

液压可靠性最优化与 智能故障诊断

YEYA KEKAOXING ZUIYOUHUA YU
ZHINENG GUZHANG ZHENDUAN

湛从昌 陈新元 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

液压可靠性最优化与 智能故障诊断

湛从昌 陈新元 编著

北 京
冶金工业出版社
2015

内 容 提 要

本书共 14 章。第 1 章至第 6 章主要介绍系统可靠性最优化基本知识, 液压系统可靠性模型及可靠度的计算方法, 在简述液压系统优化技术的基础上, 较详细地叙述了液压系统可靠性最优化技术; 第 7 章至第 14 章, 以智能故障诊断为主, 介绍了液压系统智能故障诊断基本模型, 专家系统、人工神经网络液压系统故障诊断, 液压系统故障的模糊诊断, 灰色系统理论在液压系统故障诊断中的应用, 液压系统智能集成化和网络化故障诊断, 最后叙述了液压系统工作介质智能故障诊断。

本书可供从事机械工程、可靠性设计和液压故障诊断最优化与智能化工作的科研和工程技术人员使用, 还可作为高等学校相关专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压可靠性最优化与智能故障诊断/湛从昌, 陈新元编著. —北京: 冶金工业出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-5024-7070-8

I. ①液… II. ①湛… ②陈… III. ①液压装置—可靠性理论
②液压装置—故障诊断 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 256482 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 王雪涛 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7070-8

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2015 年 10 月第 1 版, 2015 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 27 印张; 659 千字; 420 页

70.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

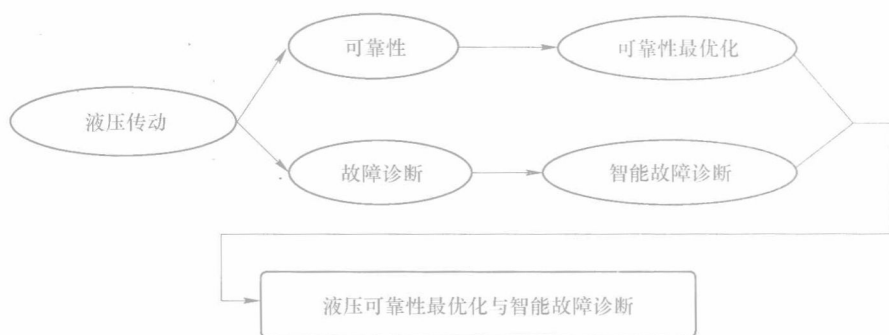
冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号 (100010) 电话 (010)65289081 (兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

前言

本书内容和结构组成如下所示：



液压系统具有许多优点，因而应用十分广泛。随着科学技术和经济发展需要，对液压系统的性能和可靠性最优化以及故障诊断的准确性和快速性的智能化要求也越来越高。为了适应教学、科技、生产这一新形势需求，作者编写了本书。

为了提高液压系统可靠性，一般会增加制造成本和设备重量，单纯考虑高可靠性而忽视成本和设备重量是不可取的。一般情况，研发和设计人员在保证可靠性和使用寿命的前提下，尽量降低成本和设备重量，这必然产生参数优化和结构优化等问题。如何使液压系统在可靠度、成本、重量之间达到最优化，这是本书叙述内容之一。

液压系统故障诊断的常规方法比较直观，一般靠简单的仪器仪表和人们掌握较多的液压技术知识以及较丰富的实践经验来处理故障，若要准确找到故障点，有时会花费较多时间，这对现代化高效率生产企业是不太适宜的。随着计算机技术和软件开发的快速发展，近些年来将这类技术引入到液压故障诊断中，发展成为液压智能故障诊断技术。该技术能准确、迅速查出故障点，以便快速维修，从而提高了液压系统的有效度。这是本书叙述内容之二。

