

咨询通告

标题：航空燃油中的水分¹

日期：1985 年 12 月 10 日

AC 编号：20-125

发起：AFS-340

修订次数：—

本咨询通告（AC）由美国联邦航空局（FAA）于 1985 年 12 月 10 日发布，旨在提醒航空界关注航空燃油中水分可能带来的危害，并提供在飞机燃油系统中预防、检测和清除水分的建议程序。本编译稿仅保留中文正文内容，供民航维修工程人员、燃油质量管理人员和飞行人员参考使用。

1、目的

本咨询通告（AC）旨在提醒航空界关注航空燃油中水分可能带来的危害。此外，本通告还概述了在飞机燃油系统中预防、检测和清除水分的建议程序。

2、背景

水分持续成为航空器事件和事故的诱因之一，并时常引发致命事故。航空燃油只有在不含水分的情况下送达发动机，才能真正发挥其最终用途。从炼油厂运输、机场储存、加油设备储存、向飞机加油设备分配、飞机油箱储存直至从飞机油箱输送至发动机的整个过程中，都需要细心关注以保持燃油干燥（即不含水分）。因此，所有参与燃油处理的人员若都能承担起保持燃油干燥的责任，由燃油中水分引发的事件和事故即可得到有效预防。

3、航空燃油中水分的来源

¹ 本内容由中国民用航空飞行学院工程技术训练中心胥栋、旷典翻译，高级工程师李飞校对。本文内容仅用于行业技术交流，不得用于商业目的。本文内容仅供参考。

a、水分可通过以下途径进入机场燃油系统：地下储罐的渗漏；在雨雪天气下，储罐的圆顶盖、浮顶、舱口等密封件发生渗漏；清洗设备时；海运或陆运设备向机场输送燃油时；以及燃油中溶解水的凝结与析出。

b、水分可通过以下途径进入飞机燃油系统：在雨雪天气或飞机清洗过程中，通风口、密封件或加油口盖装配不当而发生渗漏；来自加油系统设备；冷凝和析出（特别是当飞机油箱仅部分加注时）；以及在雨雪天气下进行加油作业。

4、水的形态

水在航空燃油中以两种形态存在：溶解水（**dissolved water**）和游离水（**free water**）。

a、溶解水。所有航空燃油都能溶解数量不等的水分，其溶解量取决于燃油组分和温度。燃油中的溶解水类似于空气中的湿度。

(1) 燃油温度下降时，溶解水会从溶液中析出成为游离水，类似空气中产生雾气的过程。游离水的生成速率约为每华氏度 1 ppm（1 ppm/°F）。

(2) 只要溶解水仍保持在溶液中，就不会对飞行运行构成问题。溶解水无法通过过滤去除，但可能因温度变化而变为游离水。一旦成为游离水，即可能引发运行问题。

b、游离水。超过溶解能力的多余水分即称为游离水。游离水可以以水团（**water slugs**，水体量较大）或夹带水（**entrained water**，悬浮于燃油中的细小水滴）的形式出现。

(1) 水团（Water Slugs），顾名思义，是指以单一水体或水层形式出现的较大水量。根据油箱容量不同，水团可以少至一品脱，也可以多至数加仑。

(2) 夹带水（Entrained Water）以微小水滴的形式悬浮于燃油中。单个水滴肉眼可能可见，也可能不可见，但取决于其大小和数量，会使燃油呈现雾状或浑浊外观。

(3) 当水团与燃油受到剧烈搅动（例如通过泵输送）时，会形成夹带水。夹带水最终会沉降析出，沉降时间取决于水滴大小、燃油比重与黏度以及油箱内的流动状态。因此，涡轮燃油中常可见水雾，而航空汽油中则很少见水雾。夹带水也可能因饱和溶解水的燃油温度下降而形成。此外，夹带水滴还会相互聚结形成大水滴或游离水团。

(4) 航空发动机能够容忍少量呈细小、均匀分散状态的游离水（一般认为 30 ppm 为可接受上限）。将进入系统的水分降至最低的最佳途径是对设备进行检查和维护，并确保入库储存及加注飞机的燃油清洁、干燥。

