

船舶管理

(轮机)

主 编 李品芳

副主编 黄加亮



第2版

大连海事大学出版社

船舶管理

(轮机)

第2版

主 编 李品芳
副主编 黄加亮

大连海事大学出版社

© 李品芳 2016

图书在版编目(CIP)数据

船舶管理：轮机 / 李品芳主编. — 2 版. — 大连：
大连海事大学出版社，2016. 5
ISBN 978-7-5632-3319-9

I. ①船… II. ①李… III. ①船舶管理—高等学校—
教材 IV. ①U692

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 103997 号

大连海事大学出版社出版

地址：大连市凌海路 1 号 邮编：116026 电话：0411-84728394 传真：0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

辽宁新华印务有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2006 年 12 月第 1 版 2016 年 5 月第 2 版 2016 年 5 月第 5 次印刷

幅面尺寸：185 mm × 260 mm 印张：26.25

字数：650 千 印数：1 ~ 2000 册

出版人：徐华东

责任编辑：沈荣欣

责任校对：孙延彬 张 冰

封面设计：解瑶瑶

版式设计：解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3319-9 定价：55.00 元

内容提要

本书是根据交通运输部海事局 2012 年颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》编写的。内容涵盖了新大纲“船舶管理”考试科目相关章节的要求。书中系统地介绍了现代船舶安全管理的基本知识,强调保障海上人命财产安全、保护海洋环境、保持船员职业健康和维护船员合法权益,以满足国际公约和国内立法对船员的基本要求。全书包括船舶管理绪论、船舶原理概述、船舶适航性控制、船舶防污染管理、船舶安全管理、船舶安全应急处理、船舶人员管理和机舱资源管理等 8 章。

本书是高等航海院校轮机工程专业本科生的专业教材,也可以作为海船轮机部高级船员适任证书考试的参考资料,还可以作为船舶海洋工程、海事机构以及船舶轮机管理人员等专业人员的参考书。

第2版前言

STCW 公约马尼拉修正案已于2012年1月1日生效,履约过渡期为2012年1月1日至2016年12月31日。马尼拉修正案主要修正了以下内容:(1)理顺并规范了适任证书、培训合格证书及书面证明,规定适任证书及特定类型船舶船长和高级船员的培训合格证应由海事主管机关签发。(2)新增证书的签发和登记条款,对海上服务资历的认可、培训课程的确认、登记的电子查询、证书注册数据库的开发等都做了明确的规定。(3)明确了海员健康标准及健康证书的签发要求。要求海员健康检查应由缔约国认可的完全合格的有经验的从业医生完成。(4)在控制近岸航行原则中新增缔约国应与相关国家就有关航区和其他条款的细节达成一致条款。(5)增加了独立评论报告内容的明确要求。(6)增加了公司的责任。明确公司应确保其指派上船的船员均已接受了马尼拉修正案要求的知识更新培训。(7)根据《2006年海事劳工公约》修正了船员休息时间的量化标准。(8)修正了液货船舶船员培训和资格的强制性最低标准。(9)将驾驶台资源管理(BRM)和机舱资源管理(ERM)作为强制性要求。(10)增加了提倡使用电子航海天文历和天文航海计算机软件的相关内容。(11)强调了对ECDIS、船用电子设备的了解、理解和熟悉的要求。(12)增加了电子电气员、高级值班水手、高级值班机工和电子技工的培训和适任要求。(13)加强了海洋环境保护意识方面的培训要求。(14)明确了保安要求。

2006年版《船舶管理》(轮机)历经四次印刷,印数8000册,得到了广大航海院校师生的普遍认可。随着一些国际公约和国内法规、规则的修订,尤其是STCW公约马尼拉修正案的修订和生效,书中部分内容已经不符合现行要求,急需进行改版更新。本书就是在2006年版《船舶管理(轮机)》的基础上修订改编的。全书根据2012年7月1日起正式实施的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》进行版本升级,内容符合STCW公约马尼拉修正案中“船舶作业管理和人员管理”职能模块管理级的相关要求。书中着重更新了防污染及人员管理的相关法规,新增了“机舱资源管理”一章,旨在帮助读者掌握船舶基本知识,具备保障海上人命财产安全,紧急情况应变,保护海洋环境,保持职业健康和维护海员合法权益的基本能力、意识、知识和技能,掌握涉及船舶、船员的国内、国际管理立法,使读者在提升安全素质方面有所裨益。

