



M2.2.4 维修中人的因素

修订批准页:

版次	修订时间	编写/改版	修订说明	审核/日期	审批/日期
R0	2020.06.15	杜泽旭	新编课件	谈海军 /2020.08.03	张玉 /2020.08.06
R1	2021.01.29	杜泽旭	修订课件	谈海军 /2021.02.19	张玉 /2021.02.23
R2	2021.07.22	杜泽旭	修订课件	谈海军 /2021.08.02	张玉 /2021.08.02
R3	2022.05.06	单展	修订课件	谈海军 /2022.05.19	张玉 /2022.05.19

目的与要求:

目的	通过本次课程的学习，熟悉维修中人的因素的作用，避免在维修工作中发生人为因素差错。
要求	<ol style="list-style-type: none">1. 熟悉人为因素概念、学科性质、SHEL模型及之间的关系。2. 了解APS理念，工作中如何应用APS理论。

课程安排:

序号	内容	课时	试题数量
1	人的因素概述	2H	2
2	维修差错分析理论	3H	3
3	应用APS理论预防维修差错	4H	4
4	典型案例分析	3H	3

目录

- 1 人的因素概述
- 2 维修差错分析理论
- 3 应用APS理论预防维修差错
- 4 典型案例分析





1. 人的因素概述

1. 人的因素概述

1) 概述



➤ 人为因素引入目的:

- 从某种程度上讲,飞行安全与人的可靠性关系更大。
- 安全和效率是航空界最为关注的两个目标,二者缺一不可,这也是人为因素研究的两个方向,在民航系统引入并深入应用人为因素显得尤为重要,优化航空人员的工作表现,是实现安全和提高效率的可靠保证。

1. 人的因素概述

1) 概述



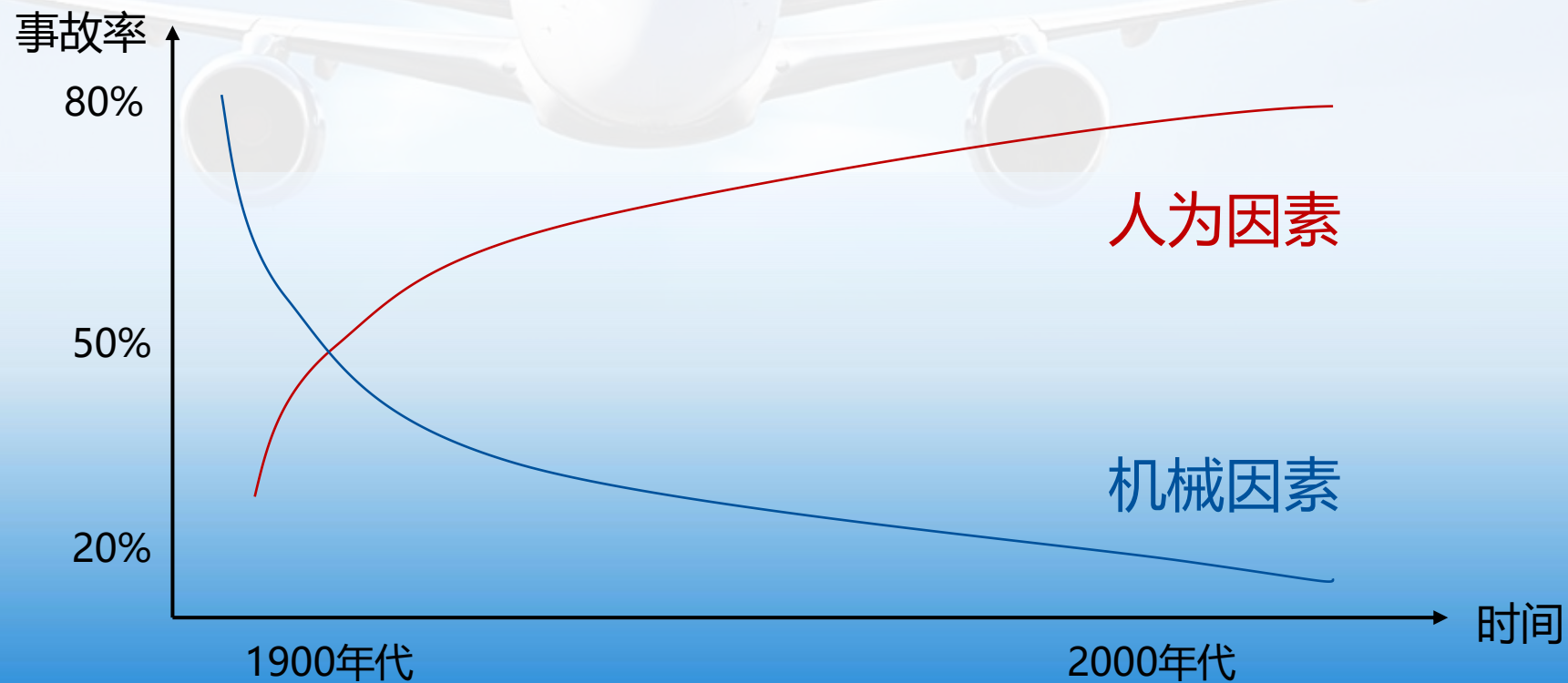
➤ 人为因素概述：

- ❑ 人为因素是一门应用科学，**以人作为研究中心**，应用人为因素有利于优化人的行为表现并减少人为差错。
- ❑ **人和与人、广义环境相关的各种因素**及其相互影响是人为因素研究的主要内容。
- ❑ **飞机机械原因**造成的事故**已大大减少**，而**与人为因素相关的事故**在不断地增加。
- ❑ 航空界对航空安全极为关注，**如果没有安全**，就没有航空业的生存，更何谈航空业的发展。

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性

➤ 事故原因分析:



1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



(1)
人为因素的定义
(2)
人为因素的
学科性质

➤ 通俗定义：

- 与人有关的任何因素。
- 是以人为因素为基本点，通过对事故、设备和环境进行分析，深入研究其与人的生理、心理及行为之间的相互关系，从而找出预防事故、避免人为差错的办法。

➤ ICAO定义：

- 人为因素是有关人的科学；
- 工作和生活环境中的人，人与设备、程序及周围环境之间关系，人与其他人关系；
- 人为因素涉及航空系统中人的所有特征；
- 它经常利用系统工程学框架，通过系统地应用人的科学，以寻求人的最佳表现。其两个相互关联的目标是安全和效率。

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



➤ 人为因素是一门涉及心理学、生理学、人体测量学、工程学、医学、社会学和统计学等多学科的边缘科学，并具有很强的实践性。

(1)
人为因素的定义
(2)
人为因素的
学科性质



心理学



生理学



人体测量学



工程学



医学



社会学



统计学

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



➤ **心理学:**

□ **心理学**是研究心理规律的科学。

(1)
人为因素的定义
(2)
人为因素的
学科性质

关注的特定领域

- 感官特征
- 信息处理
- 动机
- 情绪
- 思维方法
- 心理运动技能
- 人为差错

应用的领域

- 包括控制器和显示器的设计
- 功能分配
- 人员训练系统的要求和方法
- 人员选拔的要求和方法
- 情绪和环境压力对人表现的影响

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



➤ **生理学:**

□ **生理学**是研究生物体功能的科学。

**(1)
人为因素的定义**
**(2)
人为因素的
学科性质**

关注的特定领域

- 细胞结构和化学
- 器官组织机构和功能
- 身体各部分之间的相互作用
- 身体系统的功能和要求

应用的领域

- 环境系统
- 饮食和营养
- 环境因素的影响
- 要求的确定

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



➤ **人体测量学:**

□ **人体测量学**通过整体和局部测量研究人体类型、特征、变异和发展规律。

**(1)
人为因素的定义**
**(2)
人为因素的
学科性质**

关注的特定领域

- 解剖学
- 生物力学
- 运动技能学

应用的领域

- 地面支持设备
- 维修口盖的尺寸
- 工作站布局

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



➤ 工程学：

□ 工程学是将自然科学应用到工业和农业生产部门而形成的各学科的总称。

(1)
人为因素的定义
(2)
人为因素的
学科性质

关注的特定领域

结构、液压
机械、电气
电子和空气动力设计
系统分析、模拟
原材料、光学

应用的领域

显示器和控制器的设计
控制系统的设计
复杂系统的设计
光学系统的设计
模拟机设计

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



➤ **医学:**

□ **医学**是研究人类生命过程以及同疾病作斗争的科学体系。

**(1)
人为因素的定义**
**(2)
人为因素的
学科性质**

关注的特定领域

- 力量、射线、化学、疾病
- 对人的影响
- 保持健康的方法

应用的领域

- 毒理学
- 化学
- 如何保持健康

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



(1)
人为因素的定义
(2)
人为因素的
学科性质

➤ 社会学：

- **社会学**是从社会整体出发，通过社会关系和社会行为来研究社会的结构、功能、发生、发展规律的社会科学。
- 社会学关注的**特定领域**主要是**班组和团队的组成**。

➤ 统计学：

- **统计学**是研究搜集、整理和分析大量事物变化和关系的科学。
- 从事人为因素的研究，必须正确分析、研究或归纳调查数据，运用统计学的原理和方法进行数据分析，有助于得出科学客观的结论。

1. 人的因素概述

2) 研究人为因素的必要性



- 人为因素**主要目的是**解决现实世界中的实际问题，而不是以学术为中心。
- 民航研究和应用人为因素的主要目的是：

保障安全

提高效率

1. 人的因素概述

3) 人为因素的SHEL模型



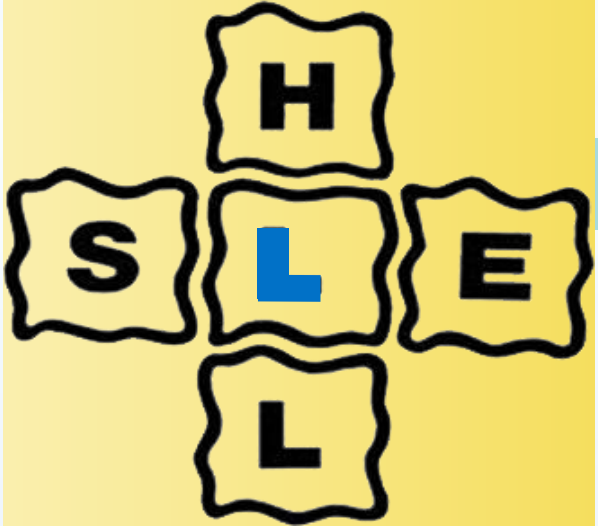
(1) SHEL模型的概念:

Hardware — 硬件

工具、测试设备、飞机结构、驾驶舱设计、操纵系统和仪表的配置和使用特性

Software — 软件

手册程序 (维修手册、检查单、IT 系统)



Environment — 环境

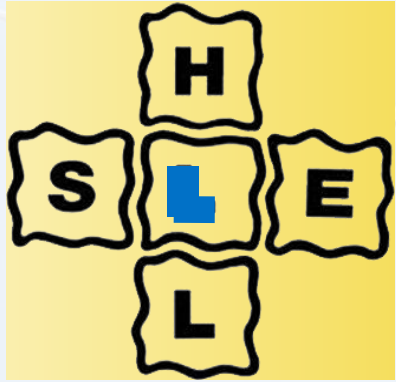
自然环境和社会环境
机库条件、航线条件、工作方式、管理机构

Lifeware — 生命件/人

维修人员、主管、计划员、经理

1. 人的因素概述

3) 人为因素的SHEL模型

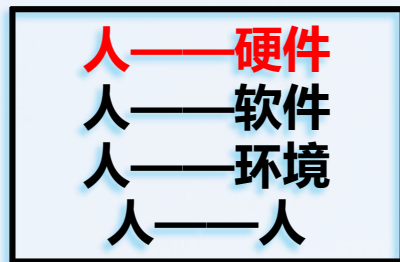
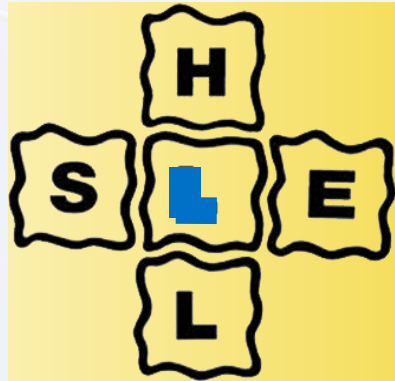


(1) SHEL模型的概念:

- 方块界面**有一处不匹配就意味一个危险源。**
- **人是中心**，被认为最重要的，同时**其适应能力**也是最重要的组成部分。
- 这个方块边缘是锯齿状的，如要避免系统的内应力，甚至是分裂，系统的其他部分**必须小心与之匹配。**
- 因此，有必要了解这个 SHEL 模式的 **“中心”的特点**，诸如人体尺寸、外形和人体需求，输入特点，信息处理，输出特点和环境忍耐性等等。

1. 人的因素概述

3) 人为因素的SHEL模型



(2) SHEL界面与人不匹配案例:



时间: 1993/4/6



机型: MD-11



经过: 北京→洛杉矶 阿拉斯加上空巡航 襟翼缝翼手柄无意移出
飞机猛烈俯仰振荡 备降
旅客亡2重伤53轻伤96 机组重伤7

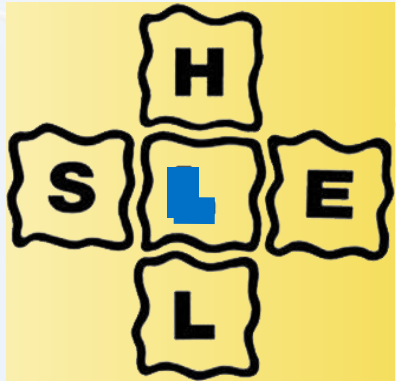


原因: 襟翼缝翼手柄设计不当
飞行员缺乏训练 (高空失稳状态改出、失速警告反映)
操作修正过急

1. 人的因素概述

3) 人为因素的SHEL模型

(2) SHEL界面与人不匹配案例:



时间: 1999



机型: MD-11



经过: 虹桥机场起飞, 升空后3分钟坠落
机组亡3人 地面亡5重伤4轻伤36

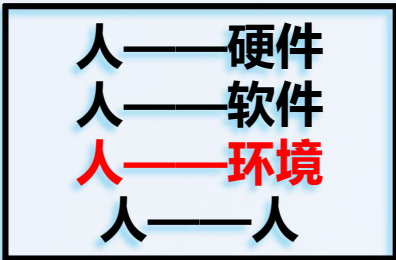
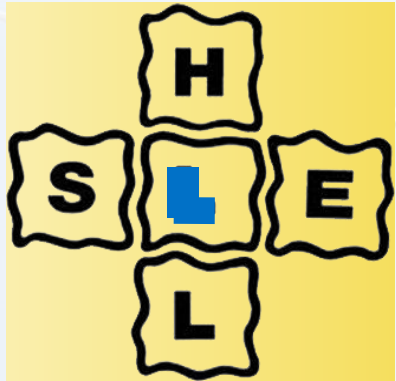


原因: 副驾混淆离港高度单位 将米误认为英尺
机长按错误高度指令采取错误飞行操纵

1. 人的因素概述

3) 人为因素的SHEL模型

(2) SHEL界面与人不匹配案例:



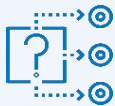
时间: 1983/12



机型: 螺旋桨飞机



经过: 飞机在英国
约3000ft
机上所有人



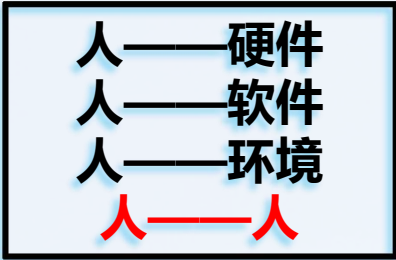
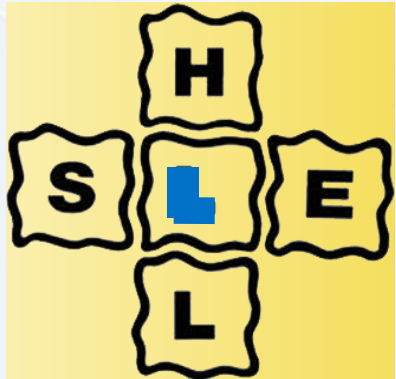
原因: 黑暗的海上向光亮的区域进近会使人产生错觉



1. 人的因素概述

3) 人为因素的SHEL模型

(2) SHEL界面与人不匹配案例:



机型：螺旋桨飞机



经过：飞机着陆时起火爆炸

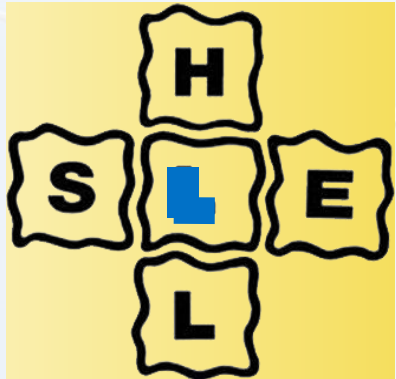


原因：飞行教员违反局方和公司推荐，着陆时使用反桨减速但无人提出异议

1. 人的因素概述

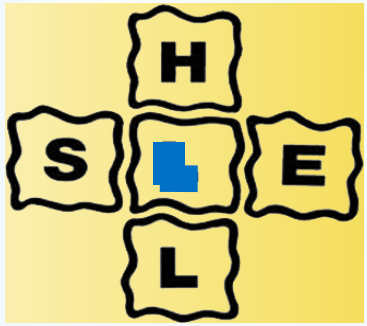
3) 人为因素的SHEL模型

(2) SHEL界面与人不匹配案例:



- 人——硬件
- 人——软件
- 人——环境
- 人——人

人—软件:
曲解程序
编写得不实用的手册
设计不合理的检查单
未经测试或难于使用的计算机软件



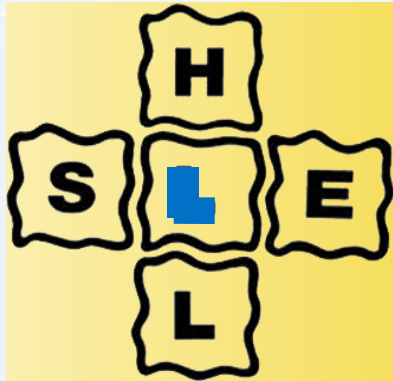
人—人 : 和其他人的关系
人力短缺
缺少监督
缺少来自管理人员的支持

人—硬件:
没有足够的工具
不适当的设备
飞机维修性设计很差

人—环境:
不舒适的工作场地
不适当的机库空间
过高的温度
过大的噪音
照明差

1. 人的因素概述

3) 人为因素的SHEL模型



(2) SHEL界面与人不匹配案例:

➤ 人为因素的影响:

❑ 人都是有局限性的:

- 现代航空器虽有自检和诊断功能;
- 但维修任务仍由人完成。

❑ SHEL要与中心人相匹配:

- 设计成适合于发挥中心人的能力;
- 注意人的局限性。

➤ 避免维修差错:

