

王行广 编著

检测质量控制



中国铁道出版社

检测质量控制

王行广 编著

中国铁道出版社

2002年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书主要包括:检测质量的控制原理,控制对策和特性,检测误差及其概率描述和统计检验,检测质量控制系统,预先控制、过程控制和反馈控制等。全书将检测质量控制的主要内容分 40 个专题进行了论述,理论先进、内容新颖、方法实用。

本书可供各类检测机构的检测人员、技术人员、管理人员学习使用,以及大专院校相关专业的师生和研究人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

检测质量控制/王行广编著. —北京:中国铁道出版社,2002.9

ISBN 7-113-04855-2

I. 检… II. 王 III. 检测-质量控制 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 061057 号

书 名:检测质量控制

作 者:王行广

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:江新锡

责任编辑:张永国

封面设计:冯龙彬

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:850×1168 1/32 **印张:**12.375 **字数:**325 千

版 本:2002 年 11 月第 1 版 2002 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 7-113-04855-2/TB·52

定 价:24.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

限制是规范行为的一种手段,生活在这个世界上,就必须学会正确接受各种限制。

控制就是一种有目的的限制,它不是消极的,而是为达到某种目的而采取各种积极策略的过程。

如果把检测结果看作产品,那么正像一切产品必须符合一定质量要求一样,保证检测结果质量能够满足所要求将是一件十分重要的事情。

由于控制功能在保证检测结果准确度(检测机构生存的根基)上的必要性,及检测工作本身的复杂性和特殊性,本书拟对控制检测质量的各种实用有效方法进行多方面讨论,以企能为广大同行提供参考和帮助。

本书主要以现代管理的控制论为指导进行编写,共分 7 章 40 个专题。

前两章是本书的总论。第 1 章结合检测质量控制的应用介绍了控制论的基本知识和原理,第 2 章则主要依据检测工作的特性对检测质量及应采取的总体控制策略进行了讨论,同时对各种误差的基本概念、仪器误差的额定和应用、化学检测的量值传递过程等也作了必要论述。

第 3、4 章以丰富的内容讨论了检测数据质量基本指标——随机误差的各种形式和描述、处理方法,它应该是构成检测质量控制的数学基础。在这两章中,根据对各种误差分布的全面系统分析,给出了一些简化实用的、尽可能符合实际误差分布的近似处理方法,而不像国内很多书刊资料通常那样总是把误差假设为正态分布或接近正态分布。因此,通过这两章的讨论,误差控制的方法应具有更为先进、科学、合理和稳妥的基础。

最后的3章是根据控制的3种类型分别对检测质量控制方法进行的讨论,第5章讨论检测操作开始之前的预先控制,第6章讨论检测操作过程中的现场控制,第7章讨论检测全过程或实验室内测定阶段的实施绩效反馈控制。每种类型的控制都不仅尽量讨论各种主要影响因素的控制方法,而且尽量按照控制过程的3个步骤进行讨论。由于书中提出的控制方法很多是结合著者的研究和实践写成的,所以具有较强的实用性和一定的独特性。

本书不仅把它的服务对象定为各种检测机构的检测人员、管理人员、技术及领导人员,以及应用检测数据的有关人员,而且也希望同样适用于在校的有关专业师生和研究人员。因此,编写中虽注重实用性,但也阐述原理;虽注重公式的来源,但避免繁杂、严格的数学推导;既力求探讨先进、新颖的内容和方法,也注重一般知识的介绍;对那些常用的方法则着意在分析讨论人们容易忽视的运用规则和限制条件,并根据误差理论的研究成果试图为一些问题提出更为实用和正确的处理方法。以便使具备一定本专业知识的人,以及希望学习本专业知识的都能从本书中得到些有益的东西。

编写本书是著者的一种尝试。以上仅是本书的安排和目标。由于著者的知识和能力所限,错误和不足自然是难免的。因此,本书的安排是否恰当,实施结果是否实现了上述预期,或实现了多少,最终还是要由读者予以评说。著者将对为本书所作的一切批评表示由衷的高兴和感谢。

著 者
2001年12月

目 录

1 质量控制原理	1
1.1 控制论的基本概念	1
1.1.1 控制、目的及行为	2
1.1.2 信息与反馈	6
1.2 控制系统	11
1.2.1 开环控制系统及闭环控制系统	12
1.2.2 控制系统的特点	14
1.3 反馈控制、现场控制及预先控制	15
1.3.1 反馈控制	15
1.3.2 预先控制及现场控制	22
1.4 闭环控制过程	27
1.4.1 建立标准	27
1.4.2 衡量绩效	33
1.4.3 纠正偏差	39
2 检测的质量及其控制策略	42
2.1 检测的质量管理与控制	42
2.1.1 检测质量管理	42
2.1.2 检测质量保证	47
2.1.3 检测质量控制	48
2.2 检测的特殊性及其质量控制策略	52
2.2.1 检测的特殊性	53
2.2.2 检测质量的控制策略	56
2.3 检测质量保证体系的建立和形成	60

