

949901

TB18
4046

人—机—环境系统

袁克明 编著



中国地质大学出版社

人—机—环境系统

袁克明 编著

中国地质大学出版社

100040

818T
2004

内 容 提 要

本书分四大部分, 65个专题, 详细向读者介绍了人-机-环境系统的基本知识和人们最常遇到的人、机器、环境等关系中的实际问题。阐明了如何提高人的工作效率, 发挥机的有效功能, 减少或消除各种环境污染的不良影响, 以确保产品质量、安全生产与工业卫生。

本书取材新颖, 内容充实, 信息量大。各专题自成篇章, 又相互联系, 以系统论思想贯穿始终。论述深入浅出, 语言简明流畅。具有开拓性、学术性、知识性、实用性等特点, 可供不同层次的读者阅读。如果您是工矿企业管理干部或工程技术人员, 阅读本书将使您获得许多有益的启迪。

人-机-环境系统

袁克明 编著

责任编辑: 陈绪诚

责任校对 熊华珍

中国地质大学出版社出版发行

(武汉市喻家山)

襄樊日报印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

开本787×1092 1/32 印张9.75 字数219千字

1991年7月第1版 1991年7月第1次印刷

印数 1—4000册

ISBN 7-5625-0545-4/N·4

定价: 4.90元

前 言

现代社会里，随着机械设备大量应用于生产和进入人们的日常生活，几乎人人都要接触机器，人人都生活在各种环境之中。因此，人们都十分重视优化环境条件，发挥机器有效功能，提高人的工作效率，以求获得系统整体的“效益最大化”。而这一目的的达到，往往取决于人、机（泛指机器、计算机、工具等）和环境以及由这三大要素所组成的巨大系统的“安全、高效、经济”等综合性能。80年代初，我国科学家在人机工程基础上发展起来的人-机-环境系统工程，就是研究与解决这类问题的综合性技术学科。

为了向工矿企业的生产管理人员、工程技术人员介绍人-机-环境系统的基本知识，并运用这一理论解决生产、工作乃至日常生活中最常遇到的人、机器、环境等关系问题，在编写中采取专题论述方式，各题自成篇章，又相互联系，力求取材新颖，结合实际，深入浅出，通俗易懂，注重知识的开拓性、实用性与可读性。以帮助读者建立系统分析、整体优化等系统观念，并在多方面获得有益的启迪，从而改善自己的工作、生产与生活条件，起到对社会主义现代文明建设的促进作用。

本书在编写中采纳了有关专著资料与研究成果，其中主要的已列于书后参考文献。编写过程中，荆襄磷化学工业公司经理、高级经济师曾春苟对修改书稿给予了具体指导，总工程师、高级工程师黄永源为本书认真进行了咨询与推荐；华中理工大学经济管理学院院长蔡希贤教授在百忙之中审阅了书稿并为之作序；中国矿山技术经济研究会化学矿山学会理事长孙品华、湖北省化肥协会副理事长杨增茂以及中国地质大学出版社总编辑许高燕教授和编辑同志，都给予了热情关怀与具体帮助，谨此一并表示诚挚的谢意。

由于这门新兴学科尚处于发展初期，我国目前还很缺乏这方面的教材或参考书，加上编者水平所限，书中难免有取材不当、分析偏颇乃至谬误之处，恳请有识者赐教指正。

袁克明

1990年10月

序

“人机工程学”这一学科，虽然在发达国家已有四十多年的历史，但在我国，却仍然是一门新兴学科；而在其基础上发展起来的“人-机-环境系统工程学”，则是近十年来的事。无论是人还是机器设备，都是在一定工作环境、生态环境和社会环境下进行作业的。因此，各种环境条件对人的体质、健康、精神、寿命、劳动效能和对机的功能、可靠性、安全性、使用年限等都有巨大的影响。所以，研究人、机器、环境之间的关系以及相应系统的合理组合和协调运行，对于我国社会主义现代化建设来说是非常重要的。

