

单元 1 工程质量控制概述

学习描述

职业能力目标:通过本单元的学习,学生应具备总体地、初步地认识工程质量控制的职业能力。学习工程质量管理制度的、施工中的质量控制,为以后的监理及施工工作积累知识。

学习任务:通过本单元的学习,学生应了解质量和工程质量控制,以及勘察设计的质量控制,熟悉工程质量的政府监督管理,重点掌握工程质量管理制度的、施工中的质量控制。

1.1 质量和工程项目质量

1.1.1 质量

根据《质量管理体系 基础和术语》(GB/T 19000—2008/ISO 9000:2005),质量被定义为“一组固有特性满足要求的程度”。这个定义可以从以下几个方面来理解。

(1)质量不仅是指产品质量,也可以是某项活动或过程的工作质量,还可以是质量管理体系运行的质量。

对过程而言,过程的能力、稳定性、可靠性、先进性和工艺水平等反映其质量水平。对质量管理体系而言,实现质量方针、质量目标的能力,管理的协调性等反映其质量水平。

(2)质量关注的是一组固有特性,而不是赋予特性。特性可以是固有的或被赋予的,可以是定性的或定量的。特性有各种类型,一般有物质特性(如机械的、化学的特性)、感官特性(如触觉、视觉的特性)、行为特性(如礼貌、诚实的特性)、人体功效特性(如语言或生理特性、人身安全特性)和功能特性(如飞机的航程、速度的特性)。

质量特性是固有的特性,是通过产品、过程或体系设计和开发及其后在实现过程中形成的属性。固有的意思是指在某事或某物中本来就有的,尤其是那种永久的特性。被赋予的特性并非产品、过程或体系的固有特性,不是它们的质量特性。对产品而言,如钢材的化学成分、力学性能等都是产品本身所固有的特性,而价格和交货期都是被赋予的特性。对体系来说,如质量管理体系的固有特性就是其实现质量方针和质量目标的能力。对过程来说,固有特性是过程将输入转化为输出的能力。

(3)满足要求就是应满足明示的、习惯上隐含的和必须履行的需求或期望。

明示要求一般是指在合同环境中,用户明确提出的需要或要求,通常是通过合同、标准、规范、技术文件、图纸等做出明确规定,由供方保证实现。明示要求和国家有关法律、法规、

行业规则的要求共同构成了必须履行的需求。

隐含的要求一般是指在非合同环境中,用户未提出或未明确提出要求,而由企业通过市场研究进行识别或探明的用户要求或潜在要求。例如,刚从冰箱冰冻室里拿出的肉往往不能立即操作,而需要待其化冻后才能进行,很不方便,这里实际上就包含了“隐含的要求”。因此,一些冰箱生产企业开发了具有“软冻室”或“零度保鲜室”的冰箱,也有一些微波炉生产企业开发出了带有“解冻”功能的产品。

(4)顾客和其他相关方对产品、过程或体系的质量要求是动态的、发展的和相对的。质量要求随着时间、地点、环境的变化而变化。如随着相关技术的发展、人们生活水平的提高,人们对产品、过程或体系会提出新的质量要求,因此应定期评定质量要求、修订规范标准,不断开发新产品、改进老产品,以满足已变化的质量要求。另外,不同国家、不同地区因自然环境条件不同、技术发达程度不同、消费水平不同和民俗习惯等的不同会对产品提出不同的要求,产品应具有对这种环境的适应性,对不同国家、不同地区应提供不同性能的产品,以满足用户的明示或隐含的要求。

1.1.2 产品质量

根据《质量管理体系 基础和术语》(GB/T 19000—2008/ISO 9000:2005),产品被定义为“过程的结果”,过程被定义为“将输入转化为输出的相互关联或相互作用的一组活动”。所以,产品即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。

产品包括服务、软件、硬件、流程性材料或它们的组合。例如,外供产品“汽车”由硬件(如轮胎、发动机)、软件(如发动机控制软件)、流程性材料(如燃料、冷却液)和服务(如销售人员提供的操作说明、售后保修期限)等共同组成。产品分为有形产品和无形产品:有形产品是经过加工的成品、半成品、零部件等;无形产品包括服务、维修和回访等。

产品质量是指产品的固有特性满足人们在生产及生活中所需的各种使用价值及要求的属性,体现为产品的内在和外观上的各种质量指标。根据质量的定义,可以从以下两方面理解产品质量。

(1)产品质量的优劣是根据产品所具备的质量特性能否满足人们需要及满足程度来衡量的。一般有形产品的质量特性主要包括性能(如电视机图像的清晰度、电冰箱的冷冻速度)、寿命(如灯泡使用的小时数、轮胎行驶磨损的里程数)、可靠性(如电视机平均无故障工作时间、机床的精度稳定期限)、安全性(如各种家用电器的对地绝缘电阻、漏电保护)、经济性(如电冰箱的耗电量、汽车的使用成本)等;无形产品的质量特性强调服务及时、准确、圆满、友好等。产品质量特性还可分为真正质量特性和代用质量特性。通常,我们把直接反映顾客对产品期望和要求的质量特性称为真正质量特性;而企业为了满足顾客期望,必须相应地制定标准、要求,确定一些数据和参数,来间接地反映真正质量特性,我们称之为代用质量特性。例如,汽车轮胎的使用寿命是真正质量特性,而其耐磨度、抗压和抗拉强度则是代用质量特性。可见,真正质量特性是顾客的期望和要求,代用质量特性是实现真正质量特性的手段和途径。

(2)产品质量具有相对性。一方面,对有关产品所规定的标准、性能及要求因时而异,会随时间、外部环境条件的变化而变化;另一方面,产品质量满足期望的程度也会由于用户要求的程度不同而因人而异。这点同质量要求的相对性是一致的。

1.1.3 工程项目质量的含义及种类

1. 工程项目质量的含义

工程项目质量是指在国家现行的法律、法规、技术标准、设计文件及工程合同中对工程的安全、适用、经济、环保、美观等特性的综合要求。工程项目一般都是按照合同条件承包建设的,因此,工程项目质量是在“合同环境”下形成的。合同条件中对工程项目的功能、使用价值及设计、施工质量等的明确规定都是业主的“需要”,因而都是质量的内容。

从功能和使用价值来看,工程项目质量又体现在适用性、可靠性、经济性、外观质量与环境协调等方面。由于工程项目是根据业主要求而兴建的,不同的业主有不同的功能要求,因此,工程项目的功能与使用价值的质量是相对于业主要求而言的,并无固定和统一的标准。

2. 工程项目质量的种类

(1)按工程项目的建设阶段划分,工程项目质量分为项目可行性研究阶段质量、项目决策阶段质量、项目设计阶段质量、项目施工阶段质量、项目竣工验收和保修阶段质量。

(2)按工程项目的组成划分,工程项目质量分为工程项目综合质量、单项工程质量、单位工程质量、分部工程质量、分项工程质量和工序质量。

(3)按工程项目的功能与使用价值划分,工程项目质量表现为性能质量、寿命质量、可靠性质量、安全性质量、经济性质量、外观质量等。

1.1.4 工程项目质量的特点和形成过程

1. 工程项目的特点

工程项目质量的特点取决于工程项目的特点。工程项目主要有以下特点。

(1)工程项目的单一性。每个项目都具有与其他项目不同的特点,没有完全相同的项目;即使有些项目有相同的目标,但它们的实施条件不同,完成其所采取的组织工作也就不同。只有认识到项目的单一性,才能有针对性地对项目进行有效的管理。

(2)资源的高投入性。建设工程项目一般规模较大,需要投入大量的人力、财力、物力来完成。

(3)建设周期的长久性。建设工程项目从立项到审批直至完工,往往需要很长的时间。一些特大型项目甚至需要十几年的时间才能完成。

(4)生产的一次性和使用的长期性。项目是一种“一次性”生产任务。项目在内容、形式和环境上不是某一存在物的简单重复,而是多少与以前的项目生产有一定的差别,每个项目都是一次完成的。建成后的工程项目将在几年、几十年,甚至上百年的时间内发挥效用。所以,我国在工程项目建设上提出了“百年大计,质量第一”的口号。

(5)生产的流动性。一个建设地点只能建设一个项目,不是将不同项目的生产过程在一个地点完成,而是必须不断地变换,因此工程项目具有流动生产的特征。

(6)管理方式的特殊性。生产的流动性、项目的单一性等特点,使工程项目管理形成一个项目一种管理模式、采用不同的管理方式等特征,导致其在管理上的特殊性。

(7)风险性。工程项目受许多因素的制约,如国家的政策、法律法规、市场、环保要求及

建筑工程质量控制与验收

自然因素等,这可能会导致工程项目建设的失败,使之具有很大的风险性。

2. 工程项目质量的特点

工程项目质量具有如下特点。

(1)影响因素多。设计、施工工艺、施工方法、材料、机械、操作方法、技术措施、管理制度、地形、地质、水文、气象等因素都直接影响建设工程项目的质量。

(2)容易产生质量变异。建设工程项目的建设条件、环境、工程中的偶然性因素和系统性因素很多,且不易控制。

(3)隐蔽性。建设工程项目在施工过程中,工序交接多,中间产品多,隐蔽工程多,如果在施工中沒有及时检查,那么施工完成后一些质量问题就不易被发现,容易留下质量隐患。

(4)质量问题难以处理。工程项目完成后,如发现质量问题,一般难以解决;即使能够解决,也需要付出巨大的代价。

(5)受投资、工程进度的影响。建设工程项目质量会受到投资和工程进度的影响。

3. 工程项目质量的形成过程

如图 1-1 所示,工程项目质量的形成贯穿于工程项目建设的全过程,包括立项和决策阶段、建设过程阶段、竣工验收和投入运行阶段。

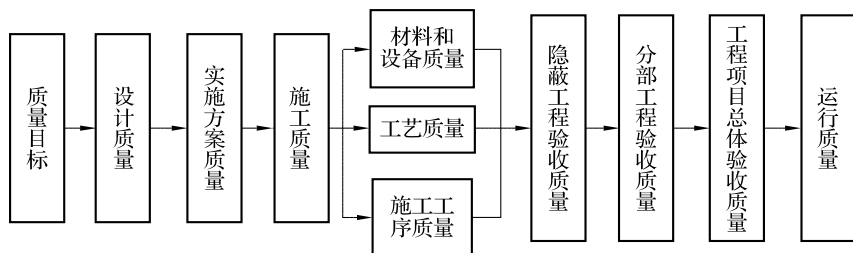


图 1-1 工程项目质量的形成过程

(1)立项和决策阶段。这一阶段主要是确定工程项目的质量目标,它直接决定工程项目的总体质量。

(2)建设过程阶段。在这一阶段,工程项目质量主要取决于设计质量和施工质量。施工质量又取决于材料和设备质量、工艺质量、施工工序质量、隐蔽工程验收质量和分部分项工程验收质量。

(3)竣工验收和投入运行阶段。这一阶段主要形成工程项目的使用质量。它取决于工程项目总体验收质量和运行质量。

1.2 质量控制与工程质量控制

1.2.1 质量控制

质量控制是质量管理的重要组成部分,其目的是使产品、体系或过程的固有特性达到规定的要求,即满足顾客、法律、法规等的质量要求(如适用性、安全性等)。所以,质量控制是通过采取一系列的作业技术和活动对各个过程实施控制的。

质量控制的工作内容包括作业技术和活动,即专业技术和管理技术两个方面。围绕产品形成的全过程,每一阶段的工作要保证做好,应对影响其质量的人(man)、机(machine)、料(material)、法(method)、环境(environment)因素(以上因素简称4M1E)进行控制,并对质量活动的成果进行分阶段验证,以便及时发现问题,查明原因,采取相应的纠正措施,防止不合格的现象出现。因此,质量控制应贯彻以预防为主、与检验把关相结合的原则。

质量控制应贯穿在产品形成和体系运行的全过程。每一过程都有输入、转换和输出等三个环节,只有通过每个过程的三个环节实施有效的控制,使对产品质量有影响的各个过程处于受控状态,才能保证持续提供符合规定要求的产品。

1.2.2 工程质量控制的内容

工程质量控制是指致力于满足工程质量要求,即为了保证工程质量满足工程合同、设计文件、规范标准所采取的一系列措施、方法和手段。

1. 按实施主体不同进行控制

工程质量的实施主体可分为自控主体和监控主体。前者是指直接从事质量职能的活动者,后者是指对他人质量能力和效果的监控者。由不同的实施主体决定的工程质量控制主要包括以下四种。

(1)政府的工程质量控制。政府属于监控主体,它主要是以法律、法规为依据,通过抓工程报建、施工图设计文件审查、施工许可、材料和设备准用、工程质量监督、重大工程竣工验收备案等主要环节进行的。

(2)工程监理单位的工程质量控制。工程监理单位属于监控主体,它主要是受建设单位的委托,代表建设单位对工程实施全过程进行质量监督和控制,包括勘察设计阶段工程质量控制、施工阶段工程质量控制,以满足建设单位对工程质量的要求。

(3)勘察设计单位的工程质量控制。勘察设计单位属于自控主体,它是以法律、法规及合同为依据,对勘察设计的整个过程进行控制,包括工作程序、工作进度、费用及成果文件所包含的功能和使用价值,以满足建设单位对勘察设计质量的要求。

(4)施工单位的工程质量控制。施工单位属于自控主体,它是以工程合同、设计图纸和技术规范为依据,对施工准备阶段、施工阶段、竣工验收交付阶段等施工全过程的工作质量和工程质量进行控制,以达到合同文件规定的质量要求。

2. 按工程质量的形成过程进行控制

工程质量控制按工程质量的形成过程进行控制,是对工程全过程各阶段的质量控制,其主要可分为三个方面。

(1)决策阶段的质量控制。决策阶段的质量控制主要是通过项目的可行性研究,选择最佳建设方案,使项目的质量要求符合业主的意图,并与投资目标和所在地区环境相协调。

(2)工程勘察设计阶段的质量控制。工程勘察设计阶段的质量控制主要是要选择好勘察设计单位,要保证工程设计符合决策阶段确定的质量要求,保证设计符合有关技术规范和标准的规定,保证设计文件、图纸符合现场和施工的实际条件,其深度能满足施工的需要。

(3)工程施工阶段的质量控制。一是择优选择能保证工程质量的施工单位;二是严格监督承建单位按设计图纸进行施工,并形成符合合同文件规定的质量要求的最终建筑产品。

1.2.3 工程质量控制工作的原则

工程质量控制工作应遵循以下几个原则。

(1)坚持质量第一的原则。建设工程质量不仅关系到工程的适用性和建设项目投资效果,而且关系到人民群众生命财产的安全。所以,在进行投资、进度、质量三大目标控制,处理三者关系时,应坚持“百年大计,质量第一”,在工程建设中自始至终把“质量第一”作为工程质量控制的基本原则。

(2)坚持以人为核心的原则。人是工程建设的决策者、组织者、管理者和操作者。工程建设中各单位、各部门、各岗位人员的工作质量水平和完善程度都直接或间接地影响工程质量。所以工程质量控制工作要以人为核心,重点控制人的素质和人的行为,充分发挥人的积极性和创造性,以人的工作质量保证工程质量。

(3)坚持以预防为主的原则。工程质量控制应该是积极主动的,应事前对影响质量的各种因素加以控制,而不是消极被动地等出现质量问题后才进行处理,以免造成不必要的损失。所以,要重点做好质量的事前控制和事中控制,以预防为主,加强过程和中间产品的质量检查与控制。

(4)坚持质量标准的原则。质量标准是评价产品质量的尺度,工程质量是否符合合同规定的质量标准要求,应进行质量检验并和质量标准对照:符合质量标准要求的就合格;不符合质量标准要求的就是不合格,必须返工处理。

(5)坚持科学、公正、守法的职业道德规范。在工程质量控制中,监理人员必须坚持科学、公正、守法的职业道德规范,要尊重科学,尊重事实,以数据资料为依据,客观、公正地处理质量问题。要坚持原则,遵纪守法,秉公监理。