本书可以作为轮机工程专业本科生的教材,也可以作为高级船员适任考试的参考资料。

本书由李品芳主编,黄加亮副主编,陈景锋教授主审。书中第二章、第三章、第四章、第八章由李品芳编写;第一章、第五章由黄加亮编写;第六章、第七章由范金宇编写。在编写过程中,编者参阅了许多同行专家的相关文献资料,在此谨向原作者表示衷心感谢!限于编者的水平,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者指正。

编者

2016年3月

第 1 版前言

本书内容满足交通部海事局 2006 年颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》中有关“船舶管理”科目的要求,符合 STCW 78/95 公约中“船舶作业管理和人员管理”职能管理级的适任标准,旨在使读者掌握船舶基本知识,具备保障海上人命财产安全,紧急情况应变,保护海洋环境,保持职业健康和维护海员合法权益的基本能力、意识、知识和技能,掌握涉及船舶、船员的国内、国际管理立法。

本书由李品芳主编,黄加亮副主编,蔡振雄教授、陈景锋副教授主审。第二章、第三章、第四章由李品芳编写,第一章、第五章由黄加亮编写,第六章、第七章由范金宇编写。

在本书的编写过程中,参阅了大量的国内外相关书籍和资料,在此谨向原作者表示感谢!限于编者的水平,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者指正。

本书可以作为船舶轮机工程专业本科生的教材,也可以作为高级船员适任考试的参考资料。

编 者

2006 年 10 月

目 录

第一章 船舶管理绪论	1
第一节 船舶安全管理的途径	2
第二节 现代安全管理的理论及应用	5
第三节 人为因素控制与 ISO 9000 简介	18
复习思考题	26
第二章 船舶原理概述	27
第一节 船舶的发展、分类和主要部位名称	27
第二节 船舶的几何形状、特征和主要量度	38
第三节 船体结构	54
第四节 船体强度的基本概念	75
第五节 专用运输船舶的特点	80
复习思考题	93
第三章 船舶适航性控制	95
第一节 载重线和吃水标志	95
第二节 船舶浮性	97
第三节 船舶稳性	107
第四节 船舶抗沉性	122
第五节 船舶密封与堵漏	125
第六节 船舶减摇与操纵装置	134
复习思考题	145
第四章 船舶防污染管理	146
第一节 船舶防污染	146
第二节 防止船舶造成污染公约和法规	150
第三节 船舶防污染技术与装备	202
第四节 海上污染事故处理	214
复习思考题	217
第五章 船舶安全管理	219
第一节 国际海上人命安全公约	219
第二节 国际载重线公约	229
第三节 国际船舶吨位丈量公约	230
第四节 海上交通安全法	233
第五节 船舶检验和船舶登记	236
第六节 国际安全管理规则(ISM Code)	244

第七节	国际船舶和港口设施保安规则 (ISPS Code)	252
第八节	船舶安全检查	263
第九节	港口国监督 (PSC 检查)	266
	复习思考题	278
第六章	船舶安全应急处理	280
第一节	船舶搁浅、碰撞后的应急措施	280
第二节	恶劣海况下轮机部安全管理事项	283
第三节	机动用车及主机、副机、舵机故障时的应急安全措施	285
第四节	轮机部安全操作注意事项	288
第五节	机舱应急设备的使用和管理	295
第六节	船舶应变部署	298
第七节	船内通信系统	303
	复习思考题	306
第七章	船舶人员管理	308
第一节	1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约马尼拉修正案	308
第二节	劳动法与 ILO 的劳动保护规定	311
第三节	船员管理法规	316
第四节	海船船员值班规则	328
第五节	船务公司有关船员条例及值班标准	335
第六节	船员培训	352
第七节	船员违法记分办法	357
	复习思考题	358
第八章	机舱资源管理	359
第一节	资源的分配、分派与优先顺序	360
第二节	有效沟通	378
第三节	领导力与决断力	382
第四节	情景意识的获得与保持	393
第五节	团队工作	398
	复习思考题	405
附录	《STCW 公约马尼拉修正案》关于机舱资源管理的要求	407
参考文献		409

第一章 船舶管理绪论

地球 71% 的表面被海洋所覆盖,跨海运输具有运量大、运价低等优点,在国际贸易中承担着绝大部分的货运业务。我国大约 85% 的外贸依靠海运完成,海运业在我国外贸运输中具有不可替代的作用。

船舶营运安全,直接影响到船公司的经济效益,更关系到船员、船舶、货物、港口的安全和人类赖以生存和发展的海洋环境的保护。所以,了解安全科学、熟悉船舶营运系统、熟悉船舶安全管理的途径和方法,是保证船舶营运安全的基础。

