

⑦27-30

MD-90 飞机真空废水系统设计

周传记

1. 概述

MD-90-30 客机的废水处理采用真空排放系统, 见图 1。

真空废水处理系统是利用压力差将所有厕所的废水排放到废水箱。飞机正常飞行时, 其压力差由座舱增压产生; 在低空或停在地面时, 其压力差由机上的真空风机提供。飞行结束时, 通过服务面板上的排放阀, 将废水排出机外。

整个系统使所处理的废水部分或区域处于负压, 而旅客生活的盥洗间及座舱处在正压, 从而为旅客制造了一个清洁卫生的空中生活环境。

2. 系统组件和功能

(1) 马桶组件 (见图 2.1), 由冲洗控制装置 (FCU)、冲洗阀 (FV)、冲水阀 (RV)、马桶盒和喷嘴组件组成。

①马桶盒及支撑件, 主要用作承受人体重量。

②冲洗控制装置 (FLUSH CONTROL UNIT), 与废水控制装置相连, 它以每秒 2~3 次的速度, 把厕所状态传给废水控制装置。冲洗控制装置有三个电气连接件, 分别与冲洗阀、冲水阀及电源相接。另外, 当废水控制装置不能工作时, 它可控制冲洗。

③冲洗控制阀 (FLUSH CONTROL

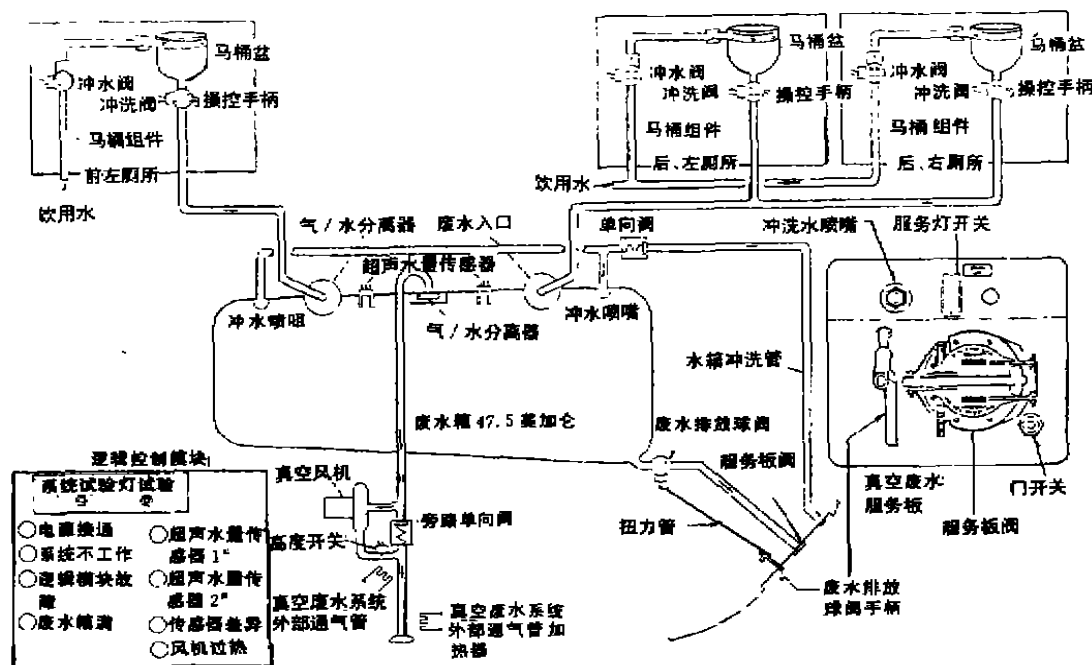


图 1 真空废水系统示意图

MD-90 客机

真空废水系统

废水处理

真空排放

V2711

27

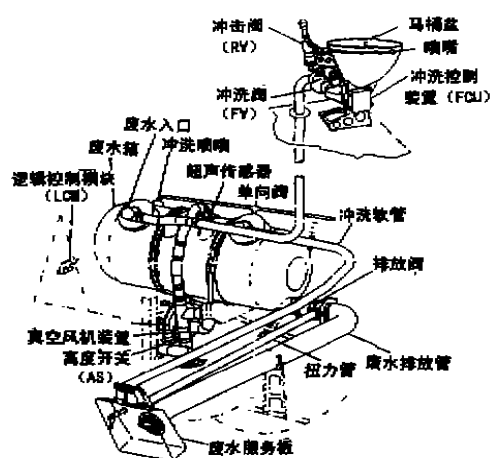


图 2.1 马桶组件

VALVE)，是一种旋转式盘形阀，由电启动器控制。当收到废水控制装置信号时，启动器就打开或关闭冲洗阀。每只冲洗控制阀都设有一个手动超控断开手柄，当电启动器不能工作时，可用手工关闭冲洗阀。（见图 2.2）

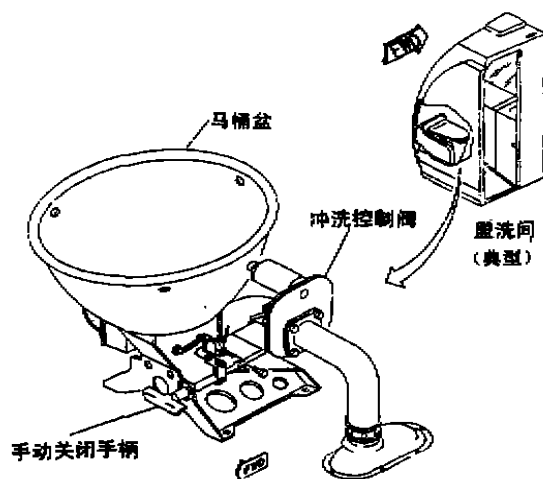


图 2.2 冲洗控制阀

