

第一部分 数据统计和综合分析

航空器是民航的主要生产工具，是保证航空安全的物质基础。因此，航空器维修是关系到民用航空安全和效益的重要因素之一。航空器维修正处在日趋复杂和急剧变化的环境中，使差错出现的概率增加。航空器维修中人的差错已成为航空事故发生的原因之一。

根据统计资料，世界上民用航空与维修有关的事故呈上升趋势，其所占的比例 1959 年为 3.4%，到 1996 年上升至 6%，增加了近 1 倍；我国运输飞行事故中维修所占的比例 1949—1998 年为 7.9%，1989—1998 年为 16.7%。

上述资料表明：如果我们不能从这些事故中吸取经验教训，采取有效对策，与维修相关的安全问题将会持续发生。

国际民航组织经过调查认为，在航空器维修方面主要存在以下三方面问题：

(1) 航空营运人为了降低成本，提高飞机利用率，要求减少维修停场时间和保证航班正点，因此维修人员要承受巨大的时间压力。

(2) 飞机老龄化，维修工作量增加。同时，老龄飞机会发生一些很难发现的故障和缺陷，维修人员需要投入更多的精力和时间。

(3) 航空器维修系统中老龄飞机维修工作仍在继续，而许多

航空公司又引进了新型的飞机，这就进一步提高了对航空器维修的要求。这些飞机应用的新技术主要体现在复合材料结构、玻璃驾驶舱、高度自动化的系统、机内诊断和测试设备等，要求维修人员具有更丰富的知识、更良好的知识结构和更熟练的技术。

现代民用航空器被设计成在缺陷被检测和修理的情况下，能不限时间地安全飞行，因此，安全变成了检测和修理问题，而不是航空器结构故障问题。在某种意义上，我们已将安全系统的研究重点从航空器的物理缺陷转变为“以人为本”的复杂系统中的差错。

通过对本书中事件的分析可以看出，在我国民用航空维修系统中确实存在一些影响安全的潜在问题，值得认真研究解决。

这些事件按照航空器维修差错类型、发生次数和所占百分比排序见表 1-1。

表 1-1 民用航空器维修差错情况表（1990—2001）

维修差错类型	件 数	百分比（%）
损坏飞机/发动机/附件	111	33
安装不当	90	27
检查/测试/故障隔离欠妥	48	14
放行前或工作后遗漏	26	8
外来物影响安全和使用	18	5
修理不当	13	4
勤务缺陷	12	4
人员伤亡	11	3
其他类型	6	2

经初步分析认为，导致航空器维修差错的主要原因和所占的

百分比见表 1-2 (每个事件可能由多个原因造成)

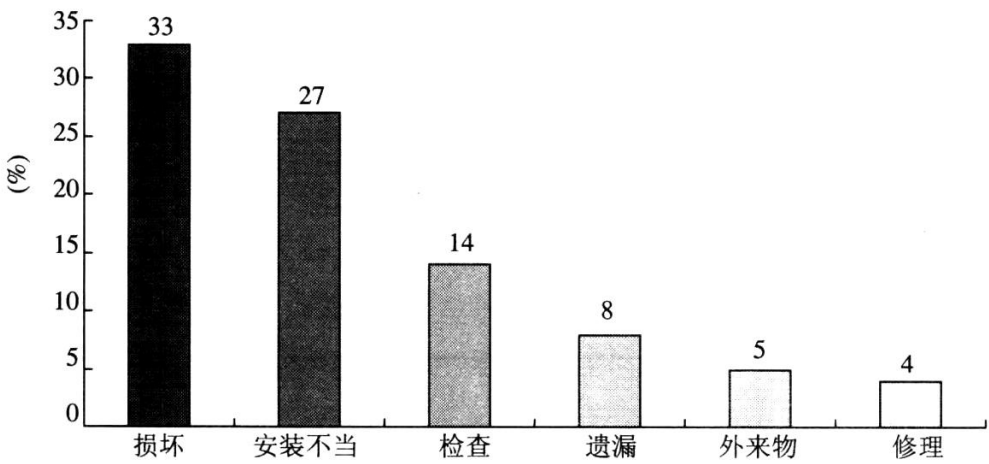


图 1.1 航空器维修人的差错主要类型及百分比 (1990—2001)