液压可靠性最优化与智能故障诊断之间有着极为密切的联系。提高液压系

统可靠性和实现可靠性最优化,可以有效地降低故障率,同时还能降低设备的制造成本、重量与体积。利用智能化技术来诊断液压故障,可以高准确度和极其迅速地查出故障点,及时进行维修,既能提高有效利用率,又能提高可靠度。在这种思想指导下,作者总结了多年的教学、科研工作经验和成果,并参考了有关文献资料,汇成本书。其中湛从昌教授编写了第1章、第2章、第3章、第4章(部分)、第5章、第6章、第7章(部分)、第8章、第9章、第10章、第11章、第12章(部分)、第14章(部分),陈新元教授编写了第4章(部分)、第7章(部分)、第12章(部分)、第13章、第14章(部分)。全书由湛从昌教授统稿审定。编写过程中,陈奎生教授、曾良才教授和傅连东教授提供了许多资料充实了本书内容,武钢大学郭媛副教授对本书有关章节提出了许多宝贵意见,武汉钢铁公司黄富瑄高工对本书部分章节提出了许多宝贵建议。博士研究生吴凇参与整理书稿和绘图等工作,硕士研究生文小莉等对整理书稿和绘图工作给予了大力帮助。书中引用了一些文献,在此对这些文献作者和相关人员一并致谢。

限于编者水平,书中定有不妥之处,敬请读者批评指正。

湛从昌

2015年7月

目 录

1 绪论	1
1.1 系统可靠性最优化基本知识概述	1
1.1.1 系统可靠性最优化的基本概念	1
1.1.2 系统可靠性的发展简史	3
1.1.3 液压可靠性最优化研究现状及发展趋势	3
1.1.4 最优化分类	5
1.2 液压智能故障诊断基本知识概述	7
1.2.1 智能故障诊断系统的基本概念	7
1.2.2 智能故障诊断系统的结构	7
1.2.3 智能故障诊断技术的发展简史	8
1.2.4 智能故障诊断研究现状及发展趋势	10
1.3 本书的主要内容	12
2 可靠性与故障维修的基础知识	14
2.1 可靠性技术的基本内容与特点	14
2.2 可靠性与可靠度的定义	15
2.2.1 可靠性	15
2.2.2 可靠度	16
2.3 失效率	17
2.4 失效密度函数 $f(t)$ 与失效率和可靠度的关系	18
2.5 失效类型与失效曲线	19
2.6 可靠性寿命	21
2.6.1 平均寿命	21
2.6.2 可靠寿命	23
2.6.3 中位寿命	23
2.6.4 寿命方差和寿命标准离差	23
2.7 维修度与有效度	24
2.7.1 维修度	24
2.7.2 有效度	24
2.8 以可靠性为中心的维修原理及步骤	27
2.8.1 维修原理	27
2.8.2 维修步骤	28

3 液压系统可靠性模型	29
3.1 可靠性模型概述	29
3.1.1 “黑箱”方法和“白箱”方法	29
3.1.2 失效时间建模与失效次数建模	30
3.1.3 两状态可靠性和多状态或连续状态可靠性	31
3.2 可靠性模型的应用	31
3.3 浴盆曲线模型	32
3.3.1 和形式的浴盆曲线模型	32
3.3.2 积形式的浴盆曲线模型	34
3.3.3 由右截短产生的浴盆曲线模型	37
3.3.4 分段浴盆曲线模型	41
3.3.5 变量代换模型	42
3.4 系统可靠性模型	44
3.4.1 可靠性框图	45
3.4.2 串联模型	45
3.4.3 并联模型	46
3.4.4 串-并联、并-串联及串-并联混合模型	47
3.4.5 旁联模型	50
3.4.6 k/n 模型	51
3.4.7 连续 k/n 模型	52
3.4.8 二维连续 k/n 模型或连续 $(r, s) / (m, n)$ 模型	54
3.4.9 其他具有独立元件的可靠性模型	54
3.4.10 分担负载模型	56
3.5 失效率衰减模型	57
3.6 定龄更换模型	58
3.7 最小维修优化模型	58
3.8 维修与备件的关系	60
3.9 简单模型一览表	61
4 液压系统可靠度计算方法	64
4.1 液压系统可靠度的一般计算方法	64
4.1.1 组合事件计算法	64
4.1.2 通路追踪法	65
4.1.3 分解法	66
4.1.4 桥式系统	70
4.1.5 梯式系统	73
4.2 待命冗余液压系统计算方法	76
4.2.1 理想型待命冗余系统计算	77
4.2.2 双部件待命冗余系统计算	81