④冲水阀 (RINSE VALVE)，与供水系统和废水控制装置连接，受冲洗控制装置控制。当接到冲洗命令时，它以 $2.67 \times 10^5 \text{ Pa}$ 压力冲水 0.7 秒，并释放约 $17 \sim 22.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

清水。

(2) 真空废水状态板 (VACUUM WASTE STATUS PANEL)，装在客舱服务员座位处，便于乘务员观察。它用来显示系统故障情况。故障情况由灯指示，点亮表示系统未工作。状态板为服务员供有自检试验措施，服务员只要按下按钮，观察指示灯的亮灭，就可正确判断系统工作是否正常。

(3) 逻辑控制模块 (LOGIC CONTROL MODULE)，是中央处理器；并监视整个系统，包括超声波水量传感器，高度开关架；它也能控制真空风机的工作。假如系统出现问题，逻辑控制模块当即传送信号至真空废水状态板，通知服务员。

(4) 超声波水量传感器 (ULTRASONIC LEVEL SENSOR)，它的功能是监视废水箱的水量，并给逻辑控制模块发送信号。如废水箱满量，传感器就把信号传给逻辑控制模块，并在真空废水状态板上显示出来。

(5) 高度开关 (ALTITUDE SWITCH)，是一种感受压力的膜盒电门，用以监视座舱与外界之间的压力差。高度开关与逻辑控制模块、真空风机连接。

(6) 真空风机装置 (VACUUM BLOWER UNIT)，是一种高速，两极，带离心推进器的旋转式抽真空装置，自身配置马达。在真空废水系统中，唯一使用三相交流电流 (115 伏，交流 400 周)。风机每次工作不超过 15 秒，并设有过热保护装置。

(7) 气/水分离器 (AIR/WATER SEPARATION)，安装在废水箱顶部，有两个水入口和一个气体出口。水入口用废水管从马桶连接到废水箱；空气出口则把废水箱和系统排气管路连接起来。带除雾网的接头，将去除从排气过程收集的水份。