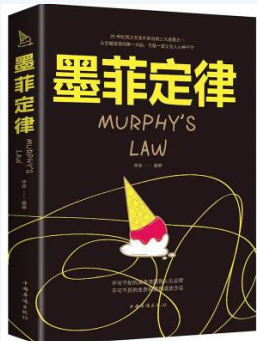
- ❑ 提供有效培训;
- ❑ 优化工作程序;
- ❑ 完善设施设备;
- ❑ 采用重复检查;

小结：

- 引入并深入应用人为因素是**实现安全和提高效率**的可靠保证。
- 国际民航组织对人为因素定义。
- 人为因素是一门涉及**多学科的边缘科学**，并具有很强的实践性。
- 人为因素主要目的是**解决现实世界中的实际问题，而不是以学术为中心**。
- SHELL模型的概念，各界面之间的关系。

1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



➤ 表现为:

□ 如果飞机的部件有可能以错误的方式安装, 那么**一定会有人以错误的方式安装。**

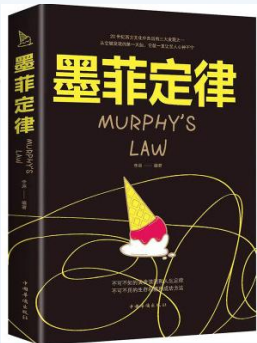
➤ 客观规律:

- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

承认极限 承认没有绝对的安全	承认极限与 强调人的主观能动性不矛盾
人为差错是客观事物一部分	但也不是客观世界的全部
人类有自身缺陷	想得更周到、全面一些 采取多种保险措施

1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



➤ 改进:

- 增强忧患有识，重视事前预防，勇于开拓创新。
- 不断从系统上改进安全管理工作，改善安全保障条件。
- 显性和隐性的安全风险就会得以消除和控制。

- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

1. 人的因素概述

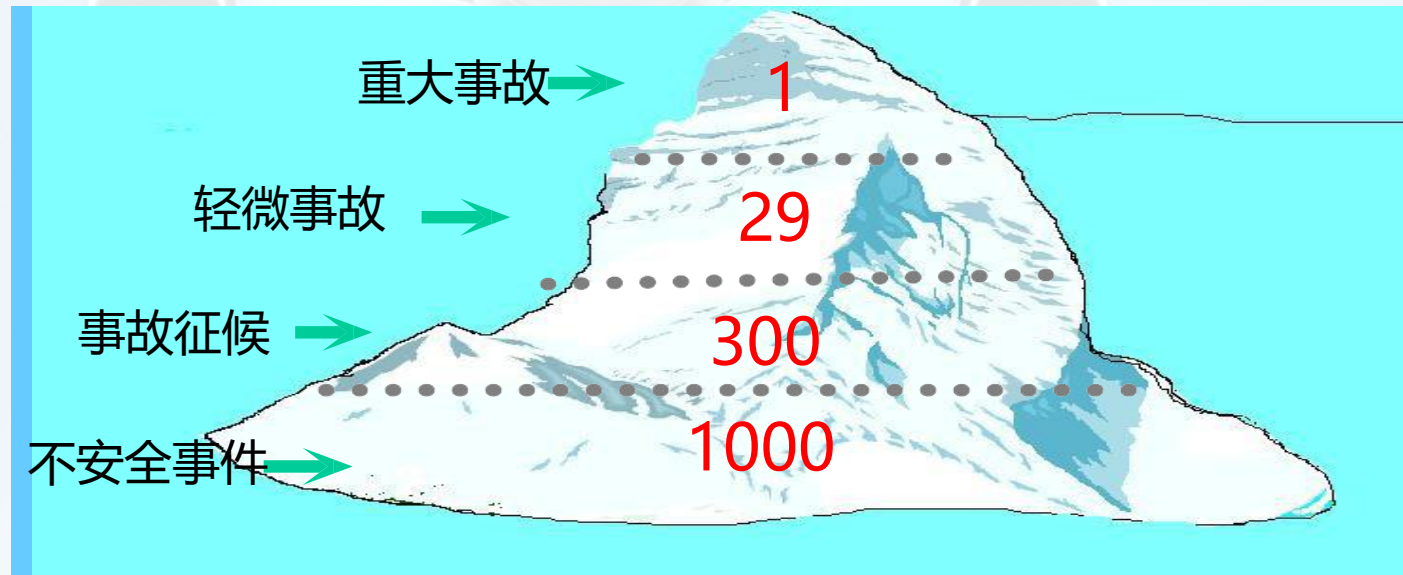
4) 其他典型的模型



➤ 含义：（德国飞行员海恩对多起事故分析后得出，又称“冰山理论”）

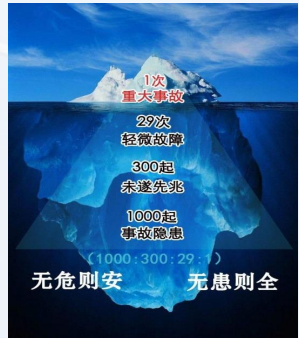
□ 每一起重大事故背后，必有29次轻微事故和300起事故征候及1000起事故隐患。

- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论



1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

➤ 意义:

- 事故案件的发生看似偶然，其实是各种因素**积累到**一定程度的必然结果；
- 任何重大事故都有**端倪可查**，其发生都是经过萌芽、发展到发生这样一个过程；
- 若每次事故隐患或苗头**都能受到重视**，那么每一次事故都可避免。

➤ 改进:

- 重视每个“小”事件；
- 所有的不安全事件都是重要的，都必须向局方报告；
- 对**数据进行安全趋势分析**，以采取措施降低差错的可能性或危险性；
- 发现差错，吸取教训，减少犯错。

1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



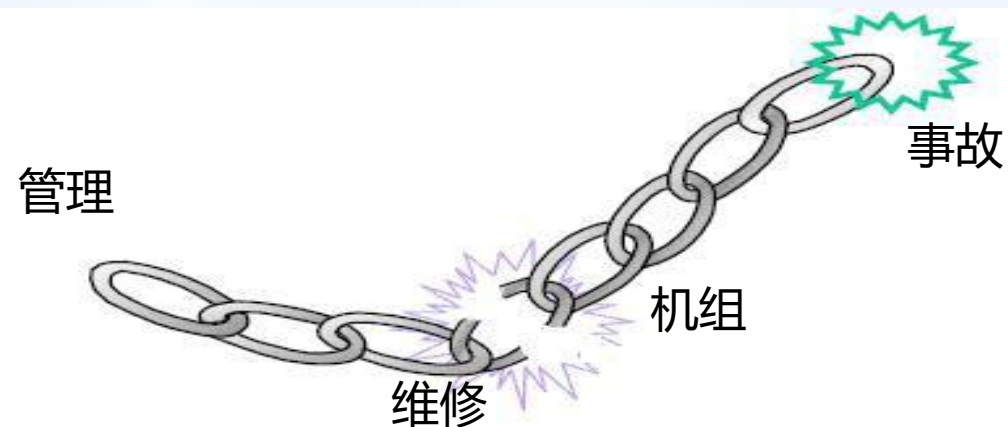
➤ **含义：**（事故调查发现）

□ 大事故极少是由一个原因引起，由许多因素把各个环节连接在一起时发生的。

➤ **改进：**

□ 要防止事故的发生，只要将链条上的某一环节截断。

- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) **事故链理论**
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论



1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论**
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

➤ 案例：（人为原因事故征候事件）



时间：2007/12



机型：A320



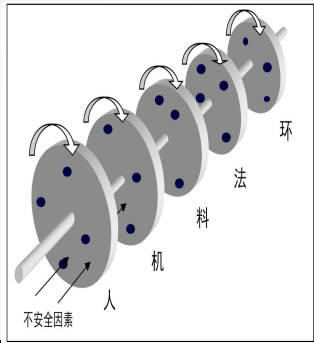
经过：空中机组反映左发滑油压力低，其他正常，决定继续使用
下降过程中左发喘振，单发降落，左发报废



原因：技术方面：工程指令没有提供详细的更换步骤，让查手册
机务方面：图省事没查手册，未正确安装滑油滤封圈
公司方面：严格管理安全指标，控制空停事故征候发生
机组方面：为不发生事故征候，未按检查单直接关车

1. 人的因素概述

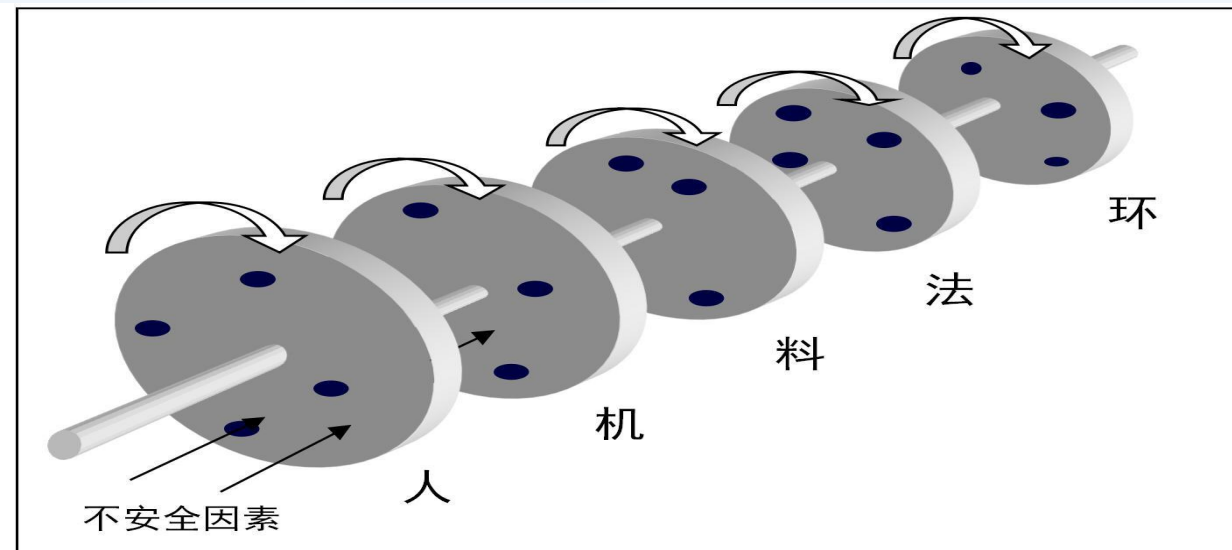
4) 其他典型的模型



➤ **含义：**（又称4M1E模型，是分析危险源使用最为广泛的一种工具）

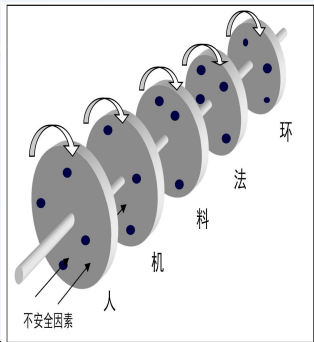
- “圆盘5 要素” 就如同穿在同一根轴上，但又按照各自规律运转的圆盘。
- 每个圆盘上都会存在或出现不同的漏洞。
- 不安全因素就像一个不间断的光源，照射在这五个圆盘上。
- 当这束光源能够穿透所有五个圆盘上的漏洞时，事故便发生了。

- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论



1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

➤ 漏洞举例：

- ❑ **人**：人为个体因素如技能生疏，经验不足，文化水平低，责任心差，应变能力不够，培训不到位，规程序不熟练，麻痹大意，管理混乱及其他人为因素；
- ❑ **机**：指航空器、设备、器材不能满足条件如设计有缺陷、维护操作不便等；
- ❑ **料**：指航材本身质量有问题；
- ❑ **法**：操作规程不健全，对技术手册、标准的制定和理解存在偏差；
- ❑ **环**：自然环境因素恶劣天气、物理环境（温度、湿度、光照、噪声、振动、辐射、电磁波）和化学环境（粉尘、气体、熏烟、蒸汽、雾滴等）。

➤ 改进：

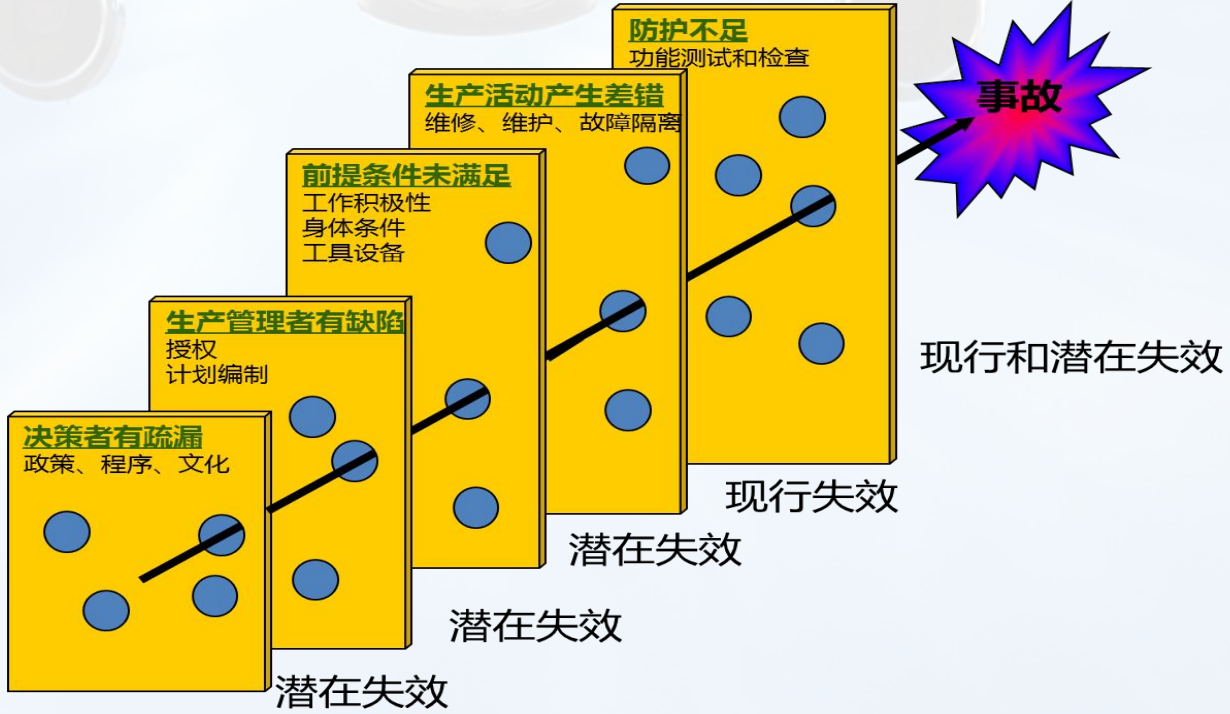
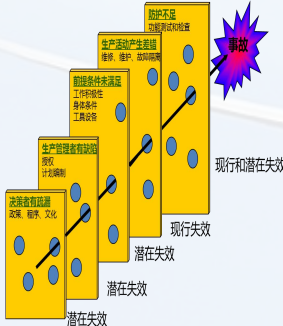
- ❑ **减少漏洞**；
- ❑ 检查五个圆盘上的漏洞，在发现漏洞时将其修补好，并建立完备的方法和制度，**防止新漏洞的出现**，可降低事故发生的机率。

1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型

➤ **定义：**（又称奶酪模型，重大事故调查分析后，提出了航空事故理论模型）

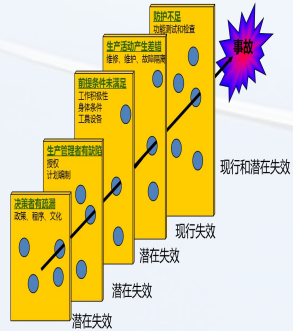
□ **航空生产各个层面组织活动**与事故的最终发生都有关系，在每个层面上都有漏洞，不安全因素就像一个不间断的光源，刚好能透过所有这些漏洞时，事故就会发生。



- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

➤ 各个层面:

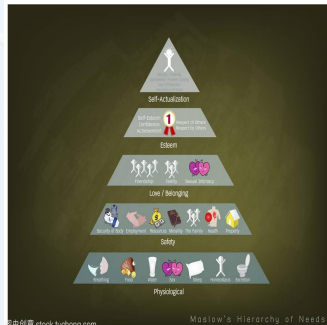
- ❑ 决策者：负责确定目标并管理资源，以达到平衡与运营相关目标：**安全和效率**。
- ❑ 生产管理层：执行上级的决策，使决策和措施行之有效，并变成工作者生产活动。
- ❑ 一线生产层：操作正常的前提条件是设备可用并可靠、一线人员技术熟练、有知识并具有工作积极性。
- ❑ 最后一个层面是防护和安全措施，其任务是预防可预见的伤害、损坏或运营中断。

➤ 改进:

- ❑ 每个层面减少漏洞;
- ❑ 避免防线被突破。

1. 人的因素概述

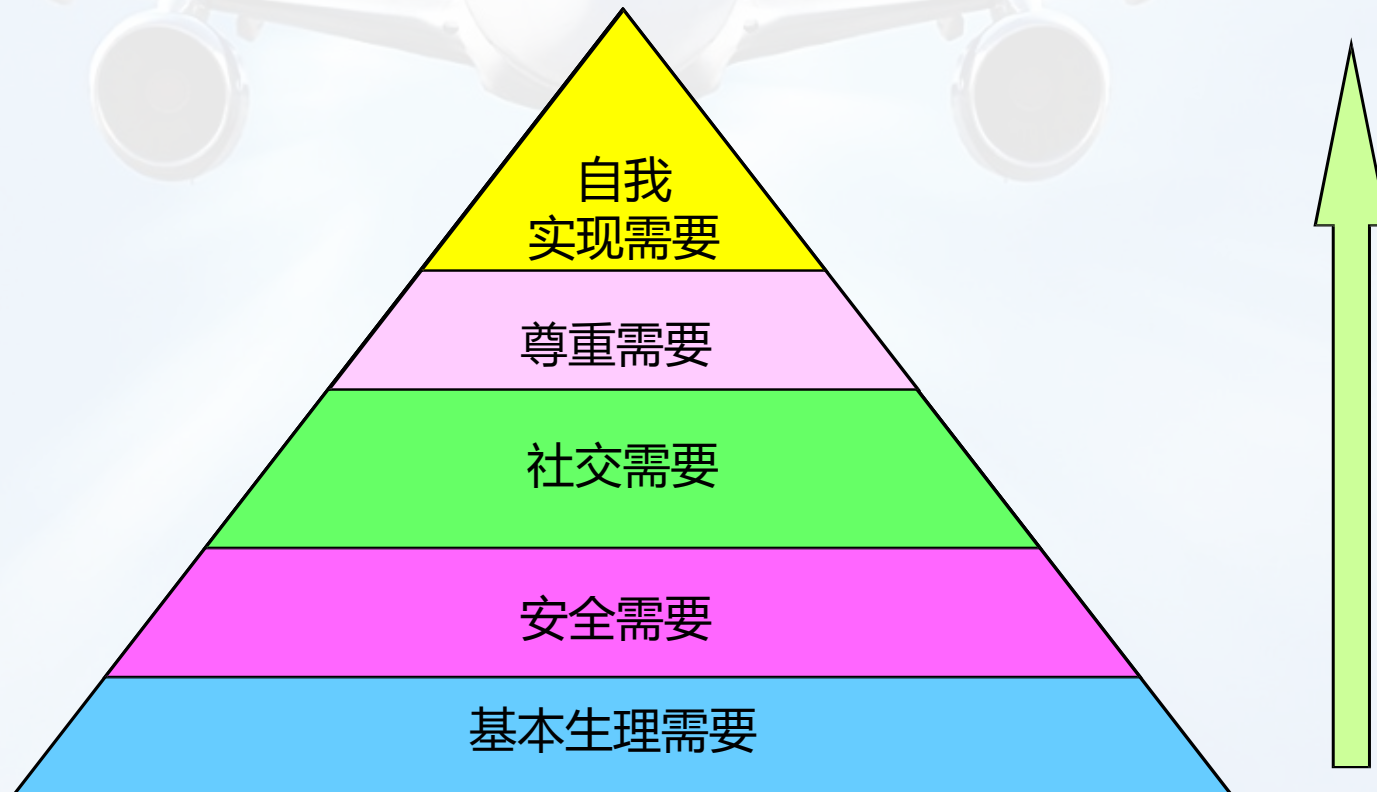
4) 其他典型的模型



➤ 含义:

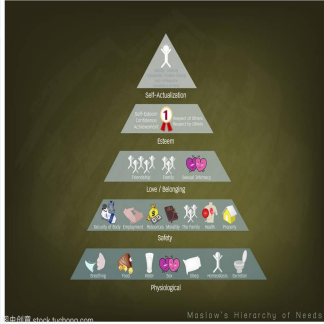
□ 从低到高分成生理需要、安全需要、社交需要、尊重需要和自我实现需要**五类**。

- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) **马斯洛需求层次理论**



1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



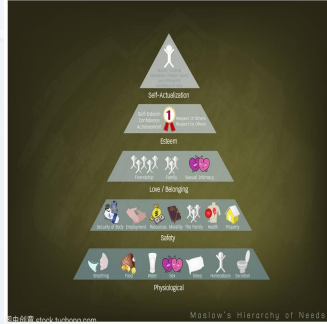
- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

➤ 理论基于三个基本假设:

- 人要生存，人的需要能够影响人的行为，只有**未被满足的需要**能够影响行为，满足了的需要不能再成为激励工具；
- 人的需要按重要性和层次性排成**一定的次序**，从基本生理需要到更高的需要。
- 当人的某一级的需要得到最低限度满足后，才会追求高一级的需要，如此逐级上升，成为推动继续努力的**内在动力**。

1. 人的因素概述

4) 其他典型的模型



- (1) 墨菲定律
- (2) 海恩法则
- (3) 事故链理论
- (4) 圆盘漏洞理论
- (5) Reason模型
- (6) 马斯洛需求层次理论

➤ 改进:

- 人的动机是由需要所决定的，在航空器维修中需要将“个人需要的满足”同“企业目标的实现”结合起来。
- 受到高度激励、具有强烈动机的人会有持续良好的表现、绩效和结果；具有获取成功的积极性、热情和决心；克服困难时无私的合作；愿意承担责任；愿意迎接挑战。
- 缺乏激励、消极的人，不论是本性的，还是缺少所在企业有效的激励，都趋向于显示出下列的特征：对工作漠不关心，包括在工作中对安全问题的淡漠；不安心工作，缺勤率高；夸大遇到的问题难度和后果；遇到问题困难时缺乏合作；无端的抗拒变化。

小结：

- 墨菲定律、海恩法则、事故链理论、REASON模型的主要内容；
- 马斯洛各层次的需求。



2. 维修差错分析理论



人为因素模型可以为我们揭示人为差错发生的规律，不但可用于指导事故原因分析，更可帮助我们在工作中对人为差错进行有效预防与控制。

2. 维修差错分析理论

1) 差错模式及理论

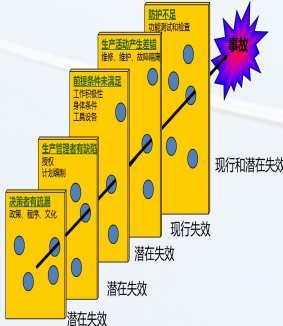
(1) 航空事故发生机理:

➤ 现行失效:

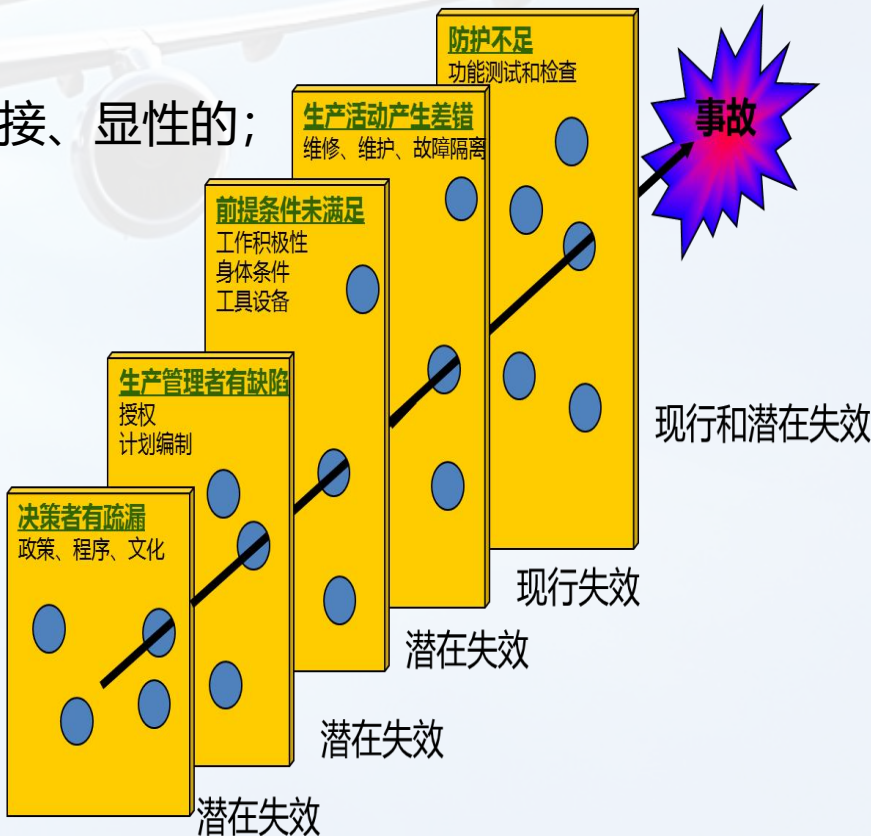
- ❑ 与事故在时间、空间或逻辑上较近，影响直接、显性的；
- ❑ 一线人员所为，易被确定，可立即补救。

➤ 潜在失效:

- ❑ 事故发生前的决定或措施导致；
- ❑ 决策者、管理当局或生产管理部门所为。

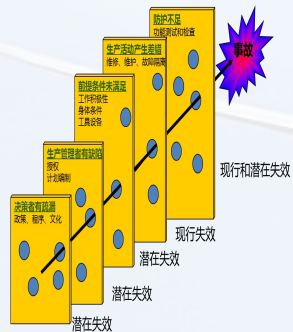


- (1) 航空事故发生机理**
- (2) 降低事故概率途径**
- (3) 减少系统漏洞**
- (4) 增加防御屏障**



2. 维修差错分析理论

1) 差错模式及理论



(1) 航空事故发生机理：

➤ 事故机理：

- ❑ 事故**不单单是**由明显的现行失效，同时也因为早已存在的潜在失效**共同作用**导致。
- ❑ 系统中各个层面上**不可避免地**都会存在漏洞，而且这些漏洞并不是一成不变的，某些漏洞可能会闭合，在某些层面新的位置可能会出现新的漏洞。
- ❑ 在特定的情况下，当这些漏洞恰巧**串成一条线**的时候，**事故才会发生**。
- ❑ 从统计的角度来讲，各个层面上的漏洞**越多**，光线被某个层面阻挡而不发生事故的概率就越低，光线穿透整个系统各个层面而发生事故概率就越高。

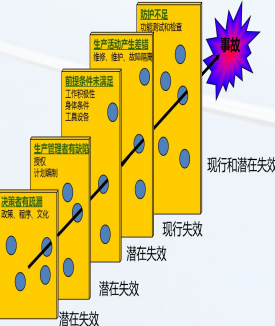
- (1) 航空事故发生机理
- (2) 降低事故概率途径
- (3) 减少系统漏洞
- (4) 增加防御屏障

2. 维修差错分析理论

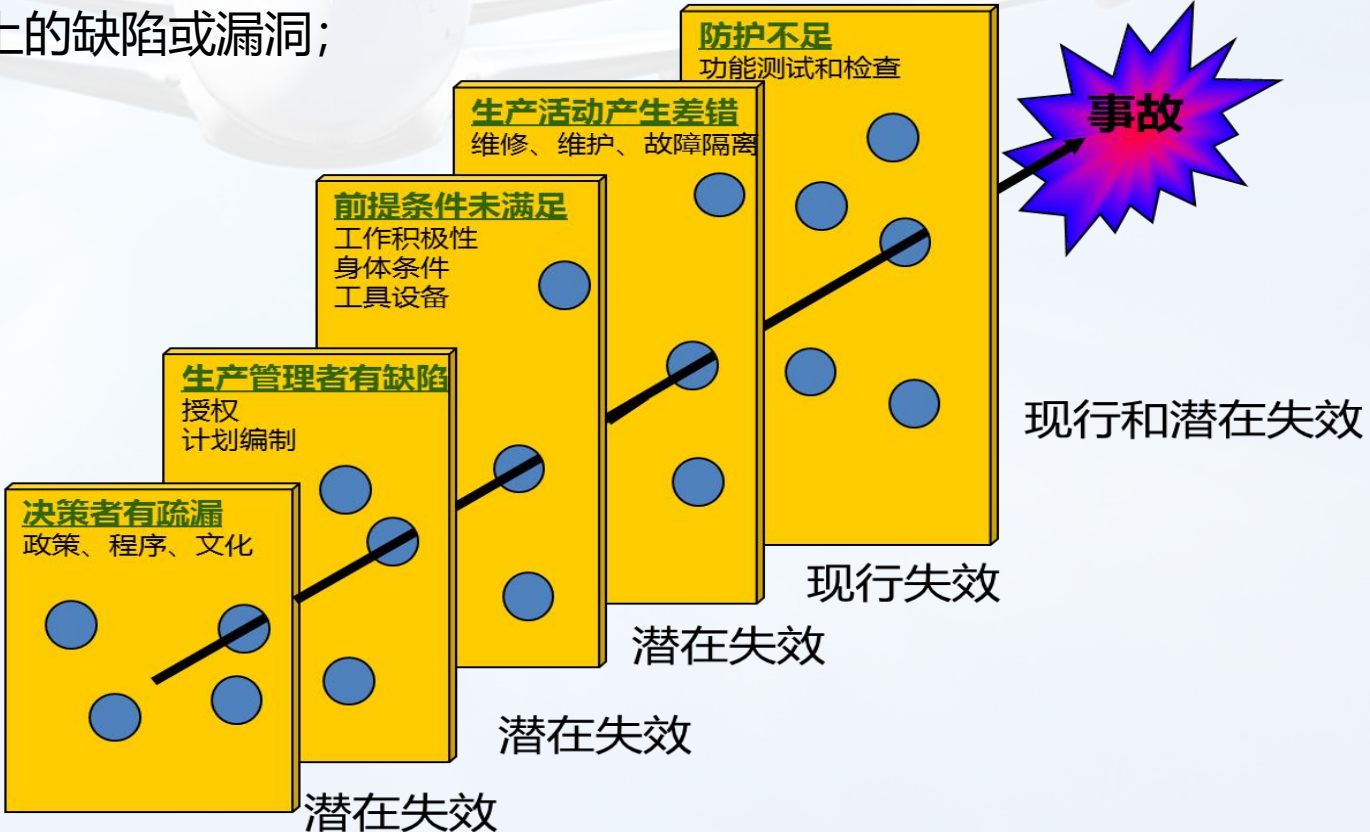
1) 差错模式及理论

(2) 降低事故概率途径:

- 减少每个层面上的缺陷或漏洞;
- 增加防御屏障。

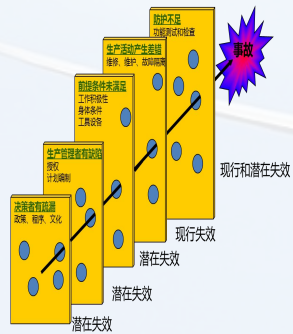


- (1) 航空事故发生机理
- (2) 降低事故概率途径
- (3) 减少系统漏洞
- (4) 增加防御屏障



2. 维修差错分析理论

1) 差错模式及理论



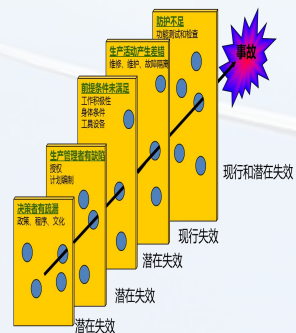
- (1) 航空事故发生机理
- (2) 降低事故概率途径
- (3) 减少系统漏洞**
- (4) 增加防御屏障

(3) 减少系统漏洞：

- 惩戒直接当事人；
- 挖掘在时间、空间和逻辑上远离事故现场深层次各个层面上的漏洞，并修复它们；
- **现行差错管理的局限性：**
 - 过于相信惩罚（责备）的作用，形成责备怪圈；
 - 关注一线人员失效问题，没有适当地区分造成差错的偶然因素和系统因素；
 - 倾向于事件发生后的管理而不是事先预防事件的发生。

2. 维修差错分析理论

1) 差错模式及理论



- (1) 航空事故发生机理
- (2) 降低事故概率途径
- (3) 减少系统漏洞
- (4) 增加防御屏障

(4) 增加防御屏障：

- 深层的防御屏障(如：重复检查、飞行员起飞前的功能测试等)。
- 进一步降低不安全光线穿过系统的概率，避免产生的不良后果，减少事故的发生。
- 但防御屏障并不表示可以完全杜绝事故，当这些防御屏障被削弱（漏洞增多）或突破的时候，人为差错将造成事故。
- 在事故调查的时候通常会发现经常是不止一个人犯下了不止一个错误。而这些差错恰巧结合在一起，差错“防御屏障”又被突破了，才会危及安全。

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



➤ 当人的行为与客观定义的标准行为发生偏差时，称之为**差错**。

- ❑ 人虽是系统中最灵活、适应性最强的，但也是**最容易受干扰、受消极影响的**。
- ❑ 近年来统计结果显示：民航约四分之三的事故都是由于**人的表现不佳**而导致的。
- ❑ 研究人为因素的主要目的：
 - **为了提高人的可靠性；**
 - **预防和控制人为差错的发生。**

差错

非意向性

违规

主观故意

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



- (1) 人为差错
- (2) 违规
- (3) 维修差错

(1) 人为差错:

➤ 定义:

皮特

人的行为明显偏离了预定的、要求的或希望的标准,它导致不希望的时间拖延、困难、问题、麻烦、误动作、意外事件或事故。

里格比

人的行为的结果超出了可接受的界限。

换言之,人为差错是指在生产操作过程中,实际实现的功能与被要求的功能之间的偏差,其结果可能以某种形式给系统带来不良影响。

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

➤ 五种情况:

-  ➤ 未执行分配给他的职能
-  ➤ 错误地执行了分配给他的职能
-  ➤ 执行了未赋予的份外职能
-  ➤ 按错误的程序或在错误的时间执行了职能
-  ➤ 执行职能不全面

- (1) 人为差错
 - ① 五种情况
 - ② 三种性质
 - ③ 三种分类
 - ④ 三种形式
 - ⑤ 三种控制
- (2) 违规
- (3) 维修差错

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

➤ 三种性质:



具有很大大个体差异



不同原因导致同一差错



同一差错产生明显不同后果

- (1) 人为差错**
 - ① 五种情况
 - ② 三种性质
 - ③ 三种分类
 - ④ 三种形式
 - ⑤ 三种控制
- (2) 违规**
- (3) 维修差错**

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

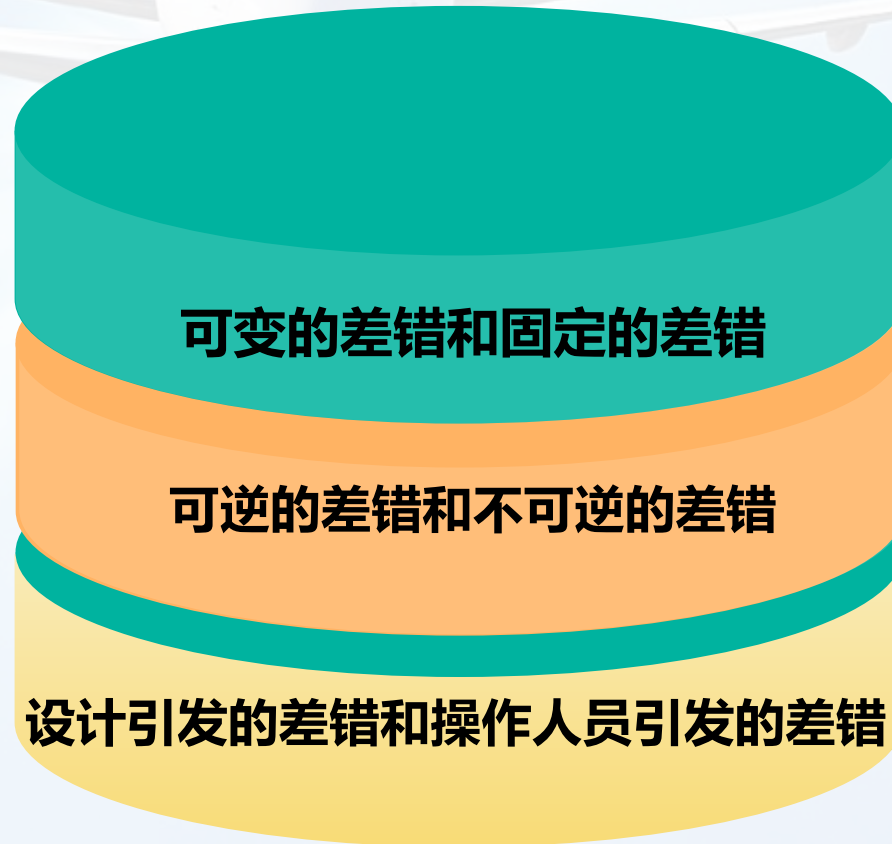
➤ 三种分类:

(1) 人为差错

- ① 五种情况
- ② 三种性质
- ③ 三种分类
- ④ 三种形式
- ⑤ 三种控制

(2) 违规

(3) 维修差错



2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

➤ 三种分类:

(1) 人为差错

- ① 五种情况
- ② 三种性质
- ③ 三种分类
- ④ 三种形式
- ⑤ 三种控制

(2) 违规

(3) 维修差错

可变的差错和固定的差错

➤ 可变的差错本质上是随机的，而固定差错遵循某种规律的模式。

➤ 这就意味着固定的差错可以被预见，从而得到控制，而可变的差错不能被预见也就难以控制。

➤ 如果我们足够了解任务、了解环境与人的行为表现的关系，以及了解人的特性等，我们就很可能预见差错。

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

➤ 三种分类:

➤前者能够被恢复，而后者通常不能。

➤如果飞行员计算错燃油量，可转向更近机场降落；但如果他意外放光燃油，就没有更好选择。

➤一个设计良好的系统或者程序应该使航空器维修人员所犯的差错是可逆的。能通过适当的检查程序被发现和纠正。



- (1) 人为差错**
 - ① 五种情况
 - ② 三种性质
 - ③ 三种分类
 - ④ 三种形式
 - ⑤ 三种控制
- (2) 违规**
- (3) 维修差错**

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

➤ 三种分类:

➤ 在航空界，经常强调的是一线操作人员的差错，包括机组、空中交通管制人员和维修人员。

➤ 实际上差错可能在航空器起飞前由于设计的原因而存在。即使按规定维修和运行，仍有可能导致事故发生。

➤ 另外，航空公司、维修单位及空中交通管制部门有缺陷的程序也可能导致运行问题。这就是所谓的设计引发的差错。

设计引发的差错和操作人员引发的差错

- (1) 人为差错
 - ① 五种情况
 - ② 三种性质
 - ③ 三种分类
 - ④ 三种形式
 - ⑤ 三种控制
- (2) 违规
- (3) 维修差错

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

➤ 三种形式:

- (1) 人为差错
 - ① 五种情况
 - ② 三种性质
 - ③ 三种分类
 - ④ 三种形式
 - ⑤ 三种控制
- (2) 违规
- (3) 维修差错

01

失误

没有按照预定或者计划实施行为

执行阶段

02

遗忘

在工作中因信息追溯或回忆而产生的差错

记忆阶段

03

错误

由于错误计划或者意图所带来的特定类型差错。

计划阶段

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(1) 人为差错:

➤ 三种控制:

- (1) 人为差错
 - ① 五种情况
 - ② 三种性质
 - ③ 三种分类
 - ④ 三种形式
 - ⑤ 三种控制
- (2) 违规
- (3) 维修差错

减少差错

提高素质
加强管理
改进设计
提供依据
改善环境

捕获差错

交叉检查
复查
事后验证功能
与操作测试

包容差错

设计系统容错
维修系统容错

➤ 只有减少差错**直接面向**差错本身；
➤ 差错捕获和差错包容策略与系统完整性直接相关。

➤ 从系统安全角度出发，维修中的人的差错不会直接或立刻引起航空器的不安全，但放行的航空器带有因维修引起的故障，会造成严重的安全隐患。

小结：

- 航空事故发生机理分为哪两个失效？分别与谁有关？
- 要最大限度地降低事故发生的概率，主要的途径有哪两种？
- 人为差错的五种情况；
- 人为差错的三种性质；
- 人为差错的三种分类；
- 人为差错的三种形式，分别在什么阶段发生？
- 人为差错的三种控制方法。

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(2) 违规：（比差错危害更大）

- **定义：**故意偏离安全操作程序、标准或规章。违规会对安全构成严重威胁。
- **四种类型：**

- (1) 人为差错
- (2) 违规
- (3) 维修差错

01

习惯性违规

习以为常
找借口

02

处境违规

当下特殊情况
因素不存在将
不会违规

03

乐观性违规

盲目乐观
寻求刺激

04

特例违规

特定情况
不可避免

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



- (1) 人为差错
- (2) 违规
- (3) 维修差错

(2) 违规：（比差错危害更大）

➤ 差错与违规的区别：

差错	违规
非有意的	通常是故意的
信息问题导致，不正确/不完整知识等。	激励因素、信仰态度、社交习惯、企业文化形成。
改进相关信息等，能减少差错的概率。	只有改变默许鼓励违章的信仰、态度、社交习惯和企业文化才能减少违章。
与人口统计学因素如年龄和性别无关。	年轻人违规是倾向性大。

2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



- (1) 人为差错
- (2) 违规
- (3) 维修差错

(3) 维修差错：（航空维修活动中出现的差错）

➤ **定义：**

□ 指在维修活动中，由于**维修责任造成的**威胁飞行安全，违反适航规章或具有一定直接经济损失的航空器、航空器部件、车辆、设备、设施损坏和人员受伤，但其**程度未构成维修事故征候**的事件。

2. 维修差错分析理论

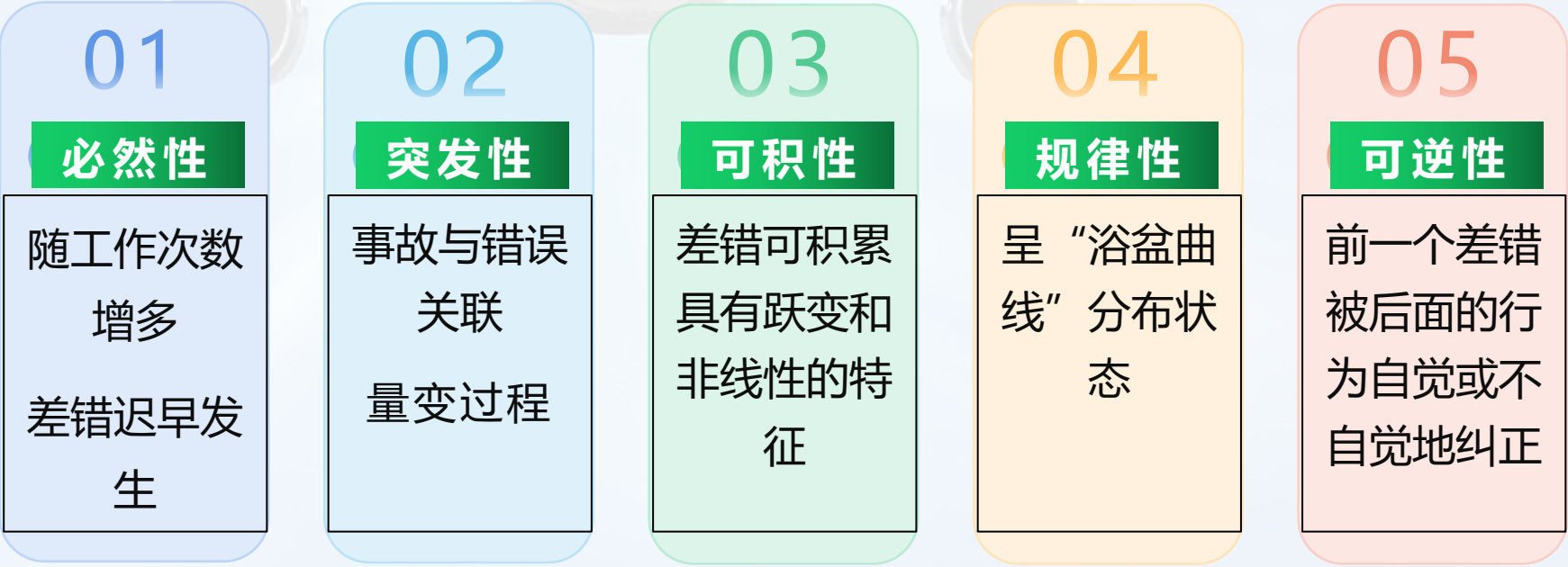
2) 维护维修工作中的差错类型



(3) 维修差错：（航空维修活动中出现的差错）

➤ 五种特性：

- (1) 人为差错
- (2) 违规
- (3) 维修差错
 - ① 五种特性
 - ② 四种类型



2. 维修差错分析理论

2) 维护维修工作中的差错类型



(3) 维修差错：（航空维修活动中出现的差错）

➤ 四种类型：

- (1) 人为差错
- (2) 违规
- (3) 维修差错
 - ① 五种特性
 - ② 四种类型

01

维护作风型

责任心不强
作风差

知道正确操作
完全可避免
熟练人员多发

02

机能失常型

生理机能下降
抗干扰能力下降

受干扰
熟练人员且责任心强多发

03

技术技能型

缺乏知识
缺乏技能

不知道正确操作、被动地位，
新人多发

04

组织管理型

分工不清
协调不好

2个以上环节，
管理者/维修人员不能独立控制

2. 维修差错分析理论

3) 差错的征兆



➤ 维修基本法则：

- 依法维修；
- 有据放行。

➤ 变化带来差错的风险：

- SMS中要求，当4M1E一旦变化，应警觉。

➤ 差错的征兆：

- 违章违规就是差错的征兆，甚至直接酿成差错。

小结：

- 违规行为的四种类型；
- 维修差错的五个特征；
- 维修差错的四种类型；
- 差错的征兆。



2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
(2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理



(1) 维修差错管理原则：

- 科学对待差错，打破责备怪圈：

 - ❑ 认识到人的易错性可减轻但不可能消除。
- 系统管理差错，不断改进系统：

 - ❑ 差错发生还与现场因素有关，甚至与组织因素有关；
 - ❑ 差错是在系统中发生的，对待差错要采用系统方案。
- 合理调配资源，关注可管理因素：

 - ❑ 差错管理是管理可管理的事情。
- 重视差错管理的重点和目标：

 - ❑ 重复发生的差错类型锁定为解决的目标，有限资源进行差错管理。

2. 维修差错分析理论

4) 避免差错及差错管理



- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

(1) 维修差错管理原则：

- 人们普遍认为大部分差错是少数无能的人造成的。若是如此，差错的解决就相对容易了。我们可以找到易犯差错的人并对其进行培训，或者让他离开危险工作。
- 但是不安全行为更经常是由于情景和任务具有差错倾向，而不是由于人有差错倾向所导致的。
- 大量的统计数据表明，**严重事故经常是由那些有着丰富工作经验并且长期以来无不良记录**的人导致的。

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理



(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **缺乏沟通：**（指缺乏清楚的、直接的陈述并且缺乏良好的积极地倾听技巧）

□ 安全措施：

- 与交班人员讨论已完成及需要完成的工作；
- 在交流过程中，不能不假设任何事情；
- 使用记录本、工作单进行交接以消除疑问；
- 采用文字交流时，采用简单、清晰、简介的语言，保证阅读的人正确理解。



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理

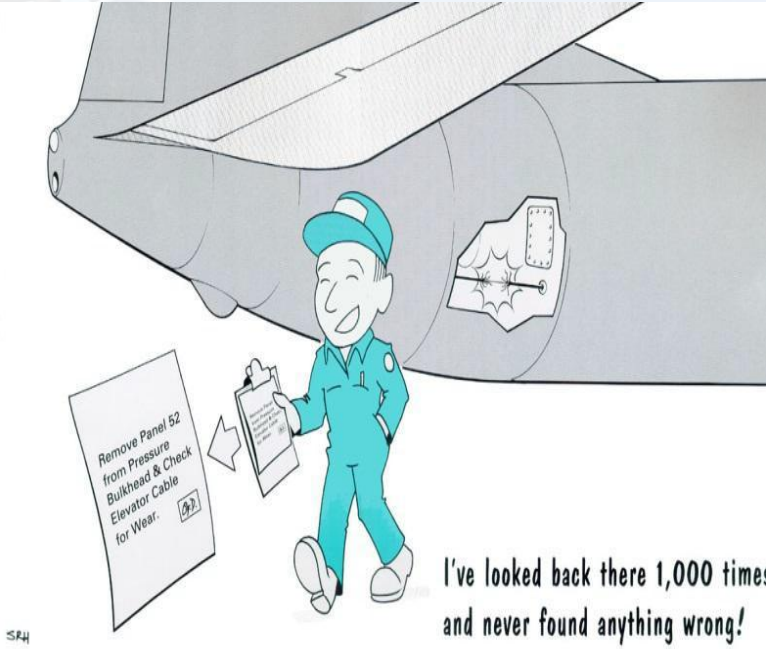


(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ 骄傲自满：（由于自我满足而缺乏风险情境意识）

□ 安全措施：

- 通过“这次我会查到故障”进行自我训练，期望在执行任务时能查到故障；
- 工作时，严格执行“九字方针”要求；
- 对于没有完成的工作，绝不能签字；
- 不要依靠记忆工作；
- 从其他人的错误中学习经验教训。



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理

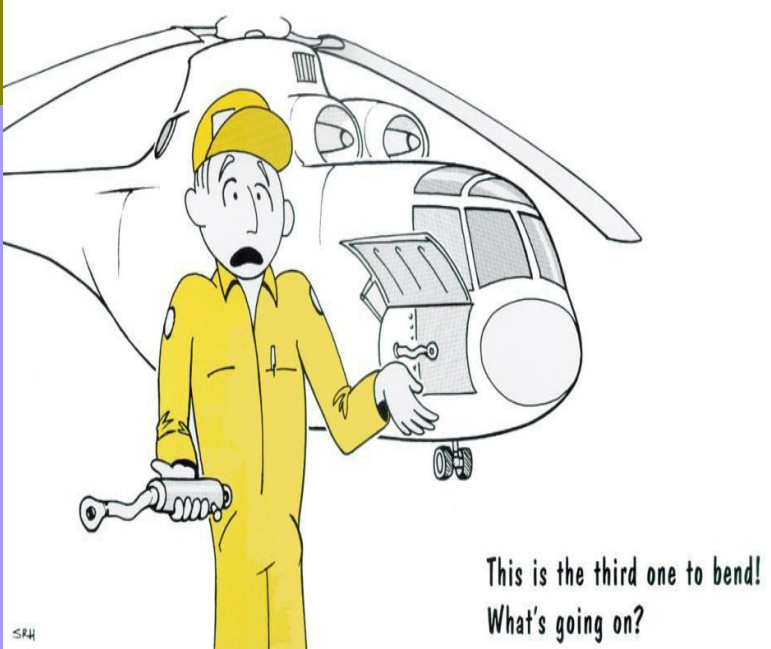


(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **缺乏专业知识：**（缺乏必要的技能、技术、飞机专业以及程序等方面的知识）

□ 安全措施：

- 接受针对所从事工作的相关训练；
- 确保工作适用的手册和程序是最新修订的；
- 在工作开始前，先将程序阅读一遍；
- 如果工作中发现与以往不同，要查明原因；
- 如果存在疑问，可以询问技术代表或其他知道的人。



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心**
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **分心：**（心理或情感方面的混乱或干扰，难以避免）

□ 安全措施：

- 工作时，使用详细的检查单；
- 对没有完成的工作，要做好标记；
- 离开前要么工作完成，要么保持接头断开；
- 尽可能使用保险丝或上紧力矩；
- 返回重新工作时，从离开时前三步开始；
- 完成的工作，由自己或别人再检查一遍。



2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理

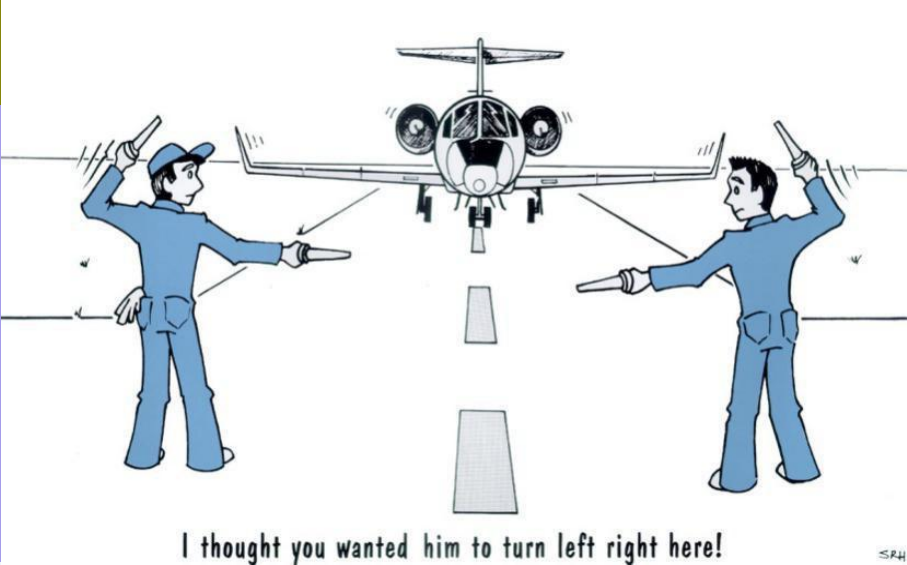


(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **缺乏团队合作：**（团队缺乏为达到共同目标而一起合作）

□ 安全措施：

- 通过对工作进行讨论，确保团队成员对工作有统一的认识；
- 确定统一的目标，并且每个人都愿意共同实现该目标；
- 尊重所有同事和他们的意见。



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作**
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳**
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **疲劳**：（长时间工作或没得到良好休息等因素使人精神虚弱，暂时丧失反应能力）

□ 安全措施：

- 对各种疲劳征候要有警觉，并注意自己和同事的疲劳征候；
- 避免在生物节律于最低点时从事复杂工作；
- 养成规律的睡眠及运动；
- 当感觉疲劳时，让别人检查所完成的工作。



2. 维修差错分析理论

4) 避免差错及差错管理

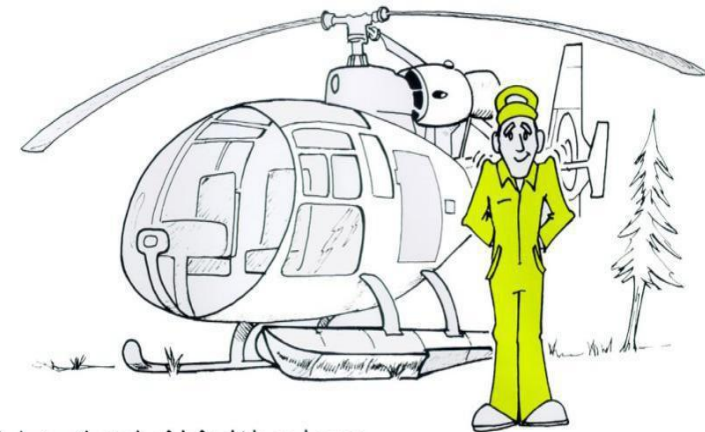
- (1) 维修差错管理原则
(2) 人为因素的“十二条陷阱”

(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **资源不足：**（缺乏完成工作所需使用的工具、设备、信息和程序等）

□ 安全措施：

- 如果认为会降低安全性，则必须获取该资源；
- 保持一定标准，即使有导致飞机停场的可能；
- 提前订购、储存预期要使用的备件，知道所用可用备件的渠道，安排共享或租借事宜；
- 使用风险管理工具，评估出现故障最坏后果。



We have nil stock of left skids so I guess this will have to do!

