

737 进近调速

在实际航班生产中，相信部分飞行机组，特别副驾驶阶段会有以下疑问？

- 1、为什么距离五边还比较远，机长却在减速或者为什么还不减速？
- 2、为什么上一个管制频率让我保持大速度，换频率以后突然要求减小速度？反之亦然
- 3、为什么很多繁忙大机场会要求保持 180kts 到五边 8nm，保持 160kts 到五边 6nm，但很多时候实际发布的指令却与这些要求不一致？
- 4、为什么有时候管制员询问当前速度并发布保持速度指令？
- 5、为什么相关平行进近的时候，与同跑道前机间隔很大的情况下，管制员会询问是否目视相邻跑道前机？如果不能目视就需要减速？

这篇帖子帮助思考如何让管制员和飞行员相互协作，在规章、手册允许的范围内让终端区高效的运转起来，而不仅是 FAF 点按照 SOP 建立着陆形态，不顾区域里的其他飞机。说到终端区运行，大部分机组认为不论管制员发布什么指令只要照做就行了，这样的认识没有问题。但设身处地的想一想，如果是繁忙的管制区域，特别在恶劣天气情况下，管制员需要同时指挥很多飞机，很难做到第一时间照顾到区域内的所有飞机，飞行员**有限度的自主参与到调整与前后机的水平间隔当中来，让飞机有序按照管制员期望的方式飞行，通过管制员发布的管制指令了解管制意图，配合管制员在终端区合理调速。**这样不仅可以适度降低管制指令发布次数，减少不必要的空中机动和等待，压缩高峰时段前后机间隔的浪费，而且还能适当降低不必要的燃油消耗。这样可以**提高机组持续感知、理解并预测飞行状况和条件的能力，这也是良好 CRM 的表现。**《737 基准油门》、《737 下降计划》和《737 进近调速》**都是让飞机状态变化可预期！飞机状态变化可预期！飞机状态变化可预期！**

《737 进近调速》不仅适用于 737 机型，常见的空客 320 飞机也同样原理。**需要申明的是真实运行时以听 ATC 指挥为主，当机组对管制指令有疑问的时候也可以向管制员核实。**

随着新冠疫情的逐步控制、航班量的逐渐恢复以及未来中国民航广阔发展前景，行业各运行单位对于提高空中交通管制保障能力、增加单位时间内的飞行容量的需求日趋迫切。如何提高机场航班容量？在不考虑天气因素的条件下，多种方式可以实现。如：1、硬件基础设施建设，包括加建跑道、滑行道和停机位等；2、空域优化，包括终端区可用的空域范围和进港线路数量；3、空管系统升级和自动化系统应用；4、中国标准的航空器尾流重新分类（RECAT-CN）在国内的分阶段试运行，通过优化尾流间隔提高跑道容量和运行效率；以及未来会逐步推进的 EoR（Established on Rnp）技术，都可以提高机场跑道运行效率，提高航班容量。接下来的内容是在现有条件不变的情况下，思考如何改进工作。

终端区运行时，与前后机保持一个合理的水平间隔，不能太近也不能太远，这样可以有效减少空中交通拥堵。考虑到需要飞行员关注前后机水平间隔的机场主要是繁忙的大、中型机场，这些机场通常已经雷达覆盖，所以主要讨论雷达管制的水平间隔。**若是非雷达管制水平间隔在这个基础上适当增加，若需要在跑道上掉头才能脱离的短窄跑道，水平间隔则还要额外再增加。**那水平间隔是多少合适，管制员调整水平间隔的指令依据是什么？理论依据比较枯燥，为了保证文章的可读性，**间隔理论依据放到了文章的最后补充部分。**这里直接给普遍适用的水平间隔，根据前机类型以及地面放飞要求，间隔会略有不同，

下降阶段：	不论同航路前机机型， 终端区以前 15nm 左右 ，这个间隔随着接近起始点（IAF）逐渐减小。	
进近阶段：着陆跑道没有放飞	前机重型：7nm 左右，最短 5nm。	前机中型：5nm 左右比较理想。
进近阶段：着陆跑道需要放飞	前机重型：10nm 左右，最短 7nm。	前机中型：7nm 左右比较理想。
相关平行仪表进近相邻跑道进近飞机水平间隔 3nm 左右，目视后可以缩短但不能超越；独立平行仪表进近相邻跑道进近飞机没有水平间隔要求。 By MU 原子键		
进近区域同跑道前后机雷达间隔：法规 6km，满足一定条件最短 5km，这是管制红线		
高原机场运行时，地速较大，进近时在 3nm、5nm、7nm、10nm 左右的基础上 再加 0.5nm。		

由于 737 飞机大多没有 ADS-B IN 设备，对于 737 机组来说唯一可以感知前后机间隔的设备就是 TCAS，虽然 TCAS 显示的间隔不能保证精度，但是放到 5~40nm 这样的尺度来看还是比较有参考意义的，理论依据也放到文章的最后补充部分。

当有了合理水平间隔参考以后，结合 TCAS 显示的水平间隔和管制员发布的指令，机组就能理解管制员指挥的意图，很多疑问迎刃而解。其实不论管制员怎么发布指令，目的就是让不同方向进港的飞机保持一个不大不小的间隔有序落地、有序放飞，这样既不会拥堵也能保证较高的运行效率。用上面这个经验值来分析以下两个案例：

案例一（没有主动参与间隔调整）

条件：飞机高度 7200 米保持，右偏 5nm，AND 进港，虹桥 36R 跑道。上一个扇区管制要求保持速度 300kts，后面多个跟进。前期尽可能的听 ATC 指挥，没有干预副驾驶的任何操作，直到飞机得到需要穿越五边延长线的指令以后，适度的给副驾驶一些进近调速建议。