(8) 风机旁路单向阀 (BY-PASS CHECK VALVE)，为防止外界气流进入系统，在风机旁路管路上安装了一个活瓣型常开式单向

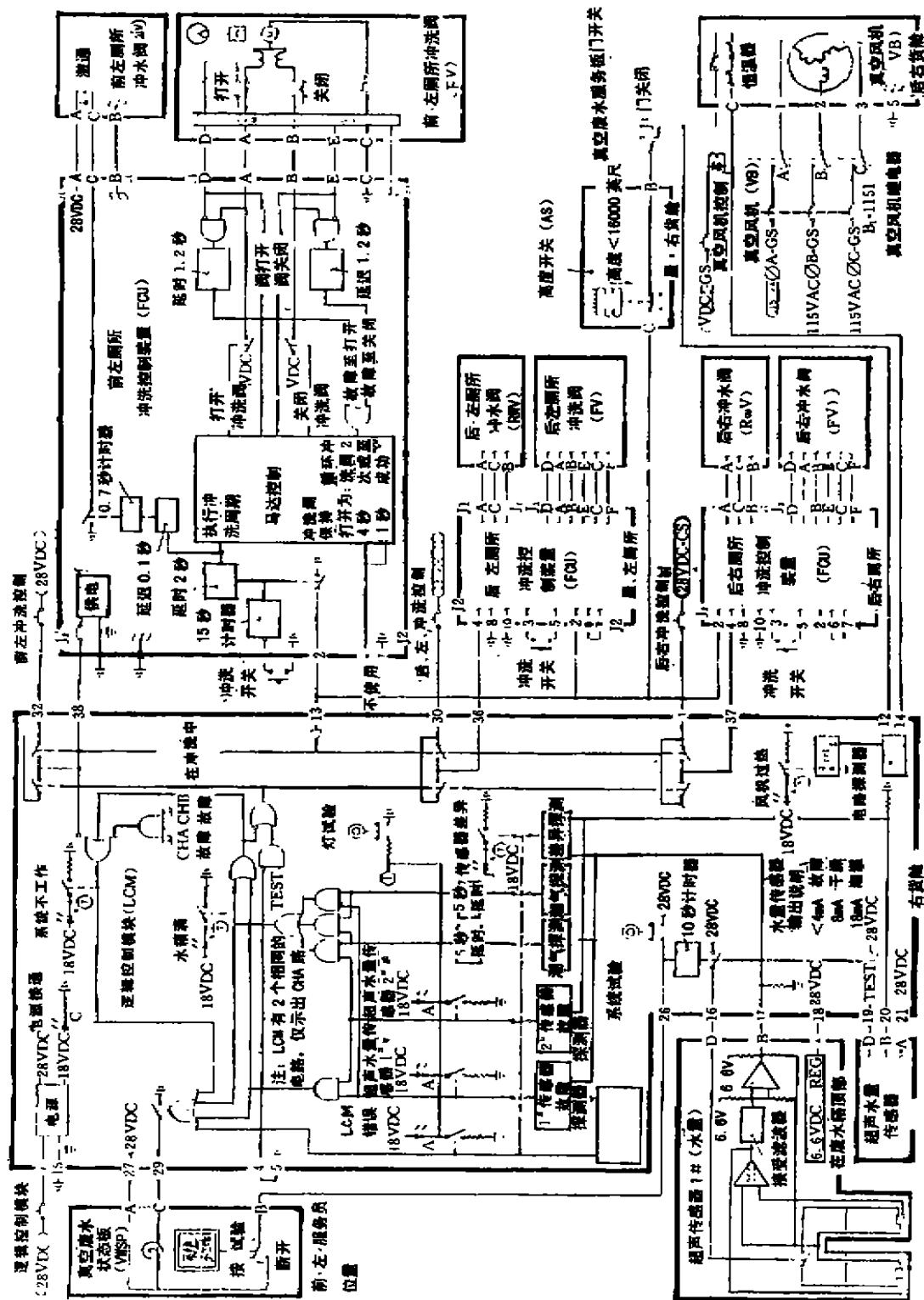


图 3 真空废水系统电控原理图

阀。当飞机飞行时,它可确保客舱气体通过该阀,从系统流向机外。

(9) 废水箱(WASTE TANK),重 31kg,容量为 0.216m^3 。废水箱由防腐不锈钢作内胆,外包环氧树脂防护层。箱体连接有排放管阀,冲洗管路和喷嘴,传感器和气/水分离器等附件。废水箱设有一可打开的端部,以提供清洗和维修所必需的入口。