袁克明工程师通过几十年的工作，深感人、机、环境关系问题的重要性，立志从人、机与环境所构成系统的关系，及其达到协调运行的机能和条件，以及如何创造这些条件等问题着手研究，并撰写成书。既总结自己多年的实践经验，又以系统论思想分析实际问题。他的这种刻苦钻研和利用业余时间著书立说，为后代、为社会主义建设着想的精神，实在使我钦佩。

我对“人-机-环境系统工程学”是外行，但当我读了这本书之后，很有启发，感到早就应该懂得这些基本知识，并在自己的教学和科研中贯彻这些科学观点。正由于我们没有深入研究人-机-环境系统的基本原理，不少搞管理工作的同志，在具体实践中对人、对机、对环境以及对整个系统的内

在特征和运行规律处于不甚了解乃至昏昏然的状态。

我们应当认识到，人的身体机能和对环境的适应程度是有限的，而系统和环境改善的可能性和潜力却具有广阔的前景，关键在于我们认识其重要性，理解其迫切性，并努力去做。现代文明建设必须包括劳动者工作条件的完善，优美环境的建设。设想人们在噪音震耳、灰沙洗面、光线暗淡的条件下工作，将是什么滋味，不仅身体健康受到损害，工作效率低，心理上的压力也是难以忍受的，并且与社会主义精神文明建设的宗旨也是背道而驰的。我们许多企业的领导者是重视这一工作的，但是，要从根本上提高企业的管理素质，还需了解关于人、机器、环境之间的关系，并能自觉运用人-机-环境系统理论指导自己的工作实践。

《人-机-环境系统》以深入浅出的笔调和文字，通俗易懂地介绍了人-机-环境系统各个要素的特征以及它们之间的相互关系，提出了我们在生产、工作、生活中经常遇到的实际问题及相应的解决措施。书中虽然没有用很多文字阐述有关理论问题，但知识新颖，内容丰富，实用性强，寓意很深，是一本认识并改善人-机-环境系统有价值的参考书。我相信本书的出版，对人们提高人-机-环境系统的认识水平，增强人对机器的监控能力，改善人机共存的作业环境与生态环境，提高我们的管理水平，促进社会主义物质文明建设和精神文明建设都将起到一定的推动作用。故此特予推荐，以飨读者。

华中理工大学经济管理学院 蔡希贤

1990年10月于武昌

目 录

序.....	I
--------	---

I 人-机-环境系统概述

一 人-机-环境系统理论的形成与发展.....	1
二 人-机-环境系统的基本概念.....	6
三 人-机-环境系统工程与其它学科的关系.....	11
四 人-机-环境系统工程的基本任务.....	19
五 人-机-环境系统的整体性.....	24
六 人-机-环境系统的安全性.....	28
七 人-机-环境系统的可靠性.....	33
八 人-机-环境系统工程的应用性.....	39
九 人-机-环境系统的总体分析.....	45
十 系统分析常见的数学模型.....	53
十一 人-机-环境系统的优化.....	59
十二 系统的综合评价.....	62
十三 系统的决策分析.....	67

Ⅱ 人的主体因素

十四	人-机-环境系统中人的主体作用·····	73
十五	模糊数学在人-机-环境系统中的应用·····	76
十六	人在作业中的生理心理活动·····	80
十七	人的感知觉特征·····	83
十八	人的视觉特征·····	87
十九	视错觉及其对系统的影响·····	95
二十	人的听觉特征·····	99
二十一	人的嗅觉与味觉特征·····	105
二十二	人的肤觉特征·····	109
二十三	运动知觉与空间知觉在系统监控中的作用·····	112
二十四	人在监控中的反应时间特点·····	116
二十五	人的作业能力的影响因素·····	119
二十六	人在劳动中的能量消耗·····	123
二十七	疲劳的机理与减缓途径·····	127
二十八	人的生物节律与能力波动·····	134