被动听从指挥：转频之前指挥速度 300kts，转频后管制员随即要求保持偏置减速 230kts。一口气要求减速 70kts。

主动参考间隔：可以看到 TCAS 上显示前方 6nm 左右有前机，高度低 2000ft，高度 6600 米保持。对比终端区前建议的 15nm 左右间隔参考值，水平间隔偏小，取消偏置会进一步减小水平间隔，所以调速和保持偏置是合理的。同时能看到再前方还有两架飞机，距离约 20nm 以上，距离偏远，前机可能会要求保持大速度追赶，继续观察副驾驶操作。这就是之前要求保持大速度，换频率以后突然要求减小速度的原因。所有的管制指令都是为前后机间隔和调配其他方向进港飞机需要服务。



被动听从指挥：未发布进一步指令。

主动参考间隔：调整距离圈，观察周围是否还有高度接近的前后机，与前机间隔偏小，若保持计划航路，无法拉开间隔，可能会指定航向机动，拉出足够间隔。



被动听从指挥：“左转航向 060，雷达引导”。

主动参考间隔：当前表速 230 速度较小，前机速度大，间隔有增加趋势，逐步增加到 7.5nm 左右，可以预见当间隔增加到 15nm 左右就可以加入计划飞行航路。



被动听从指挥：“保持航向 060，速度下调 10kts”。

主动参考间隔：前方约 35nm 内一共有 3 架飞机，平均水平间隔为 12nm 左右，虽然偏小一点点，但是符合要求。2 号飞机可能会加入 1 号飞机和 3 号飞机之间，2 号飞机与 1 号飞机间隔偏小，还需要增加水平间隔，3 号飞机可能也需要适当调速，把中间位置让给 2 号飞机。3 号飞机和 4 号本机间隔本来就小，所以暂时还不能转向 AND，还需要保持小速度，这样方便尽快拉够水平间隔。同时看到此时距离本场 102nm，高度 7200 米，所以飞机剖面远低于 3:1 高距比（详见《737 下降计划》），此时下高度不是主要矛盾，拉够间隔才是，先用较小下降率减速到管制指令速度，继续观察副驾驶操作。



被动听从指挥：“左转飞向 AND，恢复自主领航。”

主动参考间隔：与 3 号机间隔增加到约 11nm 左右，3 号机速度肯定大于 220kts，水平间隔逐步恢复正常，所以可以加入航路顺序进港。管制指令飞向 AND 后间隔增加到约 15nm 左右，后方有 +2700ft 的 5 号机，需要适当增速保持与 3 号机的合理间隔不要进一步拉大。可以看到通过管制指挥，1 号、2 号、3 号机都已经加入相同进港方式，继续观察副驾驶操作。



被动听从指挥：“增速 250kts，下高度 5100 米过 AND”。

主动参考间隔：约 16nm 的水平间隔已经足够，保持速度 220kts 间隔还会增加，后方也还有飞机跟进，所以这就是为什么管制员指挥本飞机增速的原因。前方 -2400ft 飞机与 -4300ft 飞机间隔好，略小于 15nm 左右参考值。飞机距离本场 DME 剩余 77nm，高度 19100ft，下降剖面逐渐恢复 3:1 高距比，AND 后可能需要恢复正常下降。为什么飞机从一个远低于 3:1 的下降剖面恢复到了接近 3:1 的剖面？因为前方飞机间隔不足，导致交通拥堵，区域内可能还有其他飞机需要管制关注，所以管制员没有及时指挥前机下高度，进而影响到本飞机下降。结合地速、高度和 250kts 表速要求，需要至少保持 1600ft/min 下降率，当前下降率 900ft/min，需要增加下降率维持剖面，剖面有偏高趋势，但副驾驶并没有增加下降率，继续观察副驾驶操作。



被动听从指挥：“下降 2400 米，下降率大于 2000ft/min”。

主动参考间隔：与前机间隔减小至约 14nm，间隔比较合适，飞机距离本场 42nm，高度 13800ft 下降，飞机已经高于 3:1 的下降剖面 1000ft 左右，管制员觉得飞机偏高，所以发布大下降率指令。此时飞机地速 314kts，副驾驶设置下降率 2400ft/min，飞机开始追赶 3:1 的下降剖面，要知道 2400ft/min 下降率会让飞机逐渐增速到 300kts 左右，高度接近 10000ft 还需要减速，除非使用减速板，否则管制员要求的下降率不能维持很长时间。副驾驶发现高度偏高，为了让油门保持慢车，设置了一个偏小的目标速度。看过《737 下降计划》的就会知道，这种情况不考虑间隔需要在 30nm 附近减速放襟翼，如果考虑间隔，保持一定速度则建议使用减速板，继续观察副驾驶操作。



被动听从指挥：未发布进一步指令。

主动参考间隔：飞机距本场 33nm，高度 11200ft 下降，大于 3:1 下降剖面，高 1000ft 左右，需要使用减速板。接近高度 10000ft，气流平稳选择目标速度 250kts 的高度层改变方式，避免飞机加油门。同时可以看见前机已经偏离 STAR，出现在五边延长线上 12nm 位置，前机已经开始机动说明与它再前面的飞机间隔不够。本飞机与前机的间隔也由 16nm 缩小到 14nm，又进一步缩小到 10nm。虽然这个间隔是好间隔，但是保持 250kts 的速度还会很快减小间隔，并且前机还在 STAR 以外机动，需要计划开始调速放襟翼，不调速有管制员指挥减速的可能。高度偏高并需要减速保持间隔不缩小的话，飞机飘降能力进一步加强，剖面会继续增加，此时需要使用减速板。但副驾驶没有使用减速板减速并下降高度的意识，此时没有干预副驾驶操作，继续观察副驾驶操作。



被动听从指挥：“下降高度 1800 米，航向 070，减速 220kts，预计穿越五边”。

主动参考间隔：与前机 2 号机间隔进一步减小至 8nm 左右，2 号机已经穿越五边，穿越五边的原因是 1 号机是 2 号机的前机，1 号机从北侧过来还没有建立航道，2 号机就不能提前建立航道。本飞机保持油门慢车，由于减小下降率来减小速度，最小水平位移距离本场 27nm，高度 9500ft，飞机依然偏高 1200ft 左右，但是需要穿越五边这个高度合适。这时候高度刚好，与 2 号机的间隔变得更加重要，间隔不足会要延长穿越的距离。看到 1 号机飞机与 2 号的间隔也在约 8nm 左右。虹桥机场为隔离运行，一条跑道落地一条跑道起飞，若 1 号机是重型机 7nm 的参考距离也差不多够，2 号机在 1 号机建立航道后即可左转建立航道，此时只要注意守听无线电，管制指令左转建立航道的飞机就是 1 号机，注意听该呼号飞机是否在航班后报告“重型”，若 1 号机的位置显示在五边航迹上，那么下一个左转建立航道的飞机就是 2 号机，判断是否重型也是与之前的同理。可以看出来本飞机目前算 3 号机，需要进一步减速来拉间隔下高度，此时建议副驾驶放襟翼使用减速板，可以减少穿越五边的距离，继续观察副驾驶操作。



