

HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	整编	批准/日期
TIP737-2020-05-002R2	曾晶	林志伟	羊全流/2020.7.5

标题 关于 737 硬着陆的分析要点

一、 适用性

737NG、737MAX

二、 背景描述

硬着陆是最常见的一种运行事件，通常会通过机上读取 G 值的方式来判断是否超限，同时往往要借助译码来进行分析。通常关注的重点在垂直加速度和滚转角，实际上不同的着陆状态和不同的机组操作，对于飞机所造成的损伤，需要检查的重点各不相同，需要通过选取不同的译码参数来进行分析。

三、 基本原理

一)，硬着陆的厂家理解

1, 厂家定义

波音对于硬着陆的定力是：当飞机出现了大于机体或起落架的机体设计载荷的情况，这一情况可能发生在零滚转角时下沉率超过 10fps，或者较低的下沉率但滚转角不为零的时候。

2, 厂家判断方法的历史沿革

1)，在 20 世纪 90 年代以前，波音一直采用机组报告的方式，只有机组感觉上存在硬着陆，才执行检查

2)，在 20 世纪 90 年代，由于机组报告这一主观感觉带来了较多的检查案例，而实际上没有发现损伤，波音经过研究证实，正常下沉率为 2-3fps，而机组在下沉率为 7-8fps 的时候，就会感觉到较日常操作硬。

为消除大量的虚假报告，最理想的是通过下沉率（SINK RATE）来作为检查标准，而实际上这个值此时无法在 SDR 获取，波音被迫使用重心（CG）的载荷（垂直加速度）来作为严重性评估的指标。但这个值受到的影响的因素较多，包括：着陆重量、中心、地速、记录的帧数等。另外滚转角的不同，也带来传递到主轮的载荷的变化。为此，这一阶段，波音引入了 CG 的日常值，但设置的门槛较严（偏低），且仅适用滚转角小于 2 度的情况。同时这一门槛值仅适用于主起落架硬着陆，而不是前起落架硬着陆。减少了约一半的机组报告后检查的必要性。

（注意：在 787 上波音通过内置与 IRU 和 AHRU 中的加速度计，结合俯仰角等参数计算出了一个 SINK RATE 值，能直接从 51 章的维护页面中读取到）

3)，从 2009 年开始，受 FAA 进一步规范特检的要求，波音进一步优化硬着陆的检查标准，主要有两项举措：把适用度扩大到滚转角 2 度以上，和超重着陆时也可以通过数据来判断。同时把检查项目进行了优化，把耗时长的项目放到了 2 阶段检查中，1 阶段仅保留的主要的目视检查项目。

3, 检查工卡的使用原则

- 1), 有机组报告的硬着陆, 是必须执行 1A 阶段检查的, 而 1B 阶段的检查, 如果译码数据不支持, 是不需要执行的;
- 2), 硬着陆的判定考虑了重量、垂直载荷和滚转角 (6 度), 是包含了超重着陆条件的特检 (超过 1%最大着陆重量)。而超重着陆检查单不覆盖有硬着陆情况。
- 3), 前起落架硬着陆被单独列出来, 是逻辑更清晰些。
- 4), 如果缺乏数据或不采用数据, 那么执行第一阶段检查;
- 5), 如果数据可用, 当滚转角小于 2 度, 且着陆载荷低于门限值, 是不需要执行检查的。
- 6), 当 1A 阶段检查发现损伤, 则执行 1B 检查。

4, 扩展讨论

1) QAR 数据和 DFDR 数据的差异

QAR 数据由于部分机型设置的原因, 可能不足以准确的反映 DFDR 的数据。主要是采样率等原因。

2) 787 和新的 777 飞机由于在设计上有飞机信息管理系统, 能获取到包括下沉率 (SINK RATE)、用于判断前起着地的俯仰率等在内的参数, 能有效减少 80-90%的硬着陆报告。