5、水分检测

水分可通过多种方式进行检测。位于地下储罐底部的游离水，可使用涂在量油尺或量油尺测锤底端的测水膏进行检测（应至少等待 30 秒让测水膏反应，其他污染物可能会延缓其反应速度）。当量油尺或量油尺测锤下放至储罐底部时，膏体遇水会变色。颜色变化的最高点即为罐内水分的深度。

a、对于地上储罐及设备，可将样品抽取至容器中直接观察游离水。有时加入少量液态食用染料有助于在样品中勾勒出游离水轮廓。染料可与水混合并着色，但不溶于燃油。

b、少量夹带水可通过使用清洁、干燥的透明玻璃瓶进行检测。若燃油干燥度符合要求，应呈现明亮且带有荧光的观感，不应出现浑浊或雾状。该检测方法称为“清洁与明亮”（**clean and bright**）测试：燃油清澈即“清洁”，燃油明亮即“干燥”。容器应足够大，以提供不少于 10 盎司的检测样品。

c、白桶测试法（**White Bucket Test**）可用于检查喷气燃油中的水分。准备一个无缺损、洁净的白色陶瓷、搪瓷或不锈钢桶（容量约 10 夸脱）。从待测油池放出约 4 至 5 英寸高的燃油至桶中。用洁净的搅拌桨将燃油搅成漩涡状“龙卷风”形锥体，然后移开搅拌桨。搅动停止后，污染物与水分将汇集于桶底漩涡中心。滴入数滴家用红色食用染料，染料将与底部水分混合。如无水分存在，染料将沉积于桶底。

d、另有一种遇水可变色的水敏感纸（**Water Sensitive Papers**）可供使用。

e、市面上亦有专用于检测喷气燃油中游离水或夹带水的专用检测仪。当客户或当地主管部门要求进行化学检测时，推荐使用 **Hydro** 和 **Aqua-G10 II** 检测套件。**Hydro** 套件的化学粉末对水分的灵敏度可达 30 ppm；**Aqua-G10 II** 套件可检测低至 1 ppm 的水分含量。

6、保持燃油干燥的责任

保持燃油干燥应被视为飞机制造商、飞机维修人员、自炼油厂至飞机之间所有燃油处理人员以及驾驶飞机的飞行员的共同责任。燃油中水分带来的最大单一危险源于人为失误——即任由被水分污染的燃油进入飞机燃油系统，或在飞机的燃油系统未妥善进行水分检查之前即放行飞机运行。人为失误的可能性虽无法完全消除，但

可以通过精心设计与维护机场加油设施及燃油设备，并辅以规范的运行程序、检查、检验、培训以及对燃油处理人员和飞行人员的复训来加以降低。

a、制造商。制造商在飞机维修手册中提供与飞机燃油系统相关的详细信息。此外，制造商还以服务信函、通告、公告等形式提供维修资料。这些资料是依据使用经验形成的，旨在通过某些改装改善飞机燃油系统性能，或通过特定的维修与修理延长产品的使用寿命。同时，应查阅美国联邦航空局（FAA）颁发的相关适航指令（Airworthiness Directives），以确定是否需要进行特定的维修或修理。上述信息应由维修人员、燃油服务组织（特别是飞机的飞行员）进行查阅，以确保完成所有预防或清除燃油中水分所需的预防措施与检查工作。

b、维修人员。在对飞机燃油系统进行维修时，维修人员应查阅制造商的维修手册、维修资料以及与飞机燃油系统相关的适航指令，以获取最新的要求与信息。

(1) 应特别关注水分检查，并对油箱油池放油口、燃油系统管路放油口、油气分离器（gascolator）、滤网及过滤器等处进行彻底的水分清除——这些部位均设有排放塞/盖用于检查并排放飞机系统中的水分。检查时应拆下排放塞/盖，完成检查后应正确装回。如适航指令、制造商建议或可在频繁检查点尚未安装快速排放阀，相关情况应通报给所有人/运营人，以便采取纠正措施。

(2) 对于装有软油囊（bladder type fuel cells）的飞机，应检查各油囊及其安装的总体状况与牢固性，确保油囊未发生老化或与安装件松脱。上述状况会在油囊上形成褶皱、

凹坑或凹陷，使水分积聚且难以排放，最终可能在飞行中进入发动机。

(3) 应检查油箱加油口及相关附件的牢固性、总体状况和密封性。应检查油箱盖的总体状况以及安装后的牢固性与密封性。应检查油箱加油口的排水槽（scupper drains）是否畅通，防止水分在油箱内积聚或进入燃油系统。

c、燃油处理人员。燃油处理人员应制定程序，确保向储存系统交付的燃油清洁、干燥。应持续进行每日、每周、每月以及其他定期时点的检查，确保在向飞机交付前，固定储存、分配单元及系统中的燃油不含水分。燃油分配人员应接受燃油处理方面的复训，确保仅分配清洁、干燥的燃油。