被动听从指挥：“下降高度 1500 米，保持航向 070，调速 180kts”。

主动参考间隔：1 号机建立航道，管制指挥 2 号机左转建立航道，守听无线电确定 2 号机不是重型，之前介绍终端区 IAF 以后逐渐缩小间隔，因为虹桥落地跑道没有放飞需求，与 2 号机的间隔是 5nm 左右是比较合理的，此时时间间隔约 7nm 左右，5~7nm 都是一个很合理的间隔，此时管制并没有指挥左转切回五边建立航道。距离 25nm，高度 8100ft，考虑到飞机左转反切航道的转弯半径，飞机高度正常，收回减速板。此时高度好，间隔足够，预计待 2 号机建立航道后，管制即将指挥 3 号机左转建立航道，继续观察。



被动听从指挥：未发布进一步指令。

主动参考间隔：随着飞机穿过五边延长线，与前机间隔逐渐拉大，还要加上左转时的转弯半径，飞机高度开始低于 3:1 的高距比，管制迟迟并未发布左转的指令，判断本飞机与前机之间有插入一个其它方向进港飞机的可能性，调整范围圈查看是否有其它进港飞机。



被动听从指挥：未发布进一步指令。

主动参考间隔：之前判断有加入一个其它方向进港飞机的可能性，调整范围圈查看是否有其它飞机。能看到之前预计的前机是3号机，但是从五边的西侧过来了一个低2700ft的4号机，按照低高度飞机优先进港的排序，这个4号机会加入3号和5号飞机的中间进港。此时4号机还在五边10nm的侧方，考虑到它与3号机相切后才会得到管制指令开始逐渐转向五边，可以考虑进一步减速，先拉够足够的水平间隔，所以目前8nm虽然理论上刚刚够，实际水平间隔还是偏短了一些，要留给4号机转弯建立航道的空间。只有当本机5号机与4号机的水平间隔足够了才能转向五边，5号机还需要保持航向。此时速度也不能减太小，6号机跟在后面。



被动听从指挥：“左转航向 360，保持高度 1500 米”。

主动参考间隔：可以看到 1 号、2 号、3 号机已经根据管制指挥顺序建立着陆跑道航道。之所以管制指挥 5 号机保持五边航迹飞行，目的是要让出间隔给 4 号机，当 3 号与 4 号机拉出合适的间隔飞机 4 号机才会转向五边，5 号机五边长度也只有 20nm 左右，机动空间已经不大。管制未发布指令的情况下，此时建议副驾驶设置襟翼 5，调速至 170kts。只有 4 号机转向五边后才有可能给 5 号机建立航道的指令，此时高度 6200ft，飞机开始逐渐低于 3:1 的高距比，飞机下降高度没问题，但是要让出高度层给后机，所以建议副驾驶让飞机保持高度层改变模式，既能下降高度，也不增速，不会明显缩小间隔。



被动听从指挥：“左转航向 330，下降高度 550 米，可以建立 36R 盲降”。

主动参考间隔：1 号机与 2 号机间隔约 5nm，2 号机与 3 号机间隔约 3.5nm，已经接近最小雷达管制水平间隔 5km 要求 (2.7nm)。考虑到本飞机 3 号机是 800 型飞机，进近速度大，间隔有可能会进一步减小的可能性，建议副驾驶减速至襟翼 5 最小速度。管制发布可以建立盲降指令，说明前机不是重型机，守听无线电也确认 2 号机不是重型。因为如果 2 号机是重型机需要保持尾流间隔 9.3km (5nm)，实际间隔根本就不满足的情况下，管制是不会指令 3 号机可以建立盲降的。



主动参考间隔：建立航道后，与前机约 3.5nm，间隔偏小一些，考虑到本飞机是 D 类飞机，建议副驾驶进一步减小速度。五边 13.7nm 起落架放下，设置襟翼 15，调速至襟翼 15 机动速度。



被动听从指挥：许可前机可以落地，落地后尽快脱离，后面有进近飞机。前机落地后许可本飞机落地。

主动参考间隔：五边 10nm 就建立着陆形态，飞机五边 8nm 时与前机间隔并未扩大，反而还缩小到几乎最小间隔，这也就是为什么管制会发布前机落地后尽快脱离跑道的指令。因间隔较小，此时需要特别注意的是五边前机尾流影响，落地之前需要目视确认前机完全脱离跑道。管制员自发布了调速 180kts 以后就再也没有发布速度指令，因为管制指令与主动参考间隔预计的一样，也因为此后我开始干预副驾驶的调速计划，结合管制指令和参考值，理解管制员的意图，让飞机的运动按照管制员期望的方向走。

现在尝试回头总结这个下降和进近。因为遇到进港高峰，流量大，管制发布指令都是根据实际需要发布指令，但是区域里面那么多飞机，管制员不可能面面俱到，时时关注到每一架飞机的间隔合不合理。管制能保证的只是间隔符合规定，管好本扇区的飞机，下个扇区的间隔让下个扇区的管制员指挥。这个例子是不是有这样一个可能：

