

超高压输变电技术

总 127 号

设变 83006 号

超高压输变电专业技术情报网

目 录

1、监视控制室人机学的探讨.....	1
2、供电系统的可控静止无功补偿器.....	32
3、静止型无功功率补偿装置在电力系统中的应用.....	41
4、电气设备和输电线路雷雨过电压保护的工作机理.....	50
5、BB公司户外高压断路器.....	54

监视控制室人机学的探讨

一、前言

关于1973年3月发生的美国三里岛原子能发电站事故，引起了人们对事故规模和社会影响的关注，而更多的读者则对从发生事故起到结束止的处理经过更感兴趣。对事故的内容和原因，读者通过许多报告和新闻等大量资料已经很清楚了，本文就不再予以介绍。但值得注意的是造成严重事故的主要原因，主要在于许多人为的错误，即人机联系设计欠佳和运行人员的错误造成的。这次事故充分说明了人机联系设计的重要性，电厂设备/工艺规程的安全运行的关键在于人机联系设计的好坏。

集中监视控制室的人机联系设计有着越来越复杂化和完善化的倾向。本文对设计的考虑方法和设计要点及主要条件从工业设计和人机学的观点加以概述。

二、人机联系的现状

水处理、电力、化学、钢铁、原子能设备及其操作程序的监视控制系统，由于以计算机为核心的控制技术的发达，目前更加趋于大型化和复杂化，计算机的引入使处理大量的高密度的信息有了可能，也使以少数人员进行管理有了可能。也就是说，在监视控制和信息处理工作范围内，在机械设备方面，充分利用计算机的特性——正确迅速的处理能力，担负起许多单纯的重复业务和正常业务；在人的方面，则担负起机械设备难于处理的高度判断和预测部分的工作。这样做能使运行人员从日常的单纯作业中解放出来，而这种高度化和复杂化的监视控制系统则对运行人员提出了比以前更高的技术水平和综合判断

能力的要求。这是目前集中监视控制室人机联系常见的一种状况。

三、人机联系设计应有的状态

监视控制室的运行人员接受来自机械设备方面的各种管理装置的信息，对机械设备指示判断、意志决定的结果，控制设备和操作程序。人机联系设计的目的，首先是力图防止由于设计不周引起的事故，其次是为了对事故发生的早期发现和早期排除，力求人机间的信息接受和传递的顺利进行。在设计上还要考虑对运行人员提供富有成效的工作和舒适明快环境，以减轻来自机械设备和周围环境的压抑感引起的应力和疲劳，便于提高工作的积极性和保持工作的连续性。

为实现上述目的，基本的设计方针主要有以下几点：

1、人类优先的设计思想

在进行监视控制室的人机联系设计时，首先应该认识的是“设备和操作程序的安全运行最终都在于容易发生错误的人的判断和行动”。人的判断和行动由于微小的外部干扰和影响便会发生变化，因而，为使运行人员能够准确而迅速地进行判断和行动，采取所谓“人类优化”，就是说在理解人的能力和身体上的、生理上的、心理上的特性的情况下，使机械设备适应于人，从人机学的观点进行设想，这是至关重要的，在其设计范围上，有必要贯穿这样一种思想，即不仅限于设计监视盘和控制设备等装置，甚至包括照明和室内色彩格调的周围环境也应一并考虑。

2、系统设计

配置在监视控制室的监视盘，控制设备等装置类和形成周围环境的照明、空调、室内色彩等，应以运行人员为中心形成有机的整体。因而，在作监视控制室的人机联系计划和设计时，不是逐项分

别进行研究，而是要明确在人——设备——环境这一体系中的作用和主要条件，进行使这些条件具体化的设计是很重要的。由于各种装置和各种环境都是基于以人为中心的设计概念进行考虑，才能给运行人员以卓有成效的工作条件和舒适明快的环境。