4.3 液压系统可靠度特征值的近似计算	87
4.3.1 串联和并联的组合系统计算	87
4.3.2 $k/n: G$ 系统, 串联和并联系统计算	88
4.3.3 指数函数的近似计算	92
5 液压系统优化技术	95
5.1 液压系统优化概述	95
5.1.1 优化设计基本概念	95
5.1.2 液压系统结构与优化	97
5.1.3 液压系统优化的内容	99
5.2 优化数学模型	99
5.2.1 参数优化模型	99
5.2.2 函数优化模型	100
5.2.3 控制部分寻优条件	100
5.3 液压开关阀控制系统动态优化	102
5.3.1 系统数学模型	102
5.3.2 控制性能寻优	110
5.3.3 抗干扰能力寻优	121
5.3.4 动态补偿方法	130
5.4 液压伺服系统参数优化	134
5.4.1 液压伺服系统结构	135
5.4.2 阶跃响应 ITAE 准则寻优	146
5.4.3 跟踪性能寻优	153
5.4.4 线性二次型指标寻优	160
5.4.5 迭代法寻优	168
5.5 液压系统动力机构优化	171
5.5.1 负载与动力机构的特性	171
5.5.2 稳态优化	176
5.5.3 动态优化	180
5.5.4 液压系统的全局优化	187
6 液压系统可靠性最优化技术	193
6.1 系统最优化概述	193
6.2 冗余液压系统可靠性的最优化	195
6.2.1 概述	195
6.2.2 系统可靠性最优化问题的提出	197
6.2.3 确定最优系统可靠性的最优化技术	198
6.3 启发式方法在系统可靠性最优化中的应用	200
6.3.1 概述	200

6.3.2	Sharma-Venkateswaran 启发式算法	202
6.3.3	Aggarwal 启发式算法	206
6.3.4	Misra 启发式算法	209
6.3.5	Ushakov 启发式算法	211
6.3.6	Nakagawa-Nakashima 启发式算法	213
6.4	动态规划法在系统可靠性最优化中的应用	218
6.4.1	概述	218
6.4.2	基本动态规划法	221
6.4.3	用拉格朗日乘子的动态规划法	236
6.4.4	用控制序列概念的动态规划法	243
6.5	用于系统可靠性最优化的其他方法	249
6.5.1	概述	249
6.5.2	经典算法	249
6.5.3	参数法	251
6.5.4	线性规划法	254
6.5.5	可分离规划法	257
6.6	部件可靠度和冗余数最优化的确定	259
6.6.1	概述	259
6.6.2	问题的提出	260
6.6.3	最优化步骤	262
6.6.4	数值例题	263
7	液压系统智能故障诊断基本模型	266
7.1	液压故障诊断的重要性	266
7.1.1	概述	266
7.1.2	液压故障分析与识别基础	267
7.2	渐发性故障的形成模型	269
7.2.1	液压系统的渐发性故障原因	269
7.2.2	故障形成的一般性过程	270
7.2.3	给定产品的渐发性故障模型的建立	271
7.2.4	考虑产品初始参数离散度的渐发性故障形成模型	274
7.2.5	产品寿命和无故障工作概率的计算实例	276
7.2.6	有两个界限的渐发性故障模型	277
7.3	突发性故障模型	279
7.3.1	液压系统的突发性故障原因	279
7.3.2	突发性故障发生概率	279
7.3.3	估计引起突发性故障的情况	282
7.3.4	指数规律的应用范围	283
7.3.5	同时出现突发性故障和渐发性故障的情形	284

7.3.6 故障的随机流	286
7.4 液压元件故障智能诊断模型	288
7.4.1 液压元件故障模型概念	288
7.4.2 液压元件故障智能诊断基于网络 PLC 系统模型	288
8 基于专家系统液压故障诊断	294
8.1 专家系统	294
8.1.1 概述	294
8.1.2 专家系统的组成和功能	296
8.1.3 推理机制	298
8.1.4 知识表示	300
8.1.5 知识的获取	301
8.1.6 新型专家系统	303
8.1.7 专家系统的概念及优点	306
8.2 专家系统故障诊断原理	307
8.2.1 专家知识的获取与表示	307
8.2.2 专家推理	308
8.2.3 知识库维护	311
8.2.4 机器学习	312
8.2.5 专家系统故障诊断的特点	313
8.3 专家系统故障诊断方法	313
8.3.1 模式匹配诊断法	314
8.3.2 因果网络诊断法	314
8.3.3 结构与功能模型诊断法	314
8.4 专家系统液压故障诊断实例	316
8.4.1 知识库设计	316
8.4.2 数据库设计	319
8.4.3 推理机设计	319
8.4.4 专家系统的运行	319
9 基于人工神经网络液压系统故障诊断	321
9.1 概述	321
9.1.1 神经网络故障诊断的优越性及其存在的问题	321
9.1.2 神经网络故障诊断研究现状及其发展	322
9.2 神经网络故障诊断原理	323
9.2.1 神经网络模型	323
9.2.2 神经网络故障诊断原理	326
9.3 神经网络故障诊断方法	328
9.3.1 模式识别故障诊断神经网络	328