如果管制指挥保持 300kts，按要求增速到 300kts 以后，如果发现潜在的同航路进港飞机，可以向管制员证实、守听无线电或者经验判断等多种途径确认前机，确认以后当与前机间隔逐渐缩小到 15nm 左右时主动减速至一个合理的速度，那么下降的时候就能避免管制发布减速 230kts 指令，也就避免间隔过大会再发布增速 250kts 指令，就不会指挥保持航向以后再向 AND 归航。AND 以后也不会因为间隔不足下不了高度，导致高度偏高拉起减速板，后续又因为间隔还是比较紧张而穿过五边再反切建立航道，也避免了 13nm 放轮，10nm 就建立着陆形态间隔还在继续缩小到接近最小雷达间隔的情况发生。

案例二（主动参与间隔调整）

条件：飞机高度 7200 米保持，直飞 XSJ 加入 ELASU 进港，290kts。这个案例与上一个最大的不同是结合被动的管制员指挥，主动并有限的去调整飞机状态。



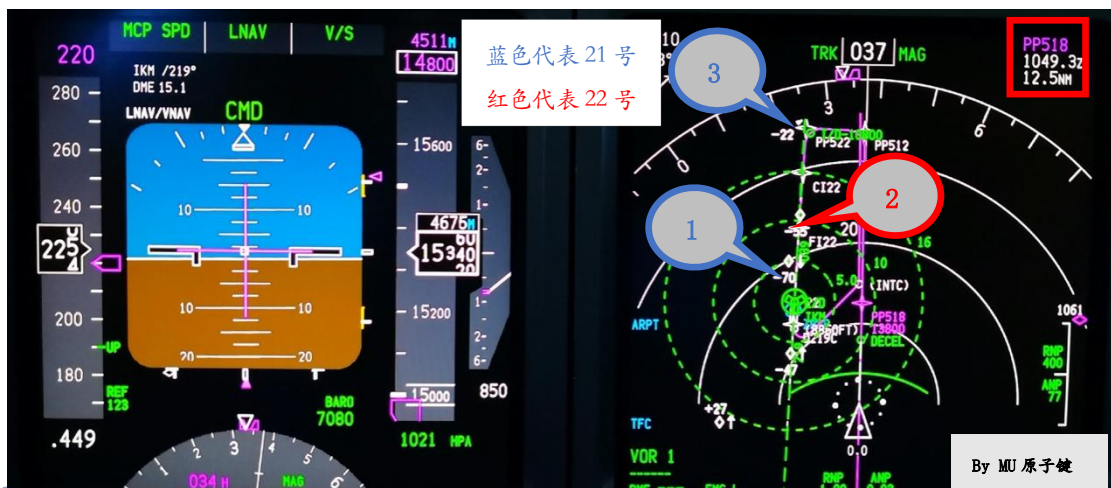
被动听从指挥：区调交接给进近，进近指挥下降 6900 米。

主动参考间隔：TCAS 上显示暂时没有任何前机，后方有一个 -600ft 的飞机，可以保持公司 CI 指数大速度下降。飞机距离本场约 80nm，结合《737 下降计划》内容我们可以估算出飞机预计的水平最短位移为 $80\text{nm} + 25\text{nm} = 105\text{nm}$ ，飞机当前高度为 23600ft 下降，加上机场标高 6900ft，若按高距比 3:1 的下降剖面估算，飞机高度远远偏低，再加上此时已经由区调交接给了进近指挥，预计在旁切机场之前都会由同一个进近管制席位指挥，不存在交接问题，管制员也没有提有穿越高度需要，所以选择了一个 500ft/min 的下降率慢慢下降，充分利用高度和空中的小顺风达到最理想下降状态。



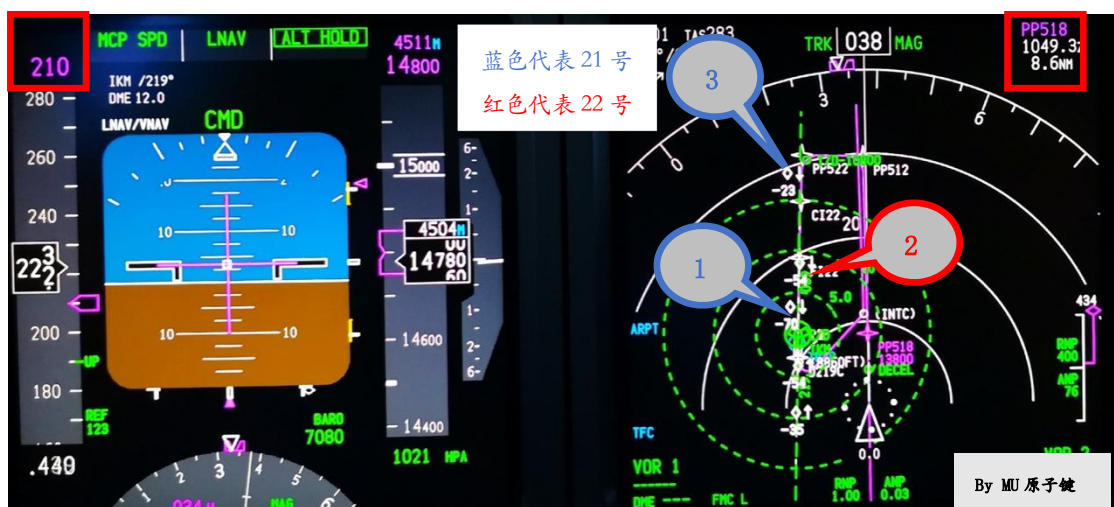
被动听从指挥：高度接近 6900 米，进近指挥下降高度 4500 米。

主动参考间隔：TCAS 看到前方 20nm 范围内还没有观察到前机，在 TCAS 设备的工作范围内，五边方向有正在下降的进港飞机，21 号一边有 -5000ft 正在上升的离场飞机，飞机距离 PP518 为 24nm，22 号跑道 FAF 点 10nm 附近，预计的最短水平位移为 $24 + 25 = 49\text{nm}$ ，考虑到机场标高，飞机高度依然比 3:1 的高距比偏低。