安全科学(Safety Science)是人类运用已经掌握的科学理论、方法以及相关的知识体系和实践经验,研究和预知人类与工程技术及环境领域的危险、危害和威胁,限制或消除这种危险、危害或威胁,以过程安全和环境无害为研究方向的理论体系。安全科学的基本要素结构由人、机、环境和控制四大要素构成。科学的事故控制观将安全工作分为:预测、预防、监测、应急四个阶段,每个阶段都要考虑安全科学的四大要素,并进行系统化的安全控制。而安全技术是随着新技术的发展而发展的,经历了三个阶段:(1)感性阶段。从原始社会到封建社会,以事故学习和事后控制为特征。(2)理性阶段。工业革命后,以事后控制与事前预控相结合、技术与社会相协调为特征,以安全系统工程为代表。(3)科学阶段。现代科技高速发展,有完整的安全理论、方法和程序来严格预防事故的发生,以预控、跨学科、系统化和过程控制为主要特征。

船舶(Boats and Ships)是由船体系统、操纵系统、导航系统(罗经、雷达、GPS 等)、通信系统、动力系统、货物运输系统和安全系统等构成。船舶的种类有集装箱船、杂货船、干散货船(矿砂船、散粮船)、油船、散装液体/化学品船、液化气船、滚装船、客船以及各类高速船等。与安全有关的性能:抗沉性、稳性、强度、浮性、航向稳定性、旋回性和停船性(冲程)等。船公司、船舶、货物、船员、航道和港口,是维持船舶正常运作的重要环节,它们相互依存,构成了船舶营运系统。

船员(Crew)是在船上任职和专门从事船上工作的乘员的总称。国际海事组织(IMO)海上安全委员会(MSC)颁布的“SOLAS 74 公约”要求船舶持有船旗国(Flag State)签发的“船舶最低安全配员证书”。配员(Manning)包括船员适任证书要求和人数要求。《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》于 1998 年 5 月 1 日起实施。配员证书包括船员适任证书、专业培训合格证书、基本安全培训合格证书。船员受到国际海事组织、船旗国和港口国(Port State)的共同关注,并通过“STCW 78/95 公约”及有关规则,对船员的技术素质和行为进行规范。“STCW 78/95 公约”经 2010 年修正的马尼拉修正案于 2012 年 1 月 1 日生效,同时确定为期 5 年的过渡期,给出了国际海员的技术素质和值班行为标准。船公司是指船舶所有人、经营人和管理人。船员的工资待遇受到国际劳工组织(ILO)和国际运输工人联合会(ITF)的关注。船员对安全的影响在于职业素质和行为。职业素质包括道德、身心、技术、能力、语言等方面,有良好的素质才能有好的行为。海上事故的 80% 是人为因素造成的。人为因素责任主要在于船公司的岸上管理和船上管理。公司在其范围内,直接掌握对人、机、环境三大要素的宏观控制。

海事事故发生在船上,根本原因在公司。重视公司的安全管理已成为国际海事界控制海上事故的重要途径。

第一节 船舶安全管理的途径

一、概述

安全科学围绕着“人—机—环境—控制”系统(Man-Machine-Environment-Control System, MMECS),根据不同的需要形成众多的知识单元,并按其内在联系组成学科体系。船舶安全管理是在安全科学领域内,结合船舶安全问题消化吸收现代管理理论的精华形成知识体系,管理者据此通过计划、组织、领导、控制等手段,协调本组织的资源以实现安全目标的过程。国内航海界习惯上用“管理”取代“控制”一词,因此,船舶安全管理是指对船舶安全的广泛的控制。

船舶安全管理既涉及人命财产安全,也涉及船公司的经济效益,更涉及人类赖以生存和发展的海洋环境的保护,对经济、社会、环境的意义重大。船舶安全管理的目标,是保护海上人命财产安全,保护海洋环境,实现“航行更安全,海洋更清洁”。船舶安全管理的对象是人、机、环境、管理(MMEC),包括船舶营运系统及其关系密切的外围。

船舶安全管理的要求:

- (1)提供船舶营运的安全做法和安全工作环境;
- (2)标示一切可能的风险,制定防范措施并保证其有效性;
- (3)不断提高岸上及船上人员的安全管理技能,包括安全及环境保护方面的应急准备。

以上三项要求从防范角度覆盖了“预测—防范—监测—应急”过程,要点是采取能远离危险的安全做法,对可能的险情和事故做好应急准备。

船舶安全问题的分类:

按时间可分为事前性、事中性 and 事后性安全问题等三类。

(1)事前性安全问题:对事件的安全性分析,预测和标示可能的风险,布置和落实防范措施,并予以监控。

(2)事中性安全问题:对突发危险和事故的应急处理,强调人员的应急意识、知识和技能,应急程序的有效性,以及人员、部门、船岸间的良好协调。

(3)事后性安全问题:对事后性问题,即对事故的处理,除了人员抚恤、民事赔偿、事故处理现场、追究法律责任等事务外,重点在于技术性的分析和纠正措施。对事后性安全问题的分析和纠正属于事故学习。就事论事是狭义的事故学习,难以防止同类事故的复发。从管理角度进行事故学习,则能较好地控制本单位的同类事故,并对防止其他事故产生影响。从理论高度进行事故学习,则能对社会控制同类型和相近类型的事故产生指导作用。

二、船舶安全管理的途径

我国的安全管理制度:国家监察(劳动部门)、行政主管(经济主管部门)和群众监督(工会组织)相结合。

船舶安全管理由交通运输部全面负责,包括对国内航运业的安全管理,以及对IMO、港口

国政府等的协调。

船舶流动性使船舶安全成为国际性问题,因此,逐渐形成了国际化的船舶安全管理途径网络。

1. 国际海事组织(International Maritime Organization, IMO)

1959年1月6日正式成立政府间海事协商组织(IMCO),总部设在英国伦敦。1982年5月22日更名为国际海事组织(IMO)。

IMO宗旨和任务:为解决国际贸易中涉及政府规章和惯例的有关航行技术问题向各国提供合作;在海上安全、航行效率和防止与控制船舶污染方面促进各国采用统一准则,并处理与之相应的行政和法律问题。

IMO的最高权力机构为IMO大会(Assembly),由全体会员国组成。休会期间由理事会(Council)行使大会的一切职权。IMO常设机构有海上安全委员会(MSC)、海上环境保护委员会(MEPC)、法律委员会(LEG)、技术合作委员会(TC)、便利运输委员会(FAL)。

IMO文件形式包括公约(Convention)、议定书(Protocol)、规则(Code)、决议(Resolution)、通函(Circular)。

IMO主要公约有SOLAS74、MARPOL73/78、STCW公约马尼拉修正案、OPRC、CLC1969(责任)、ITC69(吨位)、LL66(载重线)。

IMO的船舶安全管理途径是通过船旗国实施对船公司、船员、船舶的管辖;通过船旗国政府验船机构,要求其授权的船级社加强对船舶建造和技术状况维持的管理;通过港口国对到港的外国船舶采取监控行动,来约束船旗国、船级社、船公司和船舶的安全管理效果;通过影响使行业组织加强对本组织内船舶和船公司的安全管理。

IMO于1983年7月创办了世界海事大学,校址在瑞典的马尔默市,校长由IMO秘书长兼任。世界海事大学专门为发展中国家培训海上运输及海上安全管理方面的高级专业技术人才。培养对象包括海上安全监督官员、航海院校的教师、航运公司的经理、海事调查员、验船师、港口技术管理人员和从事其他海运业务或商务的有关人员。

2. 船旗国

船旗国政府是公约定义的主管机关。

我国授权中华人民共和国港务监督局为主管机关,船检局负责法定检验(授权中国船级社执行)。1998年10月27日,在原中华人民共和国港务监督局和中华人民共和国船检局的基础上,合并组建了中华人民共和国海事局,实行垂直领导。中国船级社为独立的民间组织。

3. 港口国监控(Port State Control, PSC)

港口国监控(PSC)是港口国自我保护和监督行为,是保障公约完全一致实施的最有效手段,IMO正在促使PSC向全球化方向发展。第一个区域性PSC协议是《1982年巴黎谅解备忘录》(Paris Memorandum of Understanding, Paris MOU),现已有包括加拿大在内的18个国家。

PSC以公约和有关规则为统一标尺,对船旗国、船级社、船公司、船舶和船员的不尽职和不合格行为进行监督检查。

1996年1月,SOLAS公约关于IMO船舶识别号的修正案生效,从事国际航行的总吨位100及以上的客船和总吨位300及以上的货船都要在安全证书中标以IMO船舶识别号。目的是给每艘船舶一个永远不变的标志,该标志将有助于PSC识别低标准船。

PSC滞留船舶的主要原因:船舶的保养和管理落后,不可信的检验水平,不适当的船旗国

管理,消防设备和航海设备的缺陷等。PSC 或 MOU 会定期公布被滞留船的黑名单,内容包括船名、IMO 船舶识别号、船旗国、船级社和船公司名称,以及主要原因。

4. 船级社(Classification Society)

船级社是民间商业性质的组织,从事船级检验和公证检验,对通过船级检验,确认船体和机械的技术状况符合该社的入级与建造规范的船舶,签发相应的船舶入级证书。船级证书是船舶进行法定登记和争取客户的技术状况凭证。船级社还接受本国或外国政府授权,代行船舶法定检验。

