

# 德国核电厂里人因素的处理

## 1. 简介

自 1994 年起德国核电厂的运行人员就使用了与他们专门要求相适应的系统。这个系统是记录人一机接口薄弱点并予以排除的系统。该系统的目标是通过连续核查各项措施并使其最佳化,以保证按最大可能无差错地进行核电厂的运行、监测和维修。该系统是 RWEE 公司——一个认真和负责责任的营运单位所开发的,目的是为了核电厂更加可靠和安全。

人因素的概念或按专用术语“人因工程”是电厂管理部门熟悉的工具;然而它的定义与其它管理工具(例如,组织机构、心理学、医学等等)完全不同,甚至还有待专家圈内进行讨论。这样对事件起因的调查就集中在人一机接口上。

因为本文描述一般意义上的人一机接口。这种模型的符合性对起因的分析很重要,它是采取有效的对策的先决条件。信息模型描述在人与机器相互关系中以及在可能做出正确或不正确动作时的人。人们感觉到一些事情(显示,报警传动),他们理解了这些感觉(把它同程序里的指示,常规知识、经验相比较),然后作出反应,要不要进行动作(履行操作取能,维修和记录)。人和机器之间的相互影响(对人的行为可能是好的影响也可能是负的影响)可以分成为客观和主观的影响因素。对工作进行科学研究就得到的信息模型用于人因概念中来描述人一机器一接口:信息感觉—信息处理—信息转换。

## 2. 人一机接口的模型

最近来自航空业的例子再次证明在特殊情况发生以后,他们怎样合适地对待媒体、公众、管理机构等的反应以及专家们的意见。不幸的是这些事故总是致命的灾难。与核电厂事故联系起来也可以发现有相类似的反应。然而大多数核电站的事故后果

较轻。通常这些事件的原因是技术缺陷或人为差错。

运行人员对一些事件有影响或没有影响的情况下,总会反复出现这样的问题“这是谁的过失?”。在本文里,使用了这样的措词,例如:人的可靠性、人的过失、风险、技术的合格性及责任,特别是提出了人和/或机器之间过失的分配问题。

这样,事件起因的调查就集中在人一机接口上。虽然这个术语是十分专门化的课题,但是所有讨论的参加者对它的定义都有很大差异。人类工程学已经为一机系统开发了一个对所有工业都能利用的模型。我们对核电厂谨慎地选择这种类型的人一机接口,以便注意对事件的觉察方面,但也要注意了解事实情况,这对客观地确定事件起因是不可缺少的。

这种信息模型描述了人与机器相互关系中以及在其正确或不正确行动时的人。人们感觉到了一些事情(显示、警报、传动),他们把这些感觉进行理解(把它同程序里的批示常规知识、经验相比较),然后做出行动或不行动的反应(履行操作职能,维修和记录)(见图 1)。人和机器之间的相互影响(这些可能对人的状态行为有好的或负的影响)可以分成为客观和主观影响。



图 1 人机接口的意义

在这种信息模型及其影响因素的基础上,核电厂运行人员开发了一个适合他们需要的工作系统,它能确定人一机接口的问题并进行重新设计。就像电厂人员所认识到的要适合行动需要,这就意味着按照这些相互关系,所有可能产生影响的关系中只

有其中一部分形成了人因概念。仅仅这部分才是以确定事件起因和使措施最佳化为目标的。

### 3. 从模型到实践

人因系统什么样区别于管理方法、工业医学、培训、质量保证等领域，什么样可以在信息模型的框架内进行描述（考虑模型的基本限止）以及目前将怎样表示出来。

影响因素的记录，管理和纠正（按完全可能纠正而论）是所有电厂员工责任的一部分。对于可以由电厂员工及其组织进行纠正的影响因素就由人因系统或组织机构内的其它部门予以处理，这决定于责任的分配。此外，还有其它影响因素，它基本上不能由电厂员工来纠正的，这些因素取决于社会成个别人。