被动听从指挥：高度接近 4500 米，进近发布指令减速 220kts。

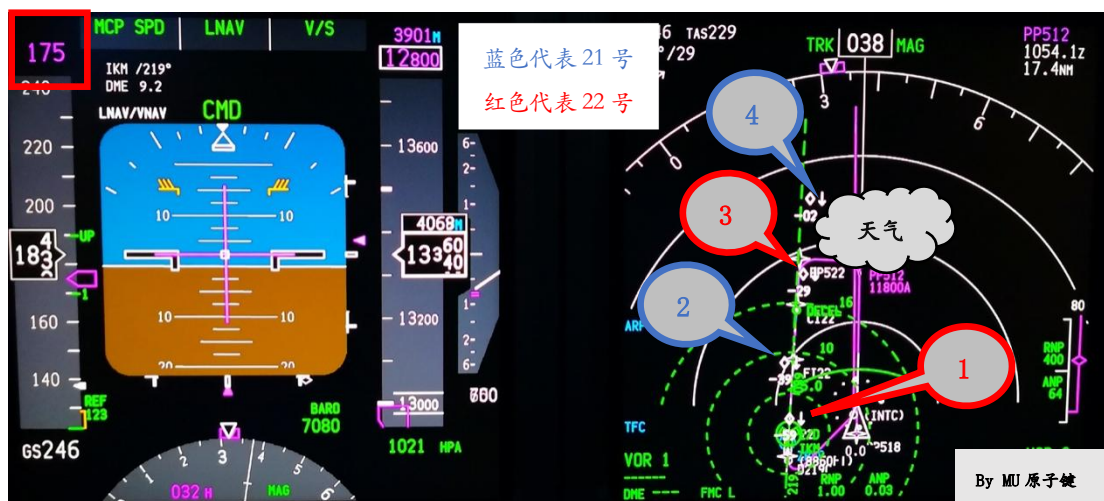
主动参考间隔：飞机现在最短水平位移预计 $12\text{nm}+25\text{nm}=37\text{nm}$ ，加上机场标高 6900ft，按 3:1 梯度算飞机高度为 $11100+6900=18000\text{ft}$ ，飞机当前高度 15300ft，飞机接近 3:1 梯度的剖面，管制员未指挥进一步下降。再加上相同的条件下，北面进港飞机有优先进港的可能。同时可以看到 1 号机为 21 号飞机，位置五边 5nm，2 号机为 22 号飞机，位置五边 10nm，3 号机为 21 号飞机，位置五边 20nm。3 号机和 1 号机、2 号机的间隔都偏大。如果此时按距离估算 20nm 的前机和 37nm 的相比，17nm 的间隔管制不应发布减速指令，可以预见五边可能有多个进港飞机，3 号机并非侧方跑道的 21 号前机，还有其他多个前机，北面是长五边，方便指挥尽快落地，管制员会优先安排北面进港飞机，可以继续调速。



被动听从指挥：高度保持 4500 米，未发布进一步指令。

主动参考间隔：3 号机在五边 20nm 位置，飞机截获高度 4500 米，从最短水平位移来看 $8\text{nm}+25\text{nm}=33\text{nm}$ ，间隔足够情况下未发布下降指令，基本可以确定有其他前机，飞行机组主动减速至 210kts，符合速度容差 $\pm 10\text{kts}$ 规定。可以调整距离圈显示，再更大范围内查找前机。

相关平行仪表进近过程中，一条跑道与另外一条跑道交替落地，同时同跑道两架落地飞机中间穿插一架起飞飞机，这样可以实现相关平行仪表进近加独立平行离场混合运行，达到流量最大化运行，让空中飞机尽快落地，地面飞机尽快起飞。所以大流量的时间段，管制员尽可能这样指挥飞机落地，这也就是为什么流量高峰时段机组申请换跑道被拒绝的原因，当流量没有那么大的时候，可以“左-右-左-右”数一数五边落地飞机，看看有没有对向跑道的空缺，如果有，一般情况下这个时候机组申请，管制都会尽可能满足机组诉求的。



被动听从指挥：“下降高度 3900 米”。

主动参考间隔：终端区应该以管制员指挥为准，但是没有发布指令的情况下可以适当根据需要主动调速。设置襟翼 1 形态，调速 175kts。1 号机马上落地，2 号机五边 10nm 联系塔台脱波进近，3 号机五边 19nm 左右，4 号机五边 27nm 左右，高度由于 4 号机并未让出高度层，预计会在 3900 米保持一段时间才能下降。4 号机距离较远，此时飞机已经旁切过了机场，不能转弯是因为间隔不够，所以为了减少三边长度可以进一步调速。这样的策略可以缩短三边长度，如果在 PP512 附近有天气尤为适用，避免接近危险天气。只要拉够与同跑道 3 号机 $7\text{nm} + 0.5 = 7.5\text{nm}$ 左右水平间隔，与相邻跑道前机 4 号机 3nm 左右水平间隔就能转弯，这样的话不影响两条跑道的运行效率，同时还可以减小飞入前方天气的可能。



被动听从指挥：未发布进一步指令。

主动参考间隔：高度接近 3900 米未得到进一步下降指令。副驾驶决定减速至襟翼 5 速度。4 号机预计五边还有 25nm 左右，加上水平间隔则最短五边长度为 $25\text{nm} + 3\text{nm} = 28\text{nm}$ 左右，严格进近程序本飞机还有约 40nm 水平位移到落地，预计本飞机的水平位移会缩短 $40\text{nm} - 28\text{nm} = 12\text{nm}$ 左右，预计三边和五边各缩短约 6nm，所以预计会在 PP512 前 6nm 左右左转。这部分都是估算，实际运行的时候要知道不管怎么调速，转到五边建立航道的时候，与 3 号机大约保持 $7\text{nm} + 0.5 \text{ 高原} = 7.5\text{nm}$ 左右，与 4 号机大约保持 3nm 左右，是普遍适用的间隔，也是管制员所期望的合理间隔水平。如果与前机的间隔或者与相邻跑道飞机的间隔大于以上值，确认前机不是重型机，则需要保持一定的速度，甚至增点速，目的只是保持以上间隔不进一步明显扩大也不进一步明显缩小。可以看到 4 号机从间隔上看，与同跑道的 2 号机间隔明显大于 7.5nm，间隔偏大，但与相邻跑道 3 号机间隔 5nm 左右，间隔合理。此时 4 号机应该保持速度，不要让间隔继续扩大，这样才不会积压后方飞机。



