

出国考察技术总结报告

西德的故障分析技术
与研究机构

7

航天工业部第七〇七研究所

一九八三年



出 版 说 明

北京材料工艺研究所应西德金属学会秘书长舒玛黑博士的邀请，派出代表小组参加该学会一九八二年六月在奥地利 VILLCH 城举行的大型学术会议。

会议代表近 400 人，主要来自西德和西欧德语区国家，中、苏、美、日、印和瑞典的代表应邀参加。会议共发表了 136 篇论文，涉及内容有材料的相组成研究、机器制造故障分析系统、金属的熔化与凝固、金属的织物、金属的断裂与塑性、金属的力学性能、金属的表面与界面、电子技术的金属学问题。会后代表小组在西德参观了慕尼黑阿连兹故障分析中心 (AZT)、发动机公司、西门子公司、汉诺大学材料研究所、下萨克森州的材料检验研究所等单位。

通过会议和考察，代表小组对西德的故障分析研究工作有了较深的了解，故障分析研究工作是一门较新的学科，为了提高产品的质量和可靠性，探讨故障产生的原因，研究防止故障出现的措施，对于生产和安全具有重要的意义。代表小组根据参加会议和考察的收获，仅就故障分析技术写出了技术总结报告，现编辑出版供有关同志参阅。

西德的故障分析技术与研究机构

李士俊 石勤敏

西德从事故障分析研究的单位大体分为三种类型：一类是商业化的专门从事故障分析的研究机构，如阿连兹技术中心（AZT）；另一类是公司对自己的产品进行故障分析的研究试验室；第三类是大学的材料研究所。除进行基础性研究外，也承担委托单位的故障分析任务，如汉诺威（Hannover）大学材料研究所等。

一、故障分析技术

（一）故障分析的意义

高效率的机器和设备是近代技术发展的标志，为了更好地、更经济地使用这些机器和设备，要求所有零部件都具有高可靠性。人们不希望出现故障，因为机器出现故障，不仅是个安全性、可靠性问题，而且还浪费人力、原材料和能源。但是故障又是不可避免的，技术的可靠性不可能100%。为了探讨故障产生的原因，研究防止故障出现的措施，提高设备的可靠性，因而故障分析工作具有非常重要的意义，故障分析可以在以下几个方面起到很好的作用^[1]。

1. 故障分析有利于材料的发展

机械设备在实际工作中通过故障暴露出材料的弱点，但是在许多情况下又不允许更换材料，只有克服所暴露出的弱点才能使用。这就促使对所用材料作进一步研究，通过研究使许多材料的性能得到改进，又进一步扩大了用途。例如，众所周知的不锈钢的晶向腐蚀倾向，是由于晶界析出碳化物而导致焊缝不致密，通过降低含碳量和用Ti与Nb来稳定碳，便可消除这个问题。

2. 故障分析有利于改善设计和制造

一般出现故障往往与设计不合理有关，例如设计形状不好，容易引起应力集中；焊缝设计不好或接头形式选择不良也会引起应力集中；材料的状态使用不合理、材料选错了或加工方法不对头，都会影响材料的性能。通过故障分析可以对这些问题提出改进措施。

3. 故障分析有利于质量控制

一个工厂内部的质量控制可分为三个方面，第一是检查有关产品的质量，例如原材料、半成品、零件和辅助材料的质量；第二是控制生产过程，包括所有工序间的中间产品

质量、机器的质量和工装的质量等；第三是最终检验（总装检验和出厂检验）。故障分析的反馈必须和质量控制系统尽可能紧密结合，故障分析必须指出质量监督的薄弱环节。

4. 故障分析可对正确维护和使用仪器设备提供依据。

(二)故障产生的原因

故障产生的原因很多，Crafen^[2]把它分为以下三大类：

1. 生产中的错误

生产中的错误有设计和结构的错误、选材错误、热处理缺陷和加工缺陷等。

2. 运转中的错误

设备在运转中引起故障的原因有腐蚀、磨损、老化、过负荷和外来物的影响等。

3. 使用和维护的错误

Schiiller^[4]把机器和设备产生故障的原因归纳为四个方面：

(1) 设计中的错误；

(2) 材料在生产中的缺陷；

(3) 机器在制造中的缺陷；

(4) 机器在运转中的错误。

图1给出了这四种缺陷的基本类型，这些缺陷在故障中可以单独起作用，也可以与其它因素同时起作用。



图1 缺陷的基本类型

(三)利用材料学的准则推导故障机理和故障产生的原因

故障出现的形式包括从简单结构件的功能受到损坏到全设备总体的破坏。故障可能是由于设计、制造和运转过程中产生的各种错误造成的,在进行故障分析时,对每个特殊的研究对象,根据其结构件、组合件和设备不同,所需要的专业知识也不同。而在实际研究中,总要引入材料学的知识,材料学在故障分析中占有重要的地位,因为材料在机器设备工作时,常常作为过载信息的传递者,在许多故障案例中,有可能仅仅通过材料研究就能找出产生故障的原因。