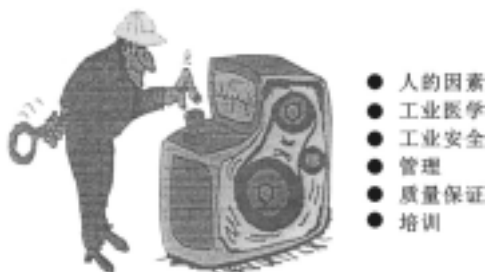


图 2 对电厂里人的行为负责责任的领域

涉及所有影响及其处理办法会超出本文范围（见图 2）所以打算只涉及人因素的管理，因此它基本上限止在人类工程学性质方面的问题。人因素的分析集中在仪器、传动装置和机械部件的设计和布置，工作场地的设计，操作文件的编写以及工作过程的组织等方面。虽然在确定事件起因时影响的客观性是优先考虑的，但还要到员工中去调查、收集完整的住处并予以考虑（见图 3）。

在人因素分析报告中没有包含人一机接口薄弱点的陈述时，对于尚未考虑的其它（管理、工业医学、个别人）方面起因的情况也要形成文件，并向生产管理部门报告。技术部门要负责确定故障的起因。对于事件或事故情形的详细报告要考虑来自技术检验和人因调查中得到的分析结果。

在下面的内容里我们将说明怎样以系统的和定型的方式来识别和记录人为差错，分析事件起因以及根据情况采取合适的补救措施，并把这些情况形成文件。

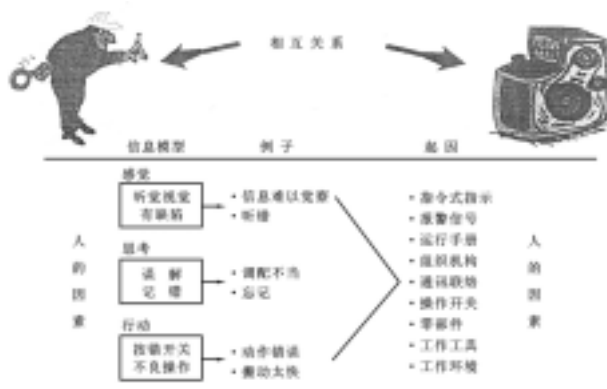


图 3 电厂里的人因责任

### 4. 怎样使人一机接中最佳化

人因系统是根据电厂工作人员取得的经验及观察到的情况开始发展起来的。他们主动提交的报告引起了对潜在薄弱点的调查。这种调查是由经过人类工程学的必要方法和技能方面广泛培训合格（按人因专家的要求）的员工来担任的。调查者可以同所有电厂员工接触、提出问题，要求他们向他报告他们观察到的情况和薄弱点。电厂员工可以把情况自己进行报告或咨询人因专家，把这些情况记录下来。

除了这个主动报告的路线还有一个必需报告的途径，这就是必须对所有事件编写故障报告，并且必须把这些报告送交核监督机构。

所有送到人因专家处的主动和必需的报告以及所进行的调查及其结果都是保密的，并进行相关的保密处置。这着保证不暴露姓名。在报告了要检查的薄弱点以后，用初步分析的方式来调查人因素的相关情况。根据人一机接中的定义确定该薄弱点与人因有关或无关。在一些情况下，人的因素是否起作用的结论只有在进行人因分析后才能作出（见图 4）。下列准则可以在核查是否与人因有关时使用：

- (1) 错误在于人与机器之间的相互作用；
- (2) 互感信息（感觉、思考、动作）方面的影响可以客观地测量和求证；
- (3) 元件或机器零件被直接连接到运行、监督或维修过程中；
- (4) 有一个实际存在或潜在的人为差错，该差错特征表现为不正确的感觉，思考和动作；