2.3.1	质量信息反馈系统的建立	61
2.3.2	质量管理机构的设置	63
2.3.3	管理工作标准化、管理流程程序化的形成	65
2.4	检测误差的种类	68
2.4.1	按特性分类的误差	68
2.4.2	按表示方法分类的误差	70
2.4.3	按来源分类的误差	71
2.4.4	检测结果的误差表达	77
2.5	仪器误差的额定、应用及变化	78
2.5.1	确定仪器误差额定值的方法	78
2.5.2	额定误差的标志和应用	82
2.5.3	仪器误差在使用期内的变化	84
2.5.4	复原误差	86
2.6	化学检测的量值传递(溯源)	87
2.6.1	溯源系统	87
2.6.2	标准物质和标准检测方法	88
2.6.3	溯源的问题与对策	90
3	检测误差的概率描述	93
3.1	概率论的基本知识	93
3.1.1	分布律	93
3.1.2	分布中心	94
3.1.3	分布矩	97
3.1.4	分布宽度	98
3.2	信息论的基本知识	102
3.2.1	熵函数及其对检测过程的描述	103
3.2.2	熵不确定度区间、熵误差、熵系数和熵概率	105
3.3	误差分布律的解析模型和拓扑图分类	107
3.3.1	误差分布律的解析模型	108
3.3.2	对称分布律解析模型的拓扑图分类	115

3.4	误差合成计算方法	119
3.4.1	误差合成的方差计算	119
3.4.2	误差的区间估计	123
3.5	间接检测结果误差的计算	130
3.5.1	计算公式推导	130
3.5.2	仪器的额定问题及考核方法	133
3.5.3	实例计算	134
3.6	多次观测误差的处理方法	139
3.6.1	多次观测误差处理所能解决的问题	139
3.6.2	算术平均值分散性的处理	140
3.6.3	确定分布中心坐标不同方法的选用	143
3.6.4	其他分布参数估值的分散性	148
3.7	单因素试验误差的线性回归分析	150
3.7.1	最小二乘法	150
3.7.2	相关系数	154
4	检测结果的统计检验	157
4.1	粗大误差的剔除及多次测值的计算机处理	157
4.1.1	污染、粗大误差及其剔除方法	158
4.1.2	多次测值的计算机处理	163
4.2	试验误差分布形状逼近函数的确立	165
4.2.1	试验数据分布直方图和多边形的绘制	165
4.2.2	分布多边形逼近函数的确立	172
4.3	误差分布形状的近似识别	177
4.3.1	分布模型的识别推断步骤	178
4.3.2	用计算机实施近似识别误差分布的方法	181
4.4	总体均值和方差的统计检验	184
4.4.1	总体均值的统计检验	185
4.4.2	总体方差的统计检验	191
4.5	单因素方差分析	196

4.5.1	方差分析的基本概念	196
4.5.2	单因素方差的计算	198
4.5.3	方差的检验	202
4.6	二因素方差分析	205
4.6.1	二因素方差分析的数学模型	205
4.6.2	二因素方差分析	207
4.6.3	系统处理方差分析	212
4.7	正交设计试验方差分析	215
4.7.1	正交设计的原理	215
4.7.2	正交表的选用及表头设计	217
4.7.3	正交试验方差分析	219
5	检测质量的预先控制	224
5.1	抽样误差及其控制方案的设计	224
5.1.1	抽样误差	224
5.1.2	抽样方案的设计	226
5.2	抽样误差的控制方法	229
5.2.1	单纯随机抽样与机械抽样	230
5.2.2	分级抽样	232
5.2.3	分层抽样	237
5.3	检测方法的选择	242
5.3.1	评价检测方法的质量参数	242
5.3.2	检测方法的选择	249
5.4	化学检测方法的不确定度试验	255
5.4.1	试验方案的设计	255
5.4.2	试验示例	258
5.5	非玻璃仪器的校验和维护	262
5.5.1	分析天平的校验和维护	263
5.5.2	分光光度计的校验及测量条件选择	269
5.6	玻璃量器的校验及标准溶液的配制	274