缺乏沟通
骄傲自满
缺乏专业知识
分心
缺乏团队合作
疲劳
资源不足
时间压力
缺乏主见
紧张压力
缺乏警觉
不良的惯例



2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理



(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **时间压力**：（不考虑反面因素去敦促某事，而制造危机感或紧迫感）

□ 安全措施：

- 确定时间压力不是自己引起的；
- 把所担忧的事情清晰的表达出来；
- 请求额外的帮助；
- 超过工作负荷时勇于说“不”。



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力**
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理

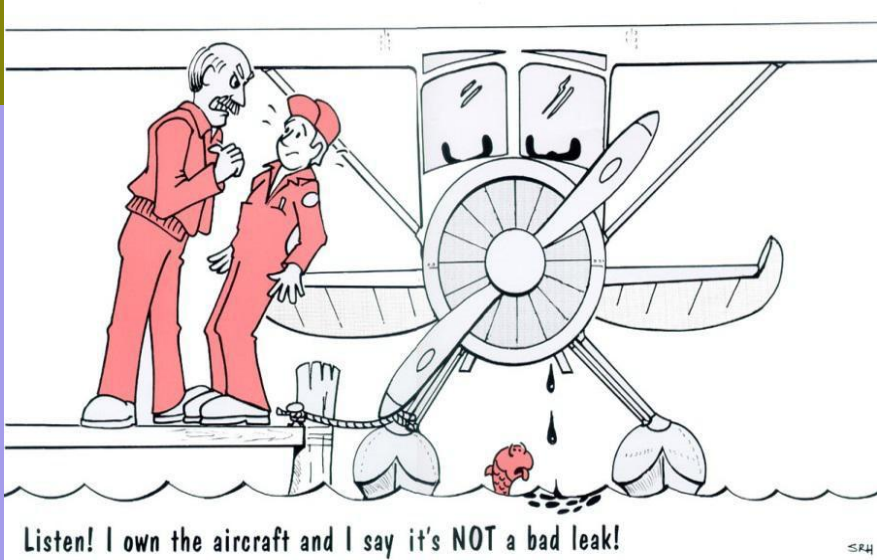


(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **缺乏主见：**（缺乏主动、积极地陈述个人的想法、愿望和需要，不确定立场）

□ 安全措施：

- 明确工作标准，并拒绝在标准上妥协；
- 如果涉及安全，必须坚持立场；
- 对于非关键问题，可将其记录在工作日志上，并申明自己的立场；
- 不是自己的工作，不要签字（责任）。



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理

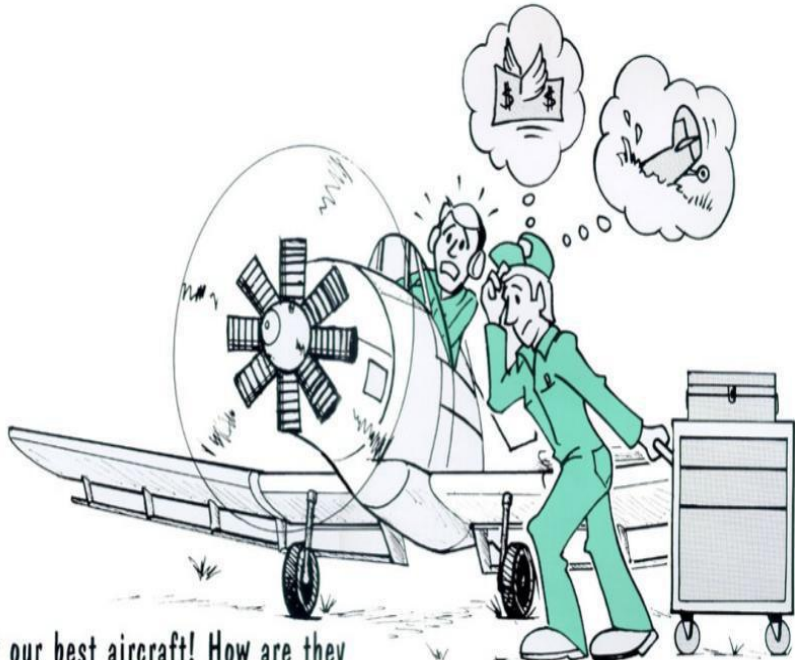


(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **紧张压力：**（由于某种压力源而导致的心理上和有身体上的状态）

□ 安全措施：

- 要知道紧张压力对工作的影响；
- 停下来，理性地分析当前问题；
- 制定一份合理的计划，并执行；
- 休假或至少休息一会儿，远离压力源；
- 和别人讨论；
- 请同事监督、检查你的工作；
- 适度进行有规律的体育锻炼。



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力**
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理



(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **缺乏警觉：**（不能及时和正确预测某些行为或者状态可能产生的不利后果）

□ 安全措施：

- 想想当意外发生时会发生什么事情；
- 检查目前的工作程序是否与修订的程
序一致；
- 征询他人意见，能否发现此做法是否
存在问题。



All the regulation said was, "Install Where it is Easily Accessible."

- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉**
- 不良的惯例

2. 维修差错分析理论

- (1) 维修差错管理原则
- (2) 人为因素的“十二条陷阱”

4) 避免差错及差错管理



- 缺乏沟通
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 分心
- 缺乏团队合作
- 疲劳
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例**

(2) 人为因素的“十二条陷阱”：

➤ **不良的惯例：**（公司中不良的不成文的、默认的有关如何工作的标准和准则）

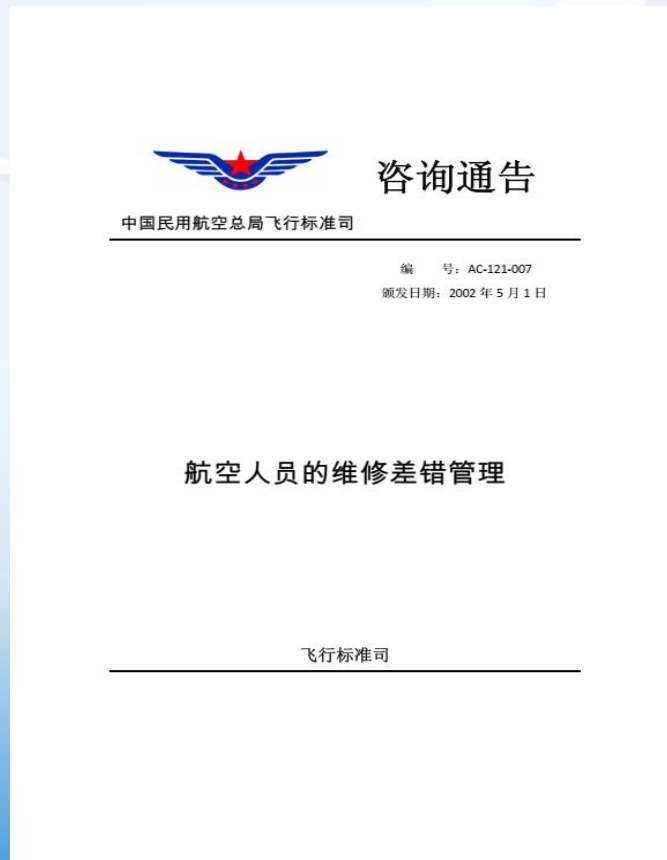
□ 安全措施：

- 要识别不良惯例；
- 要保持“习以为常的事不一定是正确的”警觉，远离不良惯例；
- 永远按照工作程序（程序有问题时，将修订程序并获得批准）实施维修工作。



Never mind the Maintenance Manual. It's quicker the way we do it here.

维修差错相关咨询通告:



- 该咨询通告提供了维修差错管理要求、维修差错调查表和填写指南。
- 是航空承运人和维修单位进行人为因素教育，开展维修差错调查，不断改进维修管理的指导性文件。
- 按照通告所要求的程序进行维修差错调查，将帮助航空公司和维修单位发现本系统所存在的主要问题，采取纠正和预防措施，不断完善维修系统，提高航空安全水平和运行效益。

小结：

➤ 如何进行差错管理：

- 科学对待差错，打破责备怪圈；
- 系统管理差错，不断改进系统；
- 合理调配资源，关注可管理因素；
- 重视差错管理的重点和目标；

➤ 人为因素差错的“十二条陷阱”：

- 缺乏沟通、骄傲自满、缺乏专业知识、分心、缺乏团队合作、疲劳、资源不足、时间压力、缺乏主见、紧张压力、缺乏警觉、不良的惯例。



3. 应用APS理论预防维修差错

3. 应用APS理论预防维修差错

1) 维修系统运行水平的度量标准



维修系统运行水平



3. 应用APS理论预防维修差错

1) 维修系统运行水平的度量标准



维修安全保障能力

- 维修系统应该具备必要的主客观条件；
- 通过对航空器及其部附件的检查和维修，保证航空器持续适航；
- 保证航班安全、正点；保证旅客生命财产安全的能力；
- **是维修系统的第一要务**，一般采用等级事件作为评价指标。

维修质量

所实施的维修行为**满足航空器运营人明确和隐含需求**，使航空器运营人持续满意的程度。

劳动生产率

劳动者在一定时期内创造的劳动成果与其相适应的劳动消耗量的**比值**。

维修成本

包含**直接维修成本**和**间接维修成本**：

- 直接维修成本指机上的人工以及航材（维修检查）；机下的人工和航材（发动机翻修、部件维修）；
- 间接维修成本包含：备件费用，发动机、地面支援设备及维修、工程、培训以及 IT 服务等。

维修能力

为航空器运营人**提供整体解决方案的能力**，分为：

- 高（复合材料修理、发动机修理、结构修理、附件修理、加改装）；
- 中（A 检、航线、排故）；
- 低（飞机清洗、客舱清洁）。

3. 应用APS理论预防维修差错

2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(1) APS理论的定义:

运行背景	完成维修任务所需生产准备、施工程序和工作标准（三个直接抓手）
约束	以人员、工具和技术相关运行特征（APS理论约束条件和内涵要求）
维修管理理论	对维修安全（APS精髓）实施源头管理和过程控制（APS理论切入点）
研究的核心问题	以维修安全为目标对维修差错进行管控
效果度量/ 考核指标	维修安全保障能力、维修质量、劳动生产率、维修成本和维修能力

3. 应用APS理论预防维修差错

2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) APS理论的模型:

- APS 理论综合体现了**系统论、信息论和控制论**的主要思想，并且在实践过程中直接使用了**系统工程、可靠性工程和 MSG-3** 等针对性技术，具备坚实的理论基础。

3. 应用APS理论预防维修差错

2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) APS理论的模型:

维修差错控制问题

核心目标	切入点	闭环控制
维修安全	源头管理 过程控制 行为约束	维修人员 飞机 运营绩效

约束条件下的优化问题

局部优化
通过APS手段优化4系统运行

整体优化
打通业务类型间、
部门间、岗位间壁垒



信息流转过程问题

信息采集
风险源辨识、风险评估
防控措施制订、经验继承

信息传输
高效精准推送目标受众

信息共享
经验固化
将不同地域/业务/公司的
维修运行水平提升

APS理论思想

3. 应用APS理论预防维修差错

2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(1) APS理论的模型:

➤ 基于APS理论的维修系统闭环控制:

维修安全
维修质量
劳动生产率
维修成本
维修能力



维修安全
维修质量
劳动生产率
维修成本
维修能力

3. 应用APS理论预防维修差错

2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(1) APS理论的模型:

使用系统工程技术

分析计算
维修任务构成要素、信息交换和反馈控制

综合优化
4M1E协调配合

使用可靠性工程技术

研究故障规律

预防发生、发生过程、发生后修理
以减少发生/修理后恢复功能

使用MSG-3技术

维修方案/生产控制优化

维修间隔的改变
定检工作包优化
单个项目施工程序改进



APS实施方法

3. 应用APS理论预防维修差错

2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) APS理论的模型:

➤ 综上所述:

- ❑ APS 理论建构在**系统论**、**信息论**和**控制论**的主要思想之上;
- ❑ 直接使用了**系统工程**、**可靠性工程**和 **MSG-3** 等技术, 具备坚实的理论基础;
- ❑ 并外化成**全面生产准备**、**优化施工程序**、**规范工作标准**三个直接抓手;
- ❑ 旨在**保障维修安全**、**提高维修质量和劳动生产率**、**降低维修成本**、**拓展维修能力**, 形成了一套完整的理论体系。

3. 应用APS理论预防维修差错

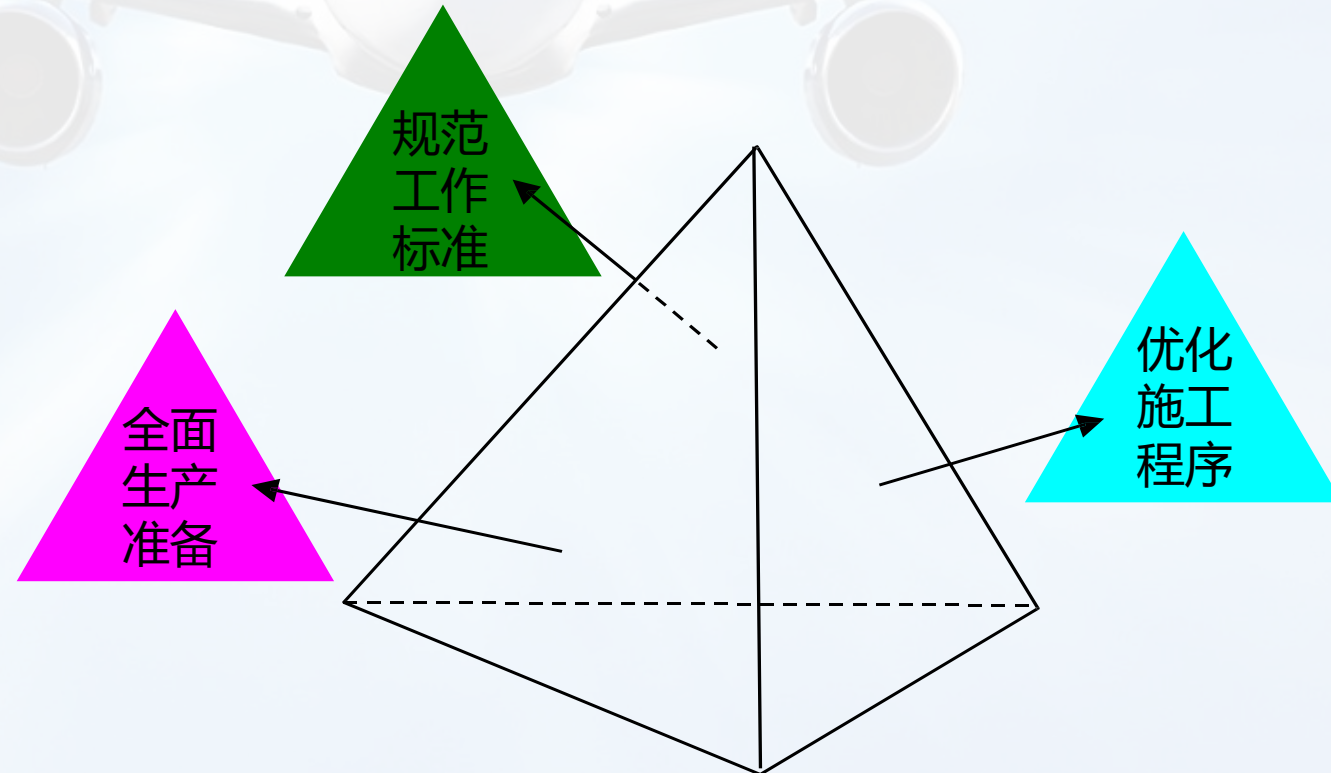
2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) APS理论的模型:

➤ APS理论正四面体模型:



3. 应用APS理论预防维修差错

2) APS理论的定义和模型



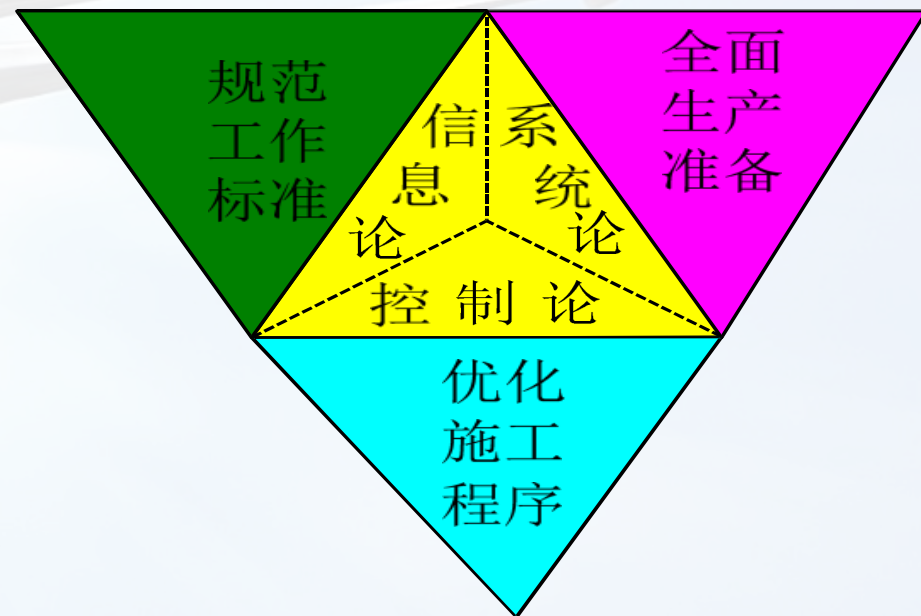
A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) APS理论的模型:

➤ APS理论正四面体模型:

□ APS理论的每一个特有的“面”，即全面生产准备、优化施工程序和规范工作标准，都包含**宏观和微观**两个“层”：

- 宏观层面强调的是**管理与规划**；
- 微观层面强调的是**技术与操作**。



3. 应用APS理论预防维修差错

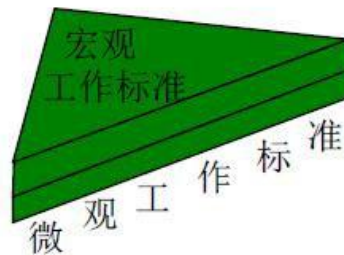
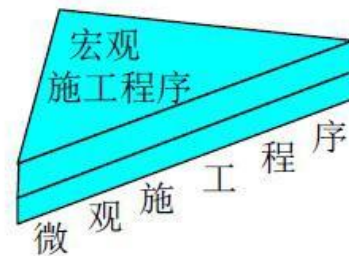
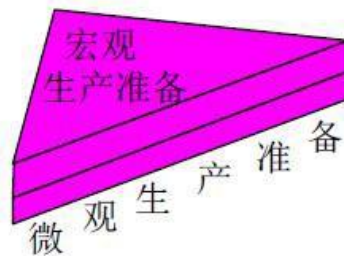
2) APS理论的定义和模型



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) APS理论的模型:

➤ APS理论正四面体模型分层展示:



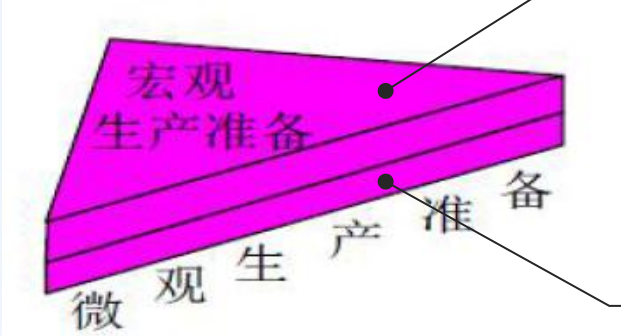
3. 应用APS理论预防维修差错

3) APS理论的内容

(1) 生产有准备：（生产有准备，准备要全面）



A: arrangement
P: Program
S: Standard



特点主要体现在两方面：
① 流程平顺；
② 资源节约。

- 航空器的维修计划
- 维修单位生产能力分析
- 合理的工作分解结构
- 航材计划与库存控制

- 识别安全风险
- 风险源辨识 — 强调完备性
 - 风险评估 — 强调准备性
 - 风险防控 — 强调有效性

- 4M1E
- 人 — 资质/能力、数量、种类、状态
 - 机 — 设备设施的可获得性和可用性
 - 料 — 显：手册工卡提到的；隐：非例行项目预测
 - 法 — 技术文件、手册法规、应急程序
 - 环 — 明确地点 考察条件 (特殊工作) 要求是否满足