LANDING CONDITIONS AUTO		Table 1: CG SINK RATE less than or equal to 360	
		表 1: CG SINK RATE 小于等于 360	
		Minimum/最小值	Maximum/最大值
DATE	16 JUN 21		
GROSS WEIGHT	166.7		
CG	23.7		
MAIN GEAR: /主起落架			
PRIOR TO TOUCHDOWN/着地前			
CG Sink Rate (ft/min)/ 重心下降率 (ft/min)		NA	+360
Pitch Attitude/俯仰姿态	+287.9	NA	+10
Crab Angle/偏航角	+2.5	-20	+20
Roll Attitude/横滚姿态	+0.4	-8	+8
Body Roll Rate/机体横滚速率	0.0	-9	+9
CG Norm Accel/重心加速度	+0.3	+0.9	NA
TOUCHDOWN/着地时			
Peak CG Norm Accel /重心加速度峰值	+1.1	NA	+1.8
NOSE GEAR: /前起落架			
Body Pitch Rate/机体俯仰率		-7	NA
TOUCH DOWN:			
PEAK CG NORM ACCEL	+1.7		
NOSE GEAR: /前起落架			
UTC	09:41:15.0		
BODY PITCH RATE	-0.6		

3) SINK RATE 和 vertical speed

垂直速度是最接近 SINK RATE 的参数。然而, 并不精确, 主要原因是 SINK RATE 还包括: 气动地面效应、飞机上的物理位置、俯仰和横滚率、它也没有考虑跑道坡度等。

4) 机组报告要求

机组需要报告的是前轮硬着陆, 主轮硬着陆, 或同时硬着陆, 亦或是反跳着陆。需注意反跳着陆指的是双主轮同时着地后再次同时离地。

5) CG 着陆载荷门槛不是硬着陆的标准, 同时也无法替代机组报告

原因是硬着陆的真正指标是 SINK RATE, 而非 CG 值, 受到影响的因素很广。因而按 CG 值超出 AMM 门槛值的, 都是不超标的着陆。

6) 当机组未报告, 而 CG 值超标的情况, 是否需要执行特检

这个可以由运营人来决定。

7) CG 峰值出现在减速板升阶段, 是否算硬着陆

减速板在触地后触发, 波音认为, PEAK 值是在限定在 TOUCH DOWN 后的一秒, 原因是超过触地后的时间段, 垂直过载实际上是被吸收, 此后的展开阶段产生的因素已经不尽相同了。

8) 能否用 FDR 数据来识别前起落架硬着陆

当机组报告有前起落架硬着陆、或没有说明是否是前起落架硬着陆、或者同时有弹跳, 都必须检查前起落架。

9) 什么条件下不能用数据来免除检查

侧倾着陆、反跳硬着陆、前起落架硬着陆、前起落架先着陆。

10) 弹跳的定义、为什么弹跳要做 1B 检查

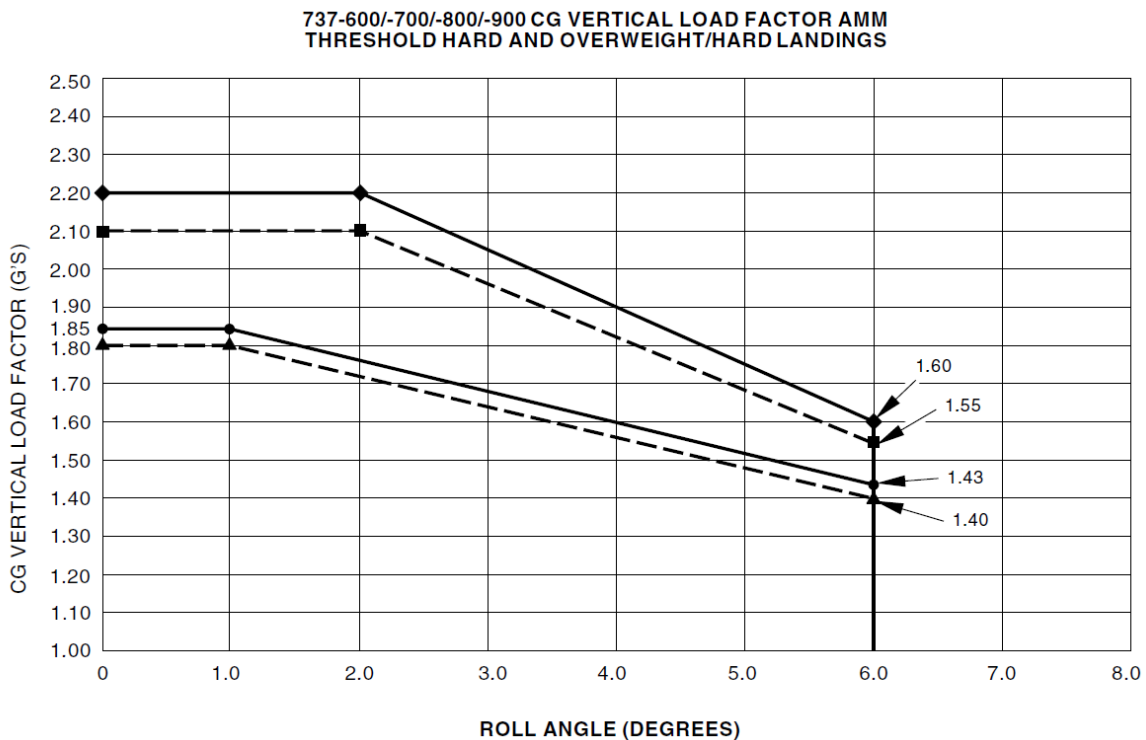
弹跳指的是双主起着陆后, 又弹起。必须执行的原因是, 首次落地后将导致减速板升起, 而引起升力的损失, 从而产生不可预测的结构负载。