被动听从指挥：“可以建立 22 号盲降，联系塔台 118.1，再见”。

主动参考间隔：此时通过 TCAS 看到周边进近飞机变少了，所以管制和流量压力也减小了，管制可能就没有去调整 21 号前机的间隔。本飞机与 21 号前机间隔保持 5nm，22 号前机已落地，可以适当延迟建立形态的时机，但是也要满足稳定进近的需求。由于停在 103 机位，道面条件干，正常建立形态联系塔台后申请最后一个快速脱离道 C8 脱离，经管制同意后使用刹车 1，适当使用反推，使用余速脱离跑道，完成一个安全、舒适、经济、高效的下降计划，进近调速与平稳落地。

现在尝试回头总结这个下降和进近，主动参与间隔管理以后，管制员发布的有关速度指令只有一个调速 220kts 指令，除副驾驶建立襟翼 5 形态过早导致地速偏小以及频率繁忙没有及时指挥三转弯，导致间隔偏大，管制员连续两次指挥左转建立五边航道以外。整个进近调速阶段，飞机的状态变化基本符合预期。从这个案例中能看出终端区速度过小并不利于管制员指挥，会降低运行效率。这就是为什么有的机场限制 180kts 到五边 8nm，但是又经常发现管制员指令的速度与该要求不符合，因为高流量机场和高流量时段大大小小的间隔容易造成终端区飞机堵塞和积压。管制指令是从安全出发，不论怎么指挥，都是为了保证飞机之间不大不小的安全间隔，保持机场高效的运行效率。飞行机组通过了解飞机进近调速的规则以后就能产生一个状态预判，与开头 CRM 管理里说到的提高机组持续感知、理解并预测飞行状况和条件的能力，帮助机组做出安全合理的决策。飞行机组可以时刻明确飞机当前所处的阶段、位置和状态，保持良好的情景意识，确保飞机状态符合相应阶段的要求。

通过以上两个例子，我有几点事项想要分享：

- 1、管制员无法及时顾及到区域里的所有飞机，与很多管制员沟通过，对机组有限度的自主参与到调整与前机的水平间隔当中来大多表示欢迎。如果可能下降前发现同航路前机的位置，根据前机位置信息主动保持合理水平间隔。
- 2、管制员的工作条例要求他们应避免频繁发出增速、减速指令，所以当不同飞机进行不同的调速以后，前后机间隔就会由大变小或者由小变大，管制员即使看到了也不会过度干预间隔。特别是 737-700、A319 飞机进近速度小，五边过早建立形态后对后机影响很大，这个时候机组根据前机间隔情况适当调整速度能有效缓解不必要的交通堵塞。中小型机场没有流量压力，可以按照 FAF 点前建立形态操作，但在对于大流量机场过分强调 FAF 点必须建立形态的观点是值得探讨的。
- 3、因为空中风的原因，不同进港方向的飞机，即使使用相同表速飞行，实际的地速差异也很大，一个大机场通常有多个进港含航路，根据着陆跑道不同，长五边进港方向飞机有优先进港的可能。
- 4、飞行机组需要识别同方向进港的前机，并与之保持合理间隔，间隔大可以多保持下速度，间隔小可以提前适当减速，间隔合适以后相对保持，这样可以降低管制压力，也能减少不必要的绕飞和等待。

- 5、过渡高度层以下前机通常是 250kts，如果间隔 15nm 左右，想要保持住当前间隔，作为后机的你高度至少等于或高于前机，那么相同表速的情况下，你的地速肯定大于前机。可以调速至 240kts（737 飞机最经济的下降速度），这样两架飞机就能保持相对接近的地速。
- 6、适当的保持间隔就能避免管制员发布过多的调整间隔指令，若管制发布明确的速度指令，根据容差来说±10kts 也是符合规定的。
- 7、双跑道运行的机场，可以使用“左-右-左-右”的方法判断前机，有时你会发现流量不是特别大的时候或地面有检查跑道或连续放飞需要时，管制员会发布“左-左-右-左”或“左-右-右-左”的进近顺序，指挥同跑道连续进近。在流量压力不是特别大的时候，飞行机组可以根据需要申请所需落地跑道，减少地面滑行时间和距离。
- 8、双跑道运行的机场，管制员在管制压力不大的时候，也愿意提供优质服务。当第一次联系进近时，如果管制指令的跑道与机组预期的跑道不同，可以等一等。因为此时的进近管制未必是调配落地顺序的席位，较忙的时候也未必会传递机组诉求给下一个管制区域，机组可以在终端区运行时，结合判断前后机顺序有空位的情况下申请预期跑道。
- 9、如果使用相关平行仪表进近，则既要保持前机间隔，也要保持相邻跑道进近飞机间隔，除非目视相邻跑道前机，否则不能小于最小 4km 雷达管制间隔，如果目视则可以缩小但不能超越相邻跑道进近飞机。如果使用独立平行仪表进近，则不配备雷达间隔，可以超越相邻跑道进近前机。
- 10、恶劣天气、低能见、高原机场运行时，管制员会根据需要适当增加飞机之间的水平间隔，这样可以减小指挥压力。

感谢昆明机场空管马漫索教员的专业指导，也感谢各位的耐心阅读，不知道您有没有找到文章开头几个问题的答案。现在一起来回顾一下这几个保守有裕度且不浪费的间隔参考值。为了方便实用使用以下数字：3、5、7、10、15（依据在最后的补充部分），高原机场在以上基础上增加 0.5nm。

3nm：非独立平行仪表进近时，相邻跑道有间隔要求，如没有目视前机，最小雷达间隔为 4km，这是管制员指挥的红线，所以 3nm 左右已经给管制员留有裕度。

5nm：落地跑道没有放飞需要，中型机之间没有尾流间隔要求，但有最小雷达间隔 6km 要求。当进近管制单位经批准采用 6km 雷达间隔标准且连续提供进近雷达管制服务 3 年以上，同时满足一定条件并完成相关准备工作后，可以为航空器提供 5km 的最小雷达间隔。所以 5nm 左右前后机间隔已经留有裕度。