中国船级社(CCS)是国际船级社协会(IACS)的成员,于1993年通过了ISO 9002认证。IACS 现有11个正式会员(美国 ABS、法国 BV、中国 CCS、挪威 DNV、德国 GL、韩国 KR、英国 LR、日本 NK、波兰 PRS、意大利 RINA、俄罗斯 RS),两个联系会员:印度船级社(IRS)和克罗地亚船舶登记局(CRS)。IACS 检验的船舶占世界船队的90%,它与 IMO 和 PSC 的良好合作,展示了改善海上船舶技术状况的美好前景。

5. 行业组织(Industry Association)

行业组织是 IMO 的又一支安全管理力量,它遵循或参照 IMO 的要求对组织内的成员、船舶实施管理或影响。主要行业组织有:国际航运商会(ICS)、国际航运联合会(ISF)、国际海上保险联盟(IUMI)、国际船级社协会(IACS)、国际运输工人联合会(ITF)、国际船东协会(ISF)、国际海难救助联盟(ISU)、国际保赔协会(P&I Group)、国际船舶管理者协会(ISMA)等。

6. 公司和船舶(Company and Ship)

船公司在船舶安全管理中地位十分重要,如前所述,人为因素责任主要在于船公司的岸上管理和船上管理,所以船舶的安全目标,只有通过公司对岸上和船上的有机管理才能得以实现。

船舶是船舶安全管理的终端,处在安全和防污染的第一线。船长和其他高级船员作用极为重要。有效地组织和激励船员,酌情处理有关事务,是船上安全管理的关键。

三、船舶安全管理的主要方法

船舶安全管理的方法有法制、行政、安全系统工程、全面质量管理、管理标准化、安全行为科学、安全教育、安全文化建设和安全经济学等。

法制(Legal System)是强制性的,普遍性的。法制包括立法、执法及其体系。安全立法是指促进安全的法律、法规、规则、规章和公约的总和。船舶安全立法的普遍性在于有关的行政部门,企事业单位、自然人和船舶都必须执行。其强制性由行政和司法机关依法保证。

行政(Administration)是指关于国家政务的管理活动。船舶安全管理事务由经济行政主管部门主管,有海事机构、交通行业主管机关等。交通行业主管机关是行政法规的执行者和监督者,依法管理船舶安全的各类事务。公司内部的行政管理则属于企业管理。

安全系统工程(Safety System Engineering)是系统工程的组成部分,使船舶安全管理事务的时序、逻辑、相关知识有机地组合,有效地服务于安全管理目标。

全面质量管理(Total Quality Control, TQC)由美国的费根堡姆(A. V. Feigenbaum)博士于1957年提出。TQC 要点有全面性(全面质量管理是要求全员参加的质量管理,范围是产品质量产生、形成和实现的全过程,全企业的质量管理,管理方法应是多种多样的)、预防为主(全面质量管理的基本特点是从过去的事后检验和把关为主转变为预防和改进为主)、经济性(在

经营上以最佳成本达到和保持所期望的质量)。但缺乏外部监控机制。

管理标准化:1994年国际标准化组织发布了ISO 9000系列标准——质量管理和质量保证标准。ISO 9000继承了TQC的全部优点,采用了系统工程方法、闭环管理原理和现代管理科学的其他精华。按要求建立的质量体系必须由需方或第三方审核(外审),从而弥补了TQC缺乏外部监控机制这一缺陷。是否通过ISO 9000认证已经成为产品和服务质量的象征。IMO鉴于ISO 9000的优越性,于1987年运用其原理,研制海上安全管理的质量标准,1993年11月通过ISM规则,对适用船种限时强制执行,否则不能从事国际航行。大型航运企业还需要基于1996年问世的ISO 14000(环境管理系列标准)的环境管理体系认证证书,这是一张通向国际市场的绿色通行证。质量、安全、环境的国际管理标准认证,是管理标准化国际潮流的体现。

安全行为科学(Safety Behavioral Science)是行为科学的组成部分,主要研究人的安全行为的一般规律。从人的行为原理分析人为失误原因;从职业适应性角度设计人员遴选标准和培训标准;用行为激励理论激励安全行为;发挥领导行为、群体行为人际关系及沟通对安全的积极影响作用。

安全教育(Safety Education)是用教育手段提高人员安全素质的过程。安全素质包括职业道德素质、身心素质和技术素质。职业道德素质教育包括忠诚、敬业、献身精神的培育。身心素质教育,主要是掌握机体和心理的适应知识及如何应付,使在平时能和谐地处理人与机、人与环境的关系,遇到突发事件或事故时能沉着冷静地处理。技术素质教育是对安全意识、知识和技能的教育。