1.2.4 工程质量责任体系

在工程项目建设中,参与工程建设的各方应根据国家颁布的《建设工程质量管理条例》(国务院令第279号),以及合同、协议及有关文件的规定承担相应的质量责任。

1. 建设单位的质量责任

(1)建设单位要根据工程特点和技术要求,按有关规定选择相应资质等级的勘察、设计单位和施工单位,在合同中必须有质量条款,明确质量责任,并真实、准确、齐全地提供与建设工程有关的原始资料。建设工程项目的勘察、设计、施工、监理,以及与工程建设有关的重要设备材料等的采购,均应实行招标,依法确定程序和方法,择优选定中标者。不得将应由一个承包单位完成的建设工程项目肢解成若干部分发包给几个承包单位;不得迫使承包方以低于成本的价格竞标;不得任意压缩合理工期;不得明示或暗示设计单位或施工单位违反建设强制性标准,降低建设工程质量。建设单位须对其自行选择的设计、施工单位发生的质量问题承担相应责任。

(2)建设单位应根据工程特点,配备相应的质量管理人员。对国家规定强制实行监理的工程项目,建设单位必须委托具有相应资质等级的工程监理单位进行监理。建设单位应与监理单位签订监理合同,明确双方的责任和义务。

(3)建设单位在工程开工前,负责办理有关施工图设计文件审查、工程施工许可证和工程质量监督手续;组织设计单位和施工单位认真进行设计交底;在工程施工中,应按国家现

行有关工程建设法规、技术标准及合同规定,对工程质量进行检查。涉及建筑主体和承重结构变动的装修工程,建设单位应在施工前委托原设计单位或者相应资质等级的设计单位提出设计方案,经原审查机构审批后方可施工。工程项目竣工后,建设单位应及时组织设计、施工、工程监理等有关单位进行竣工验收,未经验收备案或验收备案不合格的,不得交付使用。

(4)建设单位按合同的约定负责采购、供应的建筑材料、建筑构配件和设备,应符合设计文件和合同要求,对其发生的质量问题应承担相应的责任。

2. 勘察、设计单位的质量责任

(1)勘察、设计单位必须在其资质等级许可的范围内承揽相应的勘察、设计任务,禁止承揽超越其资质等级许可范围以外的勘察、设计任务,不得将承揽工程转包或违法分包,也不得以任何形式用其他单位的名义承揽业务或允许其他单位或个人以本单位的名义承揽业务。

(2)勘察、设计单位必须按照国家现行的有关规定、工程建设强制性技术标准和合同要求进行勘察、设计工作,并对所编制的勘察、设计文件的质量负责。勘察单位提供的地质、测量、水文等勘察成果文件必须真实、准确。设计单位提供的设计文件应当符合国家规定的设计深度要求,注明工程的合理使用年限。设计文件中选用的材料、构配件和设备,应当注明规格、型号、性能等技术指标,其质量必须符合国家规定的标准。除有特殊要求的建筑材料、专用设备、工艺生产线以外,不得指定生产厂、供应商。设计单位应就审查合格的施工图文件向施工单位做出详细说明,解决施工过程中施工单位对设计提出的问题,负责设计变更。设计单位应参与工程质量事故分析,并对因设计造成的质量事故提出相应的技术处理方案。

3. 施工单位的质量责任

(1)施工单位必须在其资质等级许可的范围内承揽相应的施工任务,禁止承揽其资质等级业务范围以外的施工任务,不得将承接的工程转包或违法分包,也不得以任何形式用其他施工单位的名义承揽工程或允许其他单位或个人以本单位的名义承揽工程。

(2)施工单位对所承包的工程项目的施工质量负责。施工单位应当建立、健全质量管理体系,落实质量责任制,确定工程项目的项目经理、技术负责人和施工管理负责人。实行总承包的工程,总承包单位应对全部建设工程的质量负责。对建设工程勘察、设计、施工、设备采购的一项或多项实行总承包的,总承包单位应对其承包的建设工程或采购的设备的质量负责;实行总分包的工程,分包单位应按照分包合同约定,对其分包工程的质量向总承包单位负责,总承包单位与分包单位对分包工程的质量承担连带责任。

(3)施工单位必须按照工程设计图纸和施工技术规范标准组织施工。未经设计单位同意,施工单位不得擅自修改工程设计。在施工中,施工单位必须按照工程设计的要求、施工技术规范标准和合同约定,对建筑材料、构配件、设备和商品混凝土进行检验,不得偷工减料,不使用不符合设计和强制性技术标准要求的产品,不使用未经检验和试验或检验与试验不合格的产品。

4. 工程监理单位的质量责任

(1)工程监理单位应按其资质等级许可的范围承担工程监理业务,不得超越本单位资质等级许可的范围或以其他工程监理单位的名义承担工程监理业务,不得转让工程监理业务,

■ 建筑工程质量控制与验收

不得允许其他单位或个人以本单位的名义承担工程监理业务。

(2) 工程监理单位应依照法律、法规,以及有关技术标准、设计文件和建设工程承包合同,与建设单位签订监理合同,代表建设单位对工程质量实施监理,并对工程质量承担监理责任。监理单位的责任主要有违法责任和违约责任两个方面。若工程监理单位故意弄虚作假,降低工程质量标准,造成质量事故的,要承担法律责任。若工程监理单位与承包单位串通,谋取非法利益,给建设单位造成损失的,应当与承包单位承担连带赔偿责任。若工程监理单位在责任期内,不按照监理合同约定履行监理职责,给建设单位或其他单位造成损失的,属于违约责任,应当向建设单位赔偿损失。

5. 建筑材料、构配件及设备生产或供应单位的质量责任

建筑材料、构配件及设备生产或供应单位对其生产或供应的产品质量负责。生产厂或供应商必须具备相应的生产条件、技术装备和质量管理体系,所生产或供应的建筑材料、构配件及设备的质量应符合国家和行业现行的技术规定的合格标准与设计要求,并与说明书和包装上的质量标准相符,且应有相应的产品检验合格证,设备应有详细的使用说明等。

1.3 工程质量的政府监督管理

1.3.1 工程质量的政府监督管理体制与职能

1. 工程质量的政府监督管理体制

(1) 国务院建设行政主管部门对全国的建设工程质量实施统一监督管理。国务院交通、水利等有关专业部门按国务院规定的职责分工,负责全国有关专业建设工程质量的监督管理。县级以上地方人民政府建设行政主管部门对本行政区域内的建设工程质量实施监督管理。县级以上地方人民政府交通、水利等有关专业部门在各自职责范围内,负责本行政区域内的专业建设工程质量的监督管理。

(2) 国务院建设行政主管部门和国务院交通、水利等有关专业部门,县级以上地方人民政府建设行政主管部门和其他有关专业部门,对有关建设工程质量的法律、法规和强制性标准的执行情况加强监督检查。国务院发展计划部门按照国务院规定的职责,组织稽查特派员,对国家出资的重大建设项目实施监督检查;国务院经济贸易主管部门按国务院规定的职责,对国家重大技术改造项目实施监督检查。

(3) 县级以上政府建设行政主管部门和其他有关专业部门履行检查职责时,有权要求被检查的单位提供有关工程质量的文件和资料,有权进入被检查单位的施工现场进行检查;在检查中发现工程质量存在问题时,有权责令其改正。

(4) 政府的工程质量监督管理具有权威性、强制性和综合性的特点。

2. 工程质量的政府监督管理职能

(1) 建立和完善工程质量管理法规。工程质量管理法规包括行政性法规和工程技术规范标准,前者有《中华人民共和国建筑法》《中华人民共和国招标投标法》《建设工程质量管理条例》等,后者有工程设计规范、工程施工质量验收规范等。

(2) 建立和落实工程质量责任制。工程质量责任包括工程质量行政领导的责任、项目法

定代表人的责任、参建单位法定代表人的责任等。工程质量监督管理实行终身负责制。

(3)建设活动主体资格的管理。国家对从事建设活动的单位实行严格的从业许可制度,对从事建设活动的专业技术人员实行严格的执业资格制度。建设行政主管部门及有关专业部门按各自分工,负责各类资质标准的审查、从业单位资质等级的最终认定、专业技术人员资格等级的核查和注册,并对资质等级和从业范围等实施动态管理。

(4)工程承发包管理。工程承发包管理包括规定工程招投标承发包的范围、类型、条件,依法对招投标承发包活动进行监督和工程合同管理。

(5)控制工程建设程序。应严格控制工程建设程序,包括工程报建、施工图设计文件审查、工程施工许可、工程材料和设备准用、工程质量监督、竣工验收备案等管理。

1.3.2 工程质量管理制

近年来,我国建设行政主管部门先后颁布了多项建设工程质量管理制度,主要包括如下几个方面。

1. 施工图设计文件审查制度

施工图设计文件(以下简称施工图)审查是政府主管部门对工程勘察、设计质量进行监督管理的重要环节。施工图审查是指国务院建设行政主管部门和省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门委托依法认定的设计审查机构,根据国家法律、法规、技术标准与规范,对施工图进行结构安全和强制性标准、规范执行情况等进行的独立审查。

1) 施工图审查的范围

建筑工程设计等级分级标准中的各类新建、改建、扩建的建筑工程项目均属于施工图审查的范围。省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门可结合本地的实际情况确定具体的审查范围。

建设单位应当将施工图报送建设行政主管部门,由建设行政主管部门委托有关审查机构进行结构安全和强制性标准、规范执行情况等内容的审查。建设单位将施工图报请审查时,应同时提供下列资料:批准的立项文件或初步设计批准文件、主要的初步设计文件、工程勘察成果报告、结构计算书及计算机软件名称等。

2) 施工图审查的主要内容

(1)建筑物的稳定性、安全性审查,包括地基基础和主体结构是否安全、可靠。

(2)是否符合消防、节能、环保、抗震、卫生、人防等有关强制性标准、规范。

(3)施工图是否达到规定的深度要求。

(4)是否损害公众利益。

3) 施工图审查有关各方的职责

(1)国务院建设行政主管部门负责全国施工图审查的管理工作。省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门负责组织本行政区域内的施工图审查工作的具体实施和监督管理工作。

建设行政主管部门在施工图审查工作中主要负责制定审查程序、审查范围、审查内容、审查标准并颁发审查批准书;负责制定审查机构和审查人员条件,批准审查机构,认定审查人员;对审查机构和审查工作进行监督并对违规行为进行查处;对施工图设计审查负依法监督管理的行政责任。

(2) 勘察、设计单位必须按照工程建设强制性标准进行勘察、设计,并对勘察、设计质量负责。审查机构按照有关规定对勘察结果、施工图文件进行审查,但并不改变勘察、设计单位的质量责任。

(3) 审查机构接受建设行政主管部门的委托对施工图文件涉及的安全和强制性标准执行情况进行技术审查。建设工程经施工图设计文件审查后因勘察、设计原因发生工程质量问题的,审查机构承担审查失职的责任。

4) 施工图审查程序

施工图审查可按以下步骤进行。

- (1) 建设单位向建设行政主管部门报送施工图,并做好书面记录。
- (2) 建设行政主管部门委托审查机构进行审查,同时发出委托审查通知书。
- (3) 审查机构完成审查,向建设行政主管部门提交技术性审查报告。
- (4) 审查结束,建设行政主管部门向建设单位发出施工图审查批准书。
- (5) 报审的施工图设计文件和有关资料应存档备查。

5) 施工图审查管理

审查机构应当在收到审查材料后 20 个工作日内完成审查工作,并提出审查报告;特级和一级项目应当在 30 个工作日内完成审查工作,并提出审查报告,其中重大及技术复杂项目的审查时间可适当延长。审查合格的项目,审查机构向建设行政主管部门提交项目施工图审查报告,由建设行政主管部门向建设单位通报审查结果,并颁发施工图审查批准书。对审查不合格的项目,建设行政主管部门提出书面意见后,由审查机构将施工图退回建设单位,并由原设计单位修改后重新送审。

施工图一经审查批准,不得擅自修改。如遇特殊情况需要进行涉及审查主要内容的修改时,必须重新报请原审批部门,由原审批部门委托审查机构审查后再批准实施。

建设单位或设计单位对审查机构做出的审查报告如有重大分歧时,可由建设单位或设计单位向所在省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门提出复查申请,由后者组织专家论证并做出复查结果。

施工图审查工作所需经费由施工图审查机构按有关收费标准向建设单位收取。建设工程竣工验收时,有关部门应按照审查批准的施工图进行验收。建设单位要对报送的审查材料的真实性负责;勘察、设计单位对提交的勘察报告、设计文件的真实性负责,并积极配合审查工作。

2. 工程质量监督制度

国家实行建设工程质量监督管理制度。工程质量监督管理的主体是各级政府建设行政主管部门和其他有关部门。但由于工程建设周期长、环节多、点多面广,工程质量监督工作是一项专业技术性强且很繁杂的工作,政府部门不可能亲自进行日常检查工作。因此,工程质量监督管理由建设行政主管部门或其他有关部门委托的工程质量监督机构具体实施。

工程质量监督机构是经省级建设行政主管部门或有关专业部门考核认定,具有独立法人资格的单位。它受县级以上人民政府建设行政主管部门或有关专业部门的委托,依法对工程质量进行强制性监督,并对委托部门负责。

工程质量监督机构的主要任务如下。

- (1) 根据政府主管部门的委托,受理建设工程项目的质量监督。

(2)制定质量监督工作方案;确定负责该项工程的质量监督工程师和助理质量监督工程师;根据有关法律、法规和工程建设强制性标准,针对工程特点,明确监督的具体内容、监督方式;在质量监督工作方案中,对地基基础、主体结构和其他涉及结构安全的重要部位与关键过程做出实施监督的详细计划安排,并将质量监督工作方案通知建设、勘察、设计、施工和监理单位。

(3)检查施工现场工程建设各方主体的质量行为。工程质量监督机构检查施工现场工程建设各方主体及有关人员的资质或资格;检查勘察、设计、施工和监理单位的质量管理体系和质量责任制的落实情况;检查有关质量文件、技术资料是否齐全并符合规定。

(4)检查建设工程的实体质量。按照质量监督工作方案,对建设工程地基基础、主体结构和其他涉及安全的关键部位进行现场实地抽查,对用于工程的主要建筑材料、构配件的质量进行抽查;对地基基础分部、主体结构分部和其他涉及安全分部工程的质量验收进行监督。

(5)监督工程质量验收。监督建设单位组织的工程竣工验收的组织形式、验收程序,以及在验收过程中提供的有关资料和形成的质量评定文件是否符合有关规定,实体质量是否存在严重缺陷,工程质量验收是否符合国家标准。

(6)向委托部门报送工程质量监督报告。报告的内容应包括对地基基础和主体结构质量检查的结论,工程施工验收的程序、内容和质量检验评定是否符合有关规定,以及历次抽查的该工程的质量问题和处理情况等。

(7)对预制建筑构件和商品混凝土的质量进行监督。

(8)受委托部门委托,按规定收取工程质量监督费。

(9)完成政府主管部门委托的工程质量监督管理的其他工作。

3. 工程质量检测制度

工程质量检测工作是对工程质量进行监督管理的重要手段之一。工程质量检测机构是对建设工程、建筑构件、建筑制品及现场所用的有关建筑材料、设备质量进行检测的法定单位。其在建设行政主管部门领导和标准化管理部门指导下开展检测工作,其出具的检测报告具有法定效力。法定的国家级检测机构出具的检测报告,在国内为最终裁定,在国外具有代表国家的性质。

1) 国家级检测机构的主要任务

(1)受国务院建设行政主管部门和有关专业部门委托,对指定的国家重点工程进行检测复核,提出检测复核报告和建议。

(2)受国家建设行政主管部门和国家标准编制部门的委托,对建筑构件、制品及有关材料、设备及产品进行抽样检验。

2) 各省级、市(地区)级、县级检测机构的主要任务

(1)对本地区正在施工的建设工程所用的材料、混凝土、砂浆和建筑构件等进行随机抽样检测,向本地建设工程质量主管部门和质量监督部门提供抽样报告与建议。

(2)受同级建设行政主管部门的委托,对本省、市、县的建筑构件、制品进行抽样检测。对违反技术标准、失去质量控制的产品,检测单位有权向主管部门提供停止其生产的证明,不合格产品不准出厂,已出厂的产品不得使用。