表 1-2 民用航空器维修差错的主要原因情况表 (1990—2001)

维修差错原因	件 数	百分比 (%)
违规	152	45
知识和技能	135	40
计划和监管	89	27
维修文件	61	18
设备和工具	37	11
环境和设施	26	8
信息沟通	21	6
个人因素	17	5
工作任务	15	4
器材管理	14	4
飞机设计	5	1
组织机构	3	1

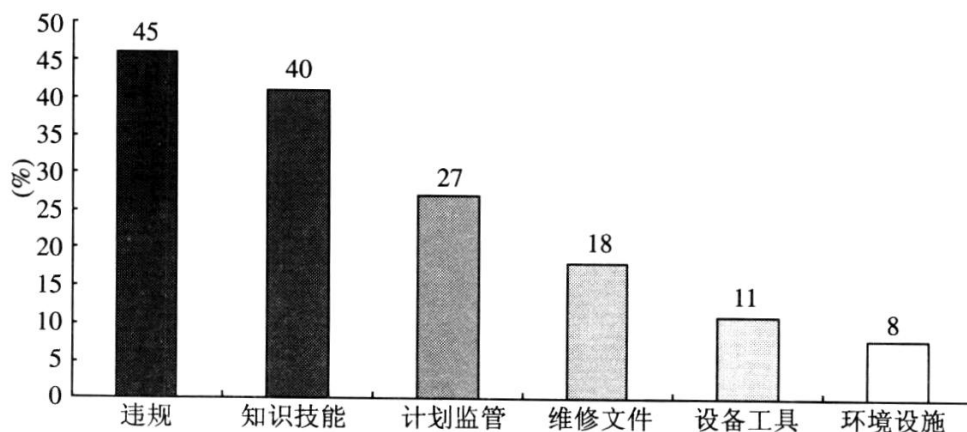


图 1.2 航空器维修中人的差错的主要原因及百分比（1990—2001）

经过对上述统计数据分析可以看出，要确保航空器维修质量，提高安全管理水平，有以下四个问题值得关注。

1. 营造良好的企业安全文化氛围

违规与被动犯错不同，它是指从业人员主动犯错的行为。这种忽视安全规章、标准、程序的违规行为通常会导致严重后果，甚至致命事故。根据对中国民航 50 年来所发生的 131 起飞行事故分析，其中有 94 起是由于违规造成的，占全部飞行事故的 72%。这 94 起中飞行机组原因 71 起，占 75.5%；维修原因 11 起，占 11.7%。

在本书收集的航空器维修差错中，有 45% 与违反规章、标准、程序、维修管理手册、维修手册、工作单（卡）等相关。这表明，航空器维修系统在教育从业人员遵守规章、爱岗敬业、培养优良维护作风、严格要求和加强监管力度等方面存在缺陷。

违规与组织有关。虽然违规多数发生在操作者身上，根源却在组织。企业文化是所有成员共享的信念和价值，它决定人的行

为和对世界的认识。通过对组织设定的规范执行情况，可以反映出一个组织对违规的容忍程度，这是因为违规是在每个人共享同一价值观和团队提倡某种行为和态度的情况下发生的。管理人员对违规采取宽容态度，促成了不良安全文化氛围的形成。而扼制违规、加强企业文化建设的关键在于管理者。实践证明：在执行规章制度方面，哪个单位领导者敢于严格管理，并且以身作则，哪个单位违规问题就少。反之，违规现象就会不断发生。

在纠正违规方面建议考虑的问题：

(1) 加强教育，增强法制观念。加强安全教育，使维修人员树立正确的安全观念，摆正安全与生产、安全与效率的关系。认真落实“安全第一，预防为主”的方针，将遵守规章程序和严格按照相关标准、手册进行航空器维修工作落到实处，使之形成风气，变成每个员工的自觉行动。