9.3.2	知识处理故障诊断神经网络	328
9.4	神经网络的辨识方法与模型	330
9.4.1	基于 NARMA 模型的辨识方法	330
9.4.2	通用辨识模型和动态 BP 算法	334
9.5	基于小波神经网络的液压泵故障诊断实例	336
9.5.1	小波神经网络	336
9.5.2	实验条件及数据采集	340
9.5.3	基于松散型小波神经网络的液压泵故障诊断	341
9.5.4	基于紧致型小波神经网络的液压泵故障诊断	343
10	液压系统故障的模糊诊断	345
10.1	液压系统故障诊断中的模糊性	345
10.2	液压系统故障模糊诊断的基本原则	346
10.3	模糊故障诊断原理	347
10.4	液压系统故障模糊诊断方法	348
10.4.1	基于模糊模式识别的故障诊断方法	348
10.4.2	基于模糊综合评判的故障诊断方法	350
10.4.3	基于模糊推理的故障诊断方法	353
10.4.4	基于模糊模型的故障诊断方法	354
10.4.5	基于模糊残差评价的故障诊断方法	354
10.5	模糊故障诊断有关问题的处理方法	355
10.5.1	故障模糊分类方法	355
10.5.2	模糊样本的建立	356
10.5.3	故障分析矩阵的建立	356
10.6	液压系统故障模糊诊断实例	358
10.6.1	确定考察对象与建立故障评价标准	358
10.6.2	现场诊断	360
11	灰色系统理论在液压系统故障诊断中的应用	362
11.1	灰色系统理论基本概念	362
11.1.1	概念的分类及灰色概念	362
11.1.2	在液压故障诊断中的应用	362
11.2	灰色关联度分析	363
11.2.1	关联系数计算公式	363
11.2.2	关联系数计算	364
11.2.3	关联度	366
11.3	灰色关联度分析在液压系统故障诊断中的应用	367
11.3.1	在简易诊断中的应用	367
11.3.2	关联度分析在轧机液压伺服系统中进行故障诊断	367

11.3.3	轧机液压伺服系统的故障诊断实例	368
11.3.4	旋转机械的故障诊断实例	369
12	液压系统智能集成化故障诊断	374
12.1	集成基本概述	374
12.1.1	诊断信息集成	374
12.1.2	诊断知识集成	375
12.1.3	诊断方法集成	376
12.2	集成化故障诊断体系结构	376
12.2.1	集成化故障诊断模型	376
12.2.2	集成化故障诊断系统结构	376
12.2.3	多信息融合系统层次结构	378
12.2.4	集成化故障诊断系统功能及其实现	379
12.3	集成化推理和诊断策略	379
12.3.1	集成化推理机制	379
12.3.2	集成化诊断策略	380
12.4	神经网络与模糊逻辑集成故障诊断	381
12.5	专家系统与神经网络集成故障诊断	382
12.5.1	专家系统与神经网络的集成方法	382
12.5.2	专家系统与神经网络的集成策略	382
12.5.3	专家系统与神经网络的集成结构	382
12.5.4	专家系统与神经网络的集成模型	383
12.5.5	专家系统与神经网络集成的特点	384
12.5.6	专家系统与神经网络集成的适用范围	384
12.6	神经网络与案例集成故障诊断	384
13	液压系统网络化故障诊断	386
13.1	概述	386
13.1.1	网络化故障诊断的提出	386
13.1.2	网络化故障诊断的特点	387
13.1.3	网络化故障诊断需要解决的问题	387
13.1.4	网络化故障诊断的研究方向	388
13.2	网络化故障诊断的结构模式	389
13.2.1	客户机/服务器模式	389
13.2.2	浏览器/服务器模式	390
13.2.3	面向客户公共对象请求代理结构	393
13.2.4	模式驱动结构	394
13.3	网络化故障诊断的实现方案	394
13.3.1	基于三层网络的实现方案	394