4. 工程质量保修制度

工程质量保修制度是指建设工程在办理交工验收手续后,在规定的保修期限内,因勘

■ 建筑工程质量控制与验收

察、设计、施工、材料等原因造成的不符合质量要求的情况,要由施工单位负责维修、更换,由责任单位负责赔偿损失。

建设工程承包单位在向建设单位提交工程竣工验收报告时,应向建设单位出具工程质量保修书,工程质量保修书中应明确建设工程的保修范围、保修期限和保修责任等。

1)建设工程的最低保修期限

保修期自竣工验收合格之日起计算。在正常使用条件下,建设工程的最低保修期限遵循如下规定。

(1)基础设施工程、房屋建筑工程的地基基础和主体结构工程,为设计文件规定的该工程的合理使用年限。

(2)屋面防水工程、有防水要求的卫生间、房间和外墙面的防渗漏,为5年。

(3)供热与供冷系统,为两个采暖期、供冷期。

(4)电气管线、给排水管道、设备安装和装修工程,为2年。

(5)其他项目的保修期由发包方与承包方约定。

2)承担保修的原则

建设工程在保修范围和保修期限内发生质量问题的,施工单位应当履行保修义务。保修义务的承担和经济责任的承担应按下列原则处理。

(1)施工单位未按国家有关标准、规范和设计要求施工造成的质量问题,由施工单位负责返修并承担经济责任。

(2)由于设计方面的原因造成的质量问题,先由施工单位负责维修,其经济责任按有关规定通过建设单位向设计单位索赔。

(3)因建筑材料、构配件和设备质量不合格引起的质量问题,先由施工单位负责维修。属于施工单位采购的,由施工单位承担经济责任;属于建设单位采购的,由建设单位承担经济责任。

(4)因建设单位(含监理单位)错误管理造成的质量问题,先由施工单位负责维修,其经济责任由建设单位承担;若属于监理单位责任,则由建设单位向监理单位索赔。

(5)因使用单位使用不当造成的损坏问题,先由施工单位负责维修,其经济责任由使用单位自行负责。

(6)因地震、洪水、台风等不可抗拒原因造成的损坏问题,先由施工单位负责维修,建设参与各方根据国家具体政策分担经济责任。

1.4 工程勘察、设计阶段的质量控制

1.4.1 勘察、设计单位资质控制

单位资质制度是指建设行政主管部门对从事建筑活动单位的人员素质、管理水平、资金数量、业务能力等进行审查,以确定其承担任务的范围,并发给相应的资质证书。

个人资格制度是指建设行政主管部门及有关部门对从事建筑活动的专业技术人员依法进行考试和注册,并颁发执业证书,使其获得相应签字权。

1. 勘察、设计单位资质级别

根据 2013 年实施的《工程勘察资质标准》的规定,工程勘察资质分综合资质、专业资质和劳务资质三类。工程勘察综合资质是指包括全部工程勘察专业资质的工程勘察资质。专业资质包括岩土工程专业资质、水文地质勘察专业资质和工程测量专业资质。其中,岩土工程专业资质包括岩土工程勘察、岩土工程设计、岩土工程物探测试检测监测等岩土工程(分项)专业资质。工程勘察劳务资质包括工程钻探和凿井。工程勘察综合资质只设甲级。岩土工程勘察、岩土工程设计、岩土工程物探测试检测监测专业资质均设甲、乙两个级别;岩土工程勘察、水文地质勘察、工程测量专业资质均设甲、乙、丙三个级别。工程勘察劳务资质不分等级。

根据 2007 年实施的《工程设计资质标准》,工程设计资质可分为工程设计综合资质、工程设计行业资质、工程设计专业资质和工程设计专项资质四类。根据工程性质不同,工程设计资质划分为煤炭、化工石化医药、石油天然气、电力、冶金、军工、机械、商物粮、核工业、电子通信广电、轻纺、建材、铁道、公路、水运、民航、市政、海洋、水利、农林、建筑 21 个行业。工程设计综合资质是指涵盖 21 个行业的设计资质。工程设计行业资质是指涵盖某个行业资质标准中的全部设计类型的设计资质。工程设计专业资质是指某个行业资质标准中的某个专业的设计资质。工程设计专项资质是指为适应和满足行业发展的需求,对已形成产业的专项技术独立进行设计及设计施工一体化而设立的资质。工程设计综合资质只设甲级。工程设计行业资质和工程设计专业资质均设甲、乙两个级别;根据行业需要,建筑、市政、水利、电力(限送变电)、农林和公路行业设立工程设计丙级资质,建筑工程设计专业资质设丁级。建筑行业根据需要设立建筑工程设计事务所资质。工程设计专项资质根据需要设置等级。

2. 监理工程师对勘察、设计单位资质的考核要点

对工程勘察、设计单位的资质进行核查,是勘察、设计质量控制工作的第一步。监理工程师应重点核查以下内容。

(1)检查勘察、设计单位的资质证书类别和等级,以及所规定的适用业务范围与拟建工程的类别、规模、地点、行业特性及要求的勘察、设计任务是否相符,资质证书所规定的有效期是否已过期,其资质年检结论是否合格。

(2)检查勘察、设计单位的营业执照,重点检查其有效期和年检情况。

(3)对参与拟建工程的主要技术人员的执业资格进行检查,对专职技术骨干比例进行考察,重点检查其注册证书的有效性、签字权的级别是否与拟建工程相符。

(4)对勘察、设计单位实际的建设业绩、人员素质、管理水平、资金情况、技术装备进行实地考察,特别是对其近期完成的与拟建工程的类型、规模、特点相似或相近的工程勘察,对设计任务进行查访,了解其服务意识和工作质量。

1.4.2 勘察质量控制

工程勘察的主要任务是按勘察设计院职工代表大会的要求,正确反映工程地质条件,提出岩土工程评价,为设计、施工提供依据。工程勘察工作一般分三个阶段,即可行性研究勘察(又称为选址勘察)、初步勘察和详细勘察。对工程地质条件复杂或有特殊施工要求的重要工程应进行施工勘察。

1. 勘察阶段质量控制要点

- (1) 协助建设单位选定勘察单位。
- (2) 勘察工作方案的审查和控制。
- (3) 勘察现场作业的质量控制。
- (4) 勘察文件的质量控制。
- (5) 后期质量保证。
- (6) 勘察技术档案管理。

2. 勘察现场作业的质量控制

勘察工作期间,监理工程师应重点检查以下几个方面的工作。

(1) 应对现场作业人员进行专业培训,重要岗位要实施持证上岗制度,并严格按勘察工作方案及有关操作规程的要求开展现场工作,并留下印证记录。

(2) 原始资料取得的方法、手段及使用的仪器设备应当正确、合理,勘察仪器、设备、实验室应有明确的管理程序,现场钻探、取样的机具应通过计量认证。

(3) 原始记录表格应按要求认真填写清楚,并经有关作业人员检查、签字。

(4) 项目负责人应始终在作业现场进行指导、督促检查,并对各项作业资料检查、验收、签字。

3. 勘察文件的质量控制

监理工程师对勘察成果的审核与评定是勘察阶段质量控制最重要的工作。

(1) 应检查勘察成果是否满足以下条件。

① 工程勘察资料、图表、报告等文件要依据工程类别,按有关规定执行各级审核、审批程序,并由负责人签字。

② 工程勘察成果应齐全、可靠,满足国家有关法律、法规及技术标准和合同规定的要求。

③ 工程勘察成果必须严格按照质量管理有关程序进行检查和验收,质量合格后方可使用。对工程勘察成果的检查验收和质量评定应当执行国家、行业和地方有关工程勘察成果检查验收评定的规定。

(2) 由于工程勘察的最后结果是工程勘察报告,因此监理工程师必须对其详细审查。

(3) 针对不同的勘察阶段,监理工程师应对工程勘察报告的内容和深度进行检查,看其是否满足勘察任务书和相应设计阶段的要求。

1.4.3 设计质量控制

工程设计按照工作进程和深度不同,一般按扩大初步设计、施工图设计两个阶段进行;技术上复杂的工业交通项目可按初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段进行。

1. 设计阶段的质量原则

(1) 建筑工程设计应当与社会、经济发展水平相适应,做到经济效益、社会效益和环境效益相统一。

(2) 建筑工程设计应当按工程建设的基本程序,坚持先勘察、后设计、再施工的原则。

(3) 建筑工程设计应力求做到适用、安全、美观、经济。

(4) 建筑工程设计应符合设计标准、规范的有关规定,计算要准确,文字说明要清楚,图

纸要清晰、准确,避免“错、漏、碰、缺”。

2. 设计阶段监理质量控制的主要任务

- (1) 审查设计基础资料的正确性和完整性。
- (2) 协助建设单位编制设计招标文件或方案竞赛文件,组织设计招标或方案竞赛。
- (3) 审查设计方案的先进性和合理性,确定最佳设计方案。
- (4) 督促设计单位完善质量体系,建立内部专业交底及会签制度。
- (5) 进行设计质量的跟踪检查,控制设计图纸的质量。
- (6) 组织施工图会审。
- (7) 评定、验收设计文件。

1.5 工程施工的质量控制

工程施工是使工程设计意图最终实现并形成工程实体的阶段,也是最终形成工程产品质量和工程项目使用价值的重要阶段。因此,施工阶段的质量控制不但是施工监理工作的重要内容,也是工程项目质量控制的重点。

施工阶段的质量控制按工程实体质量形成过程的时间阶段不同,可以分为施工准备控制、施工过程控制和竣工验收控制三个环节。为确保施工质量,监理工程师要对施工过程进行全过程、全方位的质量监督、控制与检查。就整个施工过程而言,可在事前、事中和事后进行控制。就一个具体的作业技术活动而言,监理工程师的控制管理仍涉及事前、事中及事后,即作业技术准备状态的控制、作业技术活动运行过程的控制和作业技术活动结果的控制。

1.5.1 施工准备的质量控制

1. 施工承包单位资质的核查

(1) 施工承包单位资质的分类。2014年公布的《建筑业企业资质标准》规定,建筑业企业资质分为施工总承包、专业承包和施工劳务三个序列。

① 施工总承包。施工总承包企业可以对工程实行施工总承包或者对主体工程实行施工承包,施工总承包企业可以将承包的工程全部自行施工,也可以将非主体工程或劳务作业分包给具有相应专业承包资质或劳务分包资质的其他建筑业企业。其按专业类别共分为12个资质类别,每个资质类别又分为特级、一级、二级、三级这4个等级。

② 专业承包。专业承包企业可以承接施工总承包企业分包的专业工程或者建设单位按照规定发包的专业工程。其按专业类别共分为36个资质类别,每个资质类别一般分为一级、二级、三级这3个等级。

③ 施工劳务。取得施工劳务资质的企业可以承接具有施工总承包资质或专业承包资质的企业分包的劳务作业。施工劳务序列不分类别和等级。

(2) 监理工程师对施工承包单位资质的审核。监理工程师应根据工程的类型、规模和特点,确定参与投标企业的资质等级,并取得招投标管理部门的认可。

监理工程师对符合参与投标承包条件的企业进行考核;查对其营业执照和建筑业企业

资质证书,并了解其实际情况;考核其近期的表现,查对其年检情况;实地参观、考核其工程质量情况及现场管理水平。

(3)监理工程师对中标进场从事项目施工的承包企业质量管理体系的核查。

①了解企业的质量意识、质量管理情况,重点了解企业质量管理的基础工作、工程项目管理和质量控制的情况。

②了解企业贯彻 ISO 9000 标准、体系建立和通过认证的情况。

③了解企业领导班子的质量意识及质量管理机构落实、质量管理权限实施的情况等。

④审查承包单位现场项目经理部的质量管理体系。

承包单位应向监理工程师报送项目经理部的质量管理体系的有关资料,包括组织机构、各项制度、管理人员、专职质检员、特种作业人员的资格证、上岗证、工地试验室。实施“贯标”(通常所说的“贯标”是指贯彻 ISO 9000 质量管理体系标准和 ISO 14000 环境管理体系标准)的承包单位,应提交质量计划。

监理工程师对报送的相关资料进行审核,并进行实地检查。经审核,承包单位的质量管理体系满足工程质量管理需要,总监理工程师予以确认;对于不合格人员,总监理工程师有权要求承包单位予以撤换,对不健全、不完善之处,应要求承包单位尽快整改。

2. 施工组织设计(质量计划)的审查

(1)质量计划的概念。质量计划是质量策划结果的一项管理文件。对工程建设而言,质量计划主要是针对特定的工程项目,为完成预定的质量控制目标,编制专门规定的质量措施、资源和活动顺序的文件。根据质量管理的基本原理,质量计划包含为达到质量目标和质量要求的计划、实施、检查、处理四个环节的相关内容,即 PDCA(plan-do-check-act)循环。具体而言,质量计划应包括以下内容:编制依据;项目概况;质量目标;组织机构;质量控制及管理组织协调的系统描述;必要的质量控制手段、检验和试验程序等;确定关键过程和特殊过程及作业的指导书;与施工过程相适应的检验、试验、测量、验证要求;更改和完善质量计划的程序;等等。

(2)施工组织设计的审查原则。施工组织设计已包含了质量计划的主要内容,因此,监理工程师对施工组织设计的审查也同时包括了对质量计划的审查。

监理工程师应根据如下原则审查施工组织设计。

①施工组织设计的编制、审查和批准应符合规定的程序。

②施工组织设计应符合国家的技术政策,充分考虑承包合同规定的条件、施工现场条件及法律、法规条件的要求,突出“质量第一,安全第一”的原则。

③施工组织设计应有针对性。承包单位应了解并掌握本工程的特点及难点,施工条件应分析充分。

④施工组织设计应有可操作性。承包单位应有能力执行并保证工期和质量目标,该施工组织设计应切实可行。

⑤技术方案应有先进性。施工组织设计采用的技术方案和措施应先进适用,技术应成熟。

⑥质量管理和技术管理体系、质量保证措施应健全且切实可行。

⑦安全、环保、消防和文明施工措施应切实可行并符合有关规定。

⑧在满足合同和相关法律、法规要求的前提下,对施工组织设计的审查应尊重承包单位

的自主技术决策和管理决策。

3. 现场施工准备的质量控制

(1)工程定位及标高基准控制。监理工程师应要求施工承包单位对建设单位(或其委托的单位)给定的原始基准点、基准线和标高等测量控制点进行复核,并将复测结果报监理工程师审核,经批准后施工承包单位方能据此进行准确的测量放线,建立施工测量控制网,并应对其正确性负责,同时应做好基桩的保护工作。监理工程师还应复测施工测量控制网。

(2)施工平面布置的控制。监理工程师要检查施工现场总体布置是否合理,是否有利于施工正常、顺利地进行,是否有利于保证质量,特别要对场区的道路、防洪排水、器材存放、给水及供电、混凝土供应及主要垂直机械设备布置等方面予以重视。

(3)材料构配件采购订货的控制。凡由承包单位负责采购的原材料、半成品或构配件,在采购订货前均应向监理工程师申报;对于重要的材料,还应提交样品,供试验或鉴定,有些材料应要求供货单位提交理化试验单(如预应力钢筋的硫、磷含量等),经监理工程师审查认可后方可进行订货采购。

对于半成品或构配件,应按经过审批认可的设计文件和图纸要求采购订货,其质量应满足有关标准和设计的要求,交货期应满足施工及安装进度安排的需要。

供货方向需方(订货方)提供质量文件,用以表明其提供的货物能够完全达到需方提出的质量要求。

(4)施工机械配置的控制。监理工程师应审查施工机械设备选用是否合适、数量是否足够。审查所需的施工机械设备是否按已批准的计划备妥,所准备的机械设备是否与监理工程师审查认可的施工组织设计或施工计划中所列者相一致,所准备的施工机械设备是否都处于完好的可用状态等。