3、在功能上优美的表现

监视控制系统的中枢——监视控制室是以凝聚的形式表现设备和操作程序的内容和规模的场所，是宣传设备的社会作用的宣贯场所。因而，必须提供具有适合设备外观的特性和格调的精湛图像，以便获得人的信赖感。而且，受人类优先思想支配的装置和环境的布置，其结果应给运行人员以心理上和生理上满足的感觉，也就是说在功能感觉方面也应当有优美的表现。

4、简单化和条理化

关于美国三里岛原子能发电站事故的扩大原因，作为设计上的一部分差错，报告中指出：“运行人员同时面对超过100次的警报表示，在判断和处理上不知所措”，因计量仪器和仪表排列得不合适，在相应处理上四处乱跑”。这个例子说明：通常，人们对于超过人的处理能力或错综复杂的情况，或漠然不知所措，或有不愉快的感觉。因而，不仅要力求减少仪表的数量或配置的条理化，而且包括对监视控制系统的计算机硬件和软件全部设计都应注意做到简单化和条理化。这是人机学设计的重要问题，也是美学研究中的重点。

使上述的运行人员，装置和环境的适应状态达到最高水平的设计思想和方法是监视控制室的总体设计，这一系列的工作当然需要软件和硬件的设计人员，建筑、照明和工业设计等许多专家的协助，另外还应保持密切的联系；而且，还要用户和厂家齐心协力才能达到这一目的。总体设计的概念和人与机械设备的相互特性比较如图1所示。

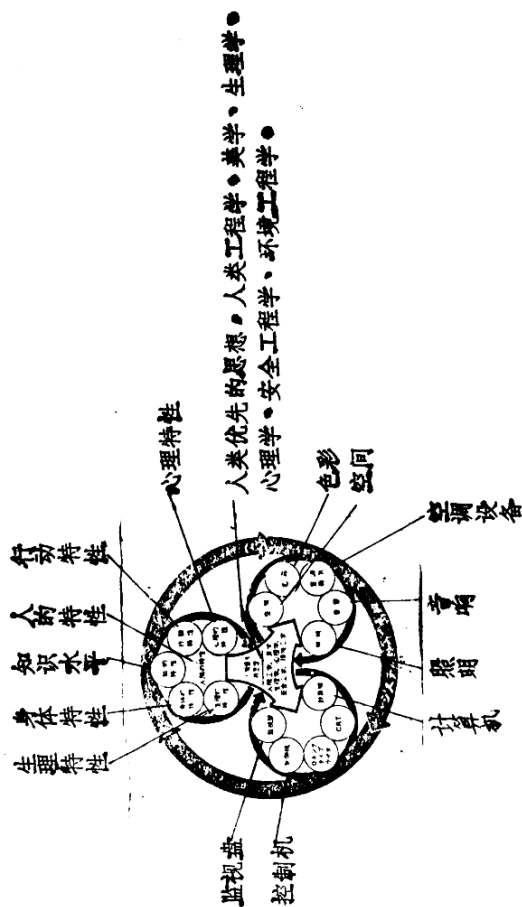


图 1 人与机械设备的智慧特性比较

人	机 械 设 备
• 综合判断能力 • 预测推理能力 • 学习能力 • 对新事物具有机动灵活性的适应能力	• 正确迅速地处理信息的能力 (数据的整理、挑选、演算、摘出) • 存贮大量信息的能力 (数据的记忆、记录) • 准确地往返的能力 • 正确迅速的反应能力

四、总体设计的程序

总体设计的计划、设计程序和细目的概要如表1所示。表1所示的阶段2《设计构思的创造》，是摸索监视控制室全貌的图像和人机联系装置的基本形态及环境设计要点的重要阶段，需要有丰富的想像力。为使正确的掌握构思和沟通有关人员的思想顺利进行，在构图上集中精力是十分重要的。通常，除在构思图外，还采用镜像图和实际模型。