(2) 领导干部要以身作则，身体力行。过去，我们在解决违规问题时，重点是处理当事人。实践证明：这种方法只能治标，不能治本。按照人的因素的理论和方法，解决违规问题必须从组织入手，营造良好的企业安全文化氛围，关键在于领导干部以身作则，身体力行，并且，敢于严格要求，大胆管理。

(3) 必须充分地认识到，营造良好的企业安全文化氛围不是一朝一夕的事。在航空器维修系统培养优良作风，营造良好的企业安全文化氛围是完全可以实现的，但是，必须充分地认识到，它不是一朝一夕即可实现的，需要大家共同努力，经过长期地培植和磨炼才能形成。

2. 维修人员素质问题

在航空器维修系统所发生的人的差错中，40%与人员素质有关。主要表现在：维修人员对于新机型、新技术不熟悉，工艺知

识不足，对设备、附件的结构不够清楚，对手册、技术文件的理解有偏差，不能及时发现飞机上已经存在危及安全的故障，对系统发生的复杂故障缺乏正确判断和迅速处理能力。这就造成了人与硬件和软件的不匹配，诱发维修差错。

飞行事故最能反映维修系统存在的缺陷。例如：1994年6月6日，在维修一架 Tu-154 飞机时，增稳系统两个信号插头互相插错，又未能履行检验职能，致使插错插头的问题未能被发现，从而诱发了机毁人亡的特别重大飞行事故。时隔不足五年，另一架 Tu-154 飞机因俯仰操纵系统机械问题，导致飞机失控坠地。连续发生因飞机机械故障造成大型运输飞机事故，充分暴露了航空器维修管理和人员素质方面的缺陷。

在提高航空器维修人员素质方面，需要重点研究解决以下两方面问题：

(1) 应对社会上人才竞争的挑战。航空器维修技术性很强，培养一名成熟的管理人员和维修人员所需周期一般为 8 年 ~ 10 年。要使航空器维修具备持续发展的动力和能力，其核心在于人力资源。而我们面临的形势是：一方面，随着我国民用航空保持较高速度发展，机队不断扩大，所需维修人员数量增加；另一方面，新技术飞机的使用，对维修人员提出了更高要求。目前，称职的管理人员和熟练的技术人员不足，其现状与客观需要的矛盾突出。在此情况下，迫切地任务是稳定队伍，加速培养人才。然而，由于对航空器维修地位和作用认识不足，缺乏激励机制，培训较差，致使一些素质较高的维修人员向条件优越的行业流动。如何应对社会上人才竞争的挑战，保持航空器维修队伍的稳定，这是民用航空系统所必须面对的深层次问题。

(2) 建立良好的培训系统。从航空器维修系统所发生的差错事故中可以清楚地看出，只经过简单的机型改装学习或完全依靠

在实际维修工作中摸索是远远不够的。随着新技术、新材料、新工艺在航空器上使用，维修人员需要更新知识、系统的理论学习和操作技能方面训练。实践证明，抓好人员的培训能有效地减少人为差错。做好培训工作，需要组织增加投入，建立培训系统，精心制定计划，选择教员，建立人员培训记录，以适应当前和将来航空器维修发展的需要。

3. 维修文件

根据统计，与维修文件相关的维修差错占 18%。主要反映在维修文件编译错误、不完善、不易操作、不适用等，造成人与软件不匹配，导致差错发生。

维修文件是航空器维修人员实施维修工作的基本依据和准则，维修文件是否科学、规范，直接关系到维修工作的质量和效率。为此，维修系统应高度重视并扎实地做好这方面的工作。

4. 环境和设施

维修差错有 8% 是由于环境和设施因素诱发的，突出地反映在工作场所照明不良和恶劣天气条件下露天作业两个方面。这是人与环境不匹配诱发的维修差错。

通过增加维修方面的投入，改善维修人员工作条件，可以减少此类维修差错的发生。

第二部分 安装不当

数据统计

因维修人员安装不当导致的维修差错共 90 件，占整个维修差错的 27% 仅次于损坏飞机 / 发动机 / 附件列第二位。其中发生差错较多的是安装方向不对 / 位置不妥、安装未完成和未装所需设备 / 零件。具体数据统计见表 2-1、图 2.1。

表 2-1 安装不当差错统计表

差错类型	件 数	百分比 (%)
方向不对/位置不妥	27	30
安装未完成	19	21
未装所需设备/零件	15	17
接近盖板未关或未关好	8	9
装了错误的设备/零件	7	8
损毁	7	8
未恢复系统设备	4	4
其他	2	2
安装了多余零部件	1	1

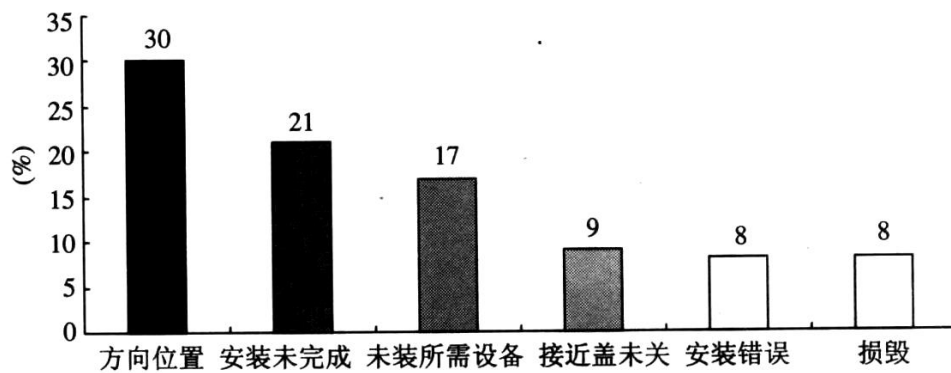


图 2.1 安装不当中人的差错主要类型及百分比

导致安装不当的原因统计，见表 2-2、图 2.2。

表 2-2 导致安装不当的主要原因

维修差错原因	件 数	百分比 (%)
知识和技能	45	50
违规	34	38
计划和监管	26	29
维修文件	17	19
工作任务	9	10
信息沟通	8	9
环境和设施	7	8
个人因素	6	7
器材管理	6	7
飞机设计	4	4
设备和工具	2	2
组织机构	2	2

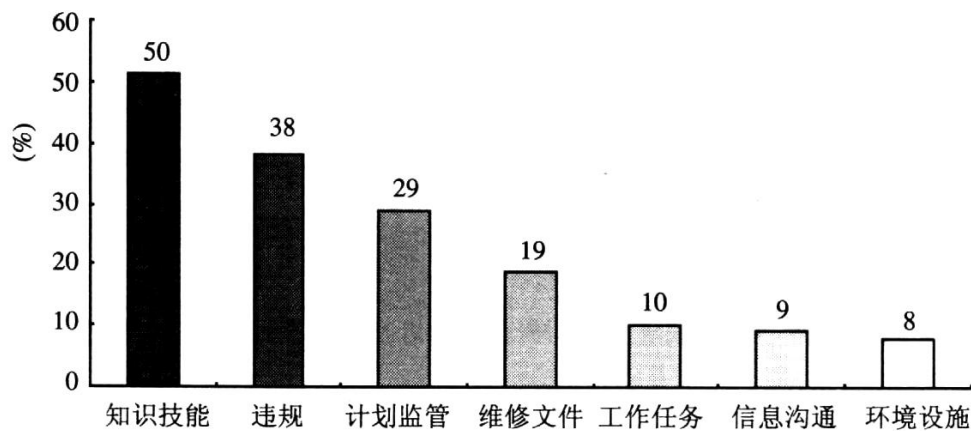


图 2.2 导致安装不当的主要原因及百分比

综合分析

安装是航空器维修中发生维修差错多、对安全威胁大的环节。在我国，安装不当占维修差错总数的 27%，仅次于损坏飞机 / 发动机 / 附件，列第二位。从世界范围来看亦是如此。根据 1992 年英国民航局的统计结果，维修差错中安装不当发生的次数排在第一位。

放行的航空器带有因维修引起的故障缺陷，这是值得特别关注的问题。而安装不当就属于此类问题，其特点不但表现在发生的次数多，而且对安全威胁大。1979 年，美利坚航空公司的一架 DC-10 在芝加哥发生事故。由于吊架和发动机被整体而不是分别安装，导致吊架结构损伤。飞机在起飞后，安装在机翼上的一台发动机与吊架脱离，随后液压系统损坏，引起左翼外侧前缘缝翼收上，从而使飞机失去了控制。

在我国，维修人员在更换 Tu-154 飞机 ПКА-31 安装架时，

将倾斜与航向阻尼器插头插反，引发了飞行事故，飞机空中解体。因此，维修系统要特别关注安装这一环节。

因此，需要着重注意解决以下几个问题：

1. 维修人员素质

根据案例集统计，在安装不当的事件中，有 50% 与维修人员的知识和技能不足有关。随着科学技术进步和航空事业发展，航空公司新技术飞机增加，而维修人员对这些飞机的系统、设备、附件的工作原理、构造不熟悉，缺乏工艺知识，这种维修人员综合素质与维修工作不适应的状况成为诱发维修差错的重要因素。因此，加强培训提高维修人员素质是值得各级组织认真研究解决的问题。

2. 严格按照手册和工作单（卡）进行维修

有 38% 的安装不当事件是由于维修人员违规造成的。单凭记忆、经验和个人习惯进行工作是不可靠的。各级组织要教育员工科学、规范地实施维修工作，养成严格按照手册和工作单（卡）进行维修的良好作风。

3. 加强计划和监督

安装不当事件中有 29% 是因计划和监督缺陷造成的。主要反映在缺乏分工和提示，分配任务欠妥，工作人员临时调配，中断了工作的连续性，缺少检验和互检。管理人员在维修工作的组织、计划和监督方面需要进一步加强。

4. 信息沟通

在安装不当的事件中，有 9% 是由于维修人员之间沟通不够

造成的。突出地反映在交接班方面，缺乏必要的管理程序或未按规定执行。

具体案例

一、未装所需设备 / 零件

1. 未装左前轮轴承挡油环

事件描述

1998年3月24日，某机械员航后检查一架 Metro-23 飞机，发现左前轮的内外挡油环均未安装，致使轴承的滚棒露在外面，轴承内的润滑脂都被挤了出来。

事件调查

此轮于3月3日在轮胎车间进行装配，于3月14日该机更换左前轮时装上。由于轮胎装配任务多、工作量大，推测装配人员在轮胎装配过程中漏装了内外挡油环，而机械员在更换轮胎时也未能发现。

纠正措施

- (1) 改进机械员的复训计划，提高机械员的技能。
- (2) 增加轮胎订货，减轻轮胎装配人员的时间压力。

2. 未安装液压堵头

事件描述

2000年8月5日，一架正在进行2C检工作的 MD90-30 飞机做出厂试车。试车时发现发动机下方有液压油渗出，立即关车。打开发动机蒙皮检查，发动机各液压管路和附件均无渗漏。当空

调和增压系统工作时，客舱出现了烟雾和液压油烧焦的气味。6日对该机左发压气机进行检查，发现左发压气机内渗入液压油，使含有液压油成分的发动机引气进入空调系统。飞机停场修理。