5.6.1	玻璃量器的校验	274
5.6.2	标准溶液的配制	281
5.7	检测机构职工的素质、考评及培训	285
5.7.1	检测机构职工素质水平标准的确立	286
5.7.2	检测机构职工的考评	292
5.7.3	检测机构职工的培训	297
6	检测质量的过程控制	301
6.1	样品质量的采集和管理过程控制	301
6.1.1	液体样品	302
6.1.2	气体样品	306
6.1.3	固体样品	307
6.1.4	生物及其他样品	310
6.2	测定过程中的误差控制	311
6.2.1	两种常用的误差控制方法	311
6.2.2	仪器误差的控制方法	315
6.2.3	回归分析测定误差的控制方法	317
6.2.4	测定结果的校正方法	320
6.3	回归模型不确定度的计算及现场控制	323
6.3.1	用相关系数 ρ 估计检测数据的分散性	323
6.3.2	回归模型不确定度带宽参数的计算	325
6.3.3	回归模型特征点不确定度的简化 算法及应用	328
6.4	有效数字的处理和运算	332
6.4.1	有效数字的记数规则	333
6.4.2	有效数字的运算规则	336
7	检测质量的反馈控制	342
7.1	检测方法和器材的标准化管理	342
7.1.1	检测方法的标准化管理	343

7.1.2 检测器材的标准化化管理	346
7.2 质控样品的标准化化管理	351
7.2.1 各级标准物质及其特性	351
7.2.2 标准物质在检测工作中的应用	353
7.3 常规测定质量的实验室内控制	356
7.3.1 控制方法的特点及其对策	357
7.3.2 质量控制的必要性	360
7.3.3 结果判断	361
7.3.4 控制图的应用	364
7.4 实验室内部管理的规范、制度化.....	368
7.4.1 规范、制度.....	369
7.4.2 制订规范、制度需要注意的事项.....	375
7.5 检测质量的实验室间控制	376
7.5.1 常用的控制措施	376
7.5.2 检测质量考核的评估方法	380
主要参考书目.....	384

1 质量控制原理

质量是生产和服务能在社会上存在的根基。无论是哪个行业,哪个部门,失去了质量控制,也就失去了存在的根基。对于管理来说,质量控制是个关键环节,利用成功的质量控制方法,可以促进整个管理行为更上一个新台阶。

检测是获得表征各种现象、过程和物质数量信息的惟一方法。实现任何工艺过程,以及在任何知识领域中进行科学研究,总是与检测的计划、部署和实施密切相关的。由于这样,人们为进行检测所消耗的劳动和资产数目确实是很大的。因此,控制检测结果的质量,即控制千百万不得不从事检测工作的人们所创造的信息产品准确度,既具有直接的实用意义,又具有重大的经济意义。

尽管检测数据具有特殊的产品性质,需要对其质量形成采用不同的具体控制方法,但控制所遵循的原理却是相同的。为了能够深入理解、更好掌握和运用质量控制的方法,做好检测数据的质量控制,首先熟悉一下质量控制的原理将是很有必要的。

1.1 控制论的基本概念

控制论是自动调节、通讯工程、计算技术以及神经生理学和病理学等学科,以数学为纽带,互相联系、渗透而形成的一门新兴学科。它在忽略了机器、生物以及社会的具体结构特征前提下,研究其作为控制系统和信息系统的共同规律。即它跨越了机器和生命的界限,将自动机器和生物有机体进行类比,研究信息在它们中传递、变换、处理的共性问题;跨越了自然科学和社会科学的界限,将自动工厂、学习机和智能机、经济和社会系统等均视为自己的研究对象,探索怎样使这些复杂的系统按照人们的期望去运转。应该明确,控制论既考虑系统物质能量的变换,更重视系统信息的接

收、加工和传递。

控制论的思想渊源可以追溯到古代,但将其作为一门应用广泛的方法论科学,则是 20 世纪 30 年代后开始研究的,其奠基人和开拓者是美国数学家诺伯特·维纳(Norbert Wiener)。控制论一产生,不仅以与量子论、相对论同等荣誉载入史册,而且以强大的活力获得了迅速发展,形成了包括管理、经济、工程、社会、生物等的控制理论和人工智能这样多分支的庞大学科体系。它的产生和发展所带来的影响,甚至导致了管理思维方式的重大变革和世界科学图景的改观。

控制论作为一门新兴的横断科学,它的理论研究已达到了相当高深的程度,但是它的基本概念、理论和观点并不是难以接受的。控制论正如其他尖端科学一样,根植于一般常识之中,一点也不神秘。