(5)分包单位资格的审核确认。分包单位须提交分包单位资质报审表,其内容一般包括关于拟分包工程的情况、关于分包单位的基本情况和分包协议草案。

监理工程师审查总承包单位提交的分包单位资质报审表。审查时,监理工程师主要审查施工承包合同是否允许分包,分包的范围和工程部位是否可进行分包,分包单位是否具有按工程承包合同规定的条件完成分包工程任务的能力。审查、控制的重点一般是分包单位施工组织者、管理者的资格与质量管理水平,特殊专业工种、专业工种和关键施工新工艺或新技术、新工艺、新材料等应用方面操作者的素质与能力。

监理工程师对分包单位进行调查,调查的目的是核实总承包单位申报的分包单位情况是否属实。

(6)设计交底与施工图纸的现场核对。施工阶段,设计文件是监理工作的依据。因此,监理工程师应认真参加由建设单位主持的设计交底工作,以透彻地了解设计原则及质量要求;同时,要督促承包单位认真做好审核及图纸核对工作,对于审图过程中发现的问题,应及时以书面形式报告给建设单位。

监理工程师参加设计交底,应着重了解工程地质等自然条件、主管部门和其他部门的要求、设计单位采用的主要设计规范、市场供应的建筑材料情况、设计意图、施工应注意的事项等。

施工图纸是工程施工的直接依据,为了使施工承包单位充分了解工程特点、设计要求,减少图纸的差错,确保工程质量,减少工程变更,监理工程师应要求施工承包单位做好施工

图纸的现场核对工作。对于存在的问题,监理工程师应要求承包单位以书面形式提出,承包单位在设计单位以书面形式进行解释或确认后,才能进行施工。

(7) 严把开工关。

① 强化安全生产程序监管。安全监管贯穿于工程建设活动的全过程,要重点突出对安全生产开工条件的审查,从资料审查上把关,相关安全程序手续不全或没有满足安全开工条件的,坚决不允许开工建设。

② 加强施工现场实地勘察。在对项目安全生产开工条件资料审查完毕后,监理工程师对符合开工条件项目的现场施工道路、地下管网及外电线路进行实地勘察,施工单位必须提供施工现场及毗邻区域内供水、排水、供电、国防光缆等地下管线的资料,相邻建筑物和构筑物、地下工程的有关资料,并保证资料的真实、准确、完整。

③ 落实监理企业安全生产主体责任,提高现场监理安全生产管控能力。督促监理企业认真履行安全生产职责,实行总监理工程师负责制,总监理工程师必须严格审查专项施工方案的编制、论证和审批。

1.5.2 作业技术准备状态的控制

作业技术准备状态是指各项施工准备工作在正式开展作业技术活动前,是否按预先计划的安排落实到位的状况。对于作业技术准备状态,有关人员应着重抓好以下环节的工作。

1. 质量控制点的设置

1) 质量控制点的概念

质量控制点是指为了保证作业过程质量而确定的重点控制对象、关键部位或薄弱环节。设置质量控制点是保证工程达到施工质量要求的必要前提,监理工程师在拟订质量控制工作计划时,应予以详细考虑,并以制度保证落实。对于质量控制点,一般要事先分析可能造成质量问题的原因,再针对原因制定对策和措施进行预控。

承包单位在工程施工前应根据施工过程质量控制的要求,列出质量控制点明细表,提交监理工程师审查批准后,在此基础上实施质量预控。

2) 质量控制点的选择

应当选择那些保证质量难度大的、对质量影响大的或者是发生质量问题时危害大的对象作为质量控制点。质量控制点主要包括如下部分。

(1) 施工过程中的关键工序或环节及隐蔽工程,如预应力结构的张拉工序、钢筋混凝土结构中的钢筋架立。

(2) 施工过程中的薄弱环节或质量不稳定的工序、部位或对象,如地下防水层施工。

(3) 对后续工程施工或对后续工序质量或安全有重大影响的工序、部位或对象,如预应力结构中的预应力钢筋质量、模板的支承与固定等。

(4) 采用新技术、新工艺、新材料的部位或环节。

(5) 施工上无足够把握的、施工条件困难的或技术难度大的工序或环节,如复杂曲线模板的放样等。

某个部位或环节是否设置为质量控制点,主要视其对质量特性影响的大小、危害程度,以及其质量保证的难度大小而定。

2. 作业技术交底的控制

承包单位做好技术交底,是取得好的施工质量的条件之一。为此,每一分项工程开始实施前均要进行交底。作业技术交底是对施工组织设计或施工方案的具体化,是更细致、明确,更加具体的技术实施方案,是工序施工或分项工程施工的具体指导文件。为做好技术交底,项目经理部必须由主管技术人员编制技术交底书,并经项目总工程师批准。技术交底的内容包括施工方法、质量要求和验收标准,施工过程中需注意的问题,可能出现意外的应对措施及应急方案。技术交底要紧紧围绕与具体施工有关的操作者、机械设备、使用的材料、构配件、工艺、工法、施工环境、具体管理措施等方面进行,交底中要明确做什么、谁来做、如何做、作业标准和要求、什么时间完成等。

在进行关键部位或技术难度大、施工复杂的检验批、分项工程的施工前,承包单位的技术交底书(作业指导书)要报监理工程师。经监理工程师审查后,如技术交底书不能保证作业活动的质量要求,承包单位要进行修改补充。没有做好技术交底的工序或分项工程不得进入正式施工。

3. 进场材料构配件的质量控制

凡运到现场的原材料、半成品或构配件,进场前应向项目监理机构提交工程材料/构配件/设备报审表,同时附上产品出厂合格证及技术说明书、由施工承包单位按规定要求进行检验的检验或试验报告,经监理工程师审查并确认其质量合格后方准进场。

对某些当地材料及现场配制的制品,一般要求承包单位先进行试验,达到要求的标准后方准施工。另外,对材料构配件的存放条件也应进行控制。

4. 环境状态的控制

环境状态的控制包括施工作业环境的控制、施工质量管理环境的控制,以及现场自然环境条件的控制。

施工作业环境主要是指水、电或动力供应、施工照明、安全防护设备、施工场地空间条件和通道,以及交通运输和道路条件等。施工质量管理环境主要是指施工承包单位的质量管理体系和质量控制自检系统是否处于良好的状态,系统的组织结构、管理制度、检测制度、检测标准、人员配备等方面是否完善和明确,质量责任制是否落实。

5. 进场施工机械设备性能及工作状态的控制

保证施工现场作业机械设备的技术性能及工作状态,对施工质量有重要的影响。因此,监理工程师要做好这方面的现场控制工作。

6. 施工测量及计量器具性能、精度的控制

监理工程师应对工地试验室进行检查。

施工测量开始前,承包单位应向项目监理机构提交测量仪器的型号、技术指标、精度等级、法定计量部门的标定证明、测量工的上岗证明,经监理工程师审核确认后,方可进行正式测量作业。在作业过程中,监理工程师也应经常检查了解计量仪器、测量设备的性能、精度状况。

7. 施工现场劳动组织及作业人员上岗资格的控制

施工现场劳动组织涉及从事作业活动的操作者、管理者、相应的各种管理制度。作业活

■ 建筑工程质量控制与验收

动的直接负责人(包括技术负责人)、专职质检人员和安全员,与作业活动有关的测量人员、材料员、试验员必须在岗。

从事特殊作业的人员,如电焊工、电工、起重工、架子工等,必须持证上岗。对此,监理工程师要进行检查与核实。

1.5.3 作业技术活动运行过程的控制

1. 承包单位自检与专检工作的监控

承包单位的自检体系表现在:作业活动的作业者在作业结束后必须自检;不同工序的交接、转换必须由相关人员交接检查;承包单位专职质检员的专检。

监理工程师的检查必须是在承包单位自检并确认合格的基础上进行的。专职质检员未检查或检查不合格,不能报监理工程师。

2. 技术复核工作的监控

凡涉及施工作业技术活动基准和依据的技术工作,都应该严格进行专人负责的复核性检查,以避免基准失误给整个工程质量带来难以补救的或全局性的危害。技术复核是承包单位应履行的技术工作责任,其复核结果只有在报送监理工程师复验确认后,才能进行后续相关的施工。监理工程师应把技术复验工作列入监理规划及质量控制计划中,并将其看作一项经常性的工作任务,贯穿于整个施工过程中。

民用建筑的测量复核工作包括建筑物定位测量、基础施工测量、墙体皮数杆检测、楼层轴线检测、楼层间高程传递检测等。

3. 见证取样送检工作的监控

见证是指由监理工程师现场监督承包单位某工序全过程完成情况的的活动。见证取样是指对工程项目使用的材料、半成品、构配件的现场取样,对工序活动效果的检查实施见证。

为确保工程质量,住房和城乡建设部规定:在市政工程及房屋建筑工程项目中,应对工程材料、承重结构的混凝土试块、承重墙体的砂浆试块、结构工程的受力钢筋(包括接头)实行见证取样。

4. 工程变更的监控

工程变更的要求可能来自建设单位、设计单位或施工承包单位。为确保工程质量,在不同情况下,工程变更的实施、设计图纸的澄清修改应具有不同的工作程序。

需要注意的是,在工程施工过程中,无论是建设单位还是施工、设计单位提出的工程变更或图纸修改,都应通过监理工程师审查并经有关方面研究,确认其必要性后,由总监理工程师发布变更指令后方能生效并予以实施。

5. 见证点的实施监控

见证点监督,也称为W点(witness point)监督。凡是列为见证点的质量控制对象,在规定的关键工序施工前,承包单位应提前通知监理人员在约定的时间内到现场进行见证和对其施工实施监督。如果监理人员未能在约定的时间内到现场见证和监督,那么承包单位有权进行该W点的相应的工序操作和施工。

承包单位在某见证点施工之前一定时间,应书面通知监理工程师,说明该见证点准备施

工的日期与时间,请监理人员届时到达现场进行见证和监督。监理工程师收到通知后,应注明收到该通知的日期并签字。

6. 级配管理质量的监控

建设工程中,由于不同原材料的级配、配合比及拌制后的产品对最终工程质量有重要的影响。因此,监理工程师要做好相关的质量控制工作。

监理工程师要对拌和原材料进行质量控制,对材料配合比进行审查,对现场作业进行质量控制。

7. 计量工作质量的监控

计量是施工作业过程的基础工作之一,计量作业效果对施工质量有重大影响。监理工程师对计量工作的质量监控包括施工过程中使用的计量仪器、检测设备、称重衡器的质量控制,从事计量作业人员技术水平资质的审核,现场计量操作的质量控制。

8. 质量记录资料的监控

质量记录资料不仅在工程施工期间对工程质量的控制有重要作用,而且在工程竣工和投入运行后,对查询和了解工程建设的质量情况,以及工程维修和管理也能提供大量实用的资料与信息。

质量记录资料包括施工现场质量管理检查记录资料、工程材料质量记录和施工过程作业活动质量记录资料。

施工或安装过程中可按分项工程、分部工程、单位工程建立相应的施工质量记录资料。施工质量记录资料应真实、齐全、完整,相关各方人员的签字齐备、字迹清楚、结论明确,与施工过程的进展同步。在对作业活动效果的验收中,若缺少资料或资料内容不全,监理工程师应拒绝验收。

9. 工地例会的管理

工地例会是施工过程中参加建设项目各方沟通情况、解决分歧、形成共识、做出决定的主要渠道,也是监理工程师进行现场质量控制的重要场所。

通过工地例会,监理工程师检查、分析施工过程中的质量状况,指出存在的问题;承包单位提出整改的措施,并做出相应的保证。

10. 停工、复工令的实施

为确保作业质量,根据委托监理合同中建设单位对监理工程师的授权,出现下列情况需要停工处理时,监理工程师应下达停工指令。

- (1)施工作业活动存在重大隐患,可能造成质量事故或已经造成质量事故。
- (2)承包单位未经许可擅自施工或拒绝项目监理机构的管理。
- (3)在出现下列情况时,总监理工程师有权行使质量控制权,下达停工令,及时进行质量控制。

①施工中出现质量异常情况,经提出后,承包单位未采取有效措施或措施不力而未能扭转异常情况。

②隐蔽作业未经依法查验、确认合格而擅自封闭。

③已发生质量问题迟迟未按监理工程师的要求进行处理,或者是已发生质量缺陷或问

题,若不停工则质量缺陷或问题将继续发展。

④未经监理工程师审查同意,擅自变更设计或修改图纸进行施工。

⑤未经技术资质审查的人员或审查不合格的人员进入现场施工。

⑥使用的原材料、构配件不合格或未经检查确认,或擅自采用未经审查认可的代用材料。

⑦擅自允许未经项目监理机构审查认可的分包单位进场施工。

总监理工程师在签发工程暂停令时,应根据停工原因的影响范围和影响程度确定工程项目的停工范围。

承包单位经过整改恢复施工条件后,应向项目监理机构报送复工申请及有关材料,证明造成停工的原因已消失。经监理工程师现场复查,认为已符合继续施工的条件,造成停工的原因确已消失,总监理工程师应及时签署工程复工报审表,指令承包单位继续施工。

总监理工程师下达停工指令或复工指令,宜事先向建设单位报告。

1.5.4 作业技术活动结果的控制

1. 作业技术活动结果的控制内容

作业技术活动结果的控制是施工过程中中间产品及最终产品质量控制的方式。只有作业活动的中间产品质量都符合要求,才能保证最终单位工程产品的质量。

1) 基槽(基坑)验收

基槽开挖是基础施工中的一项内容,由于其质量状况对后续工程质量影响较大,故均须作为一个关键工序或一个检验批进行质量验收。基槽开挖质量验收主要涉及地基承载力的检查确认、地质条件的检查确认、开挖边坡的稳定性及支护状况的检查确认。由于部位的重要性,基槽开挖验收均要有勘察、设计单位的有关人员参加,并请当地或主管质量监督部门参加,经现场检查、测试(或平行测试),确认其地基承载力是否达到设计要求、地质条件是否与设计相符。若通过验收,则由相关人员共同签署验收资料;如达不到设计要求或与勘察设计资料不符,则应采取措施进一步处理或做工程变更,由原设计单位提出处理方案,经承包单位实施完毕后重新验收。

2) 隐蔽工程验收

隐蔽工程验收是指将被其后工程施工所隐蔽的分项、分部工程,在隐蔽前所进行的检查验收。它是对一些已完分项、分部工程质量的最后一道检查,由于检查对象被其他工程覆盖,给以后的检查整改造成障碍,故隐蔽工程的检查验收显得尤为重要,它是质量控制的一个关键过程。

以工业及民用建筑为例,对下述工程部位进行隐蔽检查时必须重点控制,以防止出现质量隐患。

(1)基础施工前对地基的检查,尤其要检测地基承载力。

(2)基坑回填前对基础质量的检查。

(3)混凝土浇筑前对钢筋的检查(包括模板检查)。

(4)混凝土墙体施工前,对敷设在墙内的电线管质量进行的检查。

(5)防水层施工前对基层质量的检查。

(6)建筑幕墙施工挂板之前对龙骨系统的检查。

(7)屋面板与屋架(梁)埋件的焊接检查。

(8)避雷引下线及接地引下线的连接。

(9)对封闭前直埋于楼地面的电缆,敷设于暗井道、吊顶、楼板垫层内的设备管道的检查。

(10)易出现质量通病的部位的检查。

3) 检验批(分项、分部工程)的验收

检验批(分项、分部工程)完成后,承包单位应首先自行检查验收,确认其符合设计文件、相关验收规范的规定,然后向监理工程师提交申请,由监理工程师予以检查、确认。若监理工程师确认其质量符合要求,则予以确认验收;若有质量问题,则指令承包单位进行处理,待其质量符合要求后再予以检查验收。对涉及结构安全和使用功能的重要分部工程应进行抽样检测。