事件调查

2000年7月21日，该机按维修计划停场执行2C检工作。22日，由于另一架飞机左发反推上蒙皮内部损坏，急需从该机左发上串件。值班组长带领工作小组于7月23日完成了该机左发上蒙皮的拆卸工作。在安装堵头时，发现领出的堵头型号不对，无法安装。后因忙其他工作将此事忘记。24日，当该机按照C检工作进度进行操纵系统功能试验时，工作人员按有关规定先对驾驶舱进行了检查，未发现任何警告标识。在确认各操作面周围无人和障碍物后，启动了电动液压泵对液压系统增压。随后发现液压压力指示异常，立即关闭电动泵。经检查发现，左发上反推蒙皮液压管未安装堵头，液压油从此管口喷出。

由于当时没能从工具间找到合适的堵头，为确保C检进度不受影响，工艺员决定采用拉出驾驶舱灭火手柄切断液压供油管路的方法，继续打泵来观察是否漏油，以便在不漏油的情况下继续进行操纵系统试验。但实际上，拉出驾驶舱灭火手柄并不能切断反推系统供油及回油路。由于采取的方法不当，喷油再次发生。工作人员以为第7和第10级放气活门是在关位（实际上是在常开位），没有意识到液压油会进入发动机本体，因此仅对活门外部进行了清洁。直到8月5日发动机试车时，才发现液压油已经进入发动机本体。

纠正措施

- (1) 严格执行飞机缺件挂警示牌制度。
- (2) 对于在维修工作中遗留的问题要做好记录，以避免由于工作忙或时间长而遗忘。

3. 供油管接头少装一封圈固定环

事件描述

1999年5月13日14:00,一架B747-400飞机执行航班任务,落地后发现3号发动机燃油粗余油管漏油70滴/分,20分钟后漏油30滴/分。虽已找到漏油的地方,但因当地设备问题无法排除,于次日上午三发调机回基地。

事件调查

13日上午在基地曾发现该机吊架余油管漏油,但未发现漏油源,飞机放行,并要求第二天进港改航后检修。14日上午,基地试车检查,发现3号吊架内燃油供油管下游的一个接头漏油,拆下接头发现少装了一个封圈上固定环,封圈下固定环变形,且接头外的5-95封严胶损坏。

据查,该机于1998年11月至1999年1月对该发做过吊架改装,曾拆装过吊架内燃油供油管接头。可能在安装此吊架内燃油管接头时漏装了封圈上固定环,因而压坏了下固定环。由于接头外涂有5-95封严胶,所以打泵和试车时都没有发现漏油。但时间久了,接头的封严胶被渗出的燃油泡坏,就发生了吊架余油管漏油的事件。

纠正措施

- (1) 严格执行放飞程序,避免飞机在外站抛锚。
- (2) 在安装飞机附件时要遵守工卡要求,防止漏装、错装。

4. 漏装保持环

事件描述

1999年11月11日9:30,内场附件维修部报告:前一天,发现从一架B777-200飞机上拆下送修的右前轮上多装了一个保持

环。航线维修部门判断该机新换上的右前轮有可能漏装保持环。于是决定立即拆下检查，发现果然少装了外侧保持环。由于该机更换轮子后仅在地面拖行一次，因此未造成损伤。再次更换前轮后飞机出港，航班延误 35min。