13.3.2 基于四层网络的实现方案	395
13.4 网络化故障诊断的关键技术	398
13.4.1 网络数据库技术	398
13.4.2 数据实时传输技术	398
13.4.3 网络安全技术	399
13.5 网络化故障诊断的评价指标	399
14 液压系统工作介质智能故障诊断	401
14.1 概述	401
14.2 液压系统的污染物及其危害	401
14.2.1 污染物的概念	401
14.2.2 污染物的来源	401
14.2.3 污染物特征的描述	402
14.2.4 液压系统污染物的危害	403
14.3 液压系统的污染物分析	404
14.3.1 污染物成分及其含量的分析	404
14.3.2 油液污染度的测定诊断	407
14.4 液压系统污染监测与故障诊断实现	410
14.4.1 在线监测与诊断系统的方案	410
14.4.2 在线监测与诊断系统的功能及原理	410
14.4.3 硬件系统	411
14.5 在线监测与诊断系统的软件实现	413
14.6 液压元件对工作介质清洁度要求及过滤器的配置	415
14.6.1 清洁度要求	415
14.6.2 过滤器配置	416
附录 液压传动装置的平均失效率	418
参考文献	419

1 绪 论

1.1 系统可靠性最优化基本知识概述

1.1.1 系统可靠性最优化的基本概念

在工业、航天航空、军事、农业和人们日常生活的许多方面，系统可靠性对于各种条件下的任务来说，都是极其重要的。虽然，在定性方面，可靠性已不是新的概念，在定量方面，在过去数十年中也得到较快发展。这就导致对高可靠性系统和高安全、低费用部件的需求量的不断增加，经济得到快速发展。

目前已有许多提高系统可靠性的方法，其中有使用大的安全系数；减少系统的复杂性；逐步改进产品质量；增加组成部件的可靠度；使用结构冗余；实行计划维护和定期检修以及定点监测等。但经过实践认为冗余分配是比较好的一种方法。

根据系统可靠性分配方法最优冗余有关文献的技术现状进行分析，主要有可靠性基础理论和最优化技术，而各种最优化技术的参考文献较多，如一般的最优化技术、整数规划、极大值原理、广义的既约梯度法、修正的单形搜索、序列无约束极小化方法、拉格朗日乘子法和 K-T 条件法、广义的拉格朗日函数法、动态规划法、几何规划、参数法以及线性规划法等。

在求解一些小型系统可靠性最优化问题时，上述的各种最优化技术的参考文献所用到的最优化方法，都是有限的。若把它们应用到一些大型问题时，只有少数方法才有效。

有一些新的研究方法，在这些方法里只要附加一些最优化条件，就会得到较好的效果。例如，一般可靠性最优化问题的一个扩展，就是同时确定部件可靠度的最优水平和每一级的冗余数。它是这样的问题，就是部件的失效率为变量，所决定的是如何在添加的冗余部件之间，或者在单个部件可靠度之间做最优的权衡。另一个例子是，对于多级系统可靠性的最优化，可以从一系列可能的候选者当中，选择比较可靠的部件作为第一级，在第二级中添加并联的冗余部件，在第三级中用一个 n 中取 k 的 G 结构来实现。从鉴定的观点来看，改进后系统可靠性的费用数据是十分重要的，但目前有用的数据很少。为了使目标函数和约束条件公式化，实际的费用数据对逼真地模拟问题是必需的。

随着现代设备复杂程度的日益增加，在军事和工业两个领域，包含高性能、高可靠性和高维修性的新的工程问题随之出现。作为可维修性和可靠性的综合度量的有效度，越来越广泛地被用作系统可靠性的度量。

在求解一般的线性或非线性规划问题中，各种最优化方法都有其固有的特点和一定的优点。下面将讨论几种最优化方法，即：

- (1) 通过增加每个特定子系统里的冗余部件，使系统的可靠性最大。
- (2) 通过选择每一级合适的可靠度，使系统的可靠性最大。

(3) 在满足系统最低限度可靠性要求的同时,使系统的“费用”最小。

(4) 在满足每个单独系统可靠性最低限度要求的同时,使多级功能系统的“费用”最小。

价格、重量、体积或者这些项目的一些组合即“费用”约束,对于串联、并联或者复杂结构的系统是重要的。每一个约束函数都是部件可靠度的增函数,或是每一级所使用的部件数的增函数,或者是这二者的增函数。各种“费用”函数都是有用的。

对冗余系统可靠性最优化技术的参考文献进行分析。有的已经用于或有的尚未用于系统可靠性最优化的最优化方法的计算过程。这些最优化方法是:

- (1) 启发式方法;
- (2) 动态规划法;
- (3) 离散型极大值原理;
- (4) 序列无约束极小化方法 (SUMT);
- (5) 广义既约梯度法 (GRG);
- (6) 拉格朗日乘子法和 K-T 条件法;
- (7) 广义的拉格朗日函数法;
- (8) 几何规划;
- (9) 整数规划;
- (10) 其他 (经典法、参数法、线性规划法和可分离规划法)。

在这些最优化方法中,广义既约梯度法 (GRG) 和拉格朗日函数法是非常有前途的。为了进行综合性的研究,其他最优化方法也将用于各种可靠性最优化中。在涉及每个特点方法之前,我们先做如下的一些假设:

(1) 如果所有的子系统是串联运行,对于成功地完成任务来说,每个子系统都被看成是必不可少的。

(2) 串联、并联或者混合结构所有的子系统都是 S 独立的。也就是说,每个子系统中并联的冗余部件是统计独立的。在并联冗余中,所有的部件都具有相同的失效 (或成功) 风险,不管它们是备份部件,还是在工作部件。

(3) 对于某些特定的最优化方法要求线性化以前,“费用”的约束不必要以线性的方式给出。

(4) 好与坏是对每个部件、子系统和整个系统的一种描述。在并联情况下,除非特例,要使子系统是好的,仅需一个部件是好的。这就是 m 取 $1:G$ 结构。关于部件的风险系数不做假定,除非该系数在部件可靠度中有所反映。

(5) 没有任务所要求的特定最优化知识,冗余数的实际决定、设计改动以及可靠性改进的其他保障是不能实现的。权衡可以仅仅在最优的冗余部件和“费用”值之间考虑。

(6) 子系统之间要附加约束。

(7) 冗余模型的假设条件是单独 (或分支) 失效,不影响剩余的部件 (或分支) 的运行。

(8) 可以认为连接点消耗的“费用”是相同的,但是要假定,给定系统正在执行完善的功能。

1.1.2 系统可靠性的发展简史

研究可靠性最早的是 20 世纪 40 年代第二次世界大战时德国对火箭的诱导装置的可靠性研究。该装置因电子设备很复杂,又不可靠,造成有的在发射台上爆炸,有的落入英吉利海峡。此后,参加研制的数学家 R. Lusser 首先提出对串联系统利用概率乘积法则,把一个系统的可靠度看成为该系统部件的可靠度乘积,即 $R_s = R_1 R_2 \cdots R_n$ 或 $R_s = \prod_{i=1}^n R_i$, 最后算得火箭诱导装置的可靠度 $R_s = 0.75$ 。可靠度较低,容易出故障,这个计算开创了可靠性建立在数值基础上的先例。

1942 年,美国以麻省理工学院一研究室为中心,对当时电子设备产生故障的主要元件真空管的可靠度问题做了深入的调查研究。

1950 年,美国成立了海、陆、空三军“国防部电子设备的可靠性专门工作组”,1952 年发表了关于可靠性 17 项建议的报告,并将该工作组改名为“国防部电子设备可靠性顾问团”(AGREE)。

1958 年,日本科学技术联盟设立了可靠性研究委员会。

1962 年,法国由国立 X 通讯研究所成立了“可靠性中心”。

1963 年,英国出版了《可靠性和微电子管》杂志。

前苏联和东欧也先后开展了可靠性研究。

1965 年,国际电工委员会(IEC)设立了可靠性技术委员会 TC-56,在东京召开了第一次会议,统一了各国可靠性名词术语,并制定了标准。

1968 年,在布达佩斯召开了第二次电子产品可靠性学术讨论会。

我国研究可靠性是从 20 世纪 50 年代末开始的,当时四机部在广州成立可靠性研究所,60 年代七机部成立研究所。1975 年,中国科学院应用数学研究所举办了“可靠性数学讨论班”。1979 年,中国电子学会成立了可靠性与质量管理学会。1980 年,在全国可靠性学术交流会之后,不少高等学校开设了可靠性理论及应用方面的课程,并开展这方面的研究,主要是电子产品、电子设备方面的研究。在国防工业,航空航天工程十分重视可靠性工程研究,在人员培训、可靠性技术开发等方面均取得了可喜成果。从 2005 年开始,中国航天科工集团公司系统地开展了导弹武器系统全寿命期可靠性保障工程的论证和规划工作,比较全面和准确地勾画出了航天科工集团公司可靠性工作的整体结构和发展思路,为今后有计划、有组织、系统地开展可靠性工作奠定了基础。集团公司在“十一五”专题规划中,在标准化、信息化等领域里对可靠性工作进行了专题研究和论证,为可靠性专业技术和管理工作长足发展奠定了基础。

可靠性最优化理论及技术在机械工程和液压技术等方面的应用有一定进展,目前对齿轮、轴承等零件及整机和液压系统及元件可靠性最优化已开始应用可靠性设计,给企业带来了很大效益,今后在广泛应用中会得到更好的效果。

1.1.3 液压可靠性最优化研究现状及发展趋势

可靠性这一新兴的学科,从其问题的提出到目前已得到广泛应用。狭义的可靠性是指:产品在规定的条件和时间内,完成规定功能的能力。而这种能力的概率则称为可靠

度,记为 $R(t)$,显然可靠度是时间的函数。随着产品功能的完善,容量和参数的增大及向机电一体化方向发展,致使产品的结构日趋复杂,使用条件日趋苛刻,于是产品发生故障和失效的潜在可能性越来越大,可靠性问题日趋突出。现代社会生活中不乏由于产品失效或发生故障而造成机毁人亡的实例,使企业乃至国家的形象受到影响;反之,也有很多因重视产品质量和可靠性,而获得巨大效益和良好声誉的典型。正因为如此,世界各工业发达国家对其产品还规定了可靠性指标。指标值的高低决定着产品的价格和销路的好坏,因而成为市场竞争的重要内容。液压可靠性研究的主要任务是提高产品的可靠性,延长使用寿命,降低维修费用。随着液压产品失效和发生故障概率的增加,可靠性理论、技术、方法的发展和应用也日益引起各国的重视。

1.1.3.1 液压可靠性最优化研究的现状

A 液压元件的可靠性研究

对于任何一个液压系统,其元件的可靠性都是系统可靠性的基础。液压元件大多精密而贵重,结构复杂,不少是单件小批量生产和设计,因而液压元件的可靠性研究工作十分重要且有不少困难。

现阶段液压元件的可靠性研究工作主要有以下几个方面:

(1) 利用故障树分析法(FTA)与失效模式效应和致命度分析法(FMECA)对液压元件进行可靠性分析和设计;

(2) 利用新理论对液压元件进行新的分析和设计,采用新的设计理论代替旧的设计方法,设计出新型可靠的元件;

(3) 液压元件可靠性试验的研究。利用试验获取液压元件可靠性的数据,以供改进和提高液压元件性能。

B 液压系统的可靠性研究

液压系统的可靠性研究和其他系统一样,主要以整修液压系统为目标,进行液压系统可靠性预测和分配、液压系统可靠性分析、液压系统可靠性设计、液压系统可靠性试验、液压系统可靠性增长、液压系统可靠性管理等几方面的工作。目前研究的主要方向有:

(1) 液压系统的可靠性预测。计算一个系统的可靠度是衡量一个系统优劣以及是否满足任务要求的一个重要参数,也是系统和系统间相互评判的一个重要手段,是系统可靠性研究的重要部分。

(2) 液压系统的可靠性最优化分析。通过对液压系统进行可靠性分析得出的可靠性信息、故障模式、故障间的传播关系等,可以用来深层地了解液压系统的内部结构,为液压系统的设计管理和故障诊断提供大量的方便和依据。

(3) 液压系统的可靠性最优化设计。可靠性设计是可靠性工程中最重要的一环,“可靠性最优化是设计出来的”这一概念已被人们认同,在设计中提高系统的可靠性最优化是十分重要的。

(4) 液压系统的可靠性管理。不断改进和提出新的现代化管理方法。

1.1.3.2 液压可靠性最优化研究的发展趋势

随着计算机技术和模糊理论在各个学科的渗入,液压系统的可靠性研究工作必将更加