4) 单位工程或整个工程项目的竣工验收

在同一个单位工程完工后或整个工程项目完成后,施工承包单位应先进行竣工自检,自检合格后,向项目监理机构提交工程竣工报验单。总监理工程师组织专业监理工程师进行竣工初验,其工作主要包括审查施工承包单位提交的竣工验收所需的文件资料、竣工图,以及现场检查。

对拟验收项目初验合格后,总监理工程师应对承包单位的工程竣工报验单予以签认,并上报建设单位,同时提出工程质量评估报告。

最后,建设单位组织正式竣工验收。

2. 作业技术活动结果的检验程序与方法

1) 检验程序

作业活动结束后,应先由承包单位的作业人员按规定进行自检;自检合格后,与下一道工序的作业人员互检;若满足要求,则由承包单位专职质检员进行检查。以上自检、互检、专检均符合要求后,由承包单位向监理工程师提交报验申请表;监理工程师接到通知后,应在合同规定的时间内及时对其质量进行检查,确认其质量合格后予以签认验收。

2) 质量检验的主要方法

对于现场所用原材料、半成品、工序过程或工程产品质量进行检验的方法一般可分为三类,即目测法、检测工具量测法和试验法。

(1)目测法。即凭感官进行检查,也可以称为观感检验。这类方法主要是根据质量要求,采用看、摸、敲、照等手法对检查对象进行检查。

“看”就是根据质量标准对检验对象进行外观观测检查,如墙纸裱糊质量应满足:纸面无斑痕、空鼓、气泡褶皱;每一墙面纸的颜色、花纹一致;斜视无胶痕,纹理无压平、起光现象;对缝无离缝、搭缝、张嘴;对缝处图案、花纹完整;裁纸的一边不能对缝,只能搭接;墙纸只能在阴角处搭接,阳角应采用包角;等等。又如,可通过该方法检验:进场原材料中,钢筋有无锈蚀,批号、型号规格、厂址等有无出入,水泥的出厂日期、批号、品种等是否符合要求;构配件有无裂缝,有无伤残等;施工过程中操作是否规范,钢筋绑扎是否达到标准,焊接质量是否有缺陷,混凝土振捣是否符合要求,砌墙灰缝是否饱满等。

“摸”就是手感检查,主要用于装饰工程的某些检查项目。如水刷石、干粘石的黏结牢固程度,油漆表面是否光滑、平整,地面有无起砂等,均可通过手摸加以鉴别。

“敲”就是用敲击的方法进行音感检查,如对地面、墙面进行敲击,听是否有空鼓现象,还可根据声音的清脆或沉闷,判定属于面层空鼓或底层空鼓;对一些构件、管件进行敲击,通过声音判别有无裂缝、破损现象等。

对于难以看到或光线较暗的部位,可采用镜子或灯光照射的方法进行检查,即“照”。

(2)检测工具量测法。利用量测工具,进行靠、插、吊、量、套、弹等检查,通过实际量测结果与规定的质量标准或规范的要求进行对照,从而判断质量是否符合要求。

“靠”就是用直尺靠在墙面、地面,检测其平整度,一般选用2 m靠尺。“插”就是在缝隙较大处插入塞尺,测出误差的大小。“吊”就是用托线板以线吊锤吊线检查垂直度,从上部离开墙面、柱面一定距离(如6 cm)将铅垂线吊下,量测下部线到墙面、柱面的距离,测出误差。“量”就是用测量工具和计量仪表等检查断面尺寸、轴线、标高、湿度、温度等的偏差。“套”就是以方尺套方,辅以塞尺进行检查,如检查室内墙角的垂直度、预制构件的方正度和门窗构件的对角线、框架柱的对角线位置等。“弹”就是用回弹仪对混凝土质量、砌体质量进行弹测,看其强度是否达到设计要求。

(3)试验法。试验法是指通过试验手段对质量进行判断的检查方法。试验法通常有下面几种。

①力学性能试验,如测定抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗折强度、冲击韧性、硬度、承载力等。

②物理性能试验,如测定密度、含水量、凝结时间、安定性、抗渗性、耐磨性、耐热性、隔声性能等。

③化学性能试验,如测定材料的化学成分、耐酸性、耐碱性、抗腐蚀性等。

④无损检测,如超声检测、电磁检测、射线检测等。



思考与练习

1. 简述工程项目质量的含义。
2. 建设工程项目质量有哪些特点?
3. 什么是工程质量控制?
4. 工程质量控制工作的原则有哪些?
5. 如何选择质量控制点?

单元 2 质量管理体系标准

学习描述

职业能力目标:通过本单元的学习,学生应明确质量管理体系标准及其建立、实施、认证知识,在进行企业贯标、工程质量控制时能灵活运用这些知识。

学习任务:通过本单元的学习,学生应了解质量管理体系的相关术语及质量管理的基本原则,重点掌握重要的质量管理体系术语,ISO 9000 族标准,质量管理体系的建立、实施和认证。

2.1 ISO 9000 族标准简介

2.1.1 ISO 9000 族标准的产生和发展

20 世纪 50 年代末,美国发布了《质量大纲要求》(MIL-Q-9858A),其是世界上最早的有关质量保证方面的标准。随后,一些发达国家,如英国、加拿大、法国等,先后制定与发布了用于民用生产的质量管理和质量保证标准。世界各国先后发布了许多关于质量体系及审核的标准。然而各国标准的不一致给国际贸易带来了障碍,质量管理和质量保证的国际化成为当时世界各国的迫切需要。

随着地区化、集团化、全球化经济的发展,市场竞争日益激烈,顾客对质量的期望越来越高,每个组织为了保持良好的经济效益,必须要努力设法提高自身的竞争能力以适应市场竞争的需要。为了成功地领导和运作,一个组织需要采用一种系统的和透明的方式进行管理,针对所有顾客和相关方面的需求,必须建立、实施并保持持续改进其业绩的管理体系,从而使组织获得成功。

顾客要求产品具有满足需求和期望的特性,这些需求和期望在产品规范中表述。如果提供和支持产品的组织质量管理体系不完善,那么规范本身就不能始终满足顾客的需要。因此,质量管理体系标准顺势产生,并作为对技术规范中有关产品要求的补充。

1979 年,国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)成立了质量保证技术委员会(TC 176),其专门负责制定质量管理和质量保证标准。1987 年,质量保证技术委员会更名为质量管理和质量保证技术委员会。

国际标准化组织成立于 1946 年,总部设在瑞士日内瓦,是个非政府性的国际组织,是世界最高权威的国际标准制定和修订组织,全球有数万名专家为其工作。其目标是发展国际标准,促进标准在全球的一致性,及国际贸易和科技的合作。中国于 1978 年加入 ISO,在

2008年10月的第31届国际化标准组织大会上,中国正式成为ISO的常任理事国。

TC 176经过几年的努力,在总结各国质量管理和质量保证经验的基础上,于1986年6月发布了《质量术语》(ISO 8402:1986);又于1987年3月发布了《质量管理和质量保证标准选择和使用指南》(ISO 9000:1987)、《质量体系 设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式》(ISO 9001:1987)、《质量体系 生产安装和服务的质量保证模式》(ISO 9002:1987)、《质量体系 最终检验和试验的质量保证模式》(ISO 9003:1987)、《质量管理和质量体系要素 指南》(ISO 9004:1987)5项标准。这6项国际标准统称为1987版ISO 9000系列国际标准。

由于ISO 9000族标准是在总结世界各国质量管理经验的基础上产生的,具有很强的指导性。标准的问世受到各国的欢迎,各国纷纷等同或等效采用,推动了国际贸易和质量管理工作的发展。但人们也逐渐发现1987版标准存在有待改进的地方,如该标准以加工制造业为主体模式,难以适应其他领域,未体现“广泛的通用性”的指导思想;现代质量管理的一些成功经验,如过程管理、全员参与、持续改进等强调不够;标准之间的协调存在一些问题。

在考虑各成员国反馈信息的基础上,为保证标准的连续性和继承性,TC 176于1990年决定分两个阶段对标准进行修订。第一阶段修订结果是1994版标准,这次仅做了技术性的局部修订,保留了1987版的基本结构和思路,为2000版第二阶段更大幅度的修订打下基础。

2000年12月15日,TC 176正式发布了2000年版本的ISO 9000族标准。该标准的修订充分考虑了1987版和1994版的标准,以及现有管理体系标准的使用经验。因此,它将使质量管理体系更适应组织的需要,更适应组织开展其商业活动的需要。2000年版本的ISO 9000族标准改变了整体结构,引入了全新的质量管理概念,标志着质量管理体系从产品质量时代跨入过程质量时代。

2008年10月29日,国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会发布了《质量管理体系 基础和术语》(GB/T 19000—2008/ISO 9000:2005)新标准;2008年12月30日,国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会发布了《质量管理体系 要求》(GB/T 19001—2008/ISO 9001:2008)新版标准,以代替GB/T 19001—2000;2011年12月30日,国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会发布了《追求组织的持续成功质量管理方法》(GB/T 19004—2011/ISO 9004:2009);2013年12月17日发布了《管理体系审核指南》(GB/T 19011—2013/ISO 19011:2011),自2014年4月1日起正式实施。

2.1.2 2008版ISO 9000族标准的构成

2008版ISO 9000族标准于2008年11月正式发布实施。2008版ISO 9000族标准包括4个核心标准、1个支持性标准、若干个技术报告和宣传性小册子。2008版ISO 9000族标准的总体结构见表2-1。

表 2-1 2008 版 ISO 9000 族标准的总体结构

| | |
|-----------------------|---|
| <p>核心标准 (4 个)</p> | <p>《质量管理体系 基础和术语》(GB/T 19000—2008/ISO 9000:2005) 《质量管理体系 要求》(GB/T 19001—2008/ISO 9001:2008) 《追求组织的持续成功 质量管理方法》(GB/T 19004—2011/ISO 9004:2009) 《管理体系审核指南》(GB/T 19011—2013/ISO 19011:2011)</p> |
| <p>支持性标准 和文件</p> | <p>《测量控制系统》(ISO 10012) 《质量管理 项目管理质量指南》(ISO/TR 10006) 《质量管理 技术状态管理指南》(ISO/TR 10007) 《质量管理体系文件指南》(ISO/TR 10013) 《质量经济性管理指南》(ISO/TR 10014) 《质量管理 培训指南》(ISO/TR 10015) 《统计技术指南》(ISO/TR 10017) 《质量管理原则》 《选择和使用指南》 《小型企业的应用》</p> |

注:TR 表示技术报告。

以下是对 2008 版 ISO 9000 族标准的 4 个核心标准的简要介绍。

1.《质量管理体系 基础和术语》

《质量管理体系 基础和术语》(GB/T 19000—2008/ISO 9000:2005)起着奠定理论基础、统一术语概念和明确指导思想的作用,具有很重要的地位。

(1)标准“引言”部分中提出的 8 项质量管理原则是在总结质量管理经验的基础上提出的一个组织在实施质量管理时必须遵循的准则,是组织的领导者进行质量管理的基本原则,也是制定 2008 版 ISO 9000 族标准的理论基础。

(2)标准中表述了建立和运行质量管理体系应遵循的 12 项质量管理体系基础,这 12 项质量管理基础既体现了 8 项质量管理原则,又对质量管理体系的某些方面做出了指导性说明,起着承上启下的重要作用。

(3)标准给出了与质量管理体系有关的 10 个部分 84 个术语,用较通俗的语言阐明了质量管理领域所用术语的概念,统一了各国的标准使用者对标准内容的理解,为理解 ISO 9000 族标准奠定了基础。

(4)在标准的附录中,用概念图的方式表达了每部分概念中各术语的相互关系,帮助使用者形象地理解相关术语之间的关系,系统地掌握其内涵。

2.《质量管理体系 要求》

(1)标准规定了质量管理体系的要求,成为用于审核和第三方认证的唯一标准。

(2)标准可用于组织证实其有能力稳定地提供满足顾客要求和适用法律法规要求的产品;也可用于组织通过质量管理体系的有效应用,包括持续改进质量管理体系的过程及保证符合顾客和适用法律法规的要求,实现增强顾客满意的目标。

(3)标准可用于内部和外部(第二方或第三方)评价组织提供满足组织自身要求、顾客要

求、法律法规要求的产品的能力。

(4)标准应用了“以过程为基础的质量管理体系模式”，鼓励组织在建立、实施和改进质量管理体系及提高其有效性时，采用“过程方法”，通过满足顾客要求提高顾客满意程度。

(5)标准中“1 范围”部分给出了 GB/T 19001 标准的适用范围，说明了标准中提出的质量管理体系要求是通用的，旨在适用于各种类型、不同规模和提供不同产品的组织，当组织及其产品的特点对标准中的某些要求不适用时，可以考虑对这些不适用的要求进行删减。

(6)如果组织进行删减，应仅限于 GB/T 19001 标准“7 产品实现”的要求，并且，这样的删减不影响组织提供满足顾客要求和适用法律法规要求的产品的能力或责任，否则不能声称其质量管理体系符合 GB/T 19001 标准。

(7)标准中“2 引用文件”和“3 术语和定义”部分说明了 GB/T 19001 标准所引用的标准与采用的术语和定义。

(8)标准中“4 质量管理体系”“5 管理职责”“6 资源管理”“7 产品实现”和“8 测量、分析和改进”部分对质量管理体系及其所需的过程提出了具体的要求。与 2000 版 GB/T 19001 标准相比，2008 版标准的术语名称基本没有变化。

3.《追求组织的持续成功 质量管理方法》

(1)标准提供了超出 GB/T 19001 标准要求的指南，它不是 GB/T 19001 标准的实施指南。标准充分考虑了提高质量管理体系的有效性和效率，进而考虑开发改进组织绩效的潜能。

(2)标准对组织改进其质量管理体系总体绩效提供了指导和帮助，是指南性质的标准，标准不能用于认证、审核、法规或合同的目的。

(3)标准应用了“以过程为基础的质量管理体系模式”，鼓励组织在建立、实施和改进质量管理体系及提高其有效性和效率时，采用“过程方法”，通过满足相关方要求来提高其满意程度。

(4)标准给出了“自我评定指南”和“持续改进的过程”两个附录，用于帮助组织评价质量管理体系的有效性和效率，以及成熟水平，通过给出的持续改进方法寻找改进的机会，以提高组织的整体绩效，从而使所有相关方满意。

4.《管理体系审核指南》

(1)标准是 ISO/TC 176 和 ISO/TC 207(环境管理技术委员会)联合制定的有关审核方面的指南标准，标准遵循了“不同管理体系可以共同管理和审核”的原则。

(2)标准取代了 GB/T 19011—2003。

(3)标准兼容了质量管理体系审核和环境管理体系审核的特点。标准为审核原则、审核方案的管理、质量管理体系审核和环境管理体系审核的实施提供了指南，也为评价质量和环境管理体系审核员的能力提供了指南。

(4)标准适用于需要实施质量和(或)环境管理体系内部或外部审核或需要管理审核方案的所有组织。标准原则上可适用于其他领域的审核。

(5)标准给出了与审核有关的 20 个术语和定义；提出的 6 项“审核原则”体现了审核的基本性质；“审核方案管理”提供了审核管理的思路和方法；“审核活动”为审核的实施过程提供了指南；“审核员的能力和评价”明确了质量和(或)环境管理体系审核员的能力与条件要求，为评价审核员提供了指南。

2.1.3 ISO 9000 族标准基本术语

术语是理解 ISO 9000 族标准的基础,它统一了各国的标准使用者对标准内容的理解。《质量管理体系 基础和术语》(GB/T 19000—2008/ISO 9000:2005)从 10 个方面共列出了 84 个术语。2008 版质量管理体系基本术语结构见表 2-2。