事件调查

11 月 10 日，该机右前轮因磨平需要更换。由于负责此项工作的机械员业务不熟练，漏装了保持环。幸亏车间分解时发现并及时报告，弥补了漏洞。

纠正措施

教育机械员提高责任心，加强业务学习，避免类似问题发生。

5. 漏装低滑油压力警告电门和传感器底座四个封圈

事件描述

1997 年 6 月 17 日，一架 B757-200 飞机进行发动机试车，试车人员发现右发漏滑油。

事件调查

由于工作人员在组装该机右发 06 单元体时，未按工作单卡逐步完成工作，漏装了低滑油压力警告电门底座及传感器底座的 4 个封圈，造成该机试车时漏滑油。

纠正措施

教育维修人员严格遵守工作单卡制度。

6. 未装主滑油滤外封圈

事件描述

1996 年 3 月 21 日，一架 Tu-154 飞机执行航班任务，落地后维修人员检查发现 1 发有漏油痕迹。拆检 1 发主滑油滤，发现主

滑油滤外封圈未装，航班因此取消。

事件调查

经调查，该机于 13 日按 Tu-154 的 JG94003 技术通告换上 1 发，新发启用后要连续 10 个航后拆检主滑油滤和金属屑信号器油滤。20 日，该机进行第 4 个航后主滑油滤和金属屑信号器油滤的拆检。机械员甲先拆下主滑油滤交乙检查，正准备装上新主滑油滤时，乙说他来装。甲继续拆下金属屑信号器油滤交丙检查。乙只帮助安装了主油滤保险卡，未注意新油滤是否装有封圈。之后，乙、丙均把检查好的主滑油滤和金属屑信号器油滤递给甲安装。甲一手拿主滑油滤，一手拿金属屑信号器油滤，主观认为乙帮忙装的油滤已装好，因此没有进一步查看就将其装上了发动机。试车后，甲用电筒检查主滑油滤和金属屑信号器油滤正常，就结束了工作。

造成漏装主滑油滤密封圈的主要原因是工作人员违反了《维修管理手册》规定：航线维护工作要认真贯彻二级复查制度，并以工作人员自检为主 车间干部、工段长、班组长及其他持有合格证件的人员检查为辅，工作人员按工作单要求项目进行检查。

纠正措施

- (1) 增加对工作人员自身工作范围、职责方面的规定。
- (2) 规范维修过程中断后的管理程序。

7. 未装应急灯

事件描述

1994 年 9 月 2 日，一架 B737-300 飞机在过站维护时，维修人员检查发现 P24 后登机门处应急灯未装（见图 2.3）。

事件调查

车间工作人员工作交接不清，造成工作漏项。

纠正措施

严格执行工作交接班制度。

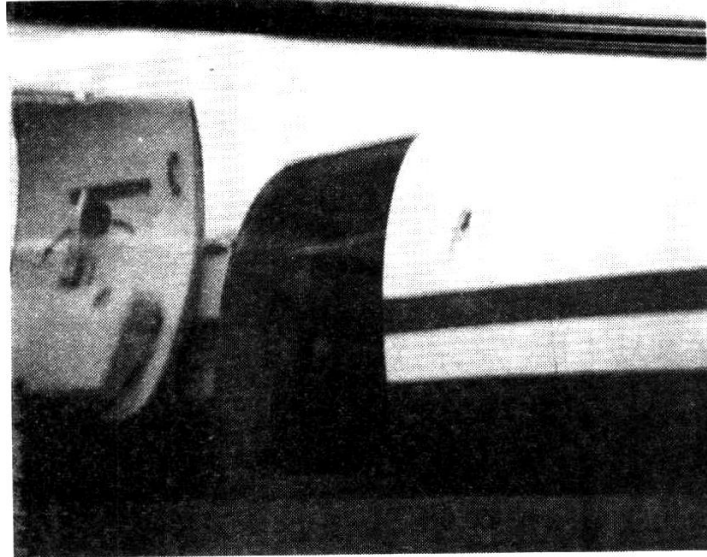


图 2.3 未装后登机门处应急灯

8. PCU 内部连杆无衬套直接过孔连接

事件描述

1996 年 8 月 26 日，工作人员检查发现三架 B737 飞机的 PCU 内部连杆均在无衬套的情况下直接过孔连接。

事件调查

B737 飞机执行 SB737-27A1194 服务通告。由于波音公司提供的螺杆直径过大，与原飞机上衬套口径不匹配，因此无法从衬套中穿过。而执行该通告的专业工程师未透彻理解服务通告的内容，为完成工作就要求取下衬套直接装上螺杆，并按此错误方法改装了三架飞机。这三架飞机分别飞行了 6 天、12 天、16 天，直到 26 日被查出后才予以纠正，重新正确安装了螺杆和衬套。

纠正措施