PS: 单主起着陆, 算侧倾着陆。

二), 手册的理解

AMM 手册中提到当发生以下情况之一时, 需要进行硬着陆检查:

- 1、机组判断发生了硬着陆;
- 2、横滚角小于等于 2 度, 数据显示飞机着陆时的 G 值超限 (如图 1 所示);
 - a、对于 FDR 取样频率至少每秒 8 帧的, 门槛值为 2.1G
 - b、对于 FDR 取样频率至少每秒 16 帧的, 门槛值为 2.2G
- 3、前起落架先着陆或主起落架触地时横滚角大于 2 度;
- 4、目视检查发现硬着陆痕迹。



四、译码辅助判断

1, 基础译码参数, 主要是用垂直加速度和滚转角, 如下图所示。

对于加速度的参数选择, 以 AGS 为例常见的为 ACCVERT, MAX-VRGT LANDING。这两者的区别在于 ACCVERT 记录的是每秒钟分成 16 份, 记录下每个对应点位的加速度值, 虽然分得很小了, 但是还是不是连续的。MAX-VRGT LANDING 记录的是极限值。相当于这下接地所摸到的最高值。两者各有优缺点, ACCVERT 是接近连续值, 但如果当时的最大不在这些点上, 就不会被记录。MAX-VRGT LANDING 只记极限, 看不到过程, 而且反跳后, 会记第二次的。类似于 EGT 超限和译码会看到不同一样。一般而言, 这两个值不会有多大的差异, 所以 AMM 里对于 16 帧和 8 帧是分开的, 就是考虑到网眼大小的问题。两者最好结合起来看, 以最大为准。

S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.987	0.981	0.992	1.038	1.04						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.029	1.022	1.015	0.971	0.965						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.951	0.951	0.946	0.987	0.999						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.004	0.994	0.992	0.962	0.951						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.946	0.939	0.942	1.01	1.017						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.024	1.031	1.029	1.01	1.022						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.022	1.022	1.024	0.983	0.983						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.983	0.994	1.006	0.981	0.978						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.976	0.978	0.965	0.955	0.962						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.971	0.981	0.969	1.004	0.985						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.99	0.992	0.991	1.022	1.024						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.029	1.024	1.022	0.992	1.024						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.04	1.024	1.02	1.006	0.992						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.01	0.987	0.981	1.017	1.02						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.015	1.017	1.004	0.921	0.935						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.933	0.942	0.951	0.965	0.942						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.965	0.969	0.962	0.976	0.99						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.994	0.981	0.958	0.969	0.981						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.976	0.992	1.001	0.91	0.91						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.926	0.935	0.937	1.026	1.052						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.068	1.077	1.084	1.026	1.052						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.04	1.022	1.015	0.955	0.965						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.969	0.965	0.96	1.01	1.038						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	1.031	1.036	1.052	0.983	0.962						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.958	0.935	0.942	0.976	0.951						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.939	0.933	0.923	0.846	0.852						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1	1	0.855	0.857	0.875	1.072	1.07						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1.09	1.09	1.056	1.056	1.077	1.164	1.15						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	0	1.18	1.18	1.15	1.136	1.136	1.706	1.534						
IR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	AIR	AIR	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	1.406	1.313	1.074	0.674	0.74						
IR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	0.765	0.791	0.834	1.001	0.938					
IR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	0.926	0.983	0.933	0.992	1.047					
IR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	1.006	0.999	0.958	0.99	1.02					
IR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	1.024	1.02	0.926	1.008	0.994					
IR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	0.944	0.953	0.983	1.022	1.024					
IR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	0.976	0.969	0.981	1.049	1.001					
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	1.1	1.1	1.1	1.1	1.71	1.71	1.02	0.96	0.974	1.006	1.004					