安全文化建设(Safety Culture Construction)主要是用安全文化的渗透力和影响力辅助安全管理,包括物质安全文化和精神安全文化。安全文化建设要求:从人、机和环境角度提供安全保障,人、机和环境能和谐相处,使每个员工具备良好的安全素质和严谨的工作作风,始终奉行安全方针,遵循安全管理体系,在工作中有时刻保证安全的警觉,有足够的知识和技能及时准确地判断和处理不符合项、险情和事故。

安全经济学(Safety Economics)是研究安全的经济意义,经济活动和经济发展与安全生产之间关系的学科。是安全科学与经济学的交叉学科。对于船公司,重在安全投入与经济效益之间的关系。如何投入,如何分析和评价,则需要安全经济学的协助。

第二节 现代安全管理的理论及应用

一、安全系统工程

安全系统工程是系统工程理论在安全领域内的发展,主要有系统安全分析和评价技术方法;目的是培养系统化思维和意识,以最少的资源取得最佳的社会效益和经济效益。

(一)系统和系统工程(System and System Engineering)

系统(System)由具有相互作用、相互依赖的若干组成部分组织而成的,具有特定功能的有机整体,又是其从属的更大系统的组成部分。

系统具有整体性、相关性、目的性和环境适应性。开放系统与外界环境有物质、能量和信息的交换,其内部状态也在发生着变化,系统的发展是一个有方向性的动态过程。

系统工程(System Engineering)以大型复杂的人工系统和复合系统为研究对象,按一定的目的进行设计、开发、管理和控制,以期达到总体效果最优的理论与方法。

系统工程属于现代化的组织管理技术,也是特殊的工程技术。传统的工程技术是关于“实施”的学问,而系统工程则是关于“筹划”的学问。

1. 系统工程的特性

(1) 整体性

系统的总体功能大于各部分的功能之和,从整体最优化出发去实现系统各组成部分的有效运转。

(2) 协调性

通过协调系统各部分之间、各部分与整体之间的相互关系和作用以提高系统的整体性能。

(3) 综合性

综合运用相关学科和技术领域的成就,从整体目标出发达到最优化目的;统筹兼顾系统目标多样性与综合性,考虑一项措施引起的多方面后果,一个问题可用几种方案配合解决。

(4) 动态性

系统的状态是随时发展和变化的,必须在动态中协调各要素间、系统与环境间的平衡。

(5) 满意性

通过对系统的最优设计、最优选择、最优控制和管理,达到最优目标。

2. 系统工程的理论基础

(1) 一般系统论(General System Theory)

1949年由美籍奥地利理论生物学家贝塔朗菲提出,旨在确立适用于各种系统的一般原则、模式和规律,内容涉及信息论、控制论、运筹学、管理科学、哲学、行为科学、经济学等一切与系统有关的学科和理论。

(2) 控制论(Cybernetics)

1948年由美国数学家诺伯特·维纳提出,是研究生物、社会和机器中控制和通信的科学,即研究利用信息来对系统进行调节和控制的一般规律。主要解决系统的动态分析和动态优化问题。

(3) 信息论(Information Theory)

研究信息传输与处理系统中一般规律的科学。其将一切通信和控制看成是一个信息传输和加工的处理系统,把系统有目的的运动抽象为一个信息交换过程。

(4) 运筹学(Operation Research)

用数学方法研究系统最优化问题的学科,用来对系统的安排、筹划、调度、使用、控制等方面进行全面规划、统筹兼顾,以达到最优目的,主要解决系统的静态分析和静态优化问题。

3. 研究系统工程的主要方法

(1) 霍尔三维结构(Hall - dimensional structure)