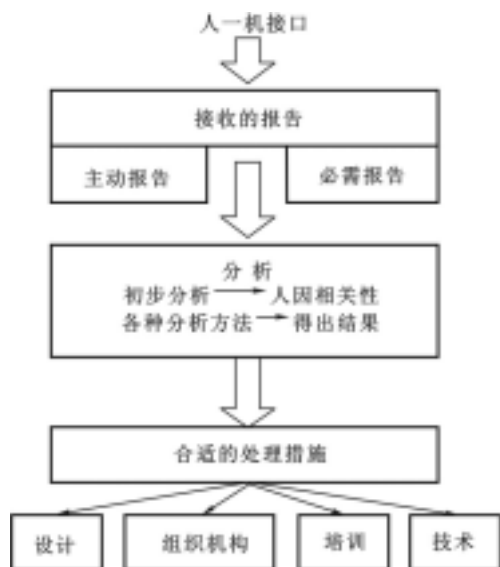


图4 记录、分析和确定最佳措施的过程

(5) 人为差错已经对电厂运行产生后果。

在初步分析后就是人因分析。这就是根据著名的人类工程学的分析方法。这些方法是由一系列核查清单来支持的。该核查清单可以根据现有工艺水平来编制，由人因专家决定这种核查方法是否可以在特定情况下使用。这些方法也包括访问、人类工程学的核查、现场工作过程的分析，人的可靠性分析，专门调查，等。

由分析得出的结果和结论产生了许多最佳化建议。这了便于对结果（错误类型、起因）进行统计评价（例如，确定经常发生的情况及累积的薄弱点），把最佳化的方法分成为四个类别：人类工程学设计、工作过程、培训和技术。

人类工程学设计类别包括所有保证传动机构操作、显示器、运行文件等都无差错的所有措施。工作教程类别包含对人—机接口有影响的所有要素，例如，任务的分配、人员配置计划，等等。培训类别就是指与新技术或员工身体状况有关的情况，因此培训是有效的补救措施。技术类别是指只有通过技术措施才能达到期望的可靠性时的情况。

对人—机接口中薄弱点的分析结果要在人因报告里形成文件。人因报告应该描述该事件的情况，起因和最佳建议。把该报告送交高级管理部门，以便根据单位的规章制度采取进一步的措施。如果在人因报告里没有出现薄弱点的措施。如果在人因报告里没有出现薄弱点的描述，那么对没有考虑的其他方面（社会、医学、个人）的起因情况也要形

成文件，并通知生产线管理部门。对于主动报告的情况，有关的调查情况要正式通知报告的编写者。

人为差错的类型和起因要予以记录，并按结果编制清单。结果清单要有助于核查报告的完整性和合理性，并通过统计评估方法确定经常性的差错和起因。在此过程中有的基本论点、决策和实施措施都要正式记录和形成文。

#### 5. 一个有效人因系统的先决条件

人为差错会对电厂运行产生不希望有的影响。我们从经验知道“差错”一词（错误的感觉、思考和动作）是与一个人的过失相联系。然而，对于人因系统来说罪责问题是不切合的，确切地说该系统是涉及人为差错的客观分析、推测及找出真正的起因。然而这个目标只有在某些前提下才能达到。特别是下列前提：

(1) 根据心理学正确处理出现的差错（领导的态度和信任的环境）；

(2) 对人因专家进行合格的基本训练和进一步的培训。

为了在人因系统的帮助下使人和机器之间的相互关系（也就是人—机接口）的最佳化。还必须经常牢记：要认识潜在原和可觉察到差错的心理学影响。然而，有许多过程，虽然心理学可以翻译，但实际上有完全相反的效果。因而，这些潜在的过程必须通过下列方法予以消除：

① 经常性研究潜在的差错原因必须要变成全体员工的共同任务，对这方面的奖励制度

必须重新考虑和修改，对于能很好地探查潜在缺陷或错误原因的员工应该树立为榜样，然而对于不正确的人因表现也不应该予以责难；

② 不要求自身责备，电厂上层领导及其员工应该把注意力集在运行程序本身和机器设备上。而不是责问“为什么你没有注意到这个？”，而问题应该是“为什么该系统没有引起你充分注意？这种标怎样予以改进？”。把事件报告予以公开，让大家都了解事件本身，这比任何怪罪责备更有效，即使公开事件报告只存在某些情况下才有可能。

(3) 要提倡小事件也予以报告。

技术先进的系统可以防止错误操作。从心理学的观点，错误判断、错误的知识或缺少知识也会照常“什么也没有发生”。这样核电厂高的安全技术

标准也会助长一些不正确的行为，对于一些行动（如忽略一个显示，不按规定顺序操作，在某些操作中的不安全状态，缺乏特种工艺的知识或创造力以及许多其它类型的事情）会没有马上显示出负面影响而得不到改变和堵绝。这些都是应该引起重视的。