2, 落地反跳

大部分的机组报告落地重的情况, 译码常常可见反跳的情况。这个时候会遇到用不用顶起前起落架检查问题, 以前也纠结过。是需要的, SL 中也讲到了此类情况由于扰流板的升起导致升力损失, 不能确定对结构载荷产生了什么样的影响。厂家 SR 回复的理由是, 即使是 16 帧每秒的记录, 也不敢完全断定前起落架有没有触地的瞬间。这种译码使用三个轮胎的空地, 加无线电高度值就可以了。

3, 前起落架先着地

这是一种非常危险的状态, 接上面反跳的厂家的态度就可以看出, 对前起的先着地是很谨慎的, 大加速度的前起着地可能导致前起爆胎和折断。需要使用以下参数来进行分析。

- (1), 俯仰角, 用来判断飞机当时的姿态, 大仰角向下还是平拍。遇到过几次飞机基本上 0 角度落地的情况, 这种基本上现有监控无法识别, 都是机组报告的。
- (2), 风速和风向, 用来判断机组在落地前是否遭遇到较大的气动力影响, 通常影响大的是尾风的速度变化。如果看到 10 节左右的减少和 90 度左右的变化, 对飞机在低速进近情况下的影响就已经比较大了。
- (3), 航向和空速, 用来分析风的影响。

(4), 油门杆角度和 N1, 机组是否推油门对垂直加速度有非常大的影响, 平飘落地不加油门, 在出现硬着陆很少达到 2.3 以上的值。如果遇到较大的值的时候, 需要分析这两个值。因为这个时候机组可能在落地还是复飞之间犹豫。推油门会大大加大接地速度, 同时容易发生前起落架着地。

4, CRAB LANDING 情况

这种情况是机组一种侧风着陆的情况, 机头和飞机是呈一定夹角落地的, 比较容易出现单腿着地的情况, 目前的经验是对 MBD 碳刹车影响较大。这种刹车因为众所周知的原因, 驱动键弯曲可能导致跳槽, 进而产生非同轴转动, 损伤中心毂的情况。建议使用以下参数判断:

- (1), 航向, 用飞机在落地时的航向, 和最终滑跑时的航向进行比较。
- (2), 横向过载, 用于判断落地横向加速度有多少。

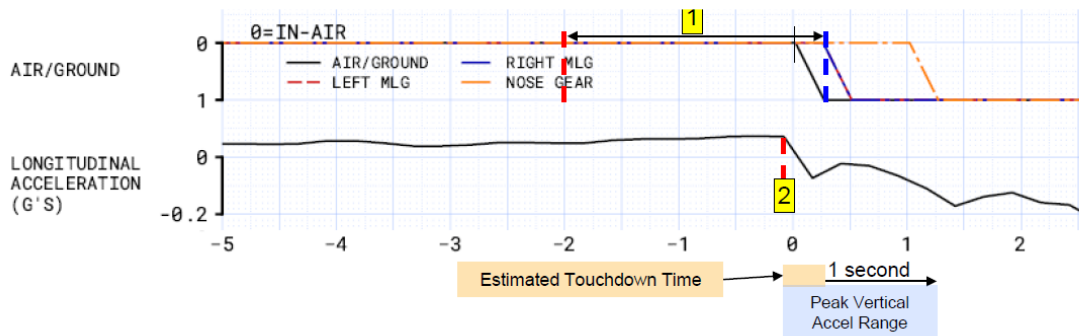
当横向过载 lateral load 大于 0.35G (为绝对值, 可以为正负), ROLL 偏转角大于 3 度, 和跑道夹角大于 8 度是比较大可能会出现碳刹车失效的情况, 需要注意重点检查。在接近这些值的时候, 也需要注意安排检查。