霍尔三维结构是1969年由美国人霍尔提出的,由时间维、逻辑维和知识维构成,如图1-1所示。

时间维是指表示系统工作从规划到更新的大致顺序。时间维分为七个阶段,即规划—拟订方案—研制—生产—安装—运行—更新。

逻辑维是指表示在时间维的每一个阶段内所要进行的工作和遵循的思维过程。大致分为

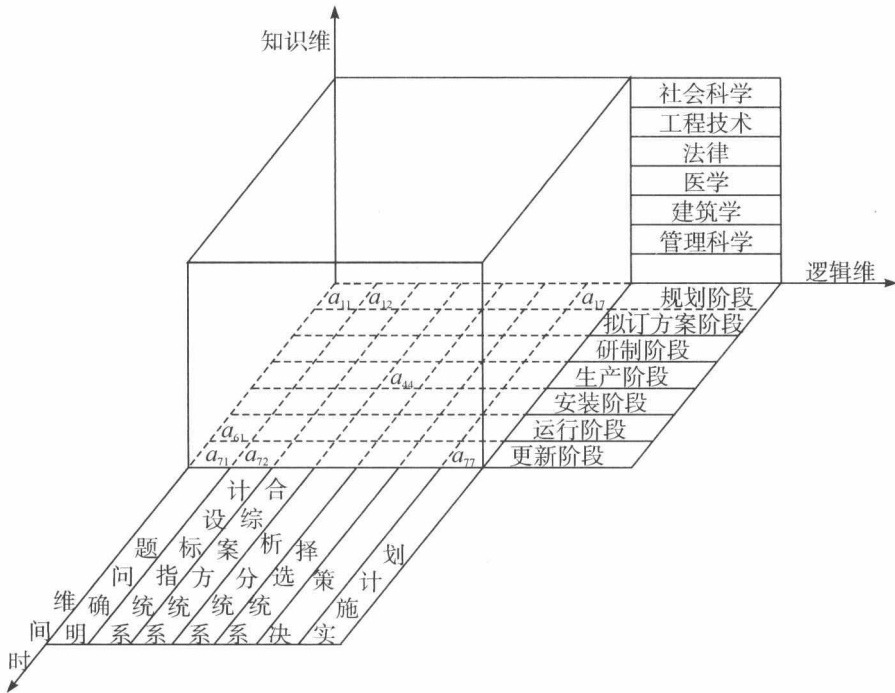


图 1-1 霍尔三维结构

七个步骤：即明确问题，收集有关资料；系统指标设计，确定目标和评价准则；系统方案综合，拟订所需采取策略和应选择的方案；系统分析，分析系统在实施中的预期效果；系统选择，从各可行方案中选出最优方案；决策，对已经选出的最优方案，进一步研究其价值，根据系统目标，略作修改后试运行；实施计划，按决策结果制订实施方案和计划。

知识维是指完成时间维和逻辑维各项工作所需的各种专业知识和技能。

将时间维和逻辑维进行综合，就可构成霍尔系统工程矩阵表，某一格或某一元素 a_{ij} ($i=1, 2, 3, \dots, 7; j=1, 2, 3, \dots, 7$) 表示系统工程的一组具体活动或工作。

(2) 切克兰德系统工程方法和库尔曼系统工程方法 (Checkland Methods and Kuhlman Methods)

英国人切克兰德和德国人库尔曼提出的方法适合于社会科学、管理科学等软科学领域。

如图 1-2 所示，在切克兰德方法中，①问题现状说明：表示说明问题的现状，以图改善；②弄清关联因素：是指分析弄清与问题有关的各种因素及其相互关系；③概念模型：指用结构模型、数学模型或文字说明等描述系统的现状；④改善概念模型：指拟定各种可行的改进方案；⑤比较：指通过比较选出符合实际情况的较优方案；⑥实施：指建立与管理“软件系统”或实施改进措施。图 1-3 所示为库尔曼的系统工程方法框图。

(3) 统一规划法 (Unified Planning Act)

1972 年由 Hill 提出，可较好地实现对大型多目标的复杂系统的全面规划和总体安排。常用如图 1-4 所示的目的树来表示。要达到目的 1，必先达到目的 2 和目的 3，依次类推，这样使一个大系统所包含的目的之间的相互影响和制约关系一目了然。

系统规划时，通过对目的树各项目的进行分析和讨论，可逐步达到整个系统的综合平衡。



图 1-2 切克兰德的系统工程方法

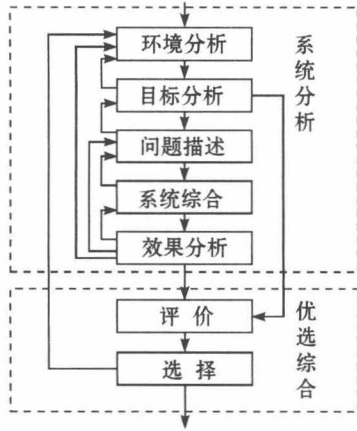


图 1-3 库尔曼的系统工程方法

(4) PDCA 循环 (Plan, Do, Check, Action)