d、飞行人员。飞机的所有人/运营人应熟悉飞机燃油系统。该熟悉程度应包括对飞机燃油系统中预防、检测和清除水分的各项特定要求的了解。

(1) 机长（pilot-in-command）对确认飞机得到妥善加油负有最终责任。飞行前检查的一项重要内容是排放飞机油箱油池、储油箱、油气分离器、过滤器及其他燃油系统放油口，以确保燃油供应中无水分。对美国国家运输安全委员会（NTSB）所发布的事故简报进行审查显示：1980年1月7日至1981年9月11日期间发生的114起与水分污染燃油有关的事故中，85起事故的可能原因为“机长——飞行前准备和/或计划不充分”。鉴于水分污染是燃油品质事故的主要原因之一，飞行员应将这一检查纳入每一次飞行前检查的固定项目。

(2) 在加油作业过程中，机长应在场检查从分配设备抽取的燃油样品，然后再向飞机加注。

7、水分的清除与预防

喷气燃油中的水分最佳清除方式是将燃油通过经批准的过滤/分离设备进行处理。此外，建议采取两小时沉降时间并采用浮子吸油方式从储罐顶部抽油，以防止水分进入燃油系统。水分很容易从航空汽油中沉降分离，因此清除水分不需要使用过滤/分离器，但过滤/分离器对于清除固体杂质仍是必要的。将进入燃油系统的水分降至最低的最佳途径在于设备的检查与妥善维护，以及地面和飞行人员的培训。

a、固定设施（Fixed Facilities）。建议所有负责使用固定设施的人员深入了解该设施每台设备的结构、功能、操作和维护。减少固定储存设施水分的一项主要措施，就是只接收干燥燃油。

(1) 所有储罐底部以及过滤/分离器油池均应检查是否存在水分。每次接收燃油前后、遭遇强降雨或强降雪后、每日以及按燃油经销商指示的更频繁检查周期内，均应检查并清除积聚的水分。

(2) 当过滤元件上下游压差降至制造商规定的最低值、未显示压差或达到规定的定期更换时间时，必须更换过滤元件。

(3) 只有对固定设施设备进行妥善的维护和检查，才能确保向加油设备、加油栓及/或加油井系统提供干燥燃油。

(4) 必须采取一切可能的预防措施，防止水分污染油罐和管路。日常操作程序应能及时揭示设备故障或其他表明需要维护的状况。

(i) 对于主要的运行项目，应按每日、每周、每月及按需检查的最低频次进行检查与维护。

(ii) 应建立完整、准确的燃油处理系统运行日志，以满足每一具体运行的需要。日志中不仅应记录每日、每周、每月及按需检查的情况，还应包含与燃油接收、库存及交付相关的所有信息。

(5) 从桶装或罐装容器进行加油应被视为不满意的操作，并应在条件允许时尽量避免。所有此类容器都应被视为可疑容器，其内容物应进行仔细检查、识别，并检测是否含有水分及其他污染物。

(i) 如确需使用此类储存容器，桶或罐应尽可能避免阳光直射和恶劣天气的影响。所有桶均应离开地面侧放，桶口（bungs）应位于液面以下，并保持可见、可触及状态。此外，桶或罐内的燃油应按交付日期顺序使用——即“先进先出”（oldest stock first）。

(ii) 只能使用完好、内部洁净的桶。长期桶装的燃油是否可用存疑，除非已经进行质量检测。空桶的桶口塞应始终拧紧，因为一旦桶被清空，敞开的桶口会让危险蒸气逸出。

(iii) 采用桶装加油时，建议使用配有 5 微米过滤器的便携式抽油设备（最佳做法），或使用当地可获取的最佳过滤设备；如条件极为有限，可使用鹿皮过滤器（chamois skin filter）和过滤漏斗作为最后的应急手段。

(iv) 请注意：从桶或罐加油被视为不满意的操作，必须采取额外的预防措施以消除水分及其他污染物带来的危害。

b、加油车（Refueling Trucks）。加油车设有罐底放油口，便于操作人员检查是否存在水分。航空汽油加油车配备可在额定流量下过滤约 5 微米颗粒的过滤器，过滤器设有底部放油口。涡轮（喷气）燃油加油车配备可清除游离水的过滤/分离器，该过滤器设有手动底部放油口。虽然过滤器未配备自动排水功能，但配备自动切断装置，可在燃油中清除的水分过多时自动停止燃油流动。