5, 译码看多少秒的数据

当前安监是看前后 4 秒, 范围相对较宽。

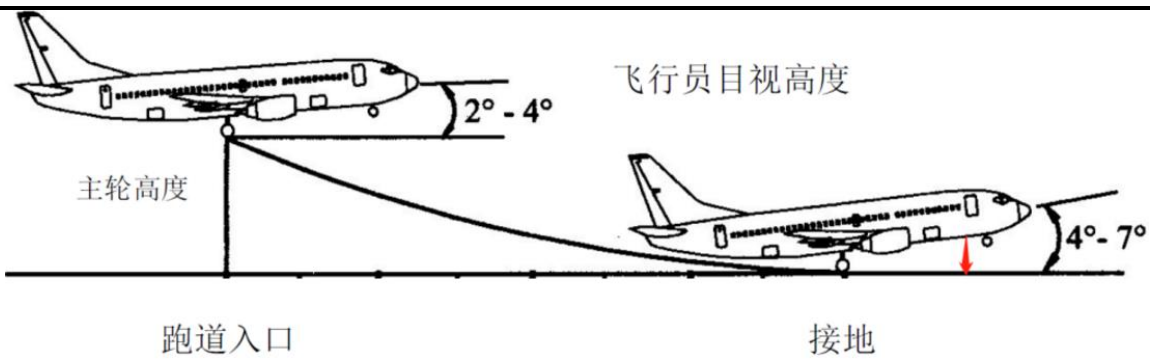
而波音建议是在触地后 1 秒, 由于触地时间不可得, 波音在一个 SR 回复中建议看减速板角度升起超过 25 度作为 TOUCH DOWN 的值。其实这个可操作性不强, 减速板的值是每秒 2 帧, 基本上有地信号后才出现。因而是 inaccurate 的。

波音还有一个看法是, 使用 longitudinal 加速度的突变作为飞机触地那一瞬间的测量值, 原因是当机轮触地时产生的减速力, 会在行进方向上产生明显的加速度变化。



从波音的分析和考虑原则, 其实是看触地瞬间的载荷情况, 由于轮胎开始转动的时间不可知。但其实真正受力开始是起落架压缩, 飞机受到地面的反作用力开始的, 而空地信号是起落架压缩后, 其实从触地到压缩的这段时间, 缓冲是在起作用的, 用地信号或向前一帧空中信号作为最大值判断是没有问题的。

从更严格的角度的去算, 可以考虑用无线电高度, 由于无线高度 0 是理论上着陆主轮触地点来校定的, 可以近似的看做轮胎触地点。



从以下正常航段的可以看出，在空地转换前 1 秒半左右是主轮触地的时间。

GEARWOWL				GEARWOWN				GEARWOWR				ALTRAD1 (feet)					
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	18	16	15	13		
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	12	11	10	9		
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	8	7	6	5		
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	5	4	4	3		
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	2	2	1	0		
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	0	0	0	-1		
AIR	GROUND	GROUND	GROUND	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-1	-2	-2	-2
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-1	-2	-2	-2
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-3	-3	-3	-3
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-3	-3	-3	-3
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-4	-4	-4	-3
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-4	-4	-4	-3

对于硬着陆的则可能存在一些异常，因为此时伴随这反跳和俯仰角的变化，无线电高度值会有所变化。但还是可以把这个 0 值作为近似的飞机触地的角度值。

GEARWOWL				GEARWOWN				GEARWOWR				PITCH (deg)				ALTRAD1 (feet)			
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	4.22	4.04	3.69	3.52	7	7	7	7
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	3.34	3.16	3.16	3.16	6	6	5	5
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	3.34	3.34	3.34	3.34	4	3	3	2
AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	3.34	3.52	3.87	3.87	1	0	0	0
GROUND	AIR	AIR	GROUND	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	AIR	AIR	AIR	3.52	3.16	2.99	2.81	0	0	-1	-1
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	2.81	2.81	2.81	2.64	-2	-2	-2	-2
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	AIR	AIR	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	2.46	2.11	1.76	1.41	-2	-2	-3	-3
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	AIR	AIR	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	1.05	0.53	0.18	0.00	-3	-3	-4	-4
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-0.18	-0.35	-0.18	-0.18	-4	-4	-4	-4
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-0.18	-0.18	-0.35	-0.35	-4	-4	-4	-3
GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	GROUND	-0.18	-0.18	-0.18	-0.35	-4	-3	-4	-4