1. 材料过载是引起故障的原因

由于设计不断地对材料性能提出更高的要求,因而选择材料便成为工程中一个中心问题。设计者对所用材料提出耐久的机械载荷,耐腐蚀、耐高温和承受复杂载荷的要求,与之相对应的就是看材料的性能数据是否能满足这些要求。一般说来,只要材料在技术上能够满足这些要求,在确定选用哪种材料最合适时,还要考虑经济问题以及制造和运转情况,这样就给选材提出了许多要求(如图2所示)。

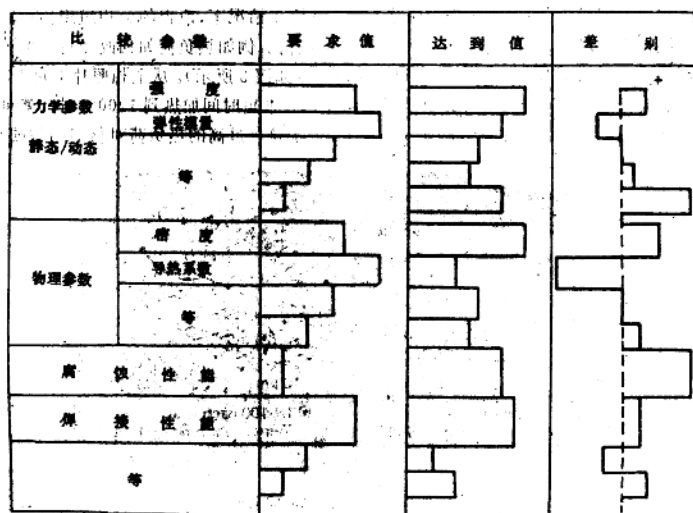


图2 设计对材料的要求与材料性能比较

当设计要求的性能与材料的性能完全一致,设计的零件能有效的工作时,就给零件无故障工作提供了基础。只有在使用过程中产生过载或材料的性能降低,才会使应力超过材料承载能力,这样就可能产生故障。由此可以得出结论,每个零件产生故障都是由于材料所受的载荷超过了材料的承载能力。因此,致使零件产生故障的应力是由机械载荷、热载

荷、腐蚀及综合载荷而引起的。故障按什么样特殊的机理扩展，是由载荷的特征或过载的总数决定的。由此可以得出结论，即每个故障首先在材料学上能够找到一个产生的机理，这个机理完全与缺陷无关。故障分析的目的就是研究由缺陷引起的故障机理和产生过载的原因。

在进行故障分析时，必须获得产生故障的应力参数和探讨过载引起的缺陷。分析时，还可利用制造者或者使用者提供的资料。因为故障是预先不知道的缺陷引起的，有必要找出典型的故障特征，以推断故障机理及产生故障原因，这里首先应该考虑的是单独用材料学的研究就能确定故障产生的机理。

2. 故障机理的调查

通过材料学的观察，探讨故障产生的机理有以下根据：每个故障过程可以定义为一个单独结构件或一个复杂系统对于由应力引起功能损坏或功能失效的反应，也就是所有作用在结构件上的过负荷在材料上都会产生特殊反应，然而只有少量应力在材料上造成可逆反应，其余大部分都使材料发生变化，即由过负荷引起故障时，不仅对材料的特性值有影响，而且对材料的金相图也有影响，将其与典型故障特征照片对比，就可确定材料的变化。

查找材料的变化，使用的是金相研究方法。在许多情况下，取得的金相组织损伤图与典型的组织损伤图对比，就可直接得出零件所受的载荷。例如热负荷如何改变材料的组织状态，可用温度对镍基合金 IN100 的组织图来说明（如图 3 所示）。从金相照片上可以辨认出镍基合金经过在 950℃ 使用后的组织（见图 3a），如果短时间加热到 1200℃ 时，就可发现晶界氧化而使金相组织发生很大的变化，图 3b 表示这种过高的热负荷对材料组织的影响。