采用实际模型的构思方案的变型实例如图2所示。

表1 总体设计的设计程序和细目

阶 段	作 业 内 容	检查项目 (主要考虑人的因素)
△阶段1《基本设计说明书的编制》 这是总体设计的最初阶段，在这一阶段制定出为产生装置和环境的构思所必要的人机联系功能和环境条件等基本形式。	- 明确监视控制对象和控制方式。 - 明确监视控制室的作用和功能。 - 明确运行人员和装置的作用、业务。 - 明确运行人员及其责任范围。 - 制定所需装置的概要。 - 制定表示操作仪表的方式和大致的数量。	- 人和设备的功能作用分配是否适合各自的特点？ - 信息的量和质是否适合人的处理能力？ - 环境条件是否按照能充分发挥人的能力和设备性能给定的？

阶 段	作 业 内 容	检 查 项 目 (主要考虑人的因素)
	• 给定监视控制室的环境条件。 • 明确将来的变更事项	
△阶段2〈设计构思的创造〉 这是在阶段1所制定的形式的基础上, 综合考虑人——设备——环境的关系, 作为构思方案具体决定图像的阶段 决定监视控制室的外观和气氛的这一阶段应尽可能早地研究(限制条件不多)。 再者, 需要与用户厂家及有关的专家进行密切的合作。	• 控制室环境的基本计划(房间的面积、形状、窗门、照明配置等) • 研究决定装置的基本形状。 • 研究决定装置的基本配置。 • 研究决定色彩的基本计划。	• 装置和环境是否计划得适合人的生理、心理和身体特点(主要考虑运行人员的动作路线、视觉、听觉、身体尺寸色彩心理等)? • 是否构成了与监视控制室相称的外观图像? • 是否达到了整体的美的协调?
△阶段3〈装置设计和环境设计〉 这是把阶段2制定的构思方案进一步具体化的阶段。 满足经济性、耐久性、输送性和保养性等	• 进行装置的构造设计 • 进行表示操作仪表的选定和设计。 • 进行建筑物内部装饰照明和空调等环境设计。	• 与阶段2相同, 检查是否适合于人的特性。 • 是否采用了容易理解信息的具体方法(例: 取决于仪表操作程序

阶 段	作 业 内 容	检查项目 (主要考虑人的因素)
基本设计要求这是不言而喻的。还必须充分考虑易于使用美的协调等人的因素。		的排列与组合等)? • 在耐震性等和运行人员的安全方面,是否也进行了充分考虑?

五、人的特性

为了便于理解人的特性,假定把人作为一个信息处理系统考虑,可分为以下三个部分:

- (1)、信息输入系统
- (2)、判断、决定系统
- (3)、信息输出系统

本文就人在上示各系统中的能力对装置设计有用的各点进行概述。

1、信息输入系统

(●) 视觉。人的信息输入是通过感觉器官(眼、耳、鼻等)进行的,据说通常其80%是靠眼睛,也就是视觉进行的。在监视控制系统中,由设备给人的信息传递,依靠视觉的也占大多数。在视觉特性中,“视野”和“视力”在装置设计和环境设计上也是特别重要的。

人的视野如图3所示,由中心可向左右环视95%以上,但是,在人机联系设计上所表现的视野,被限定为通常视野和紧急用控制视野。再者,色彩可辨认范围(色视野)因颜色而异。

装置和仪表所表示的图形和文字的大小，应以视力为基础，在与监视距离有关的方面来决定。表2所示的是以运行人员的视力标准为1.0的情况下，监视距离和文字大小的关系。由该表可知：文字大小所需程度，日本文字是监视距离的 $1/200$ ，英文数字是 $1/300$ 。

表2 监视距离与文字大小

距 离	汉 字	英文数字 日文字母
~1 m	4.7mm	3.0mm
~2	9.3	5.8
~3	14.0	9.0
~4	18.6	12.0
~5	23.5	15.0
~6	28.0	18.0
~7	33.0	21.0
~8	37.5	24.0