1.1.1 控制、目的及行为

(1)控制

控制是控制论中最基本的概念。早在控制论诞生之前,人们从人类的活动,如小船的操纵,国家的治理等,就已经开始认识了控制,并把它专门用于描述人们有目的地作用于某一对象或过程,使其按预期方向变化这种特定的人类活动。控制是人类社会的普遍现象,是人类改造社会的基本过程。控制论深化了控制的内涵,将其广泛应用于工程技术系统、生物系统、社会系统之中,在这些看似毫无共同之处的系统中探寻控制的本质。

①控制概念的“作用”解释。前苏联学者列尔坚尔曾这样定义控制:“为了‘改善’某个或某些对象的功能或发展,需要获得并使用信息,以这种信息为基础而选出的加于该对象上的作用就叫做控制。”按这个定义所强调的,控制作为一个科学概念,它应是一种作用,严格地说是一种特定的作用。既是一种作用,必有作用者与被作用者。在这里,作用者应是施控主体,被作用者应是受控客体,控制则是施控主体对受控客体的一种能动作用。这种作用能

够驱使受控客体根据施控主体的预定目标而行动,并最终实现这一目标。

因此,控制作用的实施必须满足 2 个条件:

第一,受控客体必须具有多种发展可能性。如果事物的未来发展方向是确定的,就无所谓控制。

第二,在受控客体的多种发展可能性中,施控主体可以通过一定的手段进行选择。如果这种选择不成立,控制也是无法实现的。

例如:光在真空中的速度是 30 万 km/s,既不会高于也不会低于这个数字,即只有一种可能性,所以就谈不上控制光速;地震虽有震与不震两种可能,但现有的科学手段对地震是无能为力的,不能在这两种可能性中进行选择,所以也不能对地震实施控制。

②控制概念的“因果”解释。如果把施控主体看作原因,将受控客体看作结果,那么施控主体对受控客体的作用,就是原因对结果的决定作用。这表明,控制是以因果作用为必要条件的。但是这种因果是多因素关系,因与果往往不是一一对应的,可以是一因多果、多因一果、多因多果等。即因与果之间存在着多种可能性。事物发展变化中面临的各種可能性的集合形成了该事物的可能性空间,事物具体发展成为可能性空间中的哪一个状态,需要看条件而定。当事物变到某一状态后,它又面临着新的可能性空间。控制就是要从事物的可能性空间中弄清楚因对果的决定作用,进一步从多种可能的因中确定某种因,以便从多种可能的果中得到所预期的果。换句话说,控制归根到底是一个在事物发展可能性空间中进行方向选择的过程,是在一种能动干预下使某因实现预期果的过程。

可见,控制虽以因果作用为必要条件,但与因果作用又有显著差别。控制要先有预期结果,即目的,然后从多种可能性中选出某种估计能得到预期结果的因,加以能动作用,以得到预期结果。

总的来说,我们可以得到如下结论:控制是以多因素的因果关系和可能性存在为前提的;控制必须有预期的果,即目的;控制离不开选择,因为必须从多种可能的因中选出可能实现目的的因,并

作用于这种因,才能使目的实现。这是一切控制过程赖以构成的三个基本条件。

(2)目的

就控制概念的本质属性来说,最重要的是它必须有目的。没有目的就谈不上控制。

长期以来,哲学家和科学家们以为只有生物系统,主要是人,才能有目的,至于技术系统是没有目的可言的,或者把技术系统的目的归之为人的目的。显然,这里首先需要回答的问题是目的机制问题,即控制论所指的目的是什么。维纳等人对控制论的研究就是从弄清目的机制是什么开始的。在弄清这种机制之后,才能去查明在技术科学中有没有类似目的的相应机制。

控制论认为,对某一系统进行控制,是为了保证该系统在变化着的外部条件下能实现某种既定目标,即使系统表现出某种有目的的行为。因此,控制系统总是通过获取系统已有行为结果的信息作为调节系统下一步行为的依据,这个过程称作反馈。动物的活动、人的工作有反馈,技术系统、工程系统也有反馈,它们在作用上都具有自动调节和控制的功能,都存在通过反馈调节系统自身行为的效应,从而使控制能达到预期目的。例如,一只狼发现了羊,这时狼的脑子里立即形成了一个生物“目标”,即追上羊把它吃掉。根据这个目标又形成相应的“步骤”,即确定达到目标的路线和行动等。但当狼接近羊的时候,羊一觉察到了狼就会立即全力逃跑,狼则在运用感官获得信息的基础上调整自己下一步的行动,即及时改变追踪的动作、路线。同样,在自动系统装置中也有类似情形。一个由电子计算机控制的自动防空系统,在截击机起飞之后,为了实现跟踪目标,总是通过随时获取并处理信息和校正控制,以实现对目标的“紧跟”,当达到足够距离时,就会按照预先规定的程序处理截击机火药爆炸的信号。这就是这2种看来截然不同的系统之间所具有的相似性、统一性,即由于反馈的作用,使一个控制过程能逐渐趋近目标值,并最终达到目的。在控制系统中,一切需要反馈调节的行为,都被看作控制系统有目的的行为。因