(1) 所有罐体和过滤器底部放油口均应检查是否存在水分。每次重新装载后、设备清洗后、遭遇强降雨或强降雪后，以及每日（或按燃油经销商指示的更频繁检查周期）均应清除积聚的水分。

(2) 加油车过滤器及过滤/分离器的检查与维护与上文 7(a)(2) 对固定设施的要求类似。此外，保持加油车内始终充满燃油也有助于减少冷凝水的积聚。

c、飞机燃油箱（Aircraft Fuel Tanks）。飞机燃油箱设有油池（sumps）用于截留水分。由于实际上不可能通过燃油管路将油箱中的水分全部排出，应定期排放油池以清除系统中的全部水分。对某些机型，在排放油池时可能需要轻轻摇动机翼，以确保水分被彻底排出。

(1) 对于某些后三点式起落架（tailwheel type）飞机，可能需要将机尾抬升至水平飞行姿态，以便使油箱内的水分流向油气分离器或主燃油滤网，从而被排放。

(2) 对于装有交叉供油（crossfeed）系统的飞机，应使用该系统，使燃油流过整个系统并随后排放，以确保交叉供油管路中无水分。如交叉供油系统中积聚的水分未被排出，水分将沿供油管路流向发动机，并可能导致发动机功率下降或停车。

(3) 对于在两侧机翼分别装有燃油箱的飞机，将油箱选择阀置于“双侧开”（Both On）位可能不足以充分排放系统中的水分，因为燃油会沿阻力最小的路径流动。此时，应将油箱选择阀依次置于每一侧油箱，分别检查油池是否有水分，并在每次切换油箱选择后排放全部水分。

(4) 飞行前检查时，应从每个油池及主燃油滤网或油气分离器中排放不少于 10 盎司的航空汽油样品至透明容器中。目视检查燃油样品中是否有水分，并执行“清洁与明亮”测试。务必记住：明亮即为干燥。对于喷气燃油，应采用白桶或钢桶测试法检查水分。应持续排放被污染的油池，直至确认系统中已无水分。油池和油气分离器上使用快排放阀更易于保持油箱内无大量水分积聚。

(5) 飞行后，应将油箱加满以有效防止冷凝水污染。但该程序仅在少数机型上具有实际可行性，因为机型、预计航程时长、乘客数量以及重量与平衡限制都会决定加注的燃油量。

(6) 在日常维修中，除飞行前和飞行后程序外，还应对飞机进行某些预防性或常规维护，包括检查和清洁燃油箱出口指形滤网、化油器滤网（滤芯），以及冲洗化油器浮子室。

8、已报告的问题领域及相关信息

a、飞机油箱盖（Aircraft Fuel Tank Caps）。

(1) 对 FAA 使用困难报告数据库（service difficulty data bank）的常规监测显示，飞机上安装的带通气型油箱盖（vented fuel tank caps）持续发生故障。

(2) 报告的故障原因包括变形、裂纹和通气口堵塞。共有 20 起失效报告为油箱盖变形、破损和渗漏。飞机曾出现加油盖周围燃油虹吸以及油箱盖通气口故障等问题。

(3) 对 FAA 事故/事件数据系统中的数据进行审查发现，部分紧急着陆事件将燃油储存系统列为相关原因因素。在其中许多紧急着陆事件中，带通气油箱盖被列为原因之一。通气口的设计导致水分进入燃油箱。飞机制造商已设计新型带通气油箱盖用于改装，以纠正该问题。关于新型带通气油箱盖的信息可在飞机制造商的服务通告（Service Bulletins）中查询。

b、油箱排放口（Fuel Tank Drains）。许多飞机除机翼油箱外还配备燃油储存箱（独立油箱）。在这些飞机上，当燃油系统中发现水分或其他污染物时，应同时检查燃油储存箱及机翼油箱。燃油储存箱的位置及正确的排放程序请参阅相应所有人手册。还可参阅制造商的维修资料以安装燃油箱快排放套件（quick drain kits）。此类套件现已可用于 1946 年至 1974 年间生产的飞机。

9、水污染处置

正常情况下，发现被水分污染的燃油后，按本咨询通告中规定的水分清除程序处理即可。如污染持续存在或对水污染存有任何疑问，建议由具备资质的人员对飞机燃油系统进行检查。

10、总结

无论航空汽油还是喷气燃油，防止燃油中水分问题的最佳保障是建立一条负责任的燃油处理链。本咨询通告中所述信息与程序，以及良好的检查与内务管理实践和持续的警觉性，将显著降低因燃油中水分污染而导致飞行事故的可能性。

—— 文档结束 ——