Ⅲ 人-机关系

二十九	人-机关系的最佳匹配·····	142
三十	人与机器功能特征的比较·····	145
三十一	人体尺度与机械造型·····	148
三十二	人体站姿作业域·····	153
三十三	人体坐姿与坐-立姿作业域·····	155
三十四	舒适的人体坐态与座椅·····	158

三十五	手的运动特征与操作力·····	161
三十六	脚的运动特征与操作力·····	164
三十七	人-机-环境系统的视觉显示装置·····	165
三十八	显示器总体布置的工效学原则·····	171
三十九	人-机-环境系统的控制装置·····	173
四十	人-机-环境系统的机械事故分析·····	177

IV 人-环关系与机-环关系

四十一	环境因素在人-机-环境系统中的重要作用·····	183
四十二	大气污染及其对人、机的不良影响·····	188
四十三	粉尘对人、机的危害及其防治·····	192
四十四	空气中常见的化学污染物·····	200
四十五	内燃机废气的危害与净化·····	206
四十六	大气污染的防治方法及其新技术动向·····	212
四十七	水体的污染与自净作用·····	219
四十八	机械系统水垢的形成与消除·····	223
四十九	含油废水的危害与分离新技术·····	227
五十	重金属污染的特点与危害·····	230
五十一	水体污染的防治方法及其新技术动向·····	233
五十二	振动对人-机-环境系统的影响·····	241
五十三	人-机-环境系统中的噪声环境·····	245
五十四	噪声对人的生理心理影响·····	250
五十五	噪声污染的防治方法及其新技术动向·····	255
五十六	光环境在人-机-环境系统中的重要作用·····	263
五十七	人-机-环境系统的最佳照明·····	266
五十八	色彩在人-机-环境系统中的重要作用·····	270

五十九	色彩的生理心理作用·····	274
六十	电磁辐射污染及其危害·····	280
六十一	放射性污染及其危害·····	284
六十二	人-机-环境系统中的微气候·····	287
六十三	人体的热舒适环境·····	291
六十四	过热环境对人体的影响·····	295
六十五	过冷环境对人体的影响·····	299
参考文献·····		302

I 人-机-环境系统概述

一 人-机-环境系统理论的形成与发展

人、机、环境三者之间的关系是个既古老而又新颖的问题。可以说自从人类使用机器（包括工具）的时候起，就产生了人-机关系；人使用机器、工具都要在一定环境之中，因而同时也产生了人-环关系与机-环关系。但是将人、机、环境看作是一个系统，以系统分析的方法来研究人-机关系、人-环关系、机-环关系以及人、机、环境三大要素与系统之间的关系，则是近代才开始的，是随着系统科学的兴起与发展而逐渐形成与发展起来的。

（一）系统科学的兴起

现代科学的发展有两种主要趋势：一方面是学科越分越细，新的学科分支不断产生；另一方面是各学科之间相互渗透、相互交叉、紧密联系、出现高度综合化。系统科学就是属于后一种情况。它所研究的问题，既不是客观世界中某一

种物质结构，也不是物质的某一种运动形态，而是从横向综合的角度去研究和揭示物质运动的共同规律；同时它还是包括自然科学、社会科学和思维科学在内的共同的科学方法论。系统科学的产生，给自然科学、技术科学、工程技术和社会科学提供了跨越科学界限，从整体上分析问题、处理问题的新模式、新思想与新方法，因而被誉为“全科学的方法”。

当今社会，“系统”一词已成了常用语。它最早被用于太阳系，说明九大行星环绕太阳运行的规律。后来发现了电，并于1881年建立了世界上第一个发电站，产生了输电线、用电设备、控制装置等。为了能够实现“经济输电”，中央发电站与各公司用户均联成电网而构成一个完整的供电系统。当时产生的“电力系统”一词与当今使用的“系统”一词的含义最为接近。