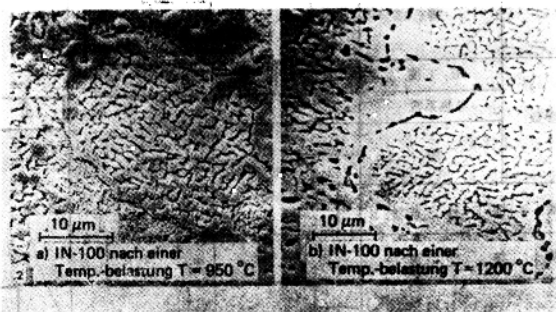


图 3 温度对镍基合金 IN100 组织的影响

同样图 4 和图 5 证明了腐蚀和机械载荷对组织的作用及影响。材料自然特性的变化不仅包括组织变化，而且包括可由力学方法证明的强度变化。

在对比故障照片的特征与其应力时，要区分宏观分析和微观分析。通常用宏观的氧化颜色就可辨认出热的影响，用宏观的腐蚀痕迹来证明腐蚀性的侵蚀。从简单的图表可以说明机械载荷与宏观损伤现象间的关系，并能给出各种应力特征与断裂过程间的相互关系，

如图 6 所示。

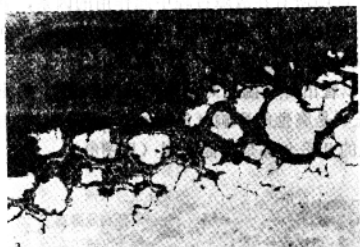


图 4 X5CrNi189 的晶间腐蚀

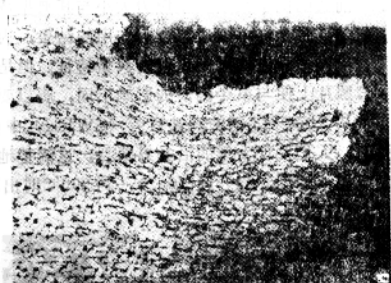


图 5 由过负荷产生的塑性变形对组织的影响

		拉伸	压缩	弯曲	扭转
载荷					
脆性断裂	产生的损坏				
	韧性滑移变形				

图 6 载荷特征、材料状态与断裂过程的关系

从图 6 可以看出，这样的对比也有不清楚的地方，例如，断裂与材料状态之间的关系，在韧性材料中由扭转载荷形成的断裂过程与在脆性材料中由拉伸载荷形成的断裂过程相似。因此，在许多情况下为了说明一个应力的作用，必须找出更多的特征，例如，对于纯机械载荷所引起的断裂，在断裂表面。在微观断裂观察中能清楚地区别韧性断裂（图 7a）和脆性断裂（图 7b）。通过宏观观察，就可与所受的应力进行对比。

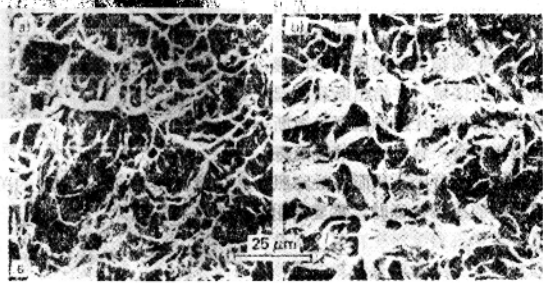


图 7 1.4534 钢的韧性断口和脆性断口

前边的例子只给出了应力大小与其典型特征之间关系，通常一个故障不是由一个因素引起的，而是许多因素综合作用的结果，为了证明所有在故障过程中起作用的因素，就要找出许多相应的可供比较的典型特征。但是引起故障的许多因素之间互相影响，反映在故障照片上便与单个因素的影响不同，所以要找出相应的许多特征是不可能的。

从 X20Cr13 钢的腐蚀疲劳 (SWRK) 中可以看出环境温度对断口形貌的影响。在室温时，人们发现大量的沿晶界断裂，这清楚地证明是腐蚀的影响 (见图 8a)，但是随着温度增加，沿晶界部分逐渐减少，到 200℃ 时出现的几乎全部是穿晶断裂 (见图 8b)。

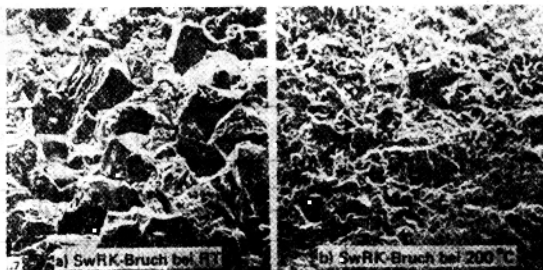


图 8 X20Cr13 在 NaCl 溶液中的腐蚀疲劳断口形貌与温度的关系

为了更好地对所加载荷进行比较，有必要对每个故障照片单独进行说明，并给出有关的载荷，为了接近实际中最常见的故障过程，德国工程师联合会 (VDI) 制定了一个规划，要求对故障照片用统一的方法来说明。如何实现这个标准化问题，仅用图 9 所示的在纯拉伸应力下形成的韧性断裂的例子来说明。

原则上用宏观断口显微观察特征和微观断口显微观察特征来区分断裂照片，首先用宏观显微断口观察的特征描述断口的全貌，并确定断口在零件上的位置，然后按不同形貌将断口分成不同的区域，并给出断裂的起点和终点。同样对断裂照片进行微观显微断口观察。通过这些观察，利用统一的故障特征对韧性拉伸断口进行对比，从而在故障照片和故障特征之间建立明显的关系 (见图 10)。在组织上出现明显的故障特征时，需要给出其位置指示。



图 9 韧性拉伸断口

断裂特征

1 区

2 区

宏观显微断口观察

与轴向的位置

横向

斜向

外部变形

变形强烈

变形强烈

形 貌

平坦

杯锥形

反射能力

无光泽

无光泽

粗糙度

粗糙

无光泽

断裂开始的证据

无

无

断裂终止的证据

唇状唇

无

微观显微断口观察

形 貌

平坦

平坦

断裂特征

直线深

剪切形

蜂窝

蜂窝

材料的不均匀性

沉淀物

沉淀物

夹杂

夹杂

孔洞

孔洞

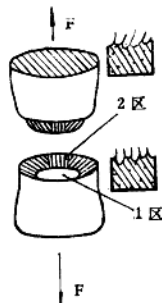


图10. 韧性拉伸断裂的宏观断口观察特征

利用这种说明,不仅能按最常引起故障的过负荷与特征进行对照,而且使每个故障与故障特征有一个统一的标记。

3. 故障原因的调查

从数学观点出发,直接确定故障机理的根据不仅有引起故障应力的数值,而且也有由此形成的故障特征。在探讨故障原因时则不相同,因为引起故障缺陷数量很多,故障机理可能由许多缺陷构成的,在此情况下讨论的是一个不确定的问题,仅通过确定故障机理和对材料进行系统研究得出产生故障缺陷的结论是不够充分的。但是,不排除在个别情况下有可能通过对材料特性和故障照片的分析就能找出产生故障的原因。例如,由材料缺陷引起的故障常常可以通过观察故障件来取得,从图 11 可以看出在材料中有严重的夹杂,这是在表面加工时产生故障的原因。



图 11. 材料缺陷是制造中产生故障的原因

为了确定产生故障缺陷的通用标准,单独在材料研究上寻找产生故障的原因是不够的,除对材料特性和故障照片分析外,还须注意收集故障件的历史资料和有关专家的意见。现有三种参数载体不仅用于确定故障产生的机理,而且也用于探讨故障产生的原因(见图 12)。

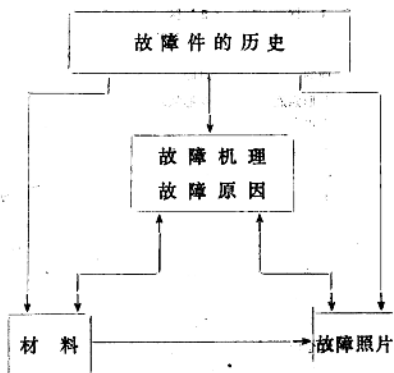


图 12 故障分析用的参数载体

由于能引起产生故障的缺陷很多，在调查这些缺陷时想用一個通用的格式是困难的，此外还因为缺陷与结果之间的关系不明显，在调查时只能逐渐缩小产生故障原因的范围，然后再利用故障产生的机理推导出产生故障的载荷。

(四)。故障分析的基本程序和方法

故障分析是一项综合性很强的技术工作，有它的规律性，究竟应该用什么样的程序和方法来进行，许多人都在研究总结这方面的经验。Gröfen 和 Schuller 提出将故障分析的基本过程分为如图 13 所示的程序。

Schmitt-Thomas 等人介绍了一种系统的故障分析方法。他们认为使用这种方法能使故障分析工作变得容易些，使之既迅速又经济。同时这个方法在一般情况都能适用，对每个故障案例都能使用相同的方法进行分析，为此将整个分析过程分成如图 14 所示的一些固定不变的阶段。

在故障分析的初期阶段要对故障件进行初步的调查和鉴定，调查时要尽可能详细地从使用者和制造者手中收集关于故障件的资料及其历史，在鉴定时通过对故障件的外观检查找出典型的故障特征，由此可以得出一系列有可能引起故障和促使产生故障的影响因素。判断阶段要根据初步研究的结果，提出需要进一步开展的研究工作，以缩小可能产生故障原因的范围。需要开展的研究工作归纳在研究阶段，要求用不同的方法仔细地研究故障件，测定材料参数以及重新估算故障件所受的载荷，研究阶段的工作结束时应给出故障种类及其产生原因。