附一，监控逻辑：

1)、超重情况

- 1, 滚转小于 1 时，垂直加速度大于 1.8（8 帧每秒）或 1.85（16 帧每秒），触发警告。
- 2, 滚转角大于 6（绝对值），触发警告
- 3, 当滚转角在 1-6 之间的时候，8 帧构型，当垂直加速度大于 $1.8-(ROLL-1)*0.08$ 时，触发告警。16 帧构型，当垂直加速度大于 $1.85-(ROLL-1)*0.084$ 时，触发告警

2)、不超重情况

- 1, 滚转小于 2 时，垂直加速度大于 2.1（8 帧每秒）或 2.2（16 帧每秒），触发警告。
- 2, 滚转角大于 6（绝对值），触发警告
- 3, 当滚转角在 2-6 之间的时候，8 帧构型，当垂直加速度大于 $2.1-(ROLL-2)*0.1375$ 时，触发告警。16 帧构型，当垂直加速度大于 $2.2-(ROLL-2)*0.15$ 时，触发告警

附二，机上读取和一些参数的含义

1、首先通过接压 CDU 上的 MENU 键，进入主菜单页面，并选择 ACMS。



2、CDU 上会出现 DFDAU 主菜单，找到 REPORTS 选项，并按压对应选择键。



3、在左侧选项中我们需要查看最后航段落地报文，所以按压 DSP LAST FLT 对应选择键。



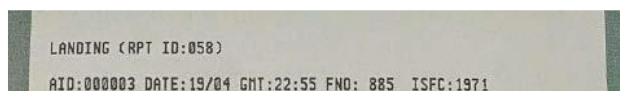
4、我们所需要的着陆报文是 AHMLAND,通过按压左侧对应键选择 AHMLAND。



5、进入 LANDINGRPTREPORT 页面后，按压 PRINTER 对应选择键进行 AHMLAND 报文打印。（注意：不是选择 PRINT，PRINT 打印的是当前页面内容）