7nm：落地跑道没有放飞需要，通过无线电得知落地前机是重型，需要至少 5nm；或落地跑道有放飞需要，前机中型，落地和放飞需要时间。7nm 左右间隔对于二者都留有裕度。

10nm：落地跑道有放飞需要，落地前通过无线电得知是重型，10nm 左右已经留有裕度。

15nm：下降阶段与同进场方向的飞机保持 15nm 左右间隔，该间隔“进可攻、退可守”，随着接近 IAF 点则适当缩小间隔，到终端区以后参考以上其他间隔。

《SOP》并不考虑其他飞机的影响，也不考虑对其他飞机的影响。当管制员没有发布速度指令时，按照以上几个间隔参考调整飞机速度；当管制员根据需要发布指令以后，按照管制员的指令飞行，机组可以通过以上间隔参考查找原因，帮助理解管制意图，并配合管制员指挥；当管制指令与以上间隔参考有明显冲突时，机组可以向管制员证实指令，并查找原因。这样就可以实现机组对飞机和周边环境的动态感知，持续有效的管理飞机。让飞行机组能明白管制员的意图，让管制员和不同航司、不同机型、不同飞行员之间的配合更加合理和高效。

2021 年在全球百年未有之大变局下开启“十四五”和未来十五年的新征程，习近平总书记号召全党全国为建设社会主义现代化强国、进而实现中华民族伟大复兴努力奋斗。征途漫漫，唯有奋斗，继续奋斗，勇往直前。永远保持慎终如始、戒骄戒躁的清醒头脑，永远保持不畏艰险、锐意进取的奋斗韧劲。在实际工作中用严格的尺子衡量自己，用更高的标准要求自己，牢记“三个敬畏”，秉承以人民为中心，苦练精飞，为安全护航！

东航云南公司机长 原子键

2021.3.20

补充部分

一、水平间隔依据：

《民用航空空中交通管制规则》描述如下：

雷达水平间隔标准应当按照如下规定：

- 进近管制不得小于 6km, 区域管制不得小于 10km ；

进近管制单位经批准采用 6km 雷达间隔标准且连续提供进近雷达管制服务 3 年以上, 同时满足一定条件并完成相关准备工作后, 可以为航空器提供 5km 的最小雷达间隔。

在塔台和进近管制区内, 在满足一定的条件下可以降低仪表飞行水平间隔, 但应当满足以下条件之一：

- 每架航空器始终可以被与其相关的航空器驾驶员目视, 并且所有相关航空器驾驶员报告能够自行保持间隔。
- 一架航空器跟随另一航空器飞行, 后方航空器驾驶员报告可以看见前方航空器, 并且能够保持间隔。

前后起飞离场或者前后进近的航空器, 其雷达间隔的尾流间隔标准应当按照下列规定：

1. 前、后航空器均为重型航空器时, 不小于 7.4km (4nm)。
2. 重型航空器在前, 中型航空器在后时, 不小于 9.3km (5nm)。

前款规定的尾流间隔距离适用于使用下述跑道：

- 同一跑道, 一架航空器在另一架航空器以后同高度或者在其下 300 米内飞行
- 两架航空器使用同一跑道或者中心线间隔小于 760 米的平行跑道。

《平行跑道同时仪表运行管理规定》描述如下：

第七条 平行跑道同时仪表运行按照跑道用于进近和离场的使用方式分为独立平行仪表进近、相关平行仪表进近、独立平行离场、隔离平行运行等四种模式。

第八条 独立平行仪表进近模式是指在相邻的平行跑道仪表着陆系统上进近的航空器之间不需要配备规定的雷达间隔时。

第九条 相关平行仪表进近模式是指在相邻的平行跑道仪表着陆系统上进近的航空器之间需要配备规定的雷达间隔时。

第十一条 隔离平行运行模式是指在平行跑道上同时进行的运行, 其中一条跑道只用于离场, 另一条跑道只用于进近。

独立平行仪表进近, 已建立仪表着陆系统航向道的航空器之间的雷达间隔应当符合下列规定：

管制员应当为在同一仪表着陆系统航向道上的航空器之间提供不小于 6 千米的雷达间隔。航空器之间存在尾流影响的, 应当符合《中国民用航空空中交通管理规则》中规定的尾流间隔要求。

相关平行仪表进近, 已建立仪表着陆系统航向道的航空器之间的雷达间隔应当符合下列规定：

- (一) 在同一个仪表着陆系统航向道上的航空器之间的雷达间隔不小于 6 千米。航空器之间存在尾流影响的, 应当符合《中国民用航空空中交通管理规则》中规定的尾流间隔；
- (二) 在两条相邻的仪表着陆系统航向道上同时进近的航空器之间的雷达间隔不小于 4 千米。

关于雷达水平间隔通过以上部分节选可以总结如下：

- 1、雷达水平间隔进近管制不小于 6km，特批条件下可以减小到 5km；区域管制不小于 10km；
- 2、重型飞机在前，中型飞机在后，尾流间隔法规要求不小于 9.3km (5nm)；
- 3、中型飞机和中型飞机之间没有尾流间隔要求，但有一个最小 6km 雷达间隔要求。
- 4、独立平行仪表进近和相关平行仪表进近都要求满足与前机最小雷达间隔 6km 要求；对于相邻跑道飞机，独立平行仪表进近没有水平间隔要求，可以超越相邻跑道飞机；但相关平行仪表进近对相邻跑道有最小 4km 的雷达间隔要求，即使目视相邻跑道飞机，也不能超越相邻跑道飞机。

以上 4 个总结可以理解为管制员指挥的红线，每个管制员会在此管制红线的基础上适当增加不同的裕度。

如果考虑到当前机落地后还要放行起飞的飞机，满足同一个仪表着陆系统航向道上的航空器之间的雷达间隔不小于 5km，考虑到前机落地后占用跑道 50 秒脱离，同时进跑道起飞的飞机 60 秒能对正跑道，并且起飞的飞机约 60 秒飞过跑道头以后第二个落地的飞机还没有通过跑道入口，也就是大概前机落地后在保持 5km 的间隔的基础上还额外需要 2 分钟的间隔，对于五边建立着陆形态进近的中型飞机平原地速按 130kts~150kts 估算，即每分钟 4~4.6km。可以得到如下估算值：