故障研究的目的在于说明故障产生的原因，而应提出预防故障的措施，并将研究过程和研究结果的资料整理归档。

一般情况下，在研究阶段不能提出所有必须开展的研究工作，常常是经过一些试验后再提出一些追加的问题进行研究，有的需做进一步的试验，有的问题已很明确，进一步的试

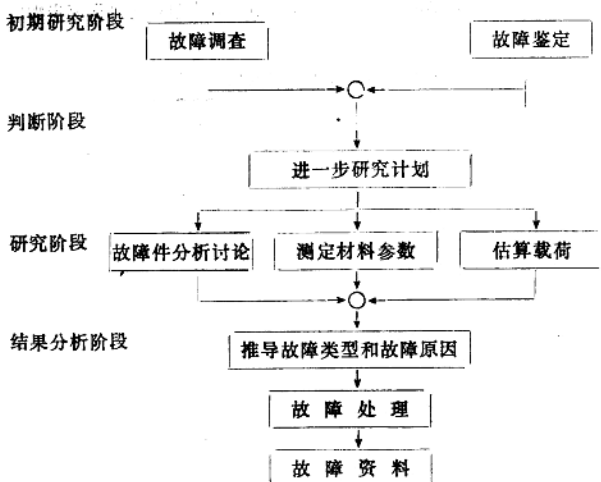
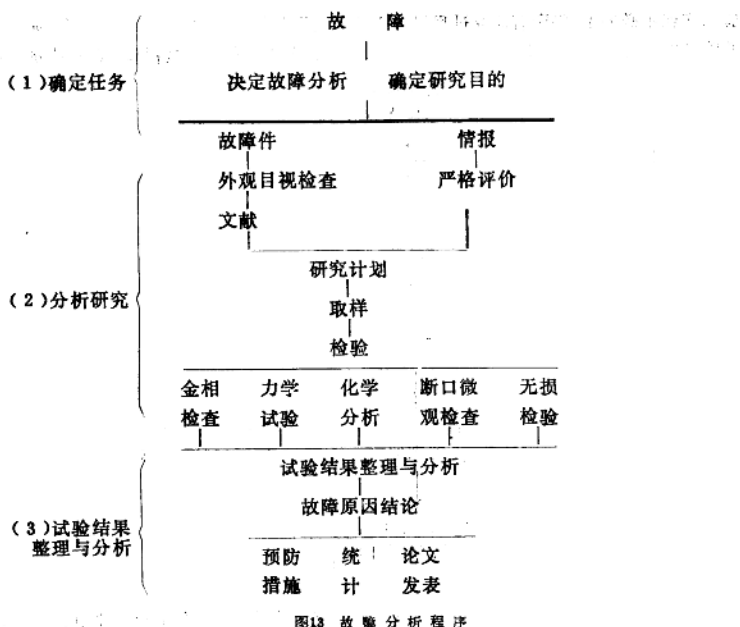


图14 故障分析的阶段

验工作就不必要了。将所有研究过程以一个流程表排列起来,如图 15 所示,在研究阶段和判断阶段中的每个步骤都要给出下一步的试验工作或者要解释故障过程和故障产生的原因。

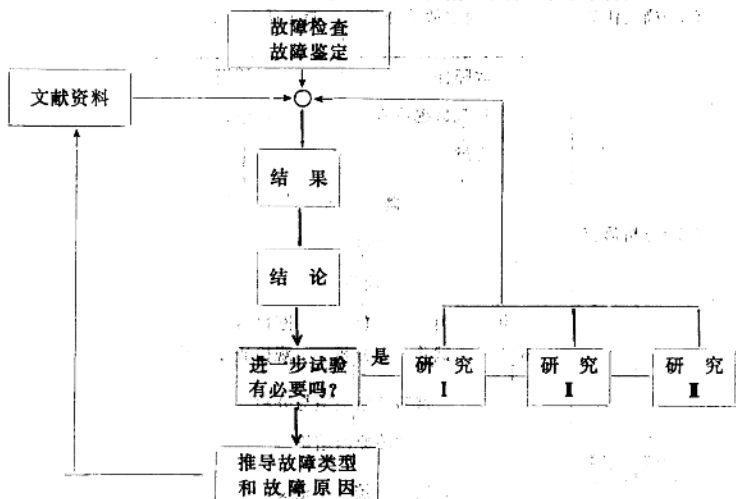


图 15 故障分析的过程

此外,还用形成的文献资料表达同类故障研究经验对研究工作的反馈作用。表 1 是用于微观结构研究的调查表,它以标准的故障特征为出发点,表中包括每个研究步骤所提的问题。