6、打印出的报文中，我们可以看到很多数据，而我们所需要的是硬着陆相关的数值：G 值和横滚角。



FLT:2308-1 DEPT:CTO DEST:SJW MODE:LAND SID:H81-06										
ACTUAL GROSS WEIGHT AT LANDING: 59366 AIRPLANE TYPE:8SFP										
IVV	-193	VACC01	1.06							
MAX VAC RPT	1.34	MAX VAC LAND	1.26	MAX VAC -1	1.34					
MIN VAC RPT	0.81	MIN VAC LAND	0.97	MIN VAC -1	0.81					
GLIDESLOPE	-0.11	... SLATSFLAPS..							
WINDSPD	1	FULL MID TRANS	FULL TRANS							
WINDDIR	88	1 TRUE FALS FALS	1 TRUE FALS							
LAT	N38.28	2 TRUE FALS FALS	2 TRUE FALS							
LONG	E114.69	3 TRUE FALS FALS	3 TRUE FALS							
DRIFT	1.1	4 TRUE FALS FALS	4 TRUE FALS							
HDG	153	5 TRUE FALS FALS								
WINDSHEAR	NO	6 TRUE FALS FALS								
ENG L N1	30.9	7 TRUE FALS FALS								
ENG R N1	31.1	8 TRUE FALS FALS								
ELEV POS	LEFT -2.8	RIGHT -2.7								
FLAP	29.9	30.3	RUDD POS	-0.5						
AIL	1.5	117.3	STAB POS	5.5						
SEC	VAC7	VAC6	VAC5	VAC4	VAC3	VAC2	VAC1	VAC0	MAX	
05	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02	
06	1.03	1.01	1.02	1.01	1.01	1.00	1.01	1.00	1.03	
07	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00	1.00	1.01	
08	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.01	1.33	1.33	
09	1.34	1.32	1.11	0.90	0.86	0.83	0.81	0.97	1.34	
10	1.00	0.97	0.99	1.02	1.12	1.26	1.20	1.06	1.26	
11	1.00	0.99	1.01	0.99	1.03	1.03	0.99	0.98	1.03	
12	0.97	0.98	1.06	0.97	0.96	1.05	1.02	1.03	1.06	
13	0.97	1.06	1.07	1.05	0.93	0.94	0.98	1.07	1.07	
14	1.05	0.95	0.95	1.05	1.01	0.99	1.00	1.06	1.06	
15	0.99	0.98	0.99	1.06	1.04	0.96	0.94	0.99	1.06	
SEC	RALT	PITCH	ROLL	AOA	CAS	GS	WOW3	WOW2	WOW1	WOW0
05	10.5	-0.1	0.8	3.4	140	141	1000	1000	1000	1000
06	8.0	-0.2	0.4	3.4	139	140	1000	1000	1000	1000
07	5.5	-0.1	0.0	3.8	137	139	1000	1000	1000	1000
08	2.9	0.0	-0.1	3.6	136	137	1000	1000	1000	1000
09	0.4	0.2	0.1	4.3	134	136	1000	1010	1000	1000
10	-0.5	0.2	0.2	2.4	133	135	1000	1000	0011	0011
11	-1.8	0.2	0.3	1.1	130	133	0011	0011	0011	0011
12	-2.6	-0.3	0.4	0.1	127	130	0011	0011	0111	0111
13	-3.8	-0.2	0.4	-2.5	123	126	0111	0111	0111	0111
14	-3.1	-0.1	0.3	-2.0	117	121	0111	0111	0111	0111

下面给出一些参数代表的含义供参考。

IVV: 惯导来的垂直速度
VAC: 垂直加速度
MAX VAC RPT: Maximum vertical acceleration for the data collection sequence, 帧数据采集到的最大垂直加速度
MAX VAC LAND: Maximum vertical acceleration at landing, 着陆最大垂直加速度
MAX VAC -1: Maximum vertical acceleration one second before landing, 着陆前一秒最大垂直加速度
MIN VAC RPT: Minimum vertical acceleration for the data collection sequence, 帧数据采集到的最小垂直加速度
MIN VAC LAND: Minimum vertical acceleration at landing, 着陆最小垂直加速度
MIN VAC -1: Minimum vertical acceleration one second before landing, 着陆前一秒最小垂直加速度

RALT: Radio altitude, 无线电高度

PITCH: Pitch angle, 俯仰角

ROLL: Roll angle, 滚转角

AOA: Angle of attack, 攻角/迎角

CAS: Computed airspeed, 计算得到的空速

GS: Ground speed, 地速

WOW: Weight on wheels, 接地信号, 四个参数依次代表是Airborne-Nose-Left-Right, 飞机-前起-左主起-右主起。1=ground,0=air

ELEV POS: Elevator position, 升降舵位置

FLAP: Trailing edge flap position, 后缘襟翼位置

AIL: Aileron position, 副翼位置

RUDD POS: Rudder position, 方向舵位置

STAB POS: Stabilizer position, 水平安定面位置

SEC: GMT seconds, 秒

VAC: Vertical acceleration, 垂直加速度。根据采样率不同, 1秒钟采集8各数据就是VAC7-6-5-4-3-2-1-0, 1秒钟采集4个数据就是从VAC6-4-2-0 (软件版本不一样, 显示的可能也不一样)

MAX: Maximum vertical acceleration over all samples in second, 每秒采样里的最大值 (-816的DFDAU没有此参数)

WINDSPD: Wind speed, 风速

WINDIR: Wind direction true (FMC) corrected, 风向

LAT: IRU latitude direction, 纬度

LONG: IRU longitude direction, 经度

DRIFT: Drift angle, 惯导漂移

HDG: Selected heading (IRU) corrected to 360, 航向

WINDSHEAR: 是否有风切变, 1=YES, 0=NO

ENG L N1: 左发N1

ENG R N1: 右发N1

(前面的数字是前缘襟翼/缝翼号)