前后机类型	合理的前后机间隔
落地（中型）+落地（中型）	5km+50 秒占用跑道≈9~9.5km 即 5nm 左右
落地+起飞（中型）+落地（中型）	5km+2 分钟≈13~14km 即 7nm 左右
落地（重型）+落地（中型）	9.3km+50 秒占用跑道≈13~14km 即 7nm 左右
落地（重型）+起飞（中型）+落地（中型）	9.3km+2 分钟≈17~19km 即 10nm 左右
1、天气原因：雷雨影响、能见度低等情况，间隔需要适量增加； 2、程序管制、或者需要在跑道头掉头的机场间隔还会另有额外要求； 3、隔离平行运行的双跑道机场，如上海虹桥、成都双流机场。一条跑道只用来落地，那就只用关注与前机的水平间隔，重型在前，建议 7nm；中型在前，建议 5nm。 4、高原地区相同表速地速大，进近时在以上间隔的基础上建议再加 0.5nm；	

By MU 原子键

以上合理的前后机间隔只是一个适用于大部分场景的合理估算值，实际运行会根据不同因素适当增加或者缩小，作为飞行机组五边建立航道以后一定要听管制员指挥。从下降到五边的这段期间适当的保持一个比以上值稍大的间隔时，当遇到前方交通拥堵可以减少额外的机动或者与前机间隔稍大时获得适当的直飞，进退都有空间，最终在五边建立盲降后保持以上间隔推荐值左右。所以正文部分推荐间隔为 3nm 左右、5nm 左右、7nm 左右、10nm 左右、15nm 左右，高原机场进近时再加 0.5nm。

二、TCAS 设备提供的水平间隔可以供机组参考的依据：

一起来看看关于 TCAS，波音公司的 AMM 手册是如何描述的？

The traffic alert and collision avoidance system (TCAS) helps the flight crew maintain safe air traffic separation from other ATC transponder equipped airplanes. TCAS is an airborne system and operates independently of the ground-based ATC system.

The TCAS transmits to and receives signals from other airplanes to get altitude, range, and bearing data. The other airplanes report their own altitudes. The range of the other airplanes is calculated by measurement of the time between the transmission of an interrogation and the reception of a response from the other airplanes. Bearing is calculated by the use of directional antennas. TCAS uses these data and inputs from other onboard airplane systems

to provide visual indications of the position of other airplanes and to provide visual and aural traffic avoidance alerts.

翻译如下：

空中交通告警和防撞系统（TCAS）帮助飞行机组与其他装有 ATC 应答器的飞机保持安全的空中交通间隔。TCAS 是一种机载系统，独立于地面 ATC 系统运行。

TCAS 向其他飞机发送信号并从其他飞机接收信号，以获取高度、距离和方位数据。其他飞机报告自己的高度。其他飞机的距离是通过测量从询问发送到接收来自其他飞机的响应之间的时间来计算的。方位是通过使用定向天线来计算的。TCAS 使用这些数据和来自其他飞机输入的数据来提供其他飞机位置的视觉指示，并提供视觉和听觉的交通避让告警。

学习 AMM 手册和相关资料，关于 TCAS 还有以下几个重要知识点：

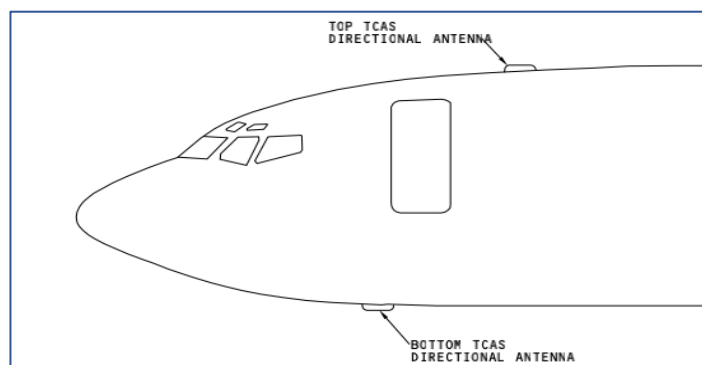
TCAS 系统会从飞机上的多种设备获取数据，这些数据与地面的 ATC 二次雷达系统使用的是相同的数据源，管制员使用的系统在获取这些数据以后就直接显示在他们的管制系统上。但是 TCAS 系统为了防止发生空中危险接近和相撞事件，获得数据以后会再次进行单独计算，计算后才显示在飞机的 ND 显示器上。这也就是为什么飞机上 ND 显示的其他飞机的方位、距离信息与地面管制员信息不完全同步的原因。

TCAS 根据选型不同有不同操作面板和显示能力，比较新一点的选型都有 ABV 模式和 BLW 模式。ABV 模式显示-2700ft~+7000ft 之间的飞机；BLW 模式显示+2700ft~-7000ft 之间的飞机。应答机 S 模式下每秒发送一次信号，信号是有延时的，根据收到的延迟信号进行计算飞机所在的估计位置和方位，所以 TCAS 显示的信息并不完全精确，特别在转弯过程中，飞机会出现位置漂移的情况。如果飞机此时保持直线飞行，没有持续转弯，那么 ND 上显示的距离和方位还是有参考意义的。

根据选型不同，TCAS 可以跟踪的飞机数量从 30 架到 50 架不等，可以探测的范围有 40nm、80nm 和可变范围多种。

综上所述：TCAS 每一秒获取一次其他飞机的高度、距离和方位信息，独立计算后向飞行员提供视觉指示，保持安全间隔。特别是在飞机直线飞行时，用 TCAS 获取的 40nm 范围内飞机的方位和距离信息，用来帮助飞行员当做调速的参考，TCAS 设备的精度已经够用了。

TCAS 的定位天线所在位置，分为上下两个定位天线



定向天线有四个元件。TCAS 计算机通过计算这些设备发送和收到的信息来算出其他飞机的方位信息。