表 1 微观结构研究用的调查表

研 究 步 骤	研究步骤的目的	
问 题	证 据	结 论
研究的断口在宏观断口上的位置		
覆层、杂质		
结 构 关 系 (穿晶/沿晶)		
不均匀性 (夹杂、孔洞)		
断口特征 (蜂窝、梅花形、解面或疲劳条带)		
二次裂纹		
其它		
其它的研究工作	目 的	可靠的结果与证据

调查表上的内容完全适合于前面介绍的故障研究过程，其中包括了推论和研究步骤的必要性。从表1中可以看出每个问题都要得出它的结论，其中有些是故障分析中起主要作用的，完成表1中的所有项目后，根据所得的结果和证据，应用逻辑方法就可推导出故障产生的过程和引起故障产生的原因。因此，应用调查表可以有效地进行系统的故障分析。

在判断故障产生的原因时，通常根据主观感觉（由操作者提供的报告）和客观资料，主观上提供的报告可能有错误，例如，由于某种原因而有意地提供错误的情报，或者由于观察不仔细、回忆不准确而提供错误的情报，因而在分析研究时要特别注意。通过对客观资料进行仔细分析和研究，可以为寻找故障产生的原因指明方向，最有价值的情报来源还是故障本身，它能提供故障外观、状态、结构、材料性能和其它特征，通过仪器分析再和主观观察到的现象联系起来，根据自己的经验就可得出故障产生的原因。通常用于故障分析的研究方法有：

研 究 方 法

	无损检验	破坏检验	
目 视 检 查	—透视检查	—力学检验	模 拟 试 验
	—超声检查	—金相检验	
	—电性能检查	—腐蚀试验	
	—磁性检查	—化学分析	
	—光谱检查	—表面分析	

目视检查是第一个检验方法，必须强调，仔细地目视检查是其它试验的基础，这对故障分析来说几乎是一条规律，在许多情况下，尤其是金属材料的断裂部件，有时用眼睛借助放大镜或其它光学手段对故障件进行检查，就可得出故障类型的结论。对于电腐蚀或摩擦引起的故障，目视检查对进一步制定试验大纲和说明照片也很有意义。

从试验用材料上取样时要按试验大纲考虑的种类、位置 and 数量进行，取样时不允许状态发生变化。所有参加取样和制样的人员都必须清楚他们也是参加故障分析工作，工作中发现的任何异常现象都要及时告诉故障分析工作者，即使中断工作也是应该的。因此要鼓励每个参加故障分析工作的人员要注意材料的特征，例如在切削加工时看见的裂纹、非金属夹杂或坚硬的部位。这些对解释故障产生的原因都有帮助。另外，对故障分析者还有一个严格要求，在分析开始时不能带有任何主观偏见，正确的结论只能在试验后得出。

(五)故障现场和研究用材料

故障现场是故障分析的起点，故障分析者应亲自查看故障现场，从而获得第一手资料。但是一般情况下总是不等故障分析者到现场就把故障清除了。应该指出，在许多情况下只要取样工作能按严格的要求进行，故障分析者也可不到现场。但是对一些重大的灾难性

故障案例，如锅炉爆炸或机器出现总体故障，故障分析工作者对故障的起点还不清楚时，必须从故障现场开始清理，在拆除时也都需在现场。故障现场要用照片和示意图表示，最好用快速照相法在几分钟内提供彩色或黑白照片，彩色照片的优点能给人清楚地指出带颜色的涂层等。

在选取试验用的材料时要按下列要求进行：

1. 数量

故障部位尽可能取全，在断裂部位切取的两个断口应带有一定的长度，在结构件上还要切取作对比试验用料。

2. 取样

取样时应防止状态发生变化，裂缝不允许打断，涂层不允许取掉，断口要防止生锈。

3. 标志

研究用料应严格标志，在故障件上取样的位置用示意图给出。

4. 运输

运输中应防止使研究用料发生变化，涂层不能去掉，断口不能生锈，不允许互相碰撞。研究用料的记录要严格，其外观和尺寸要清楚，照片应给出比例尺或长度的辅助标志。上述要求不能忽视，否则使故障分析变得十分困难或根本无法进行。