(注) 文字的字体为中号黑体字。

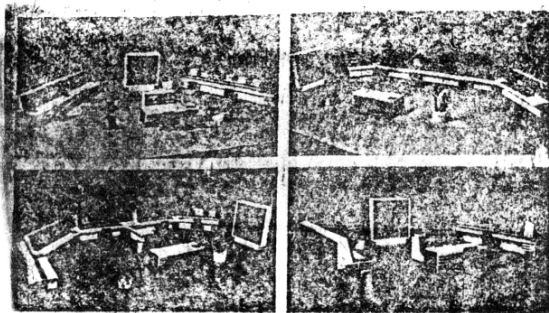
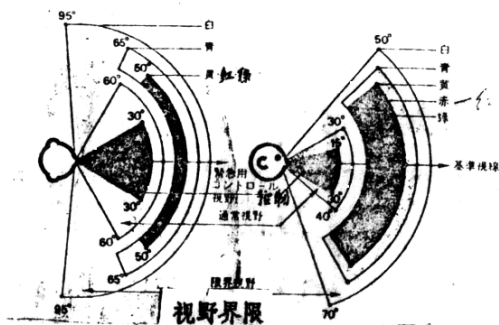


图2 采用实际模型构思方案的变型实例



注：图所示情况系以标准视线为水平（通常视线，立位为下方约 10° ，座位为下方约 15° ）

图3 视野（色视野）

(b) 听觉 以前,利用听觉传递信息的手段是电铃,蜂鸣器和门铃。由电铃等组成的通讯,在实用上,因音质不同而有3~4种,即使是连续音和断续音不同的利用,最多也不过使用5~6种。

但是,最近由于大规模集成电路(LSI)技术的进步,对使用合成音响的音响信息系统的利用便有了可能。在音响信息的应用上,除应了解表3所示的优缺点外,根据信息内容来选择音质是很重要的。例如,在遥控上女性的温柔亲切声,在报警上女性的失常惊叫声,可以说是适当的。

表 3 音响信息的特点

优点	• 定向性比视觉信息少,适用于紧急情况。
	• 对人来说是容易理解的信息类型,不需要特别的训练。
	• 通常,不能同时理解两个以上的信息。
	• 信息是一过性的,不留痕迹。
	(关于记录这一点,由于利用录音机等,可以存贮信息)
	• 听错、听漏等,人所具有的不准确的危险性大。

(c) 其它感觉 除视觉和听觉外,利用其它感觉传递信息的手段,在监视控制系统中属于几乎尚未利用和尚未开拓的领域。

把集中于视觉的信息分散给其它感觉,充分发挥人的能力,在构成高效率的人机联系系统上是完全必要的。因而,今后,像飞机的操纵杆紧急时振动系统那样,在监视控制系统,也希望能研究出利用触觉和振动感觉等的传递信息的手段。

2. 判断和决定系统

人接受信息的能力是有限的，可以说充其量是6~7 波特/秒。对于超过了接受能力的信息量，人们是不予考虑的。其结果是不但没有采取适当的对策，而且作出了错误的判断和行动，以致造成重大事故。因而，信息量及其表示方法，必须计划得容易被人接受。表示方法主要考虑以下几点：

- (1) 信息应分阶段进行表示，跟踪程序的判断要力求简单。
- (2) 信息应变换成人们满意的图形容易辨认的形式。
- (3) 信息应按性能分类，力求便于理解。
- (4) 使信息代码化（在颜色和形式上），以便于理解。

特别是信息代码化是卓有成效的，由于包括以下几个问题，故应引起注意。

(a) 代码化的问题 据报告有这样的实例。改变用指示器表示的OPEN, CLOSE, 而采用O, 一的形式，再加上颜色的代码化（使用红色和绿色分别表示异常和正常的意义），这样既丰富了信息又便于理解。如果统一采用形式和颜色的代码化，就提高了信息的辨别性，仅只这样，便使运行人员的判断容易多了。但是，由于代码化是一种约束问题，或使用多种多样的代码，或通知得不彻底，以致用于不同的意思上，反射是造成混乱和事故的根源。所以，需要引起注意。例如，红色和绿色除分别意味着异常和正常外，还有用于动作和停止的情况。再者，在国际标准IEC标准中，规定O, 一分别是表示OFF和ON的符号。因而，在当今的国际化时代，代码化的方法，不是一个厂所能统一的，必须由国家水平和国际水平来进行统一。