此说,生物系统和技术系统一般都有通过反馈来达到控制目的
的机制,都能通过反馈达到控制的目的。控制论找到了生物科学和
技术科学的相似性,解决了类似目的的相应机制,使“目的”成为控
制论的一个重要概念。

但是应该强调,这里控制论借用“目的”的概念,仅是用于表明
控制系统的这种活动性质,仅是控制系统反馈调节效应的一种方
法论表述,而不是人的头脑能预先想到活动结果的那种目的性。
控制论的这种目的性表现为两种情况:一是当系统已处于所需要
的状态时,力图保持系统原有状态的稳定;二是当系统未处于所需
状态时,引导系统由现有状态平稳地变化到所预期的需要状态。

(3)行为

从广义上来说,行为就是一个实体相对于它的环境作出的任
何变化。这种变化要么主要是客体的一个输出,要么它立即可以
追溯到某一输入。即一个客体可从外部探知的任何改变都被称作
行为。

根据维纳的看法,主动行为的系统本身是一个输出能源,它把
输入所提供的能量先存贮起来,然后再供应输出。如果主动行为
的结果会趋向于一个终极条件,即目的,则这种主动行为就称之为
有目的的主动行为。同时,一切有目的的行为又都可以看作是一
种负反馈行为。这些集中说明了目的与反馈、行为的关系。实际
上,有目的的行为就是控制系统相对于变化的环境所作出的种种
变化,这些变化使得系统的运动趋于某个目的。

正由于有了这种对目的所作的行为解释,才能将生物系统的
目的特点应用于技术系统中,寻找这两个系统之间的相似性和统
一性,从而使得控制论模拟智能的技术装置成为可能。

突出行为的研究是控制论的重要特点,也是控制论不同于传
统科学的关键所在。正如德国科学家克劳斯所认为的:“构成事物
的质料与形式的关系当然有某种重要性。但更加重要的是事物的
行为方式,它的动态……我们所以能控制我们的环境,归根到底完
全是因为我们能理解事物的行为方式,甚至能制造出一种事物,让

它表现出为我们的目的服务的行为方式。”他还认为：“控制论是关于机能结构的可能行为方式的科学。”这种理解抓住了控制论的特点、突出了行为研究，将行为、机能与结构联系起来。从行为与机能的角度来研究结构，也是控制论在方法论上的一项重大贡献。

由以上讨论可以看出，行为、目的、控制这3个概念有着内在的逻辑联系：控制是有目的的，没有目的就无所谓控制，并且控制的是一系列有目的的行为；目的是通过一系列控制行为来实现的，没有一定的行为控制，目的就不能实现；而行为则必须为一定的目的而被控制，没有目的和控制的行为则是无意义的。控制、目的、行为这3个概念构成了控制论基本的理论框架。

1.1.2 信息与反馈

(1) 信息

信息是我们通常所说的信号、消息、情报、指令、密码等概念的总称，也可以说是在这些概念的多样性基础上经过科学抽象而形成的一种一般性科学概念。至今人们对信息还没有一个公认的定义，不过我们可以从不同的角度来认识信息。例如，从来源的角度看，可以认为信息是表征客体变化或客体间相互差异与关系的情况；从认识的角度看，则可认为信息是主体对客体不确定性的认识程度，即获得知识的程度。

控制论是从认识的角度来看信息的。人们通过不同渠道获得信息的过程，也是人们加深了解、认识对象的过程。但不同的主体对同一信息的有用性看法可能是大相径庭的。例如，对一个不了解某地空气污染状况的人来说，他所面临的认识可能性空间有3种：此地空气污染较重，已严重超标；此地空气污染较轻，离控制标准尚远；此地空气污染已接近控制标准。但对于一个已知道此地空气污染较重的人来说，他所面临的认识可能性空间就只有一种。所以，当“此地空气污染较重”的消息传播开以后，对前者来说是有用的，消息使他面临的可能性空间从3种状态缩小为一种状态；而对后者来说，则没有任何用处，因为它未能缩小其所面临的可能性