(六)故障分析资料的整理、归档和利用

故障分析获得的资料是非常宝贵的，为了更好地利用这些资料，及时地进行交流，必须建立故障分析方面的情报系统（或数据库），要求故障分析的文献“既尽可能短，又尽可能全面”。以机器类为例，文献资料的内容至少要包括：机器及有关的零件、制造方法、工作时间、工作状态、小故障、故障过程、分析结果、预防类似故障的建议、故障分析结果的考察。当然根据具体情况其内容还可增减，在数据的整理和编排上要求能在一次查找中获得更多的数据。为此 AZT 根据多年来从事故障分析的经验，提出一个“文献系统(Dokumentation System)——边缘穿孔卡(Randlochkarte)”^[6]（见图16），可用手工穿孔，亦可用机器穿孔，根据数据的工作量亦可用电子计算机进行数据处理。

AZT 的边缘穿孔卡大小是 DIN A4，边缘是一般的穿孔，能提供 144 个存取信息，共分两大组：

主组：机器或设备，结构件，材料，故障原因；

副组：制造方法，载荷，缺口的作用，断裂方式。

卡片边缘是有关的技术术语，每次故障分析结束后在相应的位置上穿孔，卡片按年放置。查找时通过穿孔卡的技术术语能很快找出查找的问题范围，一般在 5 分钟内能从 1500 张卡片中找出 20 张到 30 张有用的卡片，然后再在档案室找出有关资料和合同号。

Grafen^[4]等人认为 AZT 的边缘穿孔卡有局限性，不能满足化工要求，他们提出一

个用计算机数据处理的符号(编码形式)能在很短的时间内对数据进行加工处理,表2概要地给出了化工数据库的符号(XSchem)的进化网站从1995~1998年6月对数据库的更新情况。

表2 材料试验用计算机数据处理的符号(续码)

材料	1. 一般结构钢 2. 无缝钢管 :	产品的形状	1. 板带 2. 管、半管 :
腐蚀防护与磨损	1. 阴极防护 2. 阳极防护 :	工艺	1. 升华 2. 结晶 :
介质	1. 大气 2. 液体 :	进行的分析	1. 变形测量 2. 拉伸试验 :
工作和试验温度	1. $< -120^{\circ}\text{C}$ 2. -120°C 到 $+10^{\circ}\text{C}$:	任务提出单位	1. Spart Ac 2. Part OC :

(七) 对从事故障分析工作者的要求及培养

故障分析是一门综合性很强的分析技术。为了能获得一个可靠的分析结果,提出合理的预防措施,要求故障分析工作者必须是受过良好训练,具有较高水平的科学家和工程师,在材料学、温度学、材料检验、腐蚀和磨擦等方面都具有丰富的经验和渊博的知识。AZT 要求从事故障分析工作者必须是本专业领域内工作十年以上的有丰富经验的专家,来所后还必须熟悉本所在进行故障分析时所涉及的技术,然后才能从事故障分析工作。

目前从事故障分析的科学家和工程师,大多数来自材料学和机器制造专业,也有物理、化学和电学方面的大学毕业生。大学的有关专业如材料工程系和机器制造系也在开设故障学培养学生。

二 阿连兹技术中心(AZT)简介

阿连兹技术中心 (Allianz-Zentrum für Technik) 简称 AZT, 位于慕尼黑北 10 公里处的 Ismaning, 它属于 Allianz 保险公司, 主要任务有两个: 一是故障分析研究, 二是故障预防研究。AZT 的前身是建于 1932 年的柏林材料试验室 (MP), 后改为材料研究

室(MU),1962年从柏林迁来慕尼黑,随着业务的发展,1969年改为AZT,拥有材料工程研究所和测试技术研究所,专门从事故障分析和故障预测研究。近年来还增加了一个汽车技术研究所,其组织机构如图17所示。AZT的建筑面积为11420平方米。投资1.25亿马克,职工约120人,其中材料工程研究所和测试技术研究所的职工为90人,科学家和工程师25人,行政人员4人。每年完成的故障分析任务约700~760项,每年收入1.00万马克,出版“Der Maschinenschaden(机器损伤)”月刊,有将近50年历史。此外,AZT每隔四年还举行一次有关故障分析的技术讨论会,规模比较大,仅以80年举办的第10届故障分析技术讨论会为例,参加的代表达3000人,外国代表近500人,来自41个国家。据AZT接待我们的Dr. Hagn介绍,AZT是西欧唯一从事故障分析的研究机构。下边简要地介绍AZT的研究试验室及其设备。