本世纪20年代，奥地利生物学家贝塔朗菲，在研究生物学时提出了有机体系统的概念，建立了“机体系统论”，认为生命的秘密就在于整体性、系统性和组织性，并主张用数学和模型的方法研究生物学。随后，他又把机体生物学拓广为具有普遍意义的一般系统论。1937年他在一次讨论会上第一次使用了“一般系统论”的概念，并阐述了系统的整体观点、动态观点与等级观点。由于某些原因，他的重要论文《关于一般系统论》直到1945年才公开发表。但是因为战争影响和传统思维习惯的束缚，系统论观念一直受到冷落，直到60年代才得到人们的普遍关注，并在自然科学、社会科学和思维科学中取得了举世瞩目的成就。不过理论界仍然把1945年《关于一般系统论》的发表，作为系统论形成的标志。

(二) 系统科学的发展

现在人们所说的“系统”，通常包含四个条件：即要

素、功能、目的和程序。例如，人们要喝茶，就必须具有茶杯、茶叶、开水等要素，各种要素的功能是不同的，但其最终目的都是为了供人饮用，并且必须经过向茶杯里放茶叶、倒开水、拿到嘴边喝等几个程序。人们把这种“系统”的概念推广应用到实践中去，便形成了“系统工程学”。

当新创一种本来没有的事物时，系统工程学能够发挥很大的作用，能促使人们全面地考虑事物的要素、功能、目的及程序，特别适宜从大范围在时间上、空间上及演变的规律上去研究更为综合的问题。第二次世界大战中，英国为防御德国空袭而发展起来的雷达报警系统以及为了确定军事行动和新式武器的最佳使用问题，促进和发展了运筹学。“运筹学”是系统科学的基础，由于人们将运筹学运用于系统分析，才有效地加速了系统科学的发展，推动了系统科学理论真正运用于解决实际问题，促进了系统科学理论上的飞跃与系统工程实践上的突破。

1957年，美国学者H·古德与R·迈克尔出版了《系统工程学》，标志着这门新兴学科的产生。60年代，系统工程得到了迅速发展，而它真正被人们所重视则是从美国阿波罗登月计划开始的。

60年代初，当苏联“东方”号载人飞船进入太空后，美国人震惊之余，当即宣布要让美国太空人登上月球，这就是著名的“阿波罗计划”。该项计划总投资达300亿美元，有两万多个单位、42万科技人员、400多万人参加。如此复杂、浩大的工程，其组织实施的难度是可想而知的。系统工程专家为实现“阿波罗计划”而拟定了如下步骤：（1）确定目标，并将目标条文化；（2）根据确定的目标列出各种要素；

（3）使列出的要素承担其特定的功能；（4）确定时间程

序及实施步骤;(5) 再对目标评估, 进行必要的修正。

系统工程学对美国“阿波罗计划”的提前实现起到了决定性作用。1969年7月21日, 人类第一次登上了月球。“阿波罗计划”的成功, 不仅是工程上的巨大成就, 也是人类在管理能力上的巨大飞跃。此后, 系统工程学逐渐扩展应用范围而进入到各个领域。1965年, 美国学者迈克尔编写了《系统工程手册》, 论述了系统工程方法论、系统理论、系统技术、系统数学等, 使之成为较完整的体系。

70年代以后, 由于电子计算机的广泛应用, 系统工程进入解决各种复杂庞大的科技、工程最优控制阶段, 并开始研究更复杂的社会系统工程, 把系统工程应用于国民经济的计划、协调, 改进国家管理方面, 并且进行了广泛的国际合作。1972年10月, 成立了国际应用系统分析研究所, 研究世界性的环境、生态、能源、城市、医疗、产业等等。