3. 系统工作

(1) 工作周期,见图 3。当按下马桶冲洗开关,冲洗信号就传到冲洗控制装置和逻辑控制模块,同时控制模块将冲洗信号输入冲洗控制装置,以执行冲洗,并打开冲洗阀和冲水阀。冲水阀打开 0.7 秒,释放 $17\sim 22.7 \times 10^{-5}\text{m}^3$ 清水清洗马桶。冲洗阀打开 4 秒,以便让废水靠压差流经马桶,落入废水箱。冲洗完成后,其信号便自行消除。

若冲洗阀因阻塞不能关闭,冲洗控制装置会自动再次冲洗并清洗马桶;如阻塞仍未消除,冲洗控制装置便自动使系统停止工作,真空废水状态板便显示故障。

(2) 系统工作(参见图 3)。飞机在 4877m 以上飞行时,废水系统处在负压,座舱增压有足够的压差将废水排入废水箱。当飞机在 4877m 以下飞行,或停在地面,可启动真空风机以产生压差,使废水箱处于负压。高度开关随时感受座舱与外界的压力,并随时将信号传输给逻辑控制模块,逻辑控制模块当即可处理所监控的各类信号,并遥控真空风机的工作。假如系统发生故障,模块即时将信息传送给真空废水状态板。

废水排入废水箱前,经过气/水分离器,以滤去排气管路中的水份。

废水箱满量时,超声波水量传感器将满量信号传给逻辑控制模块,以便使厕所自行停止使用。废水箱底部的排放管上装有排放球阀,停机时,通过飞机服务面板上的推拉杆,用手工操作排放。服务板上设有清洗接

头,它与废水箱顶部两冲洗喷嘴相连接,以便在地面对水箱进行清洗。地面冲洗压力为 $(2.1\sim 3.5) \times 10^5\text{Pa}$ 。

4. 设计分析

(1) 真空废水系统是具有当代技术的先进设计。它将整个废水处理系统集成在一个模块中进行控制,操作和显示,快速、直观、且自动化程度高。其可维护性和可操作性在目前各种废水处理系统中是最好的。

(2) 真空废水系统的压差原理得以实现,仅仅是利用了飞机现成的高空增压系统。这是继压力供水系统利用飞机发动机增压系统引气一样,又一成功范例。其构思新颖,高效,具有明显的时代特征。

(3) 传统的自循环废水处理系统,需要配置化粪池,池内预留一定量的化学药水,靠水泵、过滤器进行卫生处理后,作循环冲洗。与之相比,真空废水系统则设计简练、噪声小,为飞机节省了宝贵的重量和空间,且大大改善了用厕的卫生环境。

(4) 真空废水系统有效地解决了飞机水系统的冰冻问题。从系统示意图可知,凡处于非气密区的排放管路和排水口均设有缠绕式或衬填式加热器,以防结冰。停机时废水的排放和冲洗在压力下进行,确保管路不残留余水。飞行时,废水箱排气管路中的气/水分离器将剩余的水份分离出来,以堵绝可能的结冰。为此,飞机的结冰故障基本消除。

(5) 为提高真空废水系统的使用可靠性,设置了一套真空风机增压装置,供低空飞行或停机时备用。实际上,飞机在 4877m 以下,不是起、降状态,就是紧急状态,厕所使用率都较低;停机时使用率则更低。另外,马桶盒未设斗盖,人的排泄物直接与排放管阀接触,长时间频繁使用,容易因阻塞或线路故障,排放阀需手动超控手柄加以关闭。这些问题,也为进一步改进和完善真空废水系统,提供了新的研究课题。