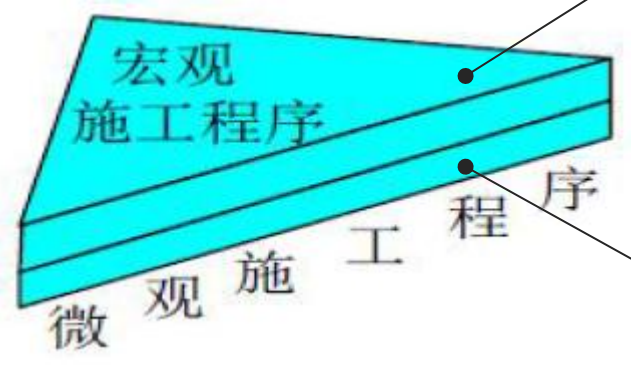
3. 应用APS理论预防维修差错

3) APS理论的内容

(2) 施工有程序：（施工有程序，程序要科学）



A: arrangement
P: Program
S: Standard



解决维修方案和生产计划控制整体优化问题

解决维修任务组合和单个维修项目具体优化问题

- 着重解决两个问题：
- ① 强调执行到位；
 - ② 强调检验复查。

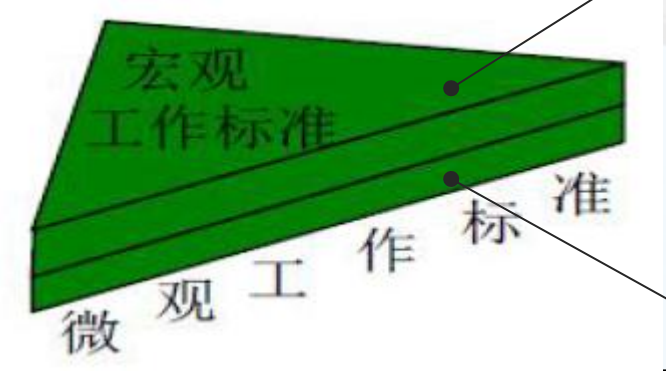
3. 应用APS理论预防维修差错

3) APS理论的内容



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(3) 工作有标准：（工作有标准，标准要规范）



构建现代维修质量管理体系
建立符合自身特点的闭环控制架构

针对具体项目建立强针对性工作标准

- 考虑三个方面：
- ① 已有标准，严格依据执行
 - ② 未有标准，结合实际建立
 - ③ 持续监督工作标准的执行

- 建立标准：手册标准和实践标准
- 贯彻标准：进行统一培训
- 提升标准：根据运行评估的结果和技术进步不断修订

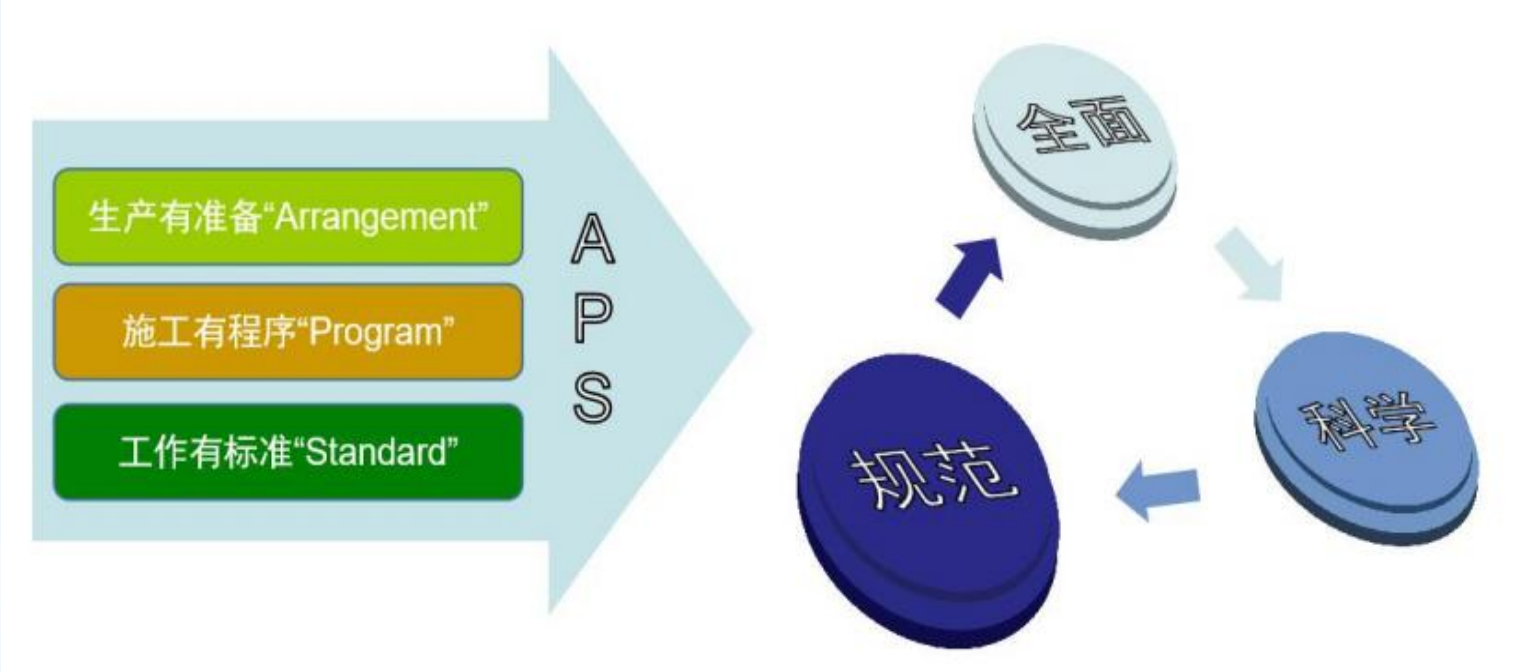
3. 应用APS理论预防维修差错

3) APS理论的内容



A: arrangement
P: Program
S: Standard

➤ **APS 理论内容示意图:**



3. 应用APS理论预防维修差错

4) APS理论的内涵



A: arrangement
P: Program
S: Standard

➤ 总述:

- APS 理论既是一种**理念**，也是一种**模式**，还是一套**标准**。
- APS 理论通过理念、模式和标准这三个梯度来**保证维修安全**。
- 需要强调的是，APS 理论最显著的优势是**从维修实践中凝炼和总结出来的**，通过**实践的检验**是 APS 理论的**天然属性**。

3. 应用APS理论预防维修差错

4) APS理论的内涵



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(1) 宏观：一种理念

- 将 APS 理论看作是一套管理策略应用于**企业的宏观管理**，此时 APS 就是一种理念。
- 理念强调引领性，APS 理念是着眼于维修系统的全局，通过**严格规范行政管理、切实加强工程管理、大力推动科学维修、促进维修平台升级、不断完善基础建设和队伍建设、有效控制维修成本**，实现：
 - ❑ 保障维修安全；
 - ❑ 提高维修质量；
 - ❑ 降低维修成本；
 - ❑ 塑造优秀文化。

3. 应用APS理论预防维修差错

4) APS理论的内涵



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(1) 宏观：一种理念

➤ 做重大决策之前：

❑ 准备工作放在第一步，不做无准备之事；

❑ 在决策过程中严格程序、规范标准，坚决剔除工作中的盲目性和随意性。

➤ APS 宏观管理的一个重大转变是从**结果管理**转向**过程管理**：

❑ 结果管理：时间短、见效快，但不是治本之策；

❑ 过程管理：时间长、见效慢，但能够从根本上解决维修安全问题（注重实施基础性建设，全面涉及工程技术、生产控制、质量和培训等）。

➤ 基于 APS 理念，过程管理和源头管理将是整个维修系统宏观管理工作的发展方向。

3. 应用APS理论预防维修差错

4) APS理论的内涵

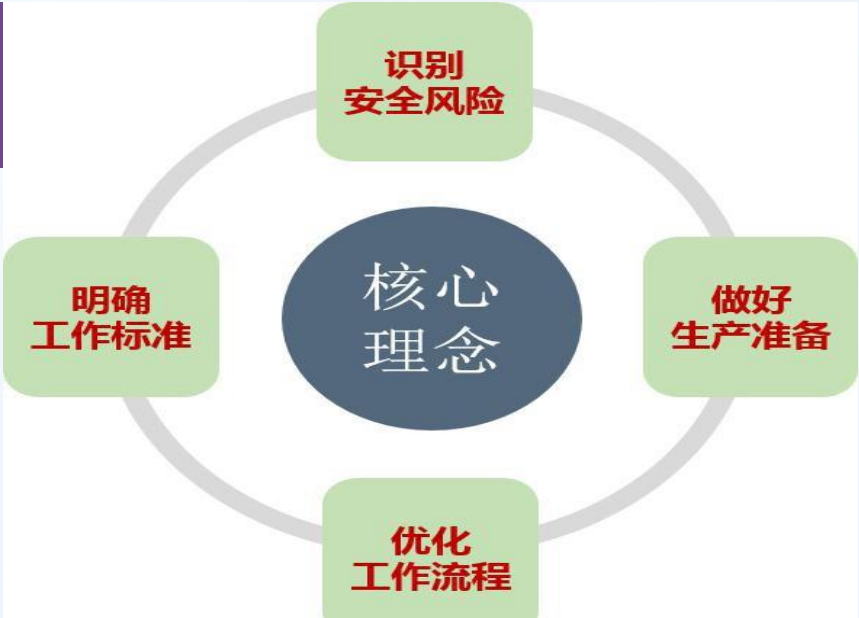


A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) 中观：一种模式

- APS 理论应用于维修系统的中观管理，此时 APS 就是一种模式。
- 模式强调先进性，因此，APS 理论中的模式特别注重先进维修技术、方法和手段在维修工作中的运用。

➢ 通过在中观层面运行 APS 模式，达成 APS 理论核心理念：



3. 应用APS理论预防维修差错

4) APS理论的内涵



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(3) 微观：一套标准

- 将 APS 理论看作是一套作业指南应用于一线维修工作的微观管理，就是一套标准。
- 在微观层面，APS 理论聚焦技术与操作，注重的是明确、具体和与时俱进，这一点主要是通过一系列 APS 施工文件来实现。
- 标准强调可操作性，APS标准是一套指导民航维修实践活动的施工文件通过微观层面的标准化操作，推动：
 - ❑ 健全安全管理，提高持续安全能力
 - ❑ 健全生产管理，提高运行保障能力
 - ❑ 健全质量管理，提高运行可靠水平
 - ❑ 健全技术管理，提高解决问题能力

3. 应用APS理论预防维修差错

4) APS理论的内涵



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(3) 微观：一套标准

- APS施工文件：
 - ❑ 维修技术文件类多容杂，一线维修人员需要掌握各类技术手册、标准施工和安全提示等。
 - ❑ 现行工卡中很多的交叉参考信息，导致工作连续性不佳，工作效率下降，甚至有些人简化程序，凭经验作业，导致发生差错。
 - ❑ “APS 施工文件”就是把技术手册中的防差错措施和积累的维修经验，写入作业指导文件中并且以图文并茂的形式呈现出来。
 - ❑ APS 施工文件不要求固定的实现形式，可以由维修单位根据实际情况采用任意的纸媒、光盘或者电子介质。



787-货舱 PDU 的检查 与更换

APS-2020-787-50-001

批准人：
发布日期：

南航新疆分公司飞机维修基地

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(1) 运行背景

- 贯穿维修任务生命周期的APS作为维修管理运行背景。
- 维修管理运行背景是文化/制度框架，此环境下保障安全运营和经济效益。

- 论据**
- 维修系统应该做的工作
 - 维修系统向维修人员提出的要求
 - 全体维修人员应具备的能力
 - 培养卓越维修人才的自然背景环境

- 考虑**
- 单位是否将APS作为维管运行背景
 - 人员是否把APS当作维修行为指导



3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(2) APS工具

➤ 安全风险管理工作

风险识别、风险分类、风险减缓、风险监测（高风险项目）

➤ 可视化管理

形象直观图表、快速准确传递信息

➤ 6S管理

整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全

➤ 大数据分析

统计和分析，找出内在规律，作为成本控制依据

➤ SDCA

标准化、执行、检查、总结

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(3) 一体化推进

- 设计五个层次的APS:
 - ❑ “点”级 — 与维修业务直接相关的单项工作;
 - ❑ “线”级 — 某任务、某职能常工作中提升维修质量、提高生产效率;
 - ❑ “面”级 — 优化核心维修流程;
 - ❑ “体”级 — 支持维修单位运营绩效持续提升;
 - ❑ “文化”级 — 丰富和充实航空公司。

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(4) 维修信息化

- 引入网络技术，构建**统一的维修系统信息化平台**：
- ❑ 便捷实现维修系统的**信息采集、安全提示、远程录入**以及后方专家系统对一线维修人员的技术、信息支援等功能；
- ❑ 将积累的**宝贵维修经验**数字化、可视化，实现信息互联互通、经验共享；
- ❑ 运用信息化技术缩小不同维修单位之间**维修能力的差距**，促进不同维修业务板块甚至不同航空公司的协同发展，促进 APS 成果在中国民航内的共享共赢。

考虑 目前维修单位的**信息化保障能力能否满足** APS 理论在实际运行中的需求？

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征

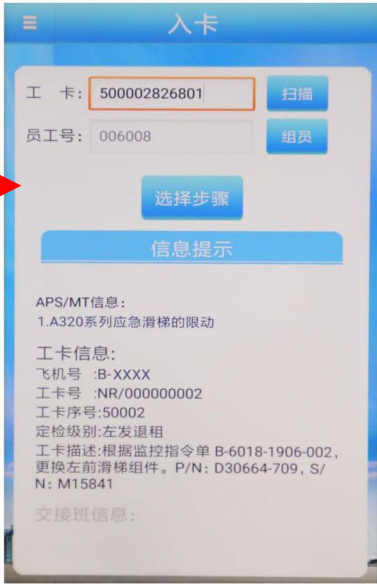


A: arrangement
P: Program
S: Standard

(5) APS施工文件



移动系统主页



例行维护出入卡界面



可以随时访问移动应用:

- 获知自己及班组当天工作任务和工作进度;
- 工作完成后第一时间输入与有关工作内容和工时, 提高了工作效率, 增加了工时数据的准确性和及时性。

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(5) APS施工文件



非例行开卡界面

- 工作者拍照进行故障描述，反应部件异常信息。
- 技术支援组及时响应提供解决方案。
- 实现“故障及时反应方案迅速提供”。



我的飞机界面

直接把工作者需要关注的信息全都整合在一起，把所有需要保障的、即将到港的航班信息都推送给工作者，实现“给到的正是所需要的”。

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(5) APS施工文件

提交

工作清单 交接班本 飞机状态 航前后/短停

工时录入 添加

航班号	飞机号	员工号	工时
CZ3960	B-XXXX	<input type="text"/>	<input type="text"/>
工作类型	航站	放行	
请选择	请选择	N	取消录入

已登记的工时

航班号	飞机号	工作类型	航站	员工号	工时	放行

提交

工作清单 交接班本 飞机状态 航前后/短停

凹坑图

B-XXXX.pdf

排班限制

保留清单

- 保留日期: 2018-12-15
类型: NR NR/000007547 500002489545
描述: 11A座椅调节失效//
完成期限: 2019-04-14
- 保留日期: 2019-01-22
类型: NR NR/000007575 500002563388
描述: 左大翼外侧副翼内侧作动筒1EA插头尾开裂.//LH WING OUTBOARD AILERON ACTUATOR FOUND 1EA CONECTOR TAIL CRACKED.
完成期限: 2019-07-02
- 保留日期: 2019-01-22
类型: NR NR/000007576 500002563402
描述: 客舱OFCR入口附件模块内部左侧门口罩板安装螺丝损坏。数量: 2EA//CABIN OFCR ENTRANCE ENCLOSURE MODULE INSIDE LH DOOR SHROUD INSTALLATION SCREWS DAMAGE. QTY:2EA
完成期限: 2019-07-02

关注飞机列表界面

工作者也可以订制**需要关注的飞机**:

- 方便地查看与此架飞机有关的工卡、交接班本内容、飞机凹坑图、排班限制和保留清单（清晰了解飞机缺陷，便于采取针对性检查限动，及与机组进行飞机技术状态交接）。
- 此外，此模块还提供工时填写、工卡关闭、部件拆装等功能。

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(5) APS施工文件



航材申请界面

- 工作者可以查询库存并完成申请工作。
- 航材仓库收到配送申请后，安排特定的运输车，定时把航材送到工作者附近区域。
- 工作者可实时查询进度，判断航材何时到达以更好地安排工作。
- 航材送达后，选择整单签收或部分签收，对于没有用完的航材，可以通过应用直接申请退库，实现了“维修无缝提速”。

3. 应用APS理论预防维修差错

5) APS理论的运行特征



A: arrangement
P: Program
S: Standard

(6) 运行评估

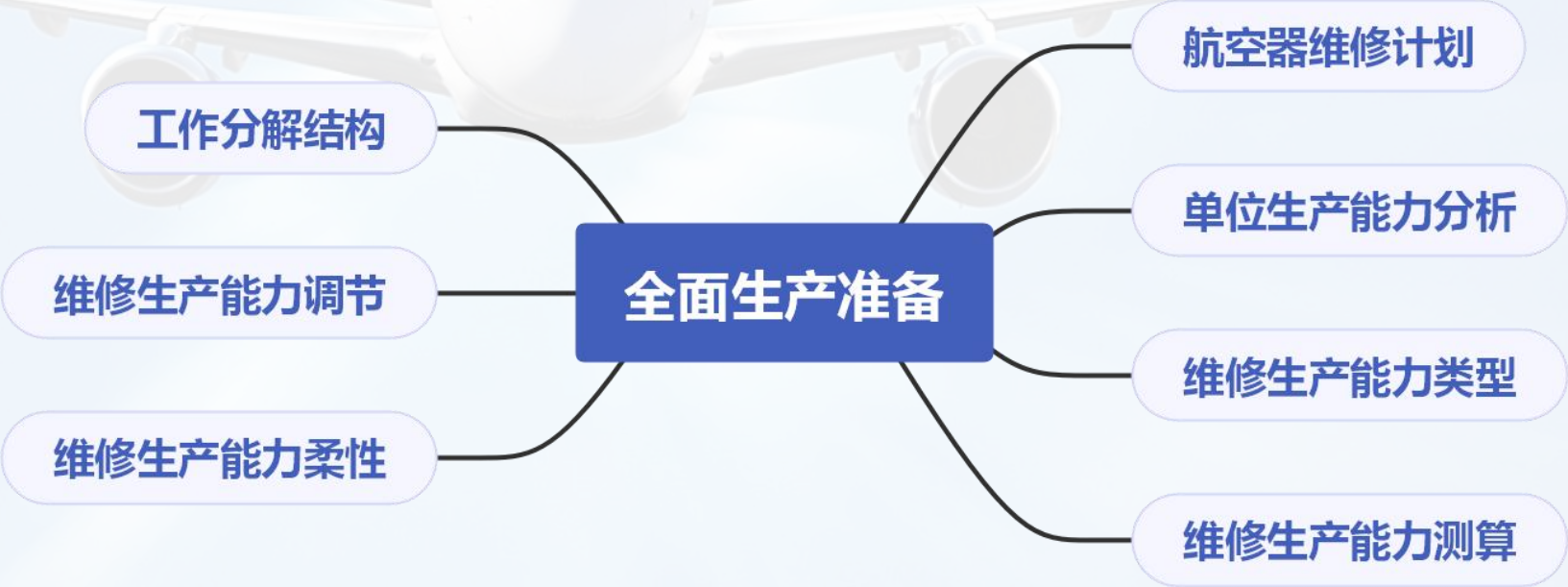
评价方法	“运行背景 工具 一体化推进 维修信息化” 来评价单位
目的	持续改进
评估质量	按五个度量标准
是否达标	通过APS施工文件对APS进展情况进行总体判断
关键作用	确定APS实施效果和达到预期的效率
评估依据	收集数据 总结报告 客户访谈 外部评审 抽样调查
结果反馈	定期向维修人员、职能部门、管理者及利益相关者 反馈

