 Location description	实际/预测运动方向 (可省略) Observed /Forecast direction of movement (optional)
07L APCH	TS WX CELLS	[nnNM]* TO {罗盘8个方位} [AND]	MOV {罗盘8个方位}
07R APCH/25L DEP/25R DEP		WI nnNM# [AND]	
25R APCH		IN MISSED APPROACH AREA	
25L APCH/07L DEP/07R DEP			

* 当中 nn 是对流天气与香港国际机场之距离，数值介乎 10 和 50 之间，以 10 为一间距，单位为海里。

当中 nn 只能是 10 或 20（海里）。

表三 根据不同雷达参数阈值而发出「终端 TS/WX CELLS 活动」信息的次数

Table 3 Frequency of issuing "Terminal TS/WX CELLS activities" messages according to various radar reflectivity thresholds

反射率 (dBZ)	面积(平方公里)							
	25	50	75	100	125	150	175	200
30	324	227	165	128	103	82	73	62
33	312	211	135	106	81	67	57	50
35	296	189	111	91	68	50	41	34
40	230	115	67	49	35	24	20	13
45	121	48	29	22	12	8	4	3
50	14	6	1	1	0	0	0	0

「终端TS/WX CELLS活动」范例

例子一:

TERMINAL TS ACTIVITIES:
25R APCH: TS 20NM TO E AND IN MISSED APPROACH AREA
07R APCH/25LR DEP: TS 40NM TO SW MOV NE

例子二:

TERMINAL TS ACTIVITIES: WX CELLS WI 20NM

例子三:

TERMINAL TS ACTIVITIES: TS TO NW MOV SE

例子四:

TERMINAL TS ACTIVITIES: TS 50NM TO N MOV S
25LR APCH/07LR DEP: TS 20NM TO E MOV W