(三) 系统科学在我国的发展

我国从50年代中期开始了系统工程的研究, 1956年在当时中国科学院力学研究所所长钱学森的主持下, 成立了我国第一个运筹学研究室。1960年又与数学研究所的运筹学研究组合并成数学研究所的运筹学研究室。运筹学是一门综合性的数学学科, 它根据问题的要求, 通过数学的分析和运算, 作出综合性的合理安排, 以便较经济、较有效地使用人力物力, 在给定的约束条件下, 达到最优的效果。1965年, 在华罗庚教授的倡导下, 曾经在工矿企业尤其是建筑施工单位广泛地推行过统筹方法和单因素的优选法——分数法和0.618法(又称黄金分割法), 并从实践中总结出具有我国风格、行之有效的“图上作业法。”

系统科学在我国真正发展是在十年动乱以后, 尤其是

党的十一届三中全会以来，我国系统工程的推广应用出现了新的局面。国家有关部委多次召开系统工程和系统理论的专业学术会议，成立了多种全国性、地区性研究机构，创办系统工程专业刊物，出版专业著作，不少大专院校开设系统工程专业，成立相应的研究单位。现在，不但有一大批从事系统科学的专业队伍，还有一大批科学家、数学家、经济学家、管理学家、教育家、哲学家正在各个领域从事系统理论的研究和推广应用。

80年代初，我国迎来了“科学的春天”。在航空航天工程研究领域，以陈信研究员为首的一批科学家，根据其从事航空航天医学工程的研究实践，对国内外相关科学的研究工作及其成果进行了认真分析与研究，在钱学森系统科学理论的指导下，概括地提出了一门新兴的综合性技术学科——人-机-环境系统工程学。他们用系统工程的科学方法，把人、机（泛指计算机、机器、工具等）和环境，看成是一个系统的三个要素，并且认为人与机、机与环境、人与环境以及三者与系统之间，都存在信息流通、信息加工、信息控制问题。尤其是人-机-环境系统工程学把环境因素从人机系统中的单纯消极因素，转化为一个主动的积极因素，将人机工程学的理论研究与实际应用推进到一个崭新阶段，标志着我国科学家在系统科学研究上的重要发展。

短短几年来，人-机-环境系统工程理论已经广泛应用于国防工程、工业、农业、交通运输、科学研究、经济管理等各个领域。这种来自实践又服务于实践的理论应用，使系统科学在我国的发展产生了新的生命力。这门学科首先在国防科技领域取得了令人瞩目的成就，例如，超重对人体的影响及其防护、救生环境因素及其防护、载人航天器微小环境控

制等项目都先后荣获国家科技进步奖。飞机座舱环境控制及个人防护装备研制,战车、火炮及战术导弹人-机-环境系统中的单项式复合因素研究,潜艇密闭舱的微小环境研制,电子化作战指挥系统以及人-机-环境系统军用标准的研究等等,在我国都取得了一定成果,并在实践中发挥了重要作用。人-机-环境系统工程学在人数学模型的研究,人脑生物电和航天“人-机-环境”研究,系统测量,系统可靠性,环境控制生命保障系统,指挥控制通信情报系统,语言分析技术,以及本学科与管理科学的关系等方面,都取得了积极成果,并显示出这门学科的巨大潜力。

自从这一科学理论形成以来,愈来愈引起国内外学术界的重视,有关学会经常组织这一学科的学术报告,不少学术刊物上发表了本学科的有关论文,几十家科学研究机构有这一学科的科研项目。1984年我国学术代表团在第32届国际航空航天医学会议上作了“人-机-环境系统工程学理论在航空航天研究中的应用”的学术报告,引起国际间较大的反响,有的国家还把它编入军事医学年鉴,美国、日本、墨西哥等国的学者都很重视这一科学理论,称之为“中国人的创造”,有的还发表文章赞扬该学科在中国的发展。

二 人-机-环境系统的基本概念

(一) 系统

“系统”(System), 来源于古希腊语。当今,人们经