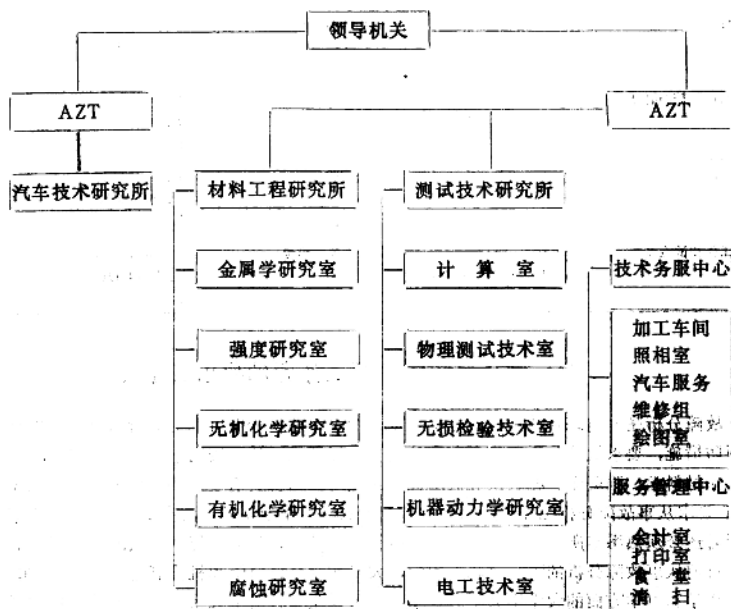


图17 AZT 的组织机构

(一)材料工程研究所

材料工程研究所的主要任务是研究故障产生的原因,下设五个研究室。

1. 金属学研究室

装备4台光学显微镜(配有工业电视)、2台扫描电镜、1台透射电镜、1台电子探

针、2台X射线衍射仪及其辅助设备如金刚锯、微型锯床、真空喷镀、压样机及抛光设备等。

2. 强度研究室

一般强度试验的装备有布氏、魏氏、洛氏等各种硬度计，拉、压、剪切、弯曲等试验设备，250千牛顿万能材料试验机（试验温度从 -196°C 到 $+1000^{\circ}\text{C}$ ），300J和150J摆式冲击试验机（试验温度从 -196°C 到 600°C ），还有测试断裂韧性的设备。用作持久试验的装备有30千牛顿恒载试验机（恒变形速度从0.5%小时到0.006%小时，试验温度为室温、 100°C 和 1000°C ）。

疲劳度强试验的装备有：用旋转弯曲和拉—压方法测疲劳强度的试验机，频率范围为50~300赫；用于变形和载荷可控的疲劳强度和结构件强度试验的液压脉冲设备，加载范围为 ± 2.5 千牛顿、 ± 60 千牛顿和 ± 600 千牛顿，频率为300赫；此外，还有一台150赫、5公斤振动床。

为了模拟机器或设备在实际运转中加载顺序，还装有一台10级程序自动装置，在 1000°C 内允许作温度和变形的交变试验，用光学显微镜测量裂纹扩展。在腐蚀条件下作试验时还可安装有关试验装置。

3. 无机化学研究室

该研究室主要对金属材料、涂层、建筑材料和水进行分析，主要装备有：用计算机控制的X射线光谱仪；原子吸收光谱仪（带微处理机，波长范围从190~855毫微米）；带石英单色层分析器的分光光度计（波长范围从185~2500毫微米）；火焰光度计；自动定碳装置；自动定硫装置；电位器滴定自动装置；电化学滴定系统；数字式PH仪。此外，还有可移动式的装配单元，根据任务需要可组装成活动试验室去现场进行试验。

4. 有机化学研究室

该室主要从事有机材料及结构的分析工作，研究故障分析中的燃烧气体和灰尘。主要装备有红外光谱仪、气相色谱仪、 endpoint 滴定仪及油料分析仪器等。

5. 腐蚀研究室

电化学实验室可作下列试验：测量腐蚀电位，记录电流密度—电位曲线；测量点腐蚀和线状腐蚀电位，测量极化电阻；用颜色试剂作点腐蚀试验；在转动电报上作电化学试验；Stress test 试验（DLN50914）、Jones 试验（DIN50915）、Huey 试验（ASTMA 262-55T）、Streicher 试验（ASTMA 262-70T）、用硝酸汞（DIN50911）和氨（DIN50916）在恒变形条件下作应力腐蚀试验；在沸腾液体（DIN50906）作腐蚀试验。

技术腐蚀实验室可将多种仪器组合起来作接近工作条件下的腐蚀试验，能测量和控制介质的PH值、氧含量、导电性能、流速和温度。此外，还有作高压腐蚀试验的热压釜（最高温度 300°C ）、气候箱、盐雾箱等。

(二) 测试技术研究所

测试技术研究所的主要任务是从事故障预防研究，它下属5个研究室。