3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法



(1) 宏观层面的全面生产准备:



3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法

(1) 宏观层面的全面生产准备:

① 航空器的维修计划:



- ①航空器的维修计划
- ②维修单位生产能力分析
- ③维修生产能力的类型
- ④维修生产能力的测算
- ⑤维修生产能力的柔性
- ⑥维修生产能力的调节
- ⑦合理的工作分解结构



3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法



(1) 宏观层面的全面生产准备:

② 维修单位生产能力分析:

□ 生产能力定义:

- 在计划期内, 维修单位参与生产的全部固定资产、人力、设备等资源在既定的组织条件下所能生产的产品或提供的服务。

□ 按需求计划与配置生产能力:

- 各级管理者清楚地了解生产部门的生产能力;
- 工作者明白自己应该做的工作量, 乐于接受生产任务。

① 航空器的维修计划

② 维修单位生产能力分析

③ 维修生产能力的类型

④ 维修生产能力的测算

⑤ 维修生产能力的柔性

⑥ 维修生产能力的调节

⑦ 合理的工作分解结构

3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法

(1) 宏观层面的全面生产准备:

③ 维修生产能力的类型:



- ①航空器的维修计划
- ②维修单位生产能力分析
- ③维修生产能力的类型
- ④维修生产能力的测算
- ⑤维修生产能力的柔性
- ⑥维修生产能力的调节
- ⑦合理的工作分解结构

维修生产能力类型

需求能力

飞行总量/
与其他客户修协议

生产工作
机库机位需求

人力设备等
能力需求

查定生产能力

定义

工作单位所具有的
为生产计划和控制部门接受的生产能力

确定能力

- 维修机型种类
- 工作者的技能水平
- 生产作业计划与控制能力
- 生产效率

计划生产能力

定义

计划期内实际可能达到的生产能力

计划

- 已有的近期查定的
- 计划期内需新增的

制定计划考虑市场需求
计划生产能力决定生产规模

设计生产能力

定义

理论上可以达到的最大生产能力

设计

- 维修方案
- 机队规模规划
- 客户送修协议

计算能完成的生产规模

3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法



(1) 宏观层面的全面生产准备:

④ 维修生产能力的测算:

□ 作用:

- 了解和掌握自身的资源情况;
- 发现生产过程中的产能瓶颈和生产裕度;
- 科学合理地制定生产作业计划的前提和基础。

□ 测算方法:

- 以每年所能维修的最高级别飞机修理的架数;
- 用较低级别维修等级的飞机维修数量作当量产品来代表。

- ① 航空器的维修计划
- ② 维修单位生产能力分析
- ③ 维修生产能力的类型
- ④ 维修生产能力的测算
- ⑤ 维修生产能力的柔性
- ⑥ 维修生产能力的调节
- ⑦ 合理的工作分解结构

3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法



(1) 宏观层面的全面生产准备:

⑤ 维修生产能力的柔性:

□ **定义:** 维修生产能力的可达性、转换性和适应性。

□ **影响因素:**

- **柔性机载系统测试设备:** 在购置或制作这些设备时, 要考虑对现有机队的兼容和适应未来机队和机型的变化。
- **柔性维修人员:** 维修单位的维修人员专业划分要粗, 并且尽量放宽对机型的限制。

- ①航空器的维修计划
- ②维修单位生产能力分析
- ③维修生产能力的类型
- ④维修生产能力的测算
- ⑤**维修生产能力的柔性**
- ⑥维修生产能力的调节
- ⑦合理的工作分解结构

3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法



(1) 宏观层面的全面生产准备:

⑥ 维修生产能力的调节:

- ①航空器的维修计划
- ②维修单位生产能力分析
- ③维修生产能力的类型
- ④维修生产能力的测算
- ⑤维修生产能力的柔性
- ⑥维修生产能力的调节
- ⑦合理的工作分解结构

维修生产能力调节

调节必要性

市场变化影响需求，不断调整

利用航材库存和支持车间

提前备件，缩短周期

支援车间有资质人手在生产线上工作

利用外部资源

内部整合或外雇人员

外借设备

建设异地生产线（机库）

3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法



(1) 宏观层面的全面生产准备:

⑦ 合理的工作分解结构:

- **定义:** 工作分解结构WBS是以飞机为对象的树形层次结构, 是生产计划、技术管理、航材供应、人力资源计划、生产作业控制等管理基础。
- **分解原则:** 考虑本单位人员、飞机机身结构检查、系统功能测试、区域检查、无损检测等技术性因素, 针对不同的检修等级, 使用不同的工作分解结构方法。
- **分解方法:**
 - 按任务和工作区域划分的WBS;
 - 同一个工作区域内/系统功能校验→交给一个/一组人员。

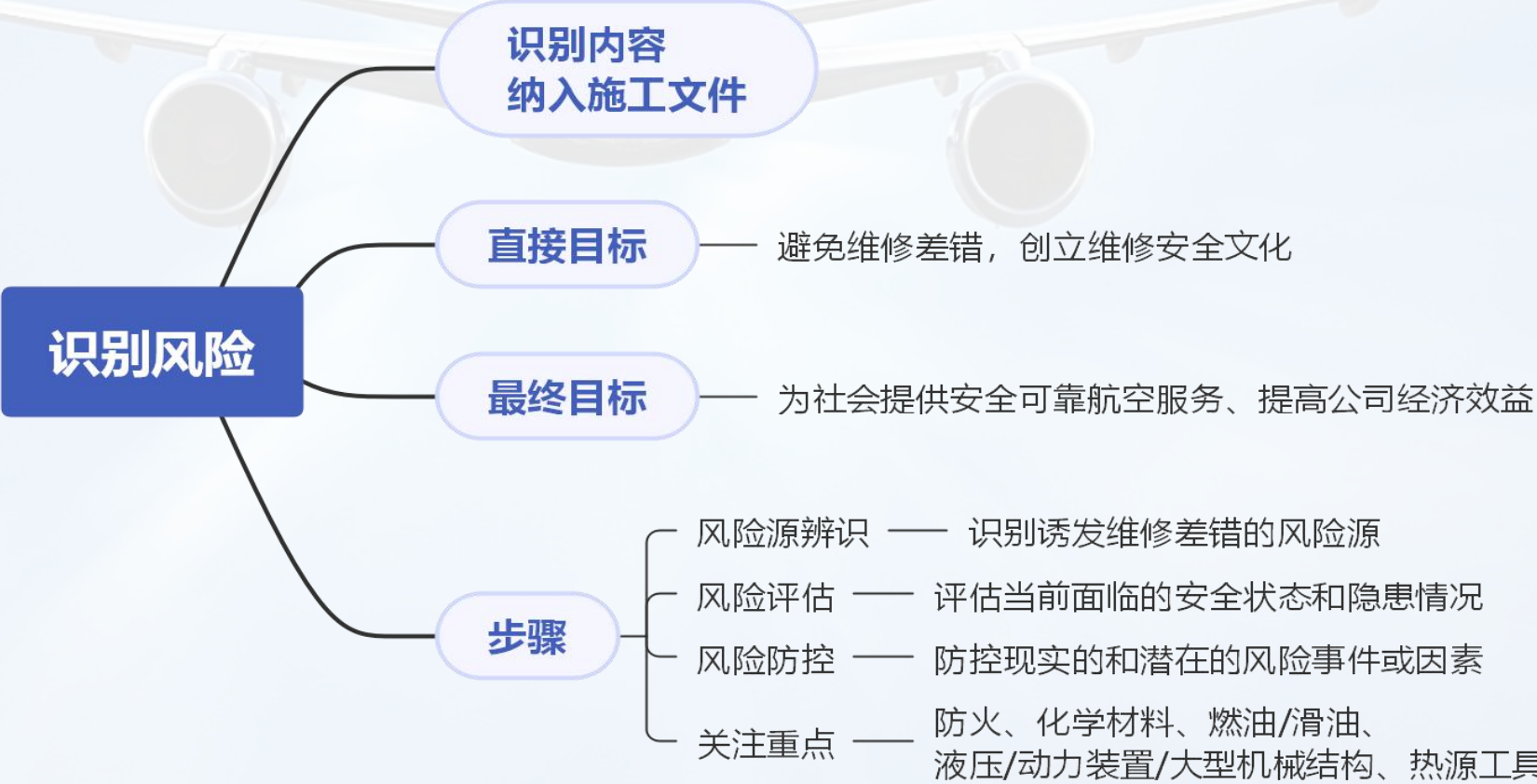
- ①航空器的维修计划
- ②维修单位生产能力分析
- ③维修生产能力的类型
- ④维修生产能力的测算
- ⑤维修生产能力的柔性
- ⑥维修生产能力的调节
- ⑦合理的工作分解结构

3. 应用APS理论预防维修差错

6) 全面生产准备的实施方法

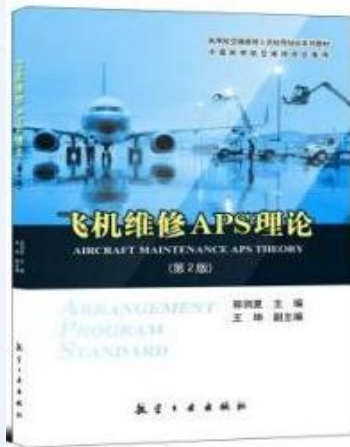


(2) 微观层面的全面生产准备:



3. 应用APS理论预防维修差错

7) 科学施工程序的实施方法

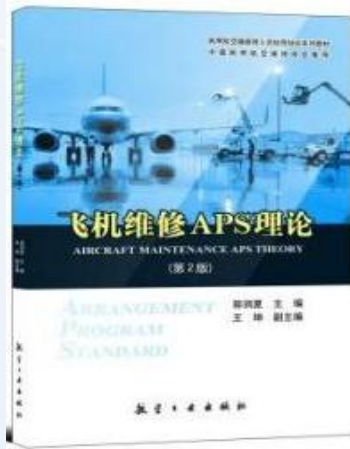


(1) 宏观层面的科学施工程序：

- 旨在：解决维修方案和生产计划控制的整体优化问题。
- 维修方案优化的主要问题——维修成本：
 - 维修方案包括航线、系统、发动机、结构和区域维修大纲；
 - 维修成本来源于以上大纲中的维修项目+处理执行例行项目时所发现的缺陷和偏差所发生的成本。
- 维修方案优化模型：对维修方案动态管理和优化，降低维修成本。
- 维修方案优化模型原则：遵循安全性原则和经济性原则。
- 利用改变维修间隔对维修方案实施优化：虽工作量大，但对维修成本影响非常明显。

3. 应用APS理论预防维修差错

7) 科学施工程序的实施方法

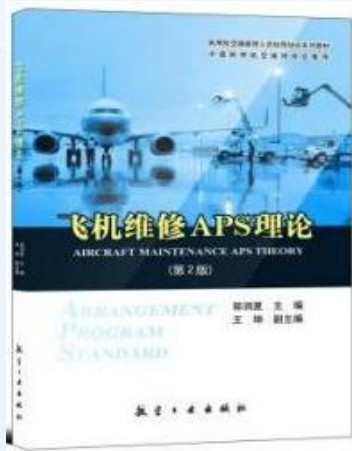


(2) 微观层面的科学施工程序:

- 针对某一具体的维修项目，改进单个维修项目的施工程序。
- 通过合理安排工序、时序可以有效减少维修过程中因人员、资源冲突所造成的浪费，避免维修差错。

3. 应用APS理论预防维修差错

8) 规范工作标准的实施方法



(1) 宏观层面的规范工作标准:

□ 主要指的是构建现代维修质量管理体系。

① 质量管理概念:

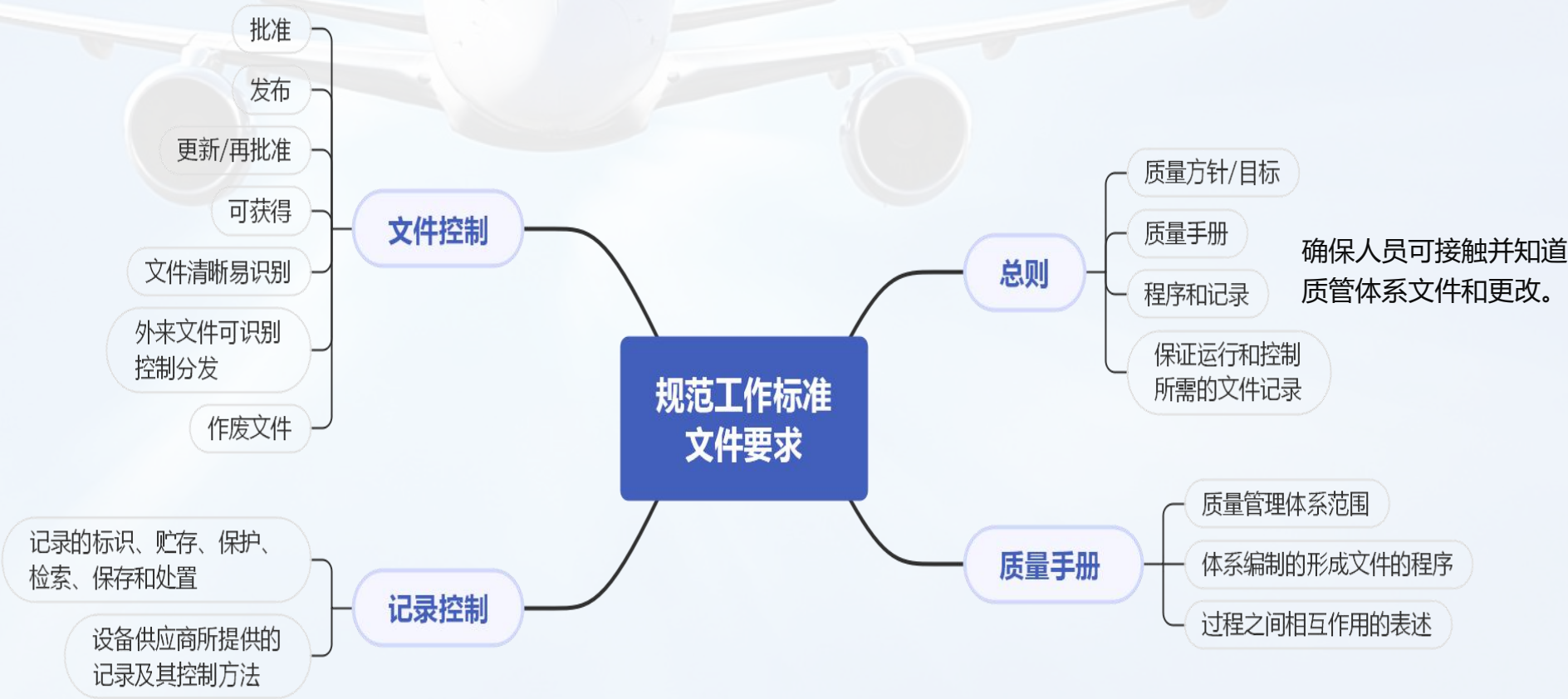
- **总纲:**维修单位建立质量管理体系, 形成文件, 加以实施和保持, 并持续改进有效性。
- **文件要求:** (见下页)

3. 应用APS理论预防维修差错

8) 规范工作标准的实施方法



(1) 宏观层面的规范工作标准:



3. 应用APS理论预防维修差错

8) 规范工作标准的实施方法



(2) 微观层面的规范工作标准:

① 重点实现三个方面的目标:

- ❑ 对**已明确标准**的维修工作（工作单卡、AMM 手册等）严格按标准施工、执行到位；
- ❑ 对**尚未明确标准**的维修工作，需要结合实际研究建立标准；
- ❑ 需要**持续监督工作标准**的执行情况，避免引发人为差错或等级事件。（**APS核心问题**和**维修安全管理的核心目标**）

② APS 强调检验复查:

- ❑ 对于容易重复发生等级事件的**高风险维修项目**；
- ❑ 要求设定**监督复查环节**，让授权人员进行复查验证。

3. 应用APS理论预防维修差错

8) 规范工作标准的实施方法



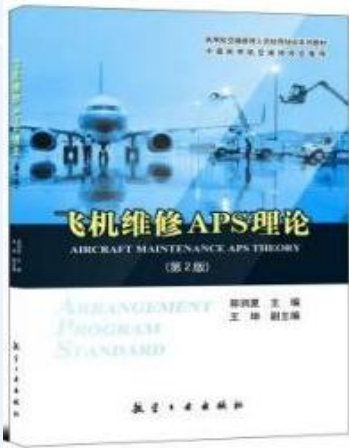
(2) 微观层面的规范工作标准:

序号	科目	施工标准
1	人员资质	进入驾驶舱工作者要参加过机型培训, 有机型授权
		参与顶飞机的工作者要参加过相关培训, 有相应上岗资格
		使用力矩的工作者要参加过相关培训, 有相应上岗资格
		紧固件保险的工作者要参加过相关培训, 有相应上岗资格
2	现场管理	顶升飞机时, 飞机稳定不会移动, 禁止车辆作业, 撤廊桥或登机梯
3	风速限定	顶升飞机注意限定风速, 风力超过六级禁止顶升飞机更换机轮或刹车

以A320
刹车毂更换为例

3. 应用APS理论预防维修差错

8) 规范工作标准的实施方法



以A320
刹车毂更换为例

(2) 微观层面的规范工作标准:

序号	科目	施工标准
4	施工标准	对刹车毂进行放气测试或者对快卸接头打保险时戴护目镜
		施工前对受影响的系统解除工作后要挂警告牌, 防止意外发生
		严格按照规定使用化工品, 在使用过程中注意人身安全
		由于刹车毂较重, 在拆卸安装运输过程中注意人身防护
		禁止在工作中同时拆装两个机轮, 防止千斤顶突然失效造成事故
		由于刹车毂较烫, 在施工中防止烫伤
5	工作记录	正确签署飞行记录本及时录入ME系统