3. 信息输出系统

人的信息输出，通常是靠身体上的手足等部份和声音来进行的。而在监视控制系统，则主要是靠手足的运动来传输的。为了把其手足的运动特性反映在装置设计上，需要身体各部的测定值。

图4所示为本（公司）电机工业会重型电机图案设计委员会依靠全国装有监视控制设备的营业所（84个所）获得的对运行人员实测值的一部分统计结果。

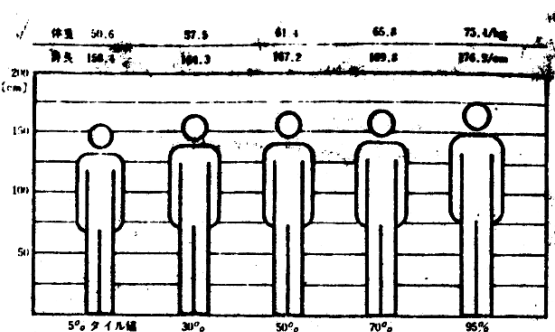
图5所示为根据目前富士电机制造（公司）在装置设计上使用的标准身长，规定的作业范围的一部分数据。

再者：利用听觉作为信息输入，由于声音合成技术的进展而大有进步，并且，作为信息输出的声音也由于声音辨认技术的进步而成为可能，声音会话型的人机系统将得到利用。

4、数据的适用法

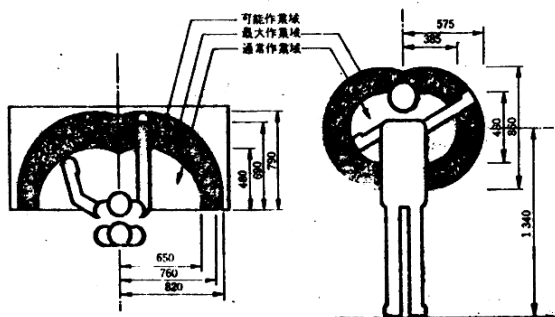
关于人的身体特性的数值，因人而异，例如，如图4所示，有身材高大的，也有身体矮小的。

如果在装置设计和环境设计上采用平均值，手短的运行人员将不能操作开关，而视力低的运行人员又不能辨认信息。在设计时，有必要充分考虑到到底应该在什么地方采用什么样的数值。适用数据的例子如图6所示。但是，准确地选定数据来进行设计，实际上也有不可能情况。因而，基于人机学的研究，为使人机联系达到最佳化，在设计阶段需要限定运行人员的身体特性值，即力求规定作为运行人员的合格条件。



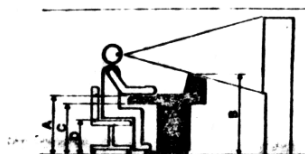
〔注〕所谓百分比值是表示某特定值以下为全部的百分之几的值
 (例如5%百分比值50.6kg以下的人是全部的5%)

图 4 运行人员的身体测定值



〔注〕以身长(165cm)为标准考虑的数据(富士电机制造(公司)的设计标准值)

图 5 作业范围



- A: 适用平均值 (50% 百分比值)
- B: 适用最小值 (5% ")
- C: 适用最大值 (95% ")
- D: 适用最小值~最大值

图6 适用身体特性数据的例子

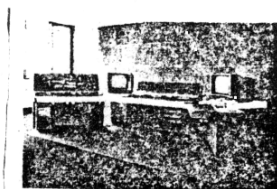


图7 把全部的代表操作功能
集中在控制机上的例子

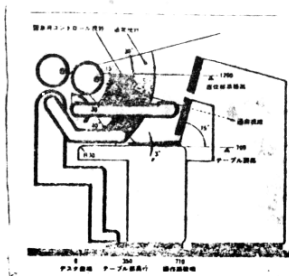


图8 座位的运行人员和控制机