按计划、实施、检查、处理程序等进行循环,包含 8 个步骤,如图 1-5 所示。

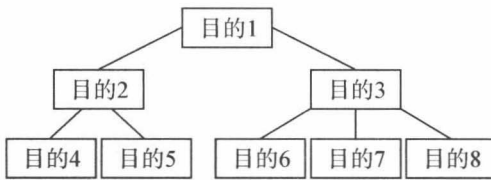


图 1-4 统一规划法目的树

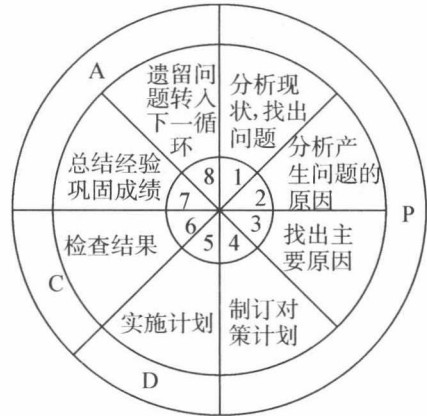


图 1-5 PDCA 循环的 8 个工作步骤

PDCA 循环有两大特点:其一是循环不停地滚动,每滚动一周就提高一步,具有滚动上升的优点,如图 1-6 所示;其二是在 PDCA 循环的每一个阶段或步骤都可独立进行 PDCA 循环,以确保系统各部分的质量,即大环套小环,如图 1-7 所示。

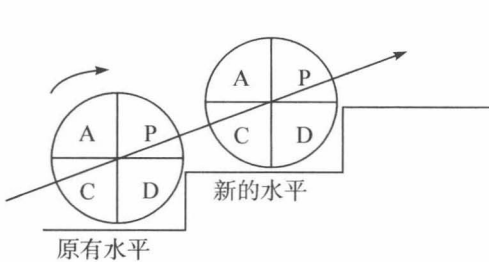


图 1-6 PDCA 循环的滚动上升示意图

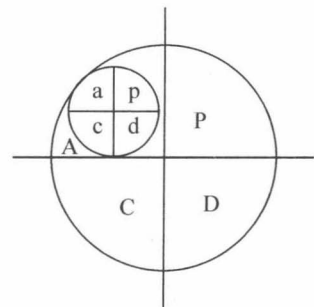


图 1-7 PDCA 循环的大环套小环示意图

(二)安全系统工程(Safety System Engineering)

安全系统是指由相互作用和相互制约,以实现系统安全为目的的一组有机元素构成的集合体。元素包括人员、设备、材料、环境、管理软件。

1. 安全系统工程的定义

安全系统工程是现代科技发展的产物,技术带来风险和造成的灾难呼唤安全系统工程,现代科学技术又为安全系统工程的发展创造了条件。

安全系统工程是采用系统工程方法来解决安全问题的学科,研究对象是安全系统。其含义为:应用系统工程的原则和方法,分析、评价、预测和控制系统中的危险因素,通过指导设计,调整工艺和设备,协调操作过程、管理方法、生产周期和费用投资等因素,使系统的事故减少到最低限度,使系统的安全运作达到最佳状态。

2. 安全系统工程方法的基本程序

- (1)发现系统中事故隐患;
- (2)预测由于事故隐患和人为失误可能导致的伤亡或损失事件;
- (3)设计和选用控制事故的安全措施和方案,进行安全决策;
- (4)组织安全措施和对策的实施;
- (5)对系统及其安全措施效果做出评价;
- (6)动态适时调整和改进,以求系统运行能取得最佳安全效果。

3. 安全系统工程的内容

- (1)阐述系统安全原理和安全要素,分析人一机一环境系统危害源及相关因素,介绍能量转移理论,安全信息流规律及控制原理;
- (2)事故致因理论研究和防止事故对策;
- (3)事故预测技术介绍,包括控制图、散布图、回归分析法等;
- (4)介绍系统危险性分析方法,包括安全检查表、事件树分析、危险预先分析、故障类型及影响分析、故障树分析等;
- (5)安全评价;
- (6)安全措施(危险控制),介绍系统危险控制的一般原则及技术,系统危险宏观控制原理、原则及方法模式等。

4. 安全系统工程的优点

- (1)全面系统地处理系统的安全性,防止片面性;
- (2)通过分析掌握薄弱环节和风险,能有备无患;
- (3)通过评价和优化技术达到最佳安全效果,减少人命财产损失;
- (4)促进各项技术标准的制定和有关数据的收集;
- (5)提高安全技术人员、操作人员和管理人员的业务水平和安全管理能力。

(三)系统安全分析(“识别”危险性)

对处于一定环境中的系统具有的安全性进行的分析,着重对系统的结构、转换、静态和动态过程的事故预知、预防、消除和控制功能进行分析,即对系统的危险性进行“识别”,又称危害分析(Hazard Analysis)。危害是指不安全的环境、不安全操作、机械设备故障、不安全的管理等因素。系统安全分析的主要内容: