

机械产品 设计制造使用 防错方法

如何实现不再犯错的梦想？

梁国明 梁承欢 编著

Error-proofing

Poka-yoke



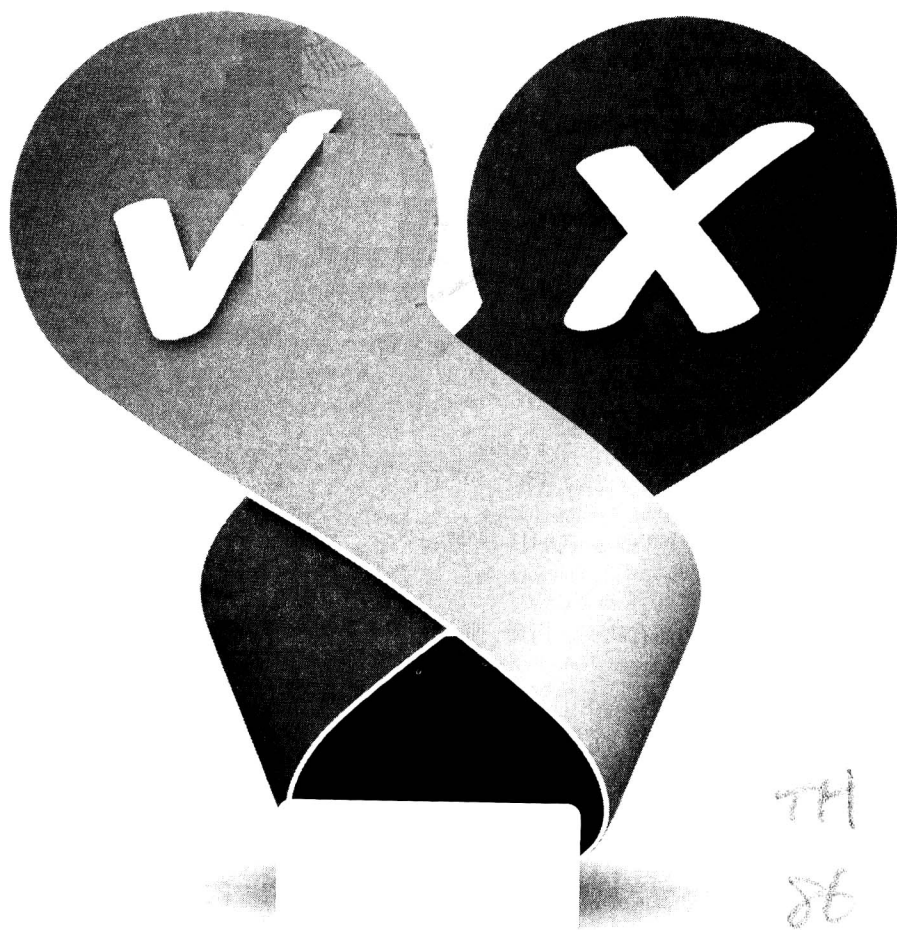
机械产品 设计制造使用 防错方法

如何才能实现不再犯错的梦想？

梁国明 梁承欢 编著

Error-proofing

Poka-yoke



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TH
86

如何才能不犯错去实现梦想?本书作了回答。本书以机械产品设计制造使用为例,详细介绍防错方法,全书共6章:第1章,绪言;第2章,设计产品中的防错方法;第3章,设计工艺中的防错方法;第4章,制造产品中的防错方法;第5章,使用产品中的防错方法;第6章,设计防错装置的方法。附录收录了40个防错装置实例。

全书论述了防错的39个原理、各种防错方法,列举了大量示例,内容丰富、实用,可操作性强,适于各类人员阅读,特别适合机械产品设计工程师、工艺设计工程师、产品制造工程师及广大工人,以及使用机械产品的人员阅读。大中专院校机械专业的学生、研究生在毕业设计中应研读本书,以积累防错知识和掌握设计防错装置的技能,为将来就业和在工作中增加竞争资本。

图书在版编目(CIP)数据

机械产品设计制造使用防错方法/梁国明,梁承欢
编著. —北京:机械工业出版社,2014.3
ISBN 978-7-111-45575-2

I. ①机… II. ①梁…②梁… III. ①机械设计②机械制造③机械-使用方法 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第016332号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李万宇 责任编辑:李万宇 杨明远

版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

责任印制:刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2014年4月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·20.5印张·507千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45575-2

定价:49.80元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑电话:(010) 88379732

社服务中心:(010) 88361066

网络服务

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

读者购书热线:(010) 88379203

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前言

防错是永恒的主题，古今中外历来是以成败论英雄。对，意味着成功，使梦想实现；错，意味着失败，使梦想破灭。为了给广大读者提供防错参考资料和方法，特编著本书。

错的形式多种多样，发生错的原因很复杂。尽管错的形式很多，造成错的原因很复杂，但可从中归纳出一些共性的原因，对它们进行讨论，提出具体的防错方法，避免错发生，这是很有意义的。为了不泛泛空谈，本书以设计机械产品、设计工艺、制造机械产品和使用机械产品中常见的及潜在的错为例，详细介绍防错的各种方法。即使不是机械行业的读者，也可针对自己的实际需要，参考这些方法设计出自己的防错装置。

本书的特点是内容丰富、实用，可操作性强。书中在第6章论述了防错的39个原理、各种防错方法，附录中收录了40个实际例子，行文中举了大量错的示例和设计防错装置的示例。原理是“金点子”，实例是最好的“老师”。这39个原理几乎涵盖了所有方面的防错原理，通过研究这些原理和参考给出的实例，举一反三，灵活应用，就可以设计出各种各样的防错装置。把这些原理中的一些原理用于工作和生活、学习中，就可以避免错发生，使梦想实现。

在发生错的各种原因中，人造成错是主要原因，因此，书中用了大量篇幅，从人的心态、人的情感到人的行为方面进行分析造成人犯错的种种原因，针对分析出的原因提出防错措施。根据人的需求理论，书中提出了“幸福指数模型”，每个正常的人，均可从这个模型中查到自己的幸福指数是几级。

本书适于各类人员阅读，特别适合机械产品设计工程师、工艺设计工程师、产品制造工程师及广大工人，以及使用机械产品的人员阅读。未来的工程师们——大专院校机械专业的学生、研究生，在毕业设计中应研读本书，以积累防错知识和掌握设计防错装置的技能，为将来就业和在工作中增加竞争资本。建议机械设计与制造专业的老师以本书作为反面教材，教授学生一些防错知识和技巧，使他们具有正反两方面的技能，以满足激烈竞争的需要，这样他们将更加感谢你们。

在目前的图书市场上，写如何才能获得成功实现梦想的书很多，这是应该的，这是正面的写法，但反过来写，即写如何防止犯错使梦想实现的书则凤毛麟角。笔者到国家图书馆检索了该馆的藏书，未查到类似本书这样的书，因此，这本书显得特别宝贵，也因此，我们特别用心写它。尽管如此，书中仍可能有错处，敬请批评指正，以便再版时修改。

在写作中，我们吸收了一些专家学者防错的研究成果，借此机会向他们表示感谢！

编著者

目 录

前言

第1章 绪言 1

1.1 成就与问题 1

1.1.1 成就 1

1.1.2 问题 2

1.2 错与防错 2

1.2.1 防错的重要意义 2

1.2.2 错的概念 3

1.2.3 防错的概念 4

1.3 产品与机械产品 5

1.3.1 产品的概念 5

1.3.2 机械产品的概念 6

1.4 机械产品质量 6

1.4.1 质量的概念 6

1.4.2 机械产品质量链 6

第2章 设计产品中的防错方法 8

2.1 设计的重要意义及设计方法 8

2.1.1 设计的重要意义 8

2.1.2 设计方法 9

2.2 设计中判定对与错的依据 25

2.2.1 判定对与错的依据 25

2.2.2 设计中常见的错 25

2.3 错的原因 26

2.3.1 错的一般原因 26

2.3.2 研究工作允许错 26

2.3.3 设计工作不允许错 27

2.4 防设计过程要素错的方法 27

2.4.1 防钱错的方法 27

2.4.2 防时错的方法 32

2.4.3 防人错的方法 33

2.4.4 防机错的方法 35

2.4.5 防料错的方法 35

2.4.6 防法错的方法 35

2.4.7 防环错的方法 35

2.4.8 防测错的方法 35

2.5 总体设计中的防错方法 36

2.5.1 防合同错的方法 36

2.5.2 评审用户要求防错法 36

2.5.3 用 QFD 防总体设计错的方法 37

2.5.4 精选材料防错法 47

2.5.5 推陈出新防错法 49

2.5.6 总体验证防错法 51

2.6 工程设计中的防错方法 52

2.6.1 把好输入质量关防错法 52

2.6.2 利用先进技术防错法 54

2.6.3 采用成熟技术防错法 55

2.6.4 采用成熟产品防错法 55

2.6.5 采用新事物防错法 57

2.6.6 控制设计更改防错法 57

2.6.7 标准化审查防错法 58

2.6.8 签署防错法 65

2.6.9 控制技术状态防错法 68

2.6.10 把好输出质量关防错法 70

2.6.11 利用统计技术防错法 74

2.6.12 利用工具防错法 74

2.6.13 设计产品错的示例 75

2.7 设计验证与设计确认 78

2.7.1 设计验证防错法 78

2.7.2 设计确认防错法 79

2.7.3 利用标准防错法 80

2.8 风险分析——找潜在错的工具之一 81

2.8.1 风险分析的目的 81

2.8.2 风险的来源及其分类 81

2.8.3 风险管理 83

2.9 FMECA——找潜在错的工具之一 87

2.9.1 找错的一些高级工具 87

2.9.2 应用 FMECA 过程 88

2.9.3 FMECA 的应用场合 88

2.9.4 注意事项 89

2.9.5 FMECA 的分类 89

2.9.6 应用 FMECA 的流程 90

2.9.7 工艺 FMECA 示例	106	4.2.2 人错的原因分析	169
2.9.8 工艺 FMECA 的注意事项	106	4.2.3 防人错的两类方法	179
2.10 评审——找潜在错的工具之一	108	4.2.4 适应环境防错法	179
2.10.1 评审的概念及应用场合	108	4.2.5 控制情感防错法	179
2.10.2 评审方法	109	4.2.6 改变主观思维模式防错法	183
2.10.3 设计评审	110	4.2.7 改变经验思维模式防错法	183
第3章 设计工艺中的防错方法	120	4.2.8 改变教条思维模式防错法	183
3.1 工艺及其重要意义	120	4.2.9 改变保守思维模式防错法	184
3.1.1 工艺的概念	120	4.2.10 改善生理防错法	184
3.1.2 工艺的重要意义及存在的 问题	122	4.2.11 增强体质防错法	184
3.2 评价设计工艺的标准及防错方法	124	4.2.12 提高体力防错法	184
3.2.1 评价工艺方法先进与否的 标准	124	4.2.13 提高耐力防错法	185
3.2.2 设计工艺中常见的错	126	4.2.14 提高感知能力防错法	185
3.2.3 设计工艺中的防错方法	127	4.2.15 克服生理局限防错法	185
3.2.4 克服一重一轻防错法	127	4.2.16 提高工作能力防错法	186
3.2.5 提高工艺设计工程师的水 平防错法	127	4.2.17 热爱本职工作防错法	187
3.2.6 把好输入质量关防错法	133	4.2.18 勤学苦练防错法	187
3.2.7 应用 CAPP 防错法	133	4.2.19 提高修养防错法	187
3.2.8 设计与工艺协同防错法	134	4.2.20 抓住机遇防错法	188
3.2.9 提高整体工艺水平防错法	134	4.2.21 日理日清防错法	188
3.2.10 加强工艺管理防错法	135	4.2.22 做好准备工作防错法	188
3.2.11 加强工艺监督防错法	135	4.2.23 背工艺防错法	189
3.2.12 提高工艺人员队伍素质 防错法	135	4.2.24 严格工艺纪律防错法	189
3.2.13 把好输出质量关防错法	137	4.2.25 执行工艺守则防错法	189
3.2.14 工艺评审防错法	140	4.2.26 在职培训防错法	190
3.2.15 工艺可靠性控制防错法	145	4.2.27 驾驭不良情感防错法	190
3.2.16 首件鉴定防错法	146	4.2.28 心想幸福防错法	191
3.2.17 把好关重件质量关防错法	150	4.2.29 确认防错法	191
3.2.18 产品质量评审防错法	152	4.2.30 提高顾客满意度防错法	192
第4章 制造产品中的防错方法	157	4.2.31 用防错装置防错法	195
4.1 概述	157	4.2.32 纠正人错的方法	196
4.1.1 制造的概念	157	4.2.33 应急决策纠正错的方法	200
4.1.2 制造的重要意义	157	4.3 防机错的方法	201
4.1.3 判定制造中对与错的标准	157	4.3.1 过程能力分析防机错的方法	202
4.1.4 建立防错体系	158	4.3.2 用控制图发现错的方法	205
4.1.5 推行质量成本管理防错法	160	4.3.3 用直方图发现错的方法	207
4.1.6 利用统计技术防错法	161	4.4 防料错的方法	210
4.2 防人错的方法	162	4.4.1 料错的形式	210
4.2.1 判定人做对与做错的标准	162	4.4.2 防采购错的方法	210
		4.4.3 防供方错的方法	212
		4.4.4 防现场料错的方法	212
		4.4.5 生产件认可防错法	213
		4.5 防法错的方法	213

4.5.1 工艺认证防错法	213	5.1.1 错的分类	248
4.5.2 与时俱进防错法	214	5.1.2 机错的示例	249
4.6 防环错的方法	214	5.1.3 机错的原因	250
4.6.1 创造环境防错法	214	5.2 使用机械产品中的防错方法	260
4.6.2 在核辐射环境下防护法	215	5.2.1 按使用说明书使用防错法	261
4.7 防检测错和利用检测防错的方法	215	5.2.2 执行安全操作规程防错法	261
4.7.1 检测在防错中的重要意义	215	5.2.3 加强维护防错法	262
4.7.2 利用检验防错法	216	5.2.4 提高人的可靠性防错法	263
4.7.3 执行三个命令防错法	217	5.2.5 双岗防错法	263
4.7.4 当好三个代表防错法	217	5.2.6 不使用不合格产品防错法	263
4.7.5 行使权力防错法	217	5.2.7 以史为鉴防错法	263
4.7.6 追究责任防错法	218	5.2.8 抓两头防错法	263
4.7.7 限制检验员行为防错法	218	5.2.9 提高机的可靠性防错法	264
4.7.8 全员防错法	219	5.2.10 监控关键工艺变量防错法	264
4.7.9 确保检测设备准确防错法	219	5.2.11 在线测量防错法	265
4.7.10 改变足球门心里防错法	220	5.2.12 诊断隐患防错法	266
4.7.11 减小质量损失防错法	222	5.2.13 防软件错的方法	268
4.7.12 减小误差防错法	222	第6章 设计防错装置的方法	270
4.8 防装配错的方法	227	6.1 到哪里去找错	270
4.8.1 用虚拟装配防错法	227	6.1.1 从作业中找错	270
4.8.2 检验防错法	227	6.1.2 从动作中找错	271
4.8.3 不合格品控制防错法	228	6.1.3 从方法中找错	274
4.9 大型试验中的防错方法	232	6.1.4 从身边找错	276
4.9.1 大型试验的特点	232	6.1.5 从生产过程中找错	276
4.9.2 大型试验中常见的错	233	6.1.6 从设计产品中找错	276
4.9.3 试验前防错法	233	6.2 防错装置的设计、分类及示例	277
4.9.4 试验中防错法	233	6.2.1 防错的作用与原则	277
4.9.5 试验后防错法	234	6.2.2 防错装置示例	277
4.10 第三次工业革命悄然到来	234	6.2.3 防错分类	279
4.10.1 3D 打印技术简介	234	6.2.4 设计防错装置的 39 个原理	280
4.10.2 存在的问题	236	6.2.5 防错装置的基本功能	284
4.10.3 发展前景	236	6.2.6 设计防错装置的总要求	285
4.10.4 3D 打印的喜与忧	238	6.2.7 防错的等级	286
4.11 AUDIT——找显见错的工具	239	6.2.8 防错装置的类型	286
4.11.1 AUDIT 的概念	239	6.2.9 防错装置常用元件	287
4.11.2 AUDIT 与检验不同	239	6.2.10 防错装置检测标准	290
4.11.3 应用 AUDIT 的步骤	240	6.2.11 设计防错装置示例	291
4.11.4 一切符合设计要求防错法	242	附录	299
4.12 防生产现场错的方法	242	附表 1 防止装错零件的方法	299
4.12.1 均衡生产防错法	242	附表 2 防止安装错的方法	299
4.12.2 采用先进管理方法防错法	243	附表 3 防止漏装零件的方法 (一)	300
第5章 使用产品中的防错方法	248	附表 4 防止漏装零件的方法 (二)	300
5.1 使用机械产品中常见的错	248	附表 5 防止漏装零件的方法 (三)	301

附表 6	防止装箱产品少的方法	301	附表 25	防止零件放置不正确的方法	311
附表 7	防止少装的方法	302	附表 26	防止零件放不平的方法	311
附表 8	防止漏检的方法	302	附表 27	防止压力表不可靠的方法	312
附表 9	防止漏焊螺母的方法	303	附表 28	防止称重错的方法	312
附表 10	防止漏焊零件往下流的方法	303	附表 29	防止漏贴标牌的方法	313
附表 11	防止漏冲孔的方法	304	附表 30	防止标牌贴倒的方法	313
附表 12	防止冲错孔的方法	304	附表 31	防止标牌贴反的方法	314
附表 13	防止钻孔数量错的方法	305	附表 32	防止混料的方法	314
附表 14	防止攻螺纹数量错的方法	305	附表 33	防止不合格件往下流的方法	315
附表 15	防止加工螺纹深度不够的方法	306	附表 34	防止危险摆动的方法	315
附表 16	防止装错相似件的方法 (一)	306	附表 35	防止内孔有毛刺的工件往下流的方法	316
附表 17	防止装错相似件的方法 (二)	307	附表 36	防止轴颈上有疙瘩妨碍装配的方法	316
附表 18	防止对称零件装错的方法 (一)	307	附表 37	防止未除毛刺的工件往下流的方法	317
附表 19	防止对称零件装错的方法 (二)	308	附表 38	防止未经加工的工件往下流的方法	317
附表 20	防止对称零件装反的方法	308	附表 39	防止倒置的工件往下流的方法	318
附表 21	防止类似零件混淆的方法	309	附表 40	防止错操作的方法	318
附表 22	防止零件放反的方法 (一)	309	参考文献		319
附表 23	防止零件放反的方法 (二)	310			
附表 24	防止管子定位不正确的方法	310			

第1章 绪 言

1.1 成就与问题

1.1.1 成就

经过 60 多年的发展，我国已经成为机械产品制造大国，不仅产品的种类和品种基本满足了国内需求，还有不少出口，而且产品的技术和质量也已达到相当高的水平。

目前，我国已经：

可上九天揽月，
可下五洋捉鳖，
谈笑凯歌还。

契合了毛泽东主席的词中的意境。为了感受毛主席当年的豪迈，现将他的那首词全文敬录如下：

水调歌头
重上井冈山
一九六五年五月
久有凌云志，
重上井冈山。
千里来寻故地，
旧貌变新颜。
到处莺歌燕舞，
更有潺潺流水，
高路入云端。
过了黄洋界，
险处不须看。
风雷动，
旌旗奋，
是人寰。
三十八年过去，
弹指一挥间。
可上九天揽月，
可下五洋捉鳖，
谈笑凯歌还。
世上无难事，
只要肯登攀。

“上九天”是指我国已经发射了神舟一号至神舟十号，发射了天宫一号，每次都胜利完

成任务。今后,我国将发射更多的“神舟”和“天宫”,2020 年要建成载人空间站。

“下五洋”是指 2012 年我国的“蛟龙号”载人深潜器 7063m 海试成功。

能上九天,能下五洋,与自己比是取得了前所未有的伟大成就,这是值得高兴和庆贺的。但与世界上一些工业先进的国家比,我们还有一定的差距,尚需“宜将剩勇追穷寇,不可沽名学霸王。”

1.1.2 问题

在看到取得伟大成就的同时,还要看到我国机械产品目前存在的问题,特别是一些量大面广的机械产品的技术和质量不太令人满意。

例如,目前颇受市场青睐的名星工程机械产品,尤其是大吨位高端出口的产品,其核心零部件仍为进口,如发动机是美国康明斯的,液压泵是德国力士乐的,液压元件 90% 以上都是进口的^[1]。

机床是工作母机,目前,我国机床行业是“低端混战,中端疲软,高端失守”,40% 的数控机床还须依赖进口,而高端数控机床对外的依赖度更是高达 90% 以上^[2]。

“我国也有‘高档’机床。”一位不愿透露姓名的业内人士告诉记者,和国外品牌相比,国内的一些高档数控机床从外观上看没有什么差别,样本的各种指标也都一样。“可是,这些机床别干活,一干活,机床品质的差别就立马显现出来了。”他说,一些机床工作效率低;一些机床常出小毛病;还有一些机床稳定性差,刚生产时精度高,废品率低,运转两年后,加工精度快速下降,生产出来的不合格产品大幅增加。“本土机床产品形似神不似,国内企业当然更愿意购买国外产品。”^[3]

2013 年 6 月 3 日《中国工业报》上《机床行业要破局 可靠性保证是前提》一文指出:“我国机床产品的可靠性指标 MTBF 普遍为 500h 左右,有些企业甚至不到 300h,与国外机床一般在 1200h 的差距大,何以让用户用着放心”。

现在国际间的竞争,不仅是单个产品性价比的竞争,而是整个产业链的竞争。为什么我国机械产品竞争力不高,目前只能靠中低端的劳动、能源、资源密集及对环境污染影响较大的产品来获得市场,其中原因之一就是缺乏一大批强大的、有国际水平的中小企业作为基础,因此我国机械工业的基础还是不稳固的,虽然可以靠进口先进的“三基”及其他先进装备来配套,但往往受制于人,而且产品的经济效益大部分被发达国家的企业所获得,这就是新的“剪刀差”。^[4]

造成上述现象与设计机械产品的工程师有没有关系?与设计制造工艺的工程师有没有关系?与制造产品的工程师有没有关系?

设计不出高水平的产品,是产品设计工程师的错;制造不出高质量的产品,首先是工艺设计工程师的错,其次是产品制造工程师的错。

所以,抓防错工作,首先要抓上述三类工程师,其次抓全厂员工。

1.2 错与防错

1.2.1 防错的重要意义

我国机械产品目前的竞争力不高,与产品的设计、工艺和制造工程师们有关外,还与工厂有关,而且工厂要负主要责任。因为工厂投入产品设计和工艺研究的资金不足,研究

不够。

国际著名大公司用于研发的资金占销售总收入的4%~5%，有的高达10%，而我国绝大多数大型企业仅占1%，小型企业的投入就更少了，甚至没有。

引进技术与消化吸收所需资金的比例为1:7，而我国机械工业行业消化吸收所投入资金不足引进的10%^[2]。

还有一个重要原因是工厂的领导不重视工艺工作，在工艺方面投入更少。

目前，我国是质量大国，而不是质量强国，与我国的国际地位不相称。为了改变这一现状，国务院于2012年2月6日发布《质量发展纲要（2011~2020年）》，要求到2020年我国的“制造业主要行业和战略性新兴产业的产品质量水平达到或接近国际先进水平”。这个光荣而艰巨的任务，首先而且主要落在机械产品设计、工艺和制造工程师们的肩上。只要他们“肯登攀”，在登攀中主动采取防错措施，不发生任何错，是能完成国家交给的任务的，从而为国为民作出更大贡献。

当前，我国在深化改革，转方式调结构，许多行业和企业转型升级，在“中国制造”向“中国创造”嬗变的过程中，在实现“中国梦”、“我的梦”的过程中强调防错具有重要意义。本书以机械产品设计制造使用为例介绍防错的一些思路和方法，这些思路和方法适用于各行各业，其中有的适用于职场中所有的人。

1.2.2 错的概念

天下事只有两种状态：对或者错。不对就是错，不错就是对，绝没有既不对又不错的第三种状态。

错是不正确，不符合。对是正确，符合。

错是不符合事实、不符合道理、不符合某种公认标准、不符合规定、不符合预先的设想、不符合要求，总之，凡“不符合”均视为错。

要求是提出具体愿望或条件，希望得到满足或实现；所提出的具体愿望或条件。这是现代汉语词典上对要求一词的定义。

ISO9000 标准对要求的定义是：“明示的、通常隐含的或必须履行的需求或期望”。

“明示的”是明文规定的或用户口头提出的要求，例如，文件中阐明的要求，各种标准和工厂的各种规章制度等。

“通常隐含的”是指企业、用户和其他相关方的惯例或一般做法，所考虑的需求或期望是不言而喻的。例如，汽车必须开得动，这是不需要说明的，所以，在汽车的有关标准中不写这一要求。

“必须履行的”是指法律法规的要求及强制性标准的要求。

要求是多方面的，如产品要求、用户要求、环境要求、自己要求自己等。

要求可以由不同的相关方提出，不同的相关方对同一产品的要求可能不同，产品的生产企业在规定要求时要考虑用户的要求，要以“以顾客为关注焦点”。不满足用户要求，产品卖不出去，就是错。

要求是判定对与错的很重要的依据，要予以充分注意。在写文件时如果涉及要求，一定要写得详细而清楚。

期望是对未来的事物或人的前途有所希望和等待。

需求是由需要而产生的要求。

不安全、存在风险、有危险、有问题是潜在的错。安全事故发生了、风险发生了、危险发生了、不应该发生的发生了、造成了损失，是错发生了。发生问题、产生缺陷、发生故障、失效了、失败了，是错的表现，是现实的错。

发生质量问题是错的表现，质量问题就是错，许多错是以质量问题表现出来的。

事实：事情的真实情况。

道理：事物的规律。

公认标准：大家一致承认的准则；国家标准、行业标准、国际标准、企业标准；社会公德；企业内的和社会上的各种规章制度可视为公认标准。

规定：对某一事物做出关于方式、方法或数量、质量的决定。

预先的设想：在事情发生或进行之前的设想。设想是想像、假想。

可根据上述条款去判定对与错。

“误”与“错”的意思相近，往往写成“错误”，本书只取“错”一定，以便叙述。

1.2.3 防错的概念

1. 目的

在生产中，防错的目的是：不接收错、不发生错、不传递错。

在人们的日常生活中，在日常工作中，在设计机械产品中，在设计制造工艺中，在制造产品中，在使用机械产品中，错不能说“比比皆是”，但错时有发生是事实。

【例1】 汽车追尾事故，追尾时轻一点则后车的“鼻子”被撞瘪；前车的“屁股”被撞出坑，如果小车追尾大货车，则小车的车头钻进大货车的“屁股”里去；追尾时严重，则两车翻；再严重，则车毁人亡。

【例2】 不仅汽车发生追尾，火车也会发生追尾。例如2011年7月23日20时34分北京至福州的D301次列车行驶至温州双屿路段时，与杭州开往福州的D3115次列车追尾，造成3115次列车4节车厢从高架桥上掉落，D3115次列车两节车厢脱轨。这次事故被称为“7·23动车追尾”。

【例3】 2011年3月11日14时46分，日本福岛发生9级地震，接着海啸，随后福岛县第1号和第4号核电站爆炸，造成核泄漏（7级事故），这次事故被称为“3·11核事故”。

【例4】 1988年8月至1999年5月，短短的10个月内，美国的三种运载火箭——“大力神”“雅典娜”“德尔塔”先后共发生了五次发射失败，造成30多亿美元的直接经济损失，迫使美国航天局于1999年5月下令停止了所有商业发射计划。

以上只举了三个大的罕见的错和一个常见的汽车追尾的错。

小错使人心情不愉快、如汽车轻轻追尾，后车的“鼻子”被撞伤了一点点，前车的“屁股”不受损伤，后车司机向前车司机道声歉：“对不起”，若前车司机通情达理的话，事情就过去了。发生中错则影响生活或生产，例如汽车追尾后车翻了，都走不了，前后车的司机都受影响。发生大错则车毁人亡，那损失就大了。

不仅机械产品会发生错，人的身体也会发生错，例如人生病了，这是人的身体错了。

以上举了这么多错的例子是为了说明防错的重要意义。

2. 概念

无论如何强调防错的重要意义都不过头。为了保护人身安全和财产安全以及顺利地进行生产和生活，一定要防错。防错是在错发生之前或可能发生错的地方采取措施以预防、阻止或消灭它，又称为防呆。

有的防错措施很简单，如防汽车追尾，后车离前车远一点，两车距离太近时，后车的司机减速就避免了追尾。这个防错措施很简单。

防错是一种理念，只要有这种理念，错是可防的。

1.3 产品与机械产品

1.3.1 产品的概念

过程的结果称为产品。

过程是将输入转化为输出的相互关联或相互作用的一组活动。

使用资源将输入转化为输出的任何一项或一组活动均可视为一个过程。

通常，一个过程的输出将直接成为下一个过程的输入。

系统地识别和管理企业内所应用的过程，特别是这些过程之间的相互作用，称为过程方法。

如果“过程”用它的定义代替，则产品是将输入转化为输出的相互关联或相互作用的一组活动的结果，有下列四种通用的产品类别：

- 1) 服务（如运输）。
- 2) 软件（如计算机程序、字典）。
- 3) 硬件（如发动机零部件）。
- 4) 流程性材料（如汽油）。

许多产品由分属于不同产品类别的成分构成，其属性归为服务、软件、硬件或流程性材料，取决于产品的主导成分。

例如：产品“汽车”是由硬件（如轮胎）、流程性材料（如汽油、冷却液）、软件（发动机控制软件、驾驶员手册）和服务（如公共汽车的售票员所做的工作）所组成。

服务通常是无形的，并且是在供方和用户接触面上需要完成至少一项活动的结果。对每项服务而言，应具备三要素：供方、用户和双方之间发生的接触活动。这类活动至少一项，也可以是多项。服务的提供可涉及如下内容：

- 1) 在用户提供的有形产品（如需要修理的汽车）上所完成的活动。
- 2) 在用户提供的无形产品上所完成的活动，如律师的辩护服务，是在用户提供的信息进行查证和分析的基础上完成的。
- 3) 无形产品的交付，如老师给学生讲课。
- 4) 为用户创造氛围，如在小汽车内装放音乐装置让用户放音乐。

软件由信息组成。软件是一系列按照特定顺序组织的计算机数据和指令的集合，它通常是无形产品，体现在一定的承载媒体上（如光盘、磁盘、纸），可以以方法、报告或程序的形式存在，计算机、数控机床内装有许多程序，它们均是软件产品。

硬件通常是有形产品，其具有计数的特性，可以分离。

流程性材料通常是有形产品，一般是连续生产的，具有连续的特性，状态可以是气体、

粒状、液体、线状、板状或块状。

硬件和流程性材料经常称为货物。

上述四类产品在生产中均存在，它们到底属于哪一类产品，取决于其主导成分。

1.3.2 机械产品的概念

利用力学原理组成的各种装置，称为机械产品。或者说，机械产品是由若干个零部件组合而成，其中至少有一个零件是可运动的，并且有适当的机械制动机构、控制和动力系统等，它们的组合具有一定的应用目的，如汽车是用来拉人或运送货物的。

机械产品范围很广，种类繁多，但可以将它们分为两类：军用机械产品和民用机械产品。例如：坦克、潜水艇、战斗飞机等，是军用机械产品；机床、公共汽车等，是民用机械产品。如果民用机械产品用于军事，则成为军用机械产品。例如，公共汽车用于运兵，它就是军车，打仗时对方可以将它摧毁。

本书适用于军用机械产品和民用机械产品，泛指机械产品。

一个复杂产品又称为系统，当然，系统有更广泛的含意。所谓系统是指由一些相互关联、相互作用、相互影响的组成部分构成，并具有某些功能的整体。有些系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分，这种系统称为分系统或子系统。

1.4 机械产品质量

1.4.1 质量的概念

质量是一组固有特性满足要求的程度。

特性是可区分的特征。

特征是可以作为事物特点的征象，如汽车和火车的特征不同。

特性可以是固有的或赋予的。

“固有的”是指事物中本来就有的，尤其是那种永久性的特性，如螺钉的直径。

“赋予的”是指事物中本来没有的，而是后来因不同的要求而给它增加的特性，如汽车的销售价格是由人定的。

有各种类型的特性，例如：物理的（如机械的、电的）；功能的（如汽车的最高速度）；时间的（如准时性、可靠性）；行为的（如诚实、礼貌）；感官的（如：听觉、视觉）；人因工效的（如：人身安全的特性）。

根据“满足要求的程度”，将质量分为三种：

- 1) 质量恰好：一组固有特性恰好满足要求。
- 2) 质量不好：一组固有特性未满足要求。
- 3) 质量太好：一组固有特性超过要求。

质量恰好是合格品，质量不好是不合格品，质量太好是质量过剩产品。

1.4.2 机械产品质量链

机械产品质量的形成过程如图 1-1 所示：

上述过程形成了一条质量链，这是一条质量价值增值链。

从质量链中看到，机械产品的质量是在市场调查研究中准确地获得用户的要求后，针对

要求进行策划，然后由设计产品的工程师在设计中确定，由制造来实现和保证，在用户使用产品过程中才显示出来的。检验只是负责鉴别产品的质量是否符合标准要求。

质量链说明：产品质量是设计出来的，也是制造出来的，而不是检验出来的。说“质量是检验出来的”是错的。

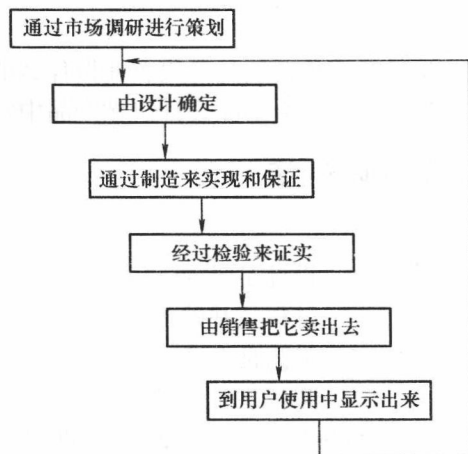


图 1-1 机械产品质量链

第2章 设计产品中的防错方法

机械设计包括两方面：一是设计产品，这是解决企业做什么的问题；二是设计制造产品工艺，这是解决企业怎么做的问题。本章介绍在设计机械产品中常见的错以及防错方法。

2.1 设计的重要意义及设计方法

2.1.1 设计的重要意义

“设计是灵魂，
材料是基础，
工艺是保障，
测试是关键。”

这几句话是我国两院院士、著名材料科学家、“2010 年度国家最高科学技术奖”获得者师昌绪老师说的。

“设计是灵魂”一语点透了设计的重要性。

“设计是灵魂”是比喻设计起指导和决定作用。

制造业是竞争性行业，每个企业都在竞争中求生存，求发展，所以，是竞争性企业。

竞争性企业若没有设计产品的能力，只能做来图加工这种别人不干的活，没有话语权，任人摆布，不可持续发展。

竞争性企业有设计产品的能力，但这种能力水平低下，设计中经常发生错，不是这里错就是那里错。这样的企业迟早要被淘汰出局，因为市场经济竞争法则则是“优胜劣汰”、“快鱼吃慢鱼”，错者优不了，也快不了。不优不快就要被别人吃掉。

而发生在美国波及全世界的金融危机中，倒闭了许多企业，其中绝大多数是上述两种企业。

目前，国内外的市场竞争越来越激烈，竞争的核心是质量，产品是质量的载体，没有产品的企业连参加竞争的资格都没有，连门都进不去。

企业为了生存，为了发展，必须做大、做强、做优，以在市场竞争中立于不败之地。为达到此目的，企业必须研究一代，设计一代，试制一代，贮备一代，生产一代，做到你无我有，你有我新，你新我优，你优我更优，大家都优我价廉，这样永远处于竞争的主导地位（前提条件是不能错，特别是不能犯大错，犯大错可能“一着不慎，满盘皆输”，那就惨了）。这种竞争促进了产品质量，也促进了制造业产品的发展，如图 2-1 所示。

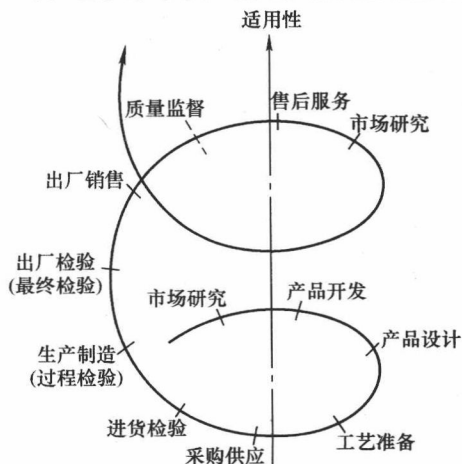


图 2-1 制造业产品的发展过程

2.1.2 设计方法

1. 设计的概念

设计和开发是将要求转换为产品、过程或体系规定的特性或规范的一组过程，是从市场调研、评审到产品定型投产和持续改进的过程。

“设计”和“开发”有时是同义的，本书取“设计”一词，使叙述简洁。

对机械产品而言，设计是将要求转换为产品的一组过程。

设计机械产品是由设计工程师根据用户（顾客，下同）的要求对产品的工作原理、结构、运动方式、力和能量的传递方式、各个零件的材料、形状、尺寸、表面质量、润滑方法等进行构思、分析和计算，并将其转化为具体的图样和文字描述以作为编写制造工艺和制造产品的依据的工作过程。

设计机械产品是生产机械产品的第一步，是决定机械产品性能的最主要的因素。

一个好的设计必须同时满足功能全、性能好、精度高、质量好、可靠性高、操作方便而舒适、造型美观、形式新颖、安全环保等诸多要求，没有满足这些要求是错的设计。由于设计水平不高和设计质量不高导致我国的许多机械产品落后于国际先进水平（当然还有其他原因，在此不作讨论）。

设计机械产品的水平直接影响产品的功能、成本、质量、使用和生产周期。据统计资料表明，在机械产品的质量事故中有 50% 是由于设计错造成的，使用性能基本上都是在设计阶段被决定下来的，设计先天不足，将后患无穷。

国家鼓励创新，没有新产品企业就没有竞争力。

2. 设计方法

(1) 传统设计方法

传统的设计机械产品方法是以经验总结为基础，参照同类产品运用力学和数学，以图表、手册作为设计依据，通过估算、经验类比试凑、近似系数等方法定义出产品的基本结构，经过计算等检查各性能是否满足设计指标的过程。这是一种经验设计、静态设计、花费时间多。

当没有相似的产品作参照时，这种设计方法困难。

(2) 现代设计法

现代的设计机械产品方法是以电子计算机为手段，以网络为基础，建立在现代科学管理技术基础上，运用工程设计的方法，实现计算结果最优化、设计过程高效化和自动化的设计过程。这是一种动态的设计方法。

传统的设计机械产品方法沿用了很长时间。现代设计方法是传统方法的发展。

现代设计方法有数十种，常见的有：

- ①理论设计。
- ②经验设计。
- ③模型实验设计。
- ④制造设计。
- ⑤优化设计（OD）。
- ⑥有限元设计（FED）。