表 2-2 2008 版质量管理体系基本术语结构

| 分 类 | 术 语 |
|--------------------|--|
| 有关质量的术语(6 个) | 质量、要求、等级、顾客满意、能力(capability)、能力(competence) |
| 有关管理的术语(15 个) | 体系(系统)、管理体系、质量管理体系、质量方针、质量目标、管理、最高管理者、质量管理、质量策划、质量控制、质量保证、质量改进、持续改进、有效性、效率 |
| 有关组织的术语(8 个) | 组织、组织结构、基础设施、工作环境、顾客、供方、相关方、合同 |
| 有关过程和产品的术语(5 个) | 过程、产品、项目、设计和开发、程序 |
| 有关特性的术语(4 个) | 特性、质量特性、可信性、可追溯性 |
| 有关合格(符合)的术语(13 个) | 合格(符合)、不合格(不符合)、缺陷、预防措施、纠正措施、纠正、返工、降级、返修、报废、让步、偏离许可、放行 |
| 有关文件的术语(6 个) | 信息、文件、规范、质量手册、质量计划、记录 |
| 有关检查的术语(7 个) | 客观证据、检验、试验、验证、确认、鉴定过程、评审 |
| 有关审核的术语(14 个) | 审核、审核方案、审核准则、审核证据、审核发现、审核结论、审核委托方、受审核方、审核员、审核组、技术专家、审核计划、审核范围、能力 |
| 有关测量过程质量保证的术语(6 个) | 测量管理体系、测量过程、计量确认、测量设备、计量特性、计量职能 |

2.1.4 我国质量管理标准的演变

为了加快推进我国质量管理的步伐,适应企业加强质量管理提高产品质量的要求,国家标准相关管理部门于 1988 年组织人员等效采用 ISO 9000 系列标准。经批准后于 1988 年 12 月 10 日发布《质量管理和质量保证系列标准》(GB/T 10300—1988),并于 1989 年组织 116 个企业试点贯彻实施。

为了使我国的质量管理和质量保证工作更好地与国际接轨,经国家标准化管理部门研

究,决定将等效采用 ISO 9000 系列标准改为等同采用(等效采用是指翻译国采用音译的方式,并根据本国的国情做适当的调整后,将国际标准转化成为本国的标准;等同采用就是把 ISO 9000 系列标准的原文翻译过来直接作为本国国家标准,一般不做任何变动。在国际上,等同采用的认可要强于等效采用)。由全国质量管理和质量保证标准技术委员会(CSBTS/TC 151)提出,经国家标准化管理部门批准,于 1992 年 10 月 13 日发布了《质量管理和质量保证系列标准》(GB/T 19000—1992/ISO 9000:1987)。

1994 年,国家标准化管理部门组织人员根据 1994 版 ISO 9000 标准对国标 1992 版标准进行修订,经批准于 1994 年 12 月 24 日发布了《质量管理和质量保证标准》(GB/T 19000—1994/ISO 9000:1994),并于 1995 年 6 月 30 日起开始实施。

2000 年 9 月,在国家质量技术监督局领导下,成立了 GB/T 19000 族国家标准的修订起草工作组(CSBTS/TC 151),着手起草等同采用 2000 版 ISO 9000 族国际标准的国家标准草案;2000 年 12 月 28 日,国家质量技术监督局正式批准发布 2000 版 GB/T 19000 族标准。

2008 版 ISO 9001《质量管理体系 要求》国际标准已于 2008 年 11 月 15 日正式发布。我国国家标准《质量管理体系 要求》(GB/T 19001—2008/ISO 9001:2008)已于 2008 年 12 月 30 日发布,并于 2009 年 3 月 1 日开始实施。

自 2009 年 11 月 15 日起,认证机构不得再颁发 2000 版标准认证证书,自 2010 年 11 月 15 日起任何 2000 版标准认证证书均属无效。认证机构在颁发 2008 版标准认证证书时,应确保审核员参加了经国家认证认可监督管理委员会批准的质量管理体系审核员培训机构提供的 2008 版 GB/T 19001 标准转换培训,取得培训合格证书后方可从事 2008 版 GB/T 19001 标准的审核工作。认证人员在转换 2008 版注册证书时,应参加统一转换考试,对不能按要求转换的人员应依据相关注册要求做出暂停、降级或撤销资格的决定。

2.2 质量管理的基本原则

2.2.1 质量管理原则的产生及其作用

1. 质量管理原则的产生

对于一个组织的管理者,若想成功地领导和经营组织,使其在市场上具有竞争力,需要采取一种系统的、透明的方式对组织进行管理。针对所有相关方的需求,实施并保持持续改进组织业绩的管理体系,可以使组织获得成功。一个组织的管理活动涉及多方面,如质量管理、环境管理、职业健康与安全管理、财务管理等,质量管理是组织各项管理内容之一,也是组织管理的重要组成部分。

为了更有效地组织实施质量管理,帮助组织实现预期的质量方针和质量目标,必须有一套完善的、行之有效的、普遍适用的并且能在全世界范围内被接受的质量管理理论。为了建立这套理论,ISO/TC 176 于 1995 年成立了一个工作组(WG15),用了大约两年的时间,吸纳了国际上最受尊敬的一批质量管理专家的意见,在此基础上编写了《质量管理原则及其应用》(ISO/CD 19004-8),提出了 8 项质量管理原则和 12 条质量管理体系的基础说明。经过

在国际上广泛征求意见,得到了众多国家的一致赞同。这8项质量管理原则和12条质量管理体系的基础说明也成为编写2008版ISO 9000族国际标准的理论基础。

2. 质量管理原则的作用

质量管理原则大致有以下三方面的作用。

(1)指导ISO/TC 176编写2008版ISO 9000族国际新标准和相关文件。

(2)指导组织的管理者建立、实施、改进本组织的质量管理体系。

(3)指导广大的审核员、咨询师和质量工作者学习、理解和掌握2008版ISO 9000族标准。

2.2.2 质量管理原则的内容

质量管理原则的具体内容如下。

(1)以顾客为关注焦点。组织(从事一定范围生产经营活动的企业)依存于其顾客。组织应理解顾客当前的和未来的需求,满足顾客要求并争取超越顾客的期望。

(2)领导作用。领导者确立本组织统一的宗旨和方向,并营造和保持员工充分参与实现组织目标的内部环境。因此,领导在组织的质量管理中起着决定性的作用。只有领导重视,各项质量活动才能有效开展。

(3)全员参与。各级人员都是组织之本,只有全员充分参与,才能使他们的才干为组织带来收益。产品质量是产品形成过程中全体人员共同努力的结果,其中也包含着为他们提供支持的管理、检查、行政人员的贡献。组织领导者应对员工进行质量意识等各方面的教育,激发他们的积极性和责任感,为其能力、知识、经验的提高提供机会,使其发挥创造精神,鼓励其持续改进,给予其必要的物质和精神激励,使全员积极参与,为达到让顾客满意的目标而奋斗。

(4)过程方法。将相关的资源和活动作为过程进行管理,可以更高效地得到期望的结果。任何使用资源生产活动和将输入转化为输出的一组相关联的活动都可视为过程。

(5)管理的系统方法。将相互关联的过程作为系统加以识别、理解和管理,有助于组织提高实现其目标的有效性和效率。不同组织应根据自己的特点建立资源管理、过程实现、测量分析改进等方面的关联关系,并加以控制,即采用过程网络的方法建立质量管理体系,实施系统管理。建立实施质量管理体系一般包括:确定顾客期望;建立质量目标和方针;确定实现目标的过程和职责;确定必须提供的资源;规定测量过程有效性的方法;实施测量确定过程的有效性;确定防止不合格并清除产生原因的措施;建立和应用持续改进质量管理体系的过程。

(6)持续改进。持续改进总体业绩是组织的一个永恒目标,其作用在于增强组织满足质量要求的能力,包括产品质量、过程及体系的有效性和效率的提高。持续改进是组织增强和满足质量要求能力的循环活动,有利于使组织的质量管理走上良性循环的轨道。

(7)基于事实的决策方法。有效的决策应建立在数据和信息分析的基础上,数据和信息分析是事实的高度提炼。以事实为依据做出决策,可防止决策失误。为此,组织领导应重视数据信息的收集、汇总和分析,以便为决策提供依据。

(8)与供方互利的关系。组织与供方是相互依存的,建立双方的互利关系可以增强双方创造价值的能力。供方提供的产品是组织提供产品的一个组成部分。处理好与供方的关

系,涉及组织能否持续稳定地提供给顾客满意产品的重要问题。因此,与供方不能只讲控制,不讲合作互利,特别是关键供方,更要建立好互利关系。

2.3 质量管理体系的建立、实施和认证

2.3.1 质量管理体系的建立和实施

质量管理体系包含实施质量管理所需的组织结构、程序、过程和资源,是持续改进和预防不合格产品或服务的依据。每个企业情况各异,企业建立质量管理体系必须与自身的具体目标、产品、过程和实践相结合,通过质量管理体系的建立和运转来满足顾客的需要和期望,保护企业利益。

1. 分析质量环,确定质量职能

根据企业的产品特点,结合质量环,分析产品质量的产生、形成和实现的过程,找出可能影响产品质量的各个环节,研究确定每个环节的质量职能。

2. 研究质量管理体系结构

根据对质量环的分析结果,研究本企业的质量管理体系结构,确定质量管理体系应包含的具体要素和对每个要素进行控制的要求与措施,配置必需的人力和物质资源。

3. 形成质量管理体系文件

根据对企业管理体系结构研究的结果,形成质量管理体系文件,作为企业的内部规章,正式颁布施行。质量管理体系文件的组成见表 2-3。

表 2-3 质量管理体系文件的组成

| 名称 | 适用范围 | 内容 | 性质 |
|--------------|-----------|------------------------|----------------|
| 质量方针 质量目标 | 全企业 | 总的质量宗旨、方向和追求目标 | 组织质量管理的关注焦点 |
| 质量手册 | 全企业 | 规定本组织如何贯彻标准的各项要求 | 规定质量管理体系的文件 |
| 程序 | 部门 项目部 | 为进行某项活动或过程所规定的途径 | 各项基本管理制度、管理性文件 |
| 管理文件 | 部门 项目部 | 管理过程或其中的作业的各种文件(含质量计划) | 多层次的质量管理文件 |
| 记录 | 部门 岗位 | 过程/作业的实施记录 | 过程/作业实施结果或证据 |

4. 进行定期的内部审核

质量审核(quality audit)是指为确定质量活动及其有关结果是否符合计划安排,以及这些安排是否被有效贯彻执行,且能达到预期目标所做出的系统的、独立的检查。

(1)质量管理体系的内部审核。企业内部为了确定质量管理体系是否已有效实施和保持,并符合 ISO 系列标准,由企业领导制订内部审核计划,定期地组织内部审核和评价。

(2)领导定期组织内部审核。领导要组织定期的内部审核,以督促、证实企业各部门和人员对质量管理体系文件的各项规定能认真贯彻执行,保证企业的质量管理体系有效运行。

(3)其他相关工作,如内审员培训等。

5. 定期安排独立的质量管理体系评审和评价

对质量方针、目标及质量管理体系的各项活动进行评审和评价。评审内容包括如下方面。

(1)质量管理体系各要素的内部审核结果。

(2)质量管理体系满足企业质量方针和目标的总体有效性。

(3)随着技术、战略、环境等变化,对质量管理体系进行更新的考虑。

使评审和评价中的观察结果、结论、建议形成文件。

6. 质量管理体系改进

企业质量管理体系审核揭示出企业质量管理体系改进的可能,提供改进的机会。质量管理体系改进是一种持续的活动,其目标是追求更高的有效性和效率,避免可控缺陷的出现。

企业质量管理体系的改进活动应制订改进实施计划。质量管理体系改进实施计划的内容包括:论证质量管理体系改进的必要性;明确质量管理体系的改进项目,明确重点改进的体系要素过程和实施的先后顺序;明确要素或过程的改进程序。

质量管理体系改进的具体内容包括改进项目名称和预期效果目标,实施改进的负责部门(人)和配合部门(人),实施改进的措施、进度,实施改进的支持条件。

2.3.2 质量管理体系认证

1. 质量管理体系认证的概念及其特征

质量认证是指第三方依据程序对产品、过程或服务符合规定的要求给予书面保证(合格证书)。质量认证按认证的对象不同可分为产品质量认证和质量体系认证两类,按认证的强制程度不同可分为强制认证和自愿认证。

质量管理体系认证是指根据有关的质量管理体系标准,由第三方机构对供方(承包方)的质量管理体系进行评定和注册的活动。这里的第三方机构指的是经中国国家认证认可监督管理委员会(简称认监委, Certification and Accreditation Administration of the People's Republic of China, CNCA)批准,由中国合格评定国家认可委员会(简称认可委, China National Accreditation Service for Conformity Assessment, CNAS)认可的质量管理体系认证机构。目前,类似的认证机构在我国有 100 多家,每个认证机构都有自己的认证章程、注册证书和认证合格标志。国家认可委对认证机构施行监督管理职能。

质量管理体系认证具有以下特征。

(1)认证的对象是质量体系而不是产品。

(2)认证的依据是质量管理体系标准《质量管理体系 要求》(GB/T 19001—2008/ISO 9001:2008),而不是具体的产品质量标准。

(3)认证的是第三方从事的活动。通常将产品的生产企业称为第一方,如施工、建筑材料等生产企业;将产品的购买使用者称为第二方,如业主、顾客等。在质量认证活动中,第三方是独立、公正的机构,与第一方、第二方在行政上无隶属关系,在经济上无利害关系,从而可确保认证工作的公正性。

(4)论证的结论不是证明产品是否符合有关的技术标准,而是证明质量体系是否符合标准,是否具有按照标准要求、保证产品质量的能力。

(5)取得质量管理体系认证资格的证明方式是认证机构向企业颁发质量管理体系认证证书和认证标志。这种体系认证标志不同于产品认证标志,不能用于具体产品上,不保证具体产品的质量。

质量管理体系认证和产品认证的比较见表 2-4。

表 2-4 质量管理体系认证和产品认证的比较

| 对比项目 | 质量管理体系认证 | 产品认证 |
|----------|-------------------------------|-----------------------|
| 对象 | 组织的质量管理体系 | 特定产品 |
| 认证依据 | GB/T 19001—2008/ISO 9001:2008 | 具体的产品质量标准 |
| 证明方式 | 质量管理体系认证证书和认证标志 | 产品认证证书,产品认证标志 |
| 证书和标志的使用 | 证书和标志都不能用在产品上 | 证书不能用于产品,标志可用于获准认证的产品 |
| 性质 | 组织自愿 | 强制认证、自愿认证 |

2. 质量管理体系认证的实施程序

1) 提出申请

申请单位向认证机构提出书面申请。

(1)申请单位填写申请书及附件。附件的内容是向认证机构提供关于申请认证质量管理体系的质量保证能力情况,一般应包括一份质量手册的副本,申请认证质量管理体系所覆盖的产品名录、简介,申请方的基本情况等。

(2)认证申请的审查与批准。认证机构收到申请方的正式申请后,将对申请方的申请文件进行审查。审查的内容包括填报的各项内容是否完整正确,质量手册的内容是否覆盖了《质量管理体系 要求》(GB/T 19001—2008/ISO 9001:2008)标准的内容等。经审查符合规定的申请要求,认证机构应接受申请,向申请单位发出“接受申请通知书”,并通知申请方下一步与认证有关的工作安排,预交认证费用。若申请文件经审查不符合规定的要求,认证机构将及时与申请单位联系,要求申请单位做必要的补充或修改,待符合规定后再发出“接受申请通知书”。

2) 认证机构进行审核

认证机构对申请单位的质量管理体系的审核是质量管理体系认证的关键环节,其基本工作程序如下。

(1)文件审核。文件审核的主要对象是申请书的附件,即申请单位的质量手册及其他说明申请单位质量管理体系的材料。

(2)现场审核。现场审核的主要目的是通过查证质量手册的实际执行情况对申请单位质量管理体系运行的有效性做出评价,判定其是否真正具备满足认证标准的能力。

(3)提出审核报告。现场审核工作完成后,审核组要编写审核报告,审核报告是现场检查或评价结果的证明文件,并需经审核组全体成员签字,签字后报送审核机构。

3)审批与注册发证

认证机构对审核组提出的审核报告进行全面审查。若经审查,批准通过认证,认证机构予以注册并颁发注册证书。若经审查,需要改进后方可批准通过认证,则认证机构书面通知申请单位需要纠正的问题及完成修正的期限,到期再做必要的复查和评价,证明确实达到了规定的条件后,仍可批准认证并注册发证。经审查,若决定不予批准认证,则认证机构书面通知申请单位,并说明不予通过的理由。