SLATS FULL: Slats fully extended, 缝翼全伸出, 1=true, 0=false

SLATS MID: Slats extended, 缝翼伸出, 1=true, 0=false

SLATS TRANS: Slats transitioning, 缝翼过渡中, 1=true, 0=false

FLAPS FULL: Flaps fully extended, 前缘襟翼全伸出, 1=true, 0=false

FLAPS TRANS: Flaps transitioning, 前缘襟翼过渡中, 1=true, 0=false

7、通过上面的参数说明, 我们可以在打印出的报文上找到我们所需要的数据 (左图红框内所示): **MAX VAC**: 1.34G, 以及横滚角 **ROLL** 值。通过结合硬着陆各参数门槛值, 判断是否发生

硬着陆。

LANDING (RPT ID:058)

AID:000003 DATE:19/04 GMT:22:55 FNO: 885 ISFC:1971
FLT:2308-1 DEPT:CTU DEST:SJU MODE:LAND SID:AS1-06
ACTUAL GROSS WEIGHT AT LANDING: 59366 AIRPLANE TYPE:BSFP

IVV	-193	VACC03	1.06						
MAX VAC RPT	1.34	MAX VAC LAND	1.26	MAX VAC -1	1.34				
MIN VAC RPT	0.81	MIN VAC LAND	0.97	MIN VAC -1	0.81				

GLIDESLOPE -0.11 ... SLATS ... FLAPS ...
WINDSPD 1 FULL MID TRANS FULL TRANS
WINDDIR 88 1 TRUE FALS FALS 1 TRUE FALS
LAT N38.28 2 TRUE FALS FALS 2 TRUE FALS
LONG E114.69 3 TRUE FALS FALS 3 TRUE FALS
DRIFT 1.1 4 TRUE FALS FALS 4 TRUE FALS
HDG 153 5 TRUE FALS FALS
WINDSHEAR NO 6 TRUE FALS FALS
ENG L NI 30.9 7 TRUE FALS FALS
ENG R NI 31.1 8 TRUE FALS FALS

ELEV POS	LEFT	RIGHT							
FLAP	-2.8	-2.7							
RIL	29.9	30.3	RUDD POS	-0.5					
	1.5	117.3	STAB POS	5.5					

SEC	VAC7	VAC6	VAC5	VAC4	VAC3	VAC2	VAC1	VAC0	MAX
05	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02
06	1.03	1.01	1.02	1.01	1.01	1.00	1.01	1.00	1.03
07	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00	1.00	1.01
08	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.01	1.33	1.33
09	1.34	1.32	1.11	0.90	0.86	0.83	0.81	0.97	1.34
10	1.00	0.97	0.99	1.02	1.12	1.26	1.20	1.06	1.26
11	1.00	0.99	1.01	0.99	1.03	1.03	0.99	0.98	1.03
12	0.97	0.98	1.06	0.97	0.96	1.05	1.02	1.03	1.06
13	0.97	1.06	1.07	1.05	0.93	0.94	0.98	1.07	1.07
14	1.05	0.95	0.95	1.05	1.01	0.99	1.00	1.06	1.06
15	0.88	0.88	0.88	1.06	1.04	0.96	0.94	0.99	1.06

SEC	RALT	PITCH	ROLL	ADR	CAS	GS	W043	W042	W041	W040
05	10.5	-0.1	0.2	3.4	140	141	1000	1000	1000	1000
06	8.0	-0.2	0.4	3.4	139	140	1000	1000	1000	1000
07	5.5	-0.1	0.0	3.8	137	139	1000	1000	1000	1000
08	2.9	0.0	-0.1	3.6	136	137	1000	1000	1000	1000
09	0.4	0.2	0.1	4.3	134	136	1000	1010	1000	1000
10	-0.5	0.2	0.2	2.4	133	135	1000	1000	0011	0011
11	-1.8	0.2	0.3	1.1	138	133	0011	0011	0011	0011
12	-2.6	-0.3	0.4	0.1	127	130	0011	0011	0111	0111
13	-3.8	-0.2	0.4	-2.5	123	126	0111	0111	0111	0111
14	-3.1	-0.1	0.3	-2.0	117	121	0111	0111	0111	0111