小结（4H）：

- 维修系统运行水平的度量标准；
- APS理论的定义和模型，各方面之间的关系；
- APS理论的主要内容及内涵；
- APS理论的运行特征；
- APS全面生产准备的实施方法；
- 科学施工程序的实施方法；
- 规范工作标准的实施方法。



4. 典型案例分析

4. 典型案例分析

1) 机务维修典型案例归类与分析



(1) 事件基本分类及所占比例:

事件类型	数量	比例	事件类型	数量	比例
刮碰飞机	199 起	42.1%	遗留吸入外来物	12 起	2.5%
错误拆装	62 起	13.1%	误动电门/手柄	9 起	1.9%
误放滑梯	49 起	10.4%	机坪违章运行	6 起	1.3%
漏拔销子/管套	35 起	7.4%	着火冒烟	5 起	1.1%
工具丢失	30 起	6.3%	加错油液	4 起	0.8%
漏检漏项	23 起	4.9%	AD/时控件超期	2 起	0.4%
违规放行	21 起	4.4%	导航数据库过期	1 起	0.2%
人身伤害	15 起	3.2%			

2005-2015 (473起) 维修案例分析

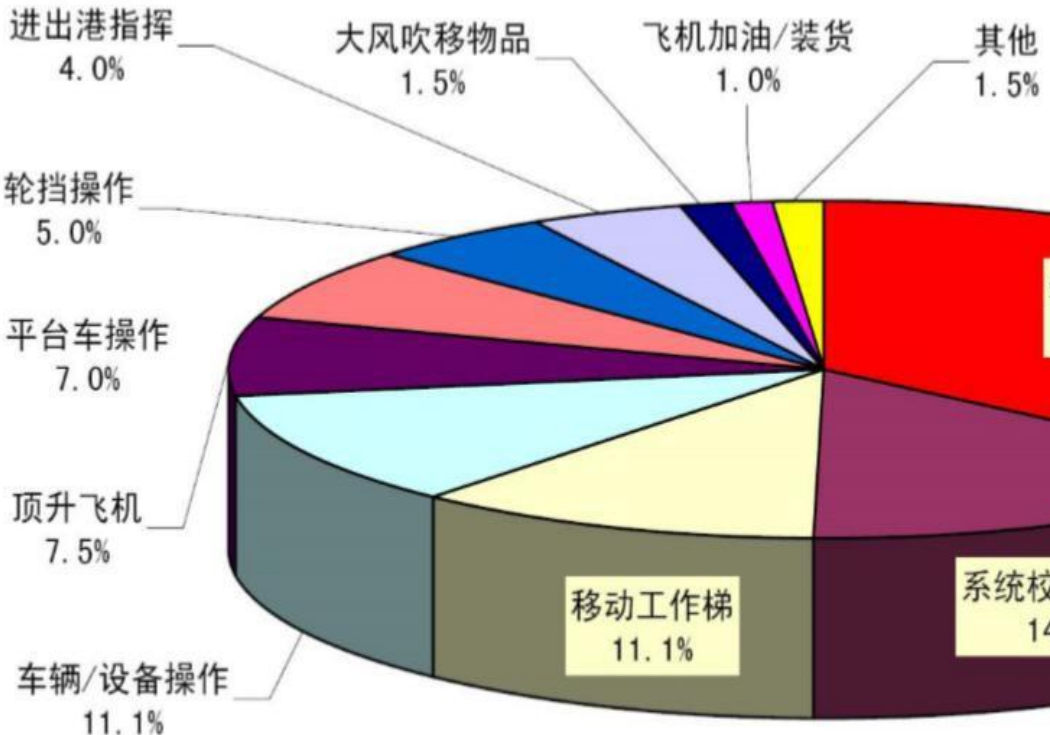
4. 典型案例分析

1) 机务维修典型案例归类与分析



- ①刮碰飞机
- ②错误拆装
- ③误放滑梯
- ④漏拔销子/管套
- ⑤工具丢失

(2) 事件分析:



473 起事件中，刮碰飞机事件 199 起（占事件总数 42.1%），数量最多。

刮碰飞机比例

4. 典型案例分析

1) 机务维修典型案例归类与分析



(2) 事件分析:

- 473 起事件中，错误拆装事件 62 起（占事件总数 13.1%），仅次于刮碰飞机事件：
- 80.6%（50 起）的**错误拆装案例**被定性为**差错（含）以上等级事件**，包括：
 - 8 起错误拆装引发的人为原因空停**事故征候**；
 - 1 起空调管路卡箍错装引发客舱释压**严重事故征候**；
 - 1 起通用飞机副翼钢索装反的**飞行事故**。

- ①刮碰飞机
- ②**错误拆装**
- ③误放滑梯
- ④漏拔销子/管套
- ⑤工具丢失

错误拆装	连接件未固定	装错部件	管路/插头接反	封圈装错/漏装	漏装部件	其他
累计 62 起	29	13	7	6	5	2
	46.8%	20.9%	11.3%	9.7%	8.1%	3.2%

错误拆装典型案例统计与分析

4. 典型案例分析

1) 机务维修典型案例归类与分析



(2) 事件分析:

- 473 起事件中，误放滑梯事件有 49 起，占总数的 10.4%，其中：
 - ❑ 航线运行中发生 22 起（占 44.9%）；
 - ❑ 航线排故中发生 12 起（占 24.5%）；
 - ❑ 定检维修中发生 15 起（占 30.6%）。
- ❑ 分析原因，有以下特点：
 - 清楚操作程序，但在实际工作中误操作；
 - 不清楚操作程序，违章盲干；
 - 排故或定检中未采取隔离措施；
 - 未按要求插入安全销。

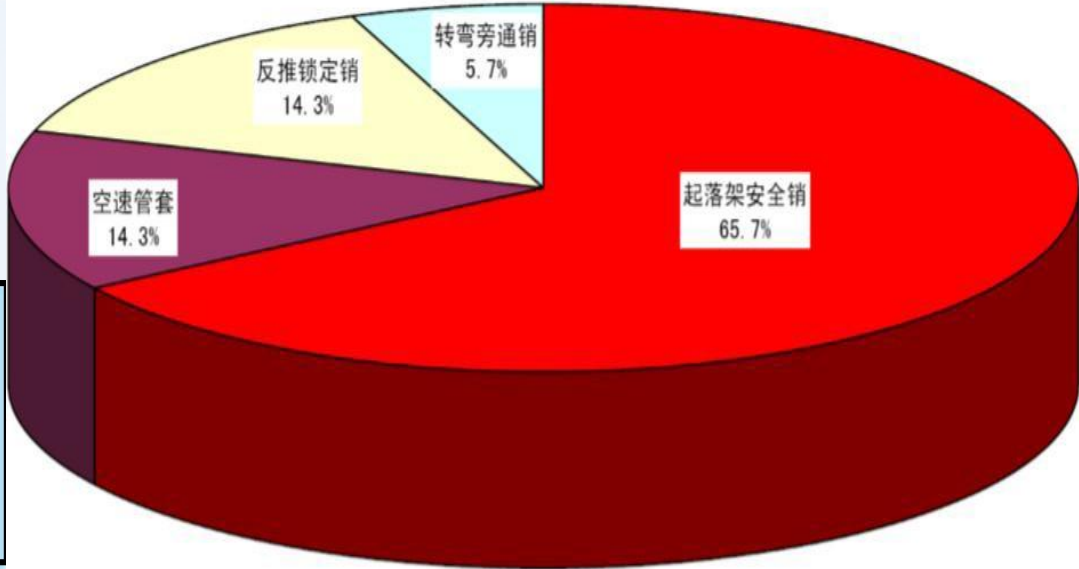
- ①刮碰飞机
- ②错误拆装
- ③误放滑梯
- ④漏拔销子/管套
- ⑤工具丢失

4. 典型案例分析

1) 机务维修典型案例归类与分析



(2) 事件分析:



- ①刮碰飞机
- ②错误拆装
- ③误放滑梯
- ④漏拔销子/管套
- ⑤工具丢失

473 起事件中，漏拔管套/销子事件有 35 起（占总数的 7.4%），在此类案例中 85.7% 的事件被定性为**差错（含）以上等级事件**。其中：

- 漏拔**起落架安全销** 23 起；
- 漏拔**空速管套** 5 起；
- 漏拔**反推锁定销** 5 起；
- 漏拔**转弯旁通销** 2 起。

漏拔管套/销子统计

4. 典型案例分析

1) 机务维修典型案例归类与分析



(2) 事件分析:

- 473 起事件中，丢失工具事件有 30 起（占总数的 6.3%），其中 3 起工具遗留在主轮舱内飞行被局方定性为**事故征候等级事件**。
- **丢失工具种类**：极其容易丢失的是**解刀、手电**，分别占总数的 33.3%和26.7%。
- **丢失工具原因分析**：
 - **现场管理混乱，不使用工具托盘，工具随意放置**。尤其在发动机、起落架、操纵系统区域工作，如果将工具随意放置，极其容易造成后果严重的等级事件。（7 起工具遗留在轮舱、外涵道、附件舱区域）
 - **未执行工具三清点，尤其是工作现场转移**。
 - **工具交接不清**。

- ①刮碰飞机
- ②错误拆装
- ③误放滑梯
- ④漏拔销子/管套
- ⑤**工具丢失**

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关事故症候和事故

(1)



1990年6月10日 伯明翰机场飞至西班牙马拉加



BAC1-11飞机，稳定爬升到17300英尺时，剧烈爆炸声，机身充满浓烟，快速释压。驾驶舱风挡爆裂，机长部分身体从裂口处被吸出到机外。驾驶舱门被吹到驾驶舱，副驾重新控制飞机，快速下降至飞行高度层，副驾操纵飞机安全降落。

➤ 经检查确认，左侧风挡是在飞行前更换的，固定风挡的螺栓中有84个比规定的直径小。



➤ 6月8日，夜班值班经理刚休息了4天，这是他在5周中的第一个夜班。

➤ 值班经理发现任务重，是班上唯一持照的维修人员，他必须担当维修、分派工作和帮助其他维修人员的任务，为了使飞机交给清洗组清洗，值班经理决定自己更换风挡。

➤ 凌晨三点，他没有戴眼镜查阅手册中更换风挡程序，虽然他已有两年没有更换过风挡，但在简单地查阅手册后，他相信这是一项简单的工作，不要求做压力检查或重复检查。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关事故症候和事故

(1)



- 卸下风挡，某些螺栓已损坏要更换。在紧固件货架处**光线很暗**，而且**标签已破损**。他知道件号，但**只是将新旧螺栓放在一起对比**尺寸便认定这是正确的尺寸。他取了 84 只这种螺栓和其它长螺栓返回飞机，他**没有注意到所拿的螺栓比他卸下的螺栓略细**。
- 用于安装风挡的专用**扭矩扳手没有经过校准**，在**没有其他可用工具的情况下**，值班经理要求仓库领班将这只未经校准的工具设定在 20 磅英寸，随即开始安装这些螺栓。
- **关上的机库门使工作梯只能放在机头的侧面**，这使他在安装时无法看到螺栓，仅能**凭借感觉**。他没有发现螺栓装配到位后埋头比正常的**要低**，这在正常情况下是很容易看清的。他自己完成了工作并签了字。
- 两天后，飞机飞到 17300 英尺高度，突然一声巨响，机长面前的风挡脱落。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症侯和事故

➤ **此案例维修人员有以下违规行为：**

- 习惯性违规
- 处境违规
- 乐观性违规

➤ **此案例维修人员违反人为因素的“十二条陷阱”条款中的：**

- 时间压力
- 骄傲自满
- 缺乏警觉
- 资源不足
- 不良的惯例

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关事故症候和事故

(2)



2000年4月17日



B747飞机起飞速度达到V1时，3号发动机出现火警，其主要仪表指示错乱，而且油门操纵不动，机组人员对该发动机采取灭火、停车措施，使飞机安全返航。



- 经检查发现，由于维修人员在4月15日查找3号发动机金属碎片而执行工作指令时，**错误地断开三通活门反推气源管，并忘记复原**，导致飞机在4月17日飞行中高温高压气体从该处喷出，造成火警，烧坏了附近的导线，使仪表指示错乱，发动机马鞍架损坏，油门操纵钢索特氟隆衬套被烤熔将钢索粘结，油门不能操纵。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症候和事故

(2)



- 4月15日, 6名夜班人员, 负责完成EO和排故。为便于启动APU引气检查, 需将飞机调转180°。利用等待飞机拖车的时间, 凭个人对第3项“拆开反推三通活门的气管, 检查是否有金属碎片并取出”的理解(工作指令没有提供相关的参考资料或附图), 错误地断开了反推供气管, 并将拆下的固定卡环搭在气管上。
- 30分钟后拖车到场, 工作被中断, 调整飞机到位后, 6人继续工作。该维修人员在工作中断后未进行标识或记录, 因此忘记复原拆卸过的管路接头。
- 人员之间缺乏交流沟通, 错误断开管路接头, 其他人都不知道。分工不明确, 造成有2名机械员同时完成第3项工作。公司手册规定, 执行人员和检查人员分别签署。
- 此次事故就是因为工作执行人员尚未签署, 检查人员就签署, 失去了回顾的机会。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事件症候和事故

➤ **此案例维修人员有以下违规行为：**

- 习惯性违规
- 乐观性违规

➤ **此案例维修人员违反人为因素的“十二条陷阱”条款中的：**

- 沟通不良
- 骄傲自满
- 分心
- 缺乏警觉
- 资源不足
- 不良的惯例

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事事故症侯和事故

(3)

1988年4月



度
骂
速
起
是
知
虽
两
查



4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症侯和事故

➤ **此案例维修人员有以下违规行为：**

- 习惯性违规
- 乐观性违规

➤ **此案例维修人员违反人为因素的“十二条陷阱”条款中的：**

- 沟通不良
- 骄傲自满
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症侯和事故



2000年8月5日 出厂试车



MD90-30飞机2C检出厂试车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，各液压管路和附件无渗漏。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日对左发压气机检查，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。



- 7月21日，执行2C检。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。值班组长带领小组于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，进行操纵系统功能试验时，工作人员对驾驶舱检查未发现任何警告标识。确认各操作面无人和障碍物后，电动泵对液压系统增压。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。**

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症侯和事故

(4)



- 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。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症侯和事故

➤ **此案例维修人员有以下违规行为：**

- 习惯性违规
- 处境违规
- 乐观性违规

➤ **此案例维修人员违反人为因素的“十二条陷阱”条款中的：**

- 沟通不良
- 缺乏专业知识
- 分心
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事事故症侯和事故



2001年6月4日 APU滑油箱盖子未盖



B737短停，机务发现APU底大量滑油，打开APU罩子发现APU滑油箱盖子未盖。



- 6月3日航后，检查该机发现APU滑油箱盖子密封圈损坏，需要更换。
- 当时两名机械员在原地等待查件结果，想到处理完这个故障后就可以下个早班了，非常高兴。因为5月份以来几乎每次都是通宵加班，非常疲劳，迫切希望下个早班。
- 当得到航材无件的消息后，两人根本没有意识到滑油箱盖子还没有盖上，
- 也没有按维护手册的要求进行检查，就一起罩上APU罩子，然后盖上APU外部盖子。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关事故症候和事故

➤ **此案例维修人员有以下违规行为：**

- 习惯性违规
- 处境违规
- 乐观性违规

➤ **此案例维修人员违反人为因素的“十二条陷阱”条款中的：**

- 分心
- 疲劳
- 紧张压力
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症候和事故



1999年3月24日 修理不当：驾驶舱紧急逃离门打不开



B747SP航前通电，发现机组紧急逃离门打不开，两人拉不开。工作人员认为事情严重不放行。后拆下此门发现门边缘四周被黑色胶粘死，清除胶后故障排除，飞机放行。



- 2月12日，该机因机组逃离门漏气更换封严条；
- 16日，机组报告逃离门处漏气客舱增压上不去，航后检查，发现封严条不好，机务检查并清洁了封严条和门框；
- 后续8天飞行中，机组仍反映漏气，根据指令重新对门的封严条和齿板进行调节并在封严条周围涂 BMS5-95 胶，进行增压试验，未发现漏气；

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事事故症侯和事故

(6)



- 后续2天的飞行中还是有漏气，当班中队长为保证航班正常，在**没有技术文件依据、临时使用 A/N51272431GRY 封严胶带对逃离门进行封严。当班检验员考虑到此胶带为永不固化胶且粘性不大**，故同意临时使用。封严后反复进行调节，开关逃离门试验正常，并通知机务进行观察。
- 3月1日航班后没有反映逃离门漏气。由于完成临时处理后，**没有按规定填写地面故障单，TLB 上也没有做出任何说明，MCC 没有及时安排临时处理后的排故工作，QC 检验员没有很好地监督落实该临时处理措施的最终纠正情况**，使故障没有在飞机回基地后及时彻底排除，从而导致了3月24日执行航班时出现紧急逃离门打开困难的故障。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症侯和事故

➤ **此案例维修人员有以下违规行为：**

- 习惯性违规
- 处境违规
- 乐观性违规

➤ **此案例维修人员违反人为因素的“十二条陷阱”条款中的：**

- 沟通不良
- 缺乏团队合作
- 资源不足
- 时间压力
- 缺乏主见
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症侯和事故

(7)



2000年3月9日 检查/测试/故障隔离欠妥：飞机排故过程释放 APU 灭火瓶



- 早班交接时反映 APU 舱内的火警探测线有磨损，接班人员检查没有发现火警探测线有磨损，手册要求，在拆 21WG、22WG 两个火警探测线的电插头时，要将火警控制器的跳开关拔出，但是**工作人员未做这一步**。
- 晚班人员接班，中班人员向晚班人员口述了排故中所做的工作，但**没有提醒在没接好 21WG 电插头前不能动 APU**。
- 机务人员想起动 APU 检查引气管路是否渗漏，这时 APU 火警灯亮，警告喇叭响，经检查发现 APU 灭火瓶已自动释放。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关的事故症候和事故

(6)



- 排故过程中**没有严格执行手册程序**，接班人员**没有认真**阅读手册，在 APU 环路火警探测线拆装程序里提示，当断开 21WG、22WG 电插头后，必须把火警探测器的跳开关拔出，**他们没有拔出此开关**。因为手册中提示，如果 A320 飞机处于地面状态，当接通主电瓶时，电瓶汇流条向火警控制器供电，火警自动释放电路就会作动，释放灭火瓶。
- **技术知识不全面，凭经验办事**，在考虑问题时，他们只想到波音飞机在空中状态时才会释放灭火瓶，在地面状态不会释放灭火瓶，没有意识到 A320 飞机在地面状态时也会释放灭火瓶，**混淆了 A320 飞机与波音飞机构造上的区别**。

4. 典型案例分析

2) 与人为因素/人为差错有关事故症候和事故

➤ **此案例维修人员有以下违规行为：**

- 习惯性违规
- 乐观性违规

➤ **此案例维修人员违反人为因素的“十二条陷阱”条款中的：**

- 沟通不良
- 骄傲自满
- 缺乏专业知识
- 缺乏团队合作
- 缺乏警觉
- 不良的惯例

小结 (3H) :

- 维修典型案例的归类及分析;
- 与人为因素/差错有关的事故症候和事故, 案例分析。



感谢聆听，欢迎指正