4)获准认证后监督管理

认证机构对获准认证(有效期为3年)的供方质量管理体系实施监督管理职能。这些管理工作包括供方通报、监督检查、认证注销、认证暂停、认证撤销、认证有效期的延长等。

5)申诉

申请方、受审核方、获证方或其他方,对认证机构的各项活动有异议时,可向其认证机构或上级主管部门提出申诉或向人民法院起诉。认证机构或其认可机构应对申诉及时做出处理。

思考与练习

1. 列表表述 2008 版 ISO 9000 族标准的构成。
2. 简述八项质量管理原则的内容。
3. 简述质量管理体系认证的概念。

单元 3 工程质量控制的统计分析方法

学习描述

职业能力目标:通过本单元的学习,学生应具备对通过观察、检测从现场取得的大批原始记录、资料、数据进行整理,并利用数理统计学的方法进行分析的职业能力。

学习任务:通过本单元的学习,学生应了解质量数据统计的基础知识,统计调查表法、数据分层法、排列图法、因果分析图法,重点掌握因果分析图法、直方图法和质量控制图法。

3.1 质量统计的基础知识

虽然各公司数据采集的方法各不相同,但是都离不开数理统计方法。在质量管理中,直接从现场通过观察、检测取得的大批原始记录、资料、数据,往往杂乱无章,很不规则,必须进行去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的整理,才能透过大量的现象把握其本质。这就需要利用数理统计学的方法,加以科学的归纳,从而将包含在数据中的规律性揭示出来。

3.1.1 数理统计的基本概念

1. 母体、个体和样本

1) 母体

母体是指在某项统计分析工作中所要研究对象的全体,也称为总体。母体既可以是一批产品,也可以是一道工序或一条工艺生产线提供的产品。有限量的一批产品称为有限母体。一道工序或一条生产线可以源源不断地生产出来的产品称为无限母体。

2) 个体

个体是指所要研究母体中的一个单体,即组成母体的每个单位。

3) 样本

母体的性质是由其各个个体的性质决定的。要了解母体的统计性质就必须了解各个个体的性质。但是,在很多情况下,母体中个体太多,不可能一一测定;甚至在某些情况下还要对个体的某些性能进行破坏性的测定,不可能对所有的产品都进行破坏性试验。所以在一般情况下,常常随机从母体中抽取一部分个体进行测定,然后根据测定结果推断母体的性质。这些在一批产品或一道工序生产的过程中被抽取出来的个体的集合体称为样本,也称为子样。组成样本的个体称为样品。样品的数量称为样本容量,用 n 表示, $0 < n \leq 30$ 时为

小样本, $n > 30$ 时为大样本。

2. 计量数据和计数数据

1) 计量数据

计量数据也称为连续型数据, 凡是可以连续取值的数据, 如温度、时间、湿度、压力、能量等, 都属于连续型变量, 它们可以用仪器测得, 可以测量小数数值。

2) 计数数据

计数数据也称为离散型数据, 凡不能连续取值, 只能计件的数据, 如产品件数、疵点数、缺陷数等, 都属于离散型数据, 它们只能用 0、1、2... 这些自然数来表示。

3. 确定现象、随机现象、随机事件、随机变量

1) 确定现象

自然界发生的现象是多种多样的。有一类现象在一定条件下必然发生或必然不发生, 如用手向上抛一重物, 到一定高度必然下落, 同性电荷不能相互吸引等。这类现象称为确定现象。

2) 随机现象

自然界中有一类现象, 在一定条件下其发展的结果不能预先确定, 如抛一枚硬币, 落地后是正面向上还是反面向上, 从一批产品中任意抽取一件产品, 它是合格品还是不合格品, 这些在事先都是不能确定的。我们将这类现象称为随机现象。

3) 随机事件

随机现象的每一个可能的结果称为一个随机事件。一个随机现象至少包含两个随机事件。

4) 随机变量

为了便于用数学分析的方法研究随机现象, 可以将各个随机事件用一一对应的实数来表示, 从而得到一系列代表随机事件的变量值。我们可以用变量来描述随机现象, 这种随着每次试验的结果而变化的变量称为随机变量。有些随机事件本身就表现为具体的数值。例如, 检验混凝土的强度, 对预留试块(样品)进行强度试验, 每次试验的结果都是一个随机事件。用随机变量 X 表示要研究的混凝土强度, X 的具体取值随试验结果不同而不同。这个随机变量 X 就是研究的总体, 它代表了随机现象的所有可能的结果。对于一些表现为属性特征的随机现象, 如产品的合格与不合格, 可以分别用实数 0 与 1 来表示, 这时随机变量 X 就代表了 this 随机现象的两种可能结果。通过随机变量将所有的随机事件联系起来, 我们就能够全面综合地研究随机现象。

4. 概率和频率

1) 概率

对于随机现象, 我们虽不能认识和控制影响它的全部因素, 也不能准确地预测此现象发展的结果, 但是可以认识和度量某一结果出现的可能性的的大小。概率就是度量随机事件出现可能性的尺度。我们把在一定条件下必然发生的事件称为必然事件, 将必然事件发生的概率规定为 1; 把在一定条件下不可能发生的事情称为不可能事件, 并把不可能事件发生的概率规定为 0。介于这二者之间的随机事件发生的可能性, 即随机事件的发生概率在 0 到 1 之间。

概率是随机事件固有的属性,它能够精确地反映随机事件出现的可能性的,但是它只在简单的、理想的条件下才能由计算直接求得。人类经过长期的实践并深入研究之后,发现随机事件在一次试验或观察中可能出现,也可能不出现,具有偶然性,但在相同条件下,进行大量重复试验时,随机事件出现可能性的,大小是稳定的,这就是统计规律性。在相同条件下进行大量试验,随着试验次数 n 的增大,随机事件发生的频率稳定在一个常数——随机事件的概率。

2) 频率

频率是指试验和观测的某一现象出现的次数 f 占试验与观测总数 N 的比率。在试验和观测总数足够大时,频率等于概率。频率能近似地反映随机事件出现可能性的,大小,具有直观、易求的优点。在质量管理中,对于具有偶然性的事件,我们可以通过对其进行大量观察来认识它;在试验和观测总数充分大时,以其频率作为估计的概率。

5. 统计特征值

统计特征值可以分为两类:一类表示数据的集中位置,如平均数、中位数;另一类表示离散程度,如标准偏差、变异系数、极差等。数目为 n 的一组变量值,可用如下几种数量方式表达其统计特征值。

1) 平均数 \bar{X}

平均数 \bar{X} 表示一组数据的集中位置,一般用算数平均值 \bar{X} 表示,即

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3-1)$$

2) 中位数 x

把变量按从大到小的顺序排列,排在正中间位置的那个数为中位数。如 N 为偶数,中位数取中间两数的平均值。中位数比平均数粗略,但可以减少计算工作量。

3) 标准偏差 σ

标准偏差又称为均方根差,表示数据的离散程度。标准偏差的计算式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3-2)$$

4) 变异系数 C_v

标准偏差是有量纲的,它的数值只表示本级数值的离散程度。为了进行不同量值条件下离散程度的比较,常用无量纲的变异系数来对比。变异系数用标准偏差除以平均数以百分数表示,即

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%$$

5) 极差 R

极差是一组数值中最大值与最小值之差。一般为了计算简便,对工艺生产线,连续取若干组子样,而且每组数量较少时,常用极差来表示数据的离散程度。即

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (3-3)$$

6. 频数和频率分布直方图

频数和频率分布直方图是指在质量管理中,对数据的整理常采用将数据分组,然后进行

制图的方法。连续变量和离散变量的制图方法在处理上略有差别。

(1)连续型频数和频率分布图。将数据按从大到小的顺序排列,构成连续型频数。频率分布图的纵坐标用频数或频率表示,横坐标用组距表示,其通常用以处理同一因素的数据。

(2)离散型频数和频率分布图。图形不变,纵坐标用频数或频率(百分数)来表示,横坐标可用具体数值或具体因素表示。其通常用以处理不同因素的数据。频数和频率两种直方图的面积之和的意义不同。频数直方图的面积是频数之和乘以组距;而频率直方图的面积之和等于1。作直方频数分布图的目的有两个:一是可以直观地了解所观测数值大致的分布情况;二是可用简单方法计算各项统计特征值,以检验判断产品的质量情况。

7. 正态分布频率曲线

数理统计学从个别事物的频率分布归纳出几种理论分布,通过理论分布,可以应用于更多的个别事物,得出有用的论断。最常见的离散型随机变量的理论分布有二项分布和泊松分布。最常见的连续型随机变量的理论分布有正态分布和伽马分布。

正态分布又称为高斯分布。正态分布可用于检测处理各种连续型工程量数值,长度、重量、时间、湿度、体积、密度、比重、能量、压力等都符合或接近这个规律,所以其在质量检测数据分析中占有特别重要的地位。正态分布是一个很重要、很基本的数值分布规律。在工业企业中,大量的质量特征值服从正态分布规律。另外,当满足一定条件时,二项分布和泊松分布都近似正态分布。图3-1所示为正态分布曲线示意图。

\bar{R} 为正态分布母体的平均值,表示观测数值的集中程度。其表达式为

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

σ 为正态分布母体标准偏差值,表示观测数值的离散程度。其表达式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{R})^2}{n - 1}}$$

正态分布频率曲线具有如下特点。

(1)曲线以 $x = \bar{R}$ 直线为轴,左右对称。

(2)曲线与 x 轴包围的面积等于1。

$\bar{R} \pm \sigma$ 范围的面积占 68.27%; $\bar{R} \pm 2\sigma$ 范围的面积占 95.45%; $\bar{R} \pm 3\sigma$ 范围的面积占 99.73%。

(3) \bar{R} 值偏于正向和偏于负向出现的概率相等。

(4)靠近 \bar{R} 的正、负向值出现概率较大,远离 \bar{R} 的正、负向值出现概率较小,远离 3σ 以外

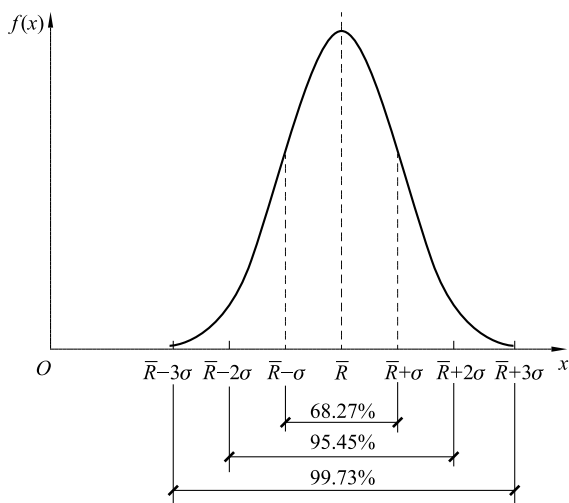


图3-1 正态分布曲线示意图

的值出现的概率不超过 0.3%。

根据数理统计学的推论,在正态母体中抽取子样,则子样平均值 \bar{x} 的频率曲线也为正态分布,但子样平均值 \bar{x} 的正态分布频率曲线的标准偏差值 $\sigma_{\bar{x}}$ 与母体的标准偏差值 σ 的关系为 $\sigma_{\bar{x}}=\sigma/\sqrt{n}$,其中, n 为子样个体的数目。根据关系式可以看出,子样数目增多, $\sigma_{\bar{x}}$ 减小,即在保证一定的合格产品的条件下,随着子样数目的增多,可以适当降低验收检验标准。

3.1.2 质量数据的收集方法

收集数据的方法分为全数检查和抽样检查。

1. 全数检查

全数检查即对组成整体的每个个体逐一进行观察、测量、计数和登记。这是一种通过对全部个体的认识来认识总体的方法,用这种方法要花费较大的人力、物力和时间。对于无限总体和当检测手段具有破坏作用(如钢材、混凝土的强度检验)而无法做到时,不允许进行全数检查。因而,它仅适用于极重要产品的无破损检测。

2. 抽样检查

抽样检查即从总体中抽取部分个体组成样本,然后根据样本质量指标推断总体质量指标的方法。这种方法较全数检查节省人力、物力,成本低,具有经济性;由于调查的个体数较少,数据少,因此总的误差较小,具有准确性;可以用较短的时间了解产品或工序的质量状况,便于及时发现问题、解决问题,具有时效性;可利用概率论与数理统计作为推断总体指标的理论根据和具体方法,具有科学性;同时,它还可以完成全数检查所不能完成的工作,具有广泛的适用性。因此,抽样检查方法已得到越来越广泛的应用。

随机抽样方法是指抽取子样来推断总体,并把推断误差控制在一定范围之内。应注意,必须按随机的原则进行抽样。质量管理中,常用的随机抽样方法有单纯随机抽样法、分层随机抽样法和整群随机抽样法。

1) 单纯随机抽样法

单纯随机抽样法是在一批检查的成品中,在机会均等的条件下,采用抽签的办法或查随机值表的办法等,抽取若干件作为子样进行检查。

2) 分层随机抽样法

分层随机抽样法是在一批检查的成品中,把不同条件下生产的产品(如不同工人、不同班组、不同设备等生产的成品)加以分层归类,然后再对每类随机抽样若干。其优点是取得的子样的代表性比较好,抽样误差较小。

3) 整群随机抽样法

整群随机抽样法的特点是每间隔一定时间,同时抽取若干个样品,然后把这些样品组成子样。其优点是手续简便,缺点是子样代表性较差。

3.1.3 统计判断的过程

统计判断的全过程可以分为以下三个步骤。

1. 统计调查和整理

根据解决各方面问题的需要到现场收集数据,将收集到的数据加以整理和归纳,并通过

图表和计算取得一些统计特征值(如平均值、标准偏差等),以表达这批数据所代表的客观对象的统计性质。

全面质量管理有两个极其明显的特点:一个是通过建立质量保证体系,强调有目标、有领导、有组织地进行全员、全过程、全方位的管理;另一个是运用数理统计的概念和方法,收集、整理、分析各种数据,并以这些数据作为判断、决策和解决质量问题的依据,即凭科学的数据进行质量管理。

工程质量是企业各方面工作质量的综合反映。工程质量的好坏取决于企业工作质量水平的高低,工作质量是工程质量的保证和基础。因此,提高工程质量,必须从改进工作质量入手,离开工作质量的改善,便无法提高工程质量。因此,在质量管理过程中,我们必须通过对工程质量、工序质量和工作质量三方面进行实事求是的调查,积累实际的数据和有关资料,以此作为分析、控制、保证、提高有关工作质量和工程质量的依据。工程数据的数据可以通过对建筑物的性能、寿命、可靠性、安全性、经济性等进行调查、测试来积累;工序质量的数据可以通过调查、测试人的因素、原材料的因素、仪器设备的因素、工艺的因素和环境因素的因素等来积累;工作质量的数据可以通过对企业的效率、工作成果、优良工程率、新技术的推广率,以及废品率、返修率、一次成功率、事故率、伤亡率等指标进行评定来积累。

1) 收集质量数据应注意的事项

(1)应当明确收集数据的目的。目的不同,收集数据的过程和方法就不同,得到的数据也就不一样。

(2)数据一定要真实、准确、可靠,严禁弄虚作假。

(3)应当把收集到的原始数据按照一定的标志进行分类归组,尽量把属于同一种生产条件的数据归纳在一起,即进行“分层”。

(4)对收集到的数据要进行分析研究、去伪存真,要认识到不是任何一个数据都是有用的。

(5)对数据进行科学系统的整理,不加整理、收集的数据是难以用来说明问题的。

(6)要记录收集数据的时间、地点、使用的检测工具,参加收集数据的人员,以及数据收集时发生的情况等。

2) 数据整理

数据整理包括数据的分类、修约、分组、汇总和编制统计图表等。

(1)数据的分类。根据质量数据本身的特点,可以将数据分为计量值数据和计数值数据。

①计量值数据。计量值数据通常是由测量得到的,如产品的几何尺寸、重量、强度等,其特点是在任何两个数值之间都可以取精度较高的数值,如在 $1\sim 2\text{ cm}$ 可以取无数个值,如 1.1 、 1.2 或 1.11 等。数据的精度一般由研究目的和要求来确定(并非是精度越高越好),同时还要受到检测仪器精度的限制。