最后人因专家的资格条件也是有效人因系统的必要条件。人因专家必须有很好的通信联络和编写报告的能力。他的资格特征由下列几项来表示：

- ①精通电厂工艺技术过程；
- ②具有运行程序和/或工作流程及组织机构方面的广泛知识；
- ③人因方面的附加资格条件（基本的人尖工程学和工业心理学，分析方法的知识，相关的法规知识，等）。因此附加的资格考核除了参加基本的人因系统研究班，还应该包括针对人类工程学和工业心理学的高级研究班。

## 6. 结果的报告

在引人似乎简单及合理的人因概念时应用的组织机构设置，当然必须要适应于每个电厂的各种各样和特定的状况。使人—机最佳化的系统仍然要与现有每个组织相结合，而不要改变已经确定的职责。

目前对人因系统的开发和附加的人因专家资格培训和考核方面所做的工作被认为还是相当少的。

然而有时候少量超负荷的工作会取得十分惊人的改进。至今只有 RWEE 公司取得了人因系统及其相应结果的实际经验，并成功地应用该系统已经有七年多的时间了。

每年提交的报告（主支的和必需的）数量基本上差不多。七年多的应用经验证明这是好的创意，得到员工们的主动支持。自动引进人因系统已经连续报告了一些人—机接口方面的问题。这表明所有员工都经常和充分地使用人因系统作为报告和记录薄弱点的手段。

自 1989 年至今提交的 652 份报告中提出了 481 份最佳化建议。对其中的 436 份建议已决定采取措施并予以实施。这些措施的执行不需要广泛的改进方案，人因系统的优点就是以小改进求得大效果。这些改进涉及许多方面，例如：模拟系统图的设计、

操作批示书的修订，以及使显示、信号和许多其它方面的最佳化工作。

按运行人员的职能构成（主要是根据运行文件履行监督和控制的行动），大多数差错（72%）是与显示器、控制元件、信号和运行文件等有关（见图 5）。所提出的最佳化措施中 57% 涉及到设计改进（控制元件、信号、显示器、运行文件）。

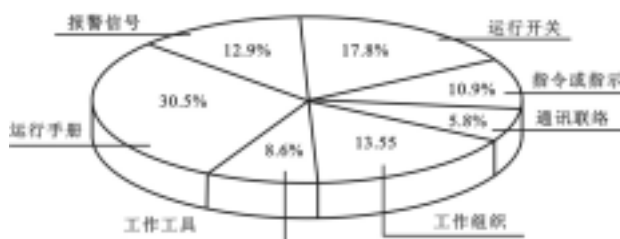


图 5 人为差错的起因

只有在较少的情形里，人因分析结果是要通过技术手段来改变一些人的行为，以保证要求的可靠性。许多年来最佳化的可能性主要是改进信号和显示系统以及修订和校正运行文件。这个事实表明人因系统提供了使电厂工作更有实效的可能性，但是在以前这些情况往往被忽略。这意味着使运行人员的控制、监督和维修以及相关控制室的设计、运行文件等都达到最佳化，因而就能相应地保证无差错的运行。

## 7. 结论

在人因工作的范围内，信息模型（模仿人类工程学）能够合适地描述人及其他同机器的相互关系以及他们正确或不正确行动的可能性。人的因素是人—机系统的一部分，是以客观影响为基础的，因而基本上涉及人—机系统的人类工程学设计。以运行经验和人因素的研究表明人类可以满足指定的要求，并且还有进一步支持他们工作的可能性，从而减少差错率。但这并不意味着使用人因系统就不会有人为差错发生。然而如果薄弱点在产生事故前就被消除的话，这就是改进。

对于人—机接口的最佳化和/或设计人—机接口中的人因概念是强调电厂运行人员自身责任的另一项活动。人因分析受到电厂运行人员的欢迎，是因为客观地确定事件起因，可以使员工从分摊罪责中解脱出来，从而保证了有效的补救措施得以实施。

陈美珍 摘译自 FACT-Vol.22 章成光校