②计数值数据。计数值数据一般由计数得到,只能按 0 、 1 、 $2\cdots$ 的规律取值,相邻数字之间不可再取值。计数值数据可再分为计点数据和计件数据。计点数据表示产品(可以是单个产品,也可以是单位长度、单位面积、单位体积)上的缺陷数,如抹灰面上起泡、空鼓、裂纹的点数;计件数据表示其有某一质量标准的个体数目,如合格品数、优质品数等。

还有一些质量评定标准是用属性特征表示的,并不表现为数量。这时可以用评分、分等

级的办法使之数量化,以便进行定量统计分析。

(2)数据的修约。数据的修约就是数值保留位数和数字取舍的规则。数值保留位数规则是指在测量结果中,最末一位有效数字取到哪一位是由测量误差决定的,即最末一位有效数字应与测量误差是同一量级。在比较重要的测量场合,测量结果部分和测不准的数字可以比上述原则多取一位数字。数字取舍规则是指对于测量结果部分多余的数字应按修约的原则进行取舍,可以参考《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T 8170—2008)。

(3)数据的分组。通过调查获得的大量数据通常都是零散的、杂乱无章的、说明个体的资料,为了找出其中的规律,使之成为系统的、综合的、说明总体或样本(样本实际上也是一个小规模的总体)的资料,需要对数据进行加工整理。当数据较少时,可以直接根据个体数据进行综合、平均、比较、变异分析;当数据较多时,应将数据归类分组,然后再进行分析。

数据的分组原则如下。

①所分各组应能包含总体(或样本)的全部可能数据。

②每个数据能够且只能落入一个组内,不相交,互不包含。

③不同性质的数据不应划入一个组内。例如,普通抹灰的表面平整度质量标准要求偏差不得超过5 mm,在分组时将4~6 mm作为一组就会将合格点与不合格点混淆,这样的分组是不允许的。

④将数据按性质分组。即根据研究的目的,将质量特性相同的个体或数据分为一组。例如,研究产品的质量状况,可将总体(或样本)按合格品、不合格品分为两组;为分析产品不合格的原因,可将不合格品(或点数)作为总体,按造成不合格的因素进行分组。又如,对混凝土预制构件的不合格品可以进一步分为强度不合格、蜂窝、麻面、露筋、掉角等项。这样分组的结果暴露了主要矛盾,便于比较分析,找出薄弱环节。将计数值数据按性质分组的方法常用于分层法和排列图法中。

⑤将数据按数量分组。当质量数据是计量值数据时,应该将质量数据按从小到大的顺序排列,然后按一定的间距将数据分为若干组,使得数量的变化规律比较明显地反映出来。按数量分组会得到一个变量数列,可依此绘出质量分布直方图。它是直方图法、质量控制图法的基础。

(4)数据的汇总和编制统计图表。统计调查所得来的原始资料经过整理,得到说明事物现象及其发展过程的数据,将这些数据按一定的顺序排列在表格上,就形成了统计表。广义的统计表包括统计工作各个阶段中所用的一切表格。狭义的统计表专指分析表和容纳各种统计资料的表格,即通常所说的统计表,它清楚地、有条理地显示统计资料,直观地反映统计分布特征,是统计分析的一种重要工具。

如果说统计表能够集中有序地表现统计资料,那么统计图则能够将统计资料展示得更为生动具体,便于人们直观地认识事物的特征。随着计算机技术的不断发展,计算机制图功能日益强大,统计图的制作更加方便和精确。

2. 统计分析

统计分析即对经过整理、归纳的数据进行统计分析,据此研究质量特性的被动规律,查看其是否出现某种偏移倾向;同时也用来研究影响偏移的因素,判断研究对象有无异常的波动,等等。

在质量管理中,对收集到的数据和信息常用比较简单的统计方法进行分析、处理。统计方法有统计调查表法、数据分层法、排列图法、因果分析图法、直方图法、质量控制图法、相关

分析图法等。可以将这些方法综合运用,计算需要的统计特征值,从不同的角度反映统计数据的分布规律和数量之间的关系。在质量管理中,统计数据都是有具体含义的。统计特征值都反映一定的质量水平和特性,因而要根据具体的研究目的选择恰当的数据分析方法;要结合专业的具体实践分析解释统计指标所反映的质量状态,找出质量变化的规律和趋势。

3. 统计推断

根据统计分析结果,对总体现状所遵循的规律和未来可能的发展趋势进行推测性的判断。

3.2 统计调查表法、数据分层法、排列图法和因果分析图法

3.2.1 统计调查表法

统计调查表法是利用专门设计的统计表格进行数据收集、整理和粗略分析的一种方法。在质量管理活动中利用这种方法,简便灵活,便于整理数据,可随时监视质量动态,并能为其其他统计方法提供依据。

1. 统计调查表的种类

统计调查表的种类很多,可以根据具体情况自行制定专用表格。常用的调查表大致有以下几种。

- (1)分项工程质量分布状态调查表。
- (2)不合格项目调查表。
- (3)产品缺陷部位调查表。
- (4)影响产品质量主要原因调查表。
- (5)质量评定调查表。

2. 统计调查表的设计与应用

统计调查表一般由表头与频数统计表两部分组成。表头中应设置需收集数据的有关栏目,如分部分项工程名称、测试内容、测试方法、数量、操作班组、检测时间、检测人员等。频数统计表部分的格式因收集数据的种类不同而异。

【例 3-1】 分项工程工序质量调查表的使用。

研究工序质量分布状态的方法主要采用统计调查表法。这种方法要收集大量数据,然后将数据按数量分组,并计算出每组的频数。该阶段的工作比较烦琐、费时。但是,如果根据实践经验和专业知识预先估计出所有可能值的变动范围,那么就可以在调查表中列出所有的可能值(一般用一些数据变动的区间来表示),在条件许可的情况下,还可画出质量标准界限,并在与可能值坐标相垂直的方向上绘出频数坐标。在施工生产作业中,每取得一个数值,就可以在相应的栏内画一个标记,工作结束后,频数直方图也就完成了。对照质量标准还可以计算出合格率,了解产品质量的分布状况。

用这种统计表收集数据只是直接根据表中所列各组的数据区间记录频数,并没有记下每个个体的具体数值。这是由于调查目的是要了解工序的质量状况,并不在于每个个体的数值是多少。这种简化不影响统计分析的结果。但由于没有具体的原始数据可查,对现场记录的准确性要求很高。表 3-1 是检查某抹灰班组的抹灰质量时墙面平整度的质量分布状

建筑工程质量控制与验收

况的统计调查表。

表 3-1 墙面平整度的质量分布状况的统计调查表

| 分项工程名称 | 普通墙面抹灰 | 标准要求 | 5 mm | 生产总数 | 2 180 m ² | 时间 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------|------|------|------|----------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|
| 测试项目内容 | 墙面平整度 | 操作班组 | | 检测数 | 85 个点 | 检测点 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 分组 | 测定值/mm | | 检测记录 | | | | | | | | | | | | | 频数 | | | | | | | | | | |
| | 区间 | 组中值 | | | | | 5 | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | 15 | | |
| 1 | 0~0.5 | 0.25 | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 2 | >0.5~1.0 | 0.75 | / | / | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 3 | >1.0~1.5 | 1.25 | / | / | / | / | / | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 4 | >1.5~2.0 | 1.75 | / | / | / | / | / | / | / | / | | | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 5 | >2.0~2.5 | 2.25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | | | | | | | | | | | | 9 |
| 6 | >2.5~3.0 | 2.75 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | | | | | | | | | | | 10 |
| 7 | >3.0~3.5 | 3.25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | | | | | | | | | | | 10 |
| 8 | >3.5~4.0 | 3.75 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | | | | | | | | | | 12 |
| 9 | >4.0~4.5 | 4.25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 15 |
| 10 | >4.5~5.0 | 4.75 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | | | | | | | | | | | | 8 |
| 11 | >5.0~5.5 | 5.25 | / | / | / | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 12 | >5.5~6.0 | 5.75 | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 13 | 6.0 以上 | 6.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

【例 3-2】 不合格品项目调查表的使用。

施工生产活动中的质量检查一般都是根据《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)规定的项目进行的。在调查表中列出各个检测项目或缺陷名称,当生产过程中发现了不合格品时,就可以在相应的栏内画一标记。在工作结束后进行统计,便得到了本班作业中产生的不合格品数量,并了解影响质量的主要原因和缺陷。表 3-2 为某班组在生产混凝土空心板时的不合格品项目调查表。

表 3-2 混凝土空心板不合格品项目调查表

| 产品名称 | 混凝土空心板 | | 生产班组 | | |
|-------|--------|------|------|------|-----|
| 日生产总数 | 215 块 | 生产时间 | 年月日 | 检测时间 | 年月日 |
| 检查方式 | 全数检查 | | 检查员 | | |
| 不合格原因 | 检查记录 | | | 合计 | |
| 强度不足 | 正 下 | | | 8 | |
| 蜂窝麻面 | 下 | | | 3 | |
| 露筋 | 丁 | | | 2 | |
| 空洞 | 一 | | | 1 | |
| 其他 | 下 | | | 3 | |
| 总计 | | | | 17 | |

3.2.2 数据分层法

数据分层法就是对收集到的各种质量数据按照不同目的分类加以处理的方法。数据分层法是分析处理质量问题成败的关键,分层处理数据是协助分析、处理质量问题,正确找出影响质量主要因素的有效方法。把某一性质相同、在同一生产条件下收集到的质量数据归并在一起,然后再用其他统计方法,如排列图法、直方图法、质量控制图法、相关分析图法等,对每类数据进行分析,通过对比,很容易找到产生质量问题的主要原因。

在施工企业的质量管理中,常用的数据分层方法有以下几种。

- (1)按工程的分部分项分层。
- (2)按工序的质量检查项目分层。
- (3)按工程施工时间分层。
- (4)按操作班组或操作者分层。
- (5)按原材料产地或等级分层。
- (6)按机械设备的型号、功能分层。
- (7)按施工工艺、操作方法分层。
- (8)按工人的技术等级、文化程度分层。

3.2.3 排列图法

排列图也称为巴雷特图或主次因素分析图,由两个纵坐标、一个横坐标、几个直方形和一条曲线组成。利用排列因子找影响质量的主要因素的方法称为排列图法。它的作用是帮助我们找出影响质量的众多因素中找出主要因素。

1. 排列图的绘制步骤

1) 收集整理数据

在质量管理中,排列图法主要用来寻找影响质量的主要因素,因此应收集各质量特性、各影响因素或各种缺陷(项目)的不合格点数。

其具体做法为:一般是按照《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)规定的检测项目进行随机抽样检查,并根据该标准记录各项目的不合格点的出现次数,即频数,按各项目不合格点频数大小顺次排列成表,以全部不合格点数之和为总频数计算出各项频率和累计频率。第一项累计频率等于其频率,第二项累计频率等于第一项和第二项频率之和,以此类推,最后一项累计频率等于全部项目频率之和,用百分数表示。当项目较多时,可将频数较少的项目合并为“其他”项,列于表中末项。

【例 3-3】某施工队砌筑工程的质量检查结果是在全部检查的 7 个项目中不合格点有 150 个。为了进一步提高质量,应对这些不合格点进行分析,找出砌筑工程中的薄弱环节。

首先,收集不合格点的原始资料,见表 3-3。然后,对原始资料进行整理,将频数较少的“轴线位移”与“游丁走缝”两项合并为“其他”项。按频数由大到小顺序排列各项目,“其他”项排在最后,并计算出各项目的频率与累计频率,结果见表 3-4。

表 3-3 不合格点统计表

| 序 号 | 检查项目 | 不合格点数 |
|-----|---------|-------|
| 1 | 轴线位移 | 1 |
| 2 | 每层垂直度 | 24 |
| 3 | 表面平整度 | 18 |
| 4 | 水平灰缝平直度 | 39 |
| 5 | 水平灰缝厚度 | 54 |
| 6 | 游丁走缝 | 5 |
| 7 | 砂浆饱满度 | 9 |
| 合计 | | 150 |

表 3-4 项目不合格点频数(频率)统计表

| 序 号 | 项 目 | 频 数 | 频率/% | 累计频率/% |
|-----|---------|-----|------|--------|
| 1 | 水平灰缝厚度 | 54 | 36 | 36 |
| 2 | 水平灰缝平直度 | 39 | 26 | 62 |
| 3 | 每层垂直度 | 24 | 16 | 78 |
| 4 | 表面平整度 | 18 | 12 | 90 |
| 5 | 砂浆饱满度 | 9 | 6 | 96 |
| 6 | 其他 | 6 | 4 | 100 |

2)画排列图

(1)画横坐标。将横坐标按项目数等分,并按频数由大到小的顺序将各项目从左至右排列。在例 3-3 中,将横坐标分为 6 等份,并在横坐标下面注明相应的项目名称,如图 3-2 所示。

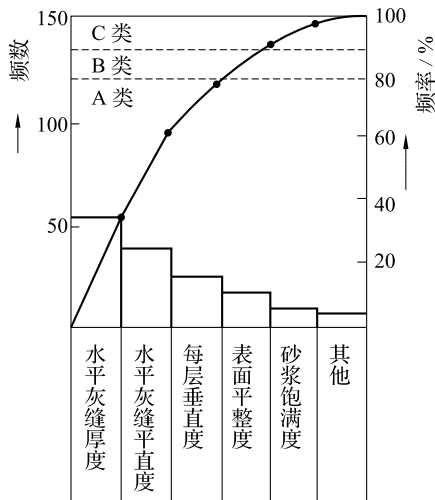


图 3-2 砌砖质量因素排列图

(2)画纵坐标。表示频数的纵坐标画在横坐标左端,表示频率的纵坐标画在横坐标右端,两个坐标的数值应有对应关系,即要求总频数 150 对应于频率坐标的 100%。在例 3-3 中,频数 150 与频率 100%应在同一水平线上。

(3)画频数直方形。以频数为高画出各项目的直方形,各直方形之间、各直方形和纵坐标之间不应留空隙。在例 3-3 中有 6 个直方形。

(4)画累计频率折线。从横坐标左端点开始,依次连接各项目右端点所对应的累计频率值,就得到累计频率折线图。在图 3-2 中,与第一项右端点对应的累计频率值恰落在第一个直方形的右上角,与最后一项右端点对应的累计频率值应与频率坐标的 100%点重合。这条折线就是巴雷特曲线。

(5)记录必要事项,如标题、收集数据的方法和时间等。

2. 排列图的观察方法

1) 观察直方形

排列图中的任意一个直方形都表示一个质量问题或影响因素。直方形宽度都相等,没有数量意义;各直方形高度从左至右逐渐降低,其中,最左面的直方形反映了出现次数最多的质量问题,是主要矛盾。

2) 确定主次因素

根据直方形从高到低的顺序选择前 2~3 项因素作为主要因素。最好的办法是利用 ABC 分类法确定主次因素,具体做法是将累计频率值分为 0~80%、80%~90%、90%~100%三部分,与其对应的影响因素分别列为 A、B、C 三类,即图 3-2 中虚线所表示的范围。属于 A 类的为主要因素,属于 B 类的为次要因素,属于 C 类的为一般因素。从图 3-2 中可以看出,该施工队砌筑工程中出现次数最多的是水平灰缝厚度不合格,占总不合格点数的 1/3 以上;另外,水平灰缝平直度及每层垂直度的不合格点也比较多。根据 ABC 分类的结果,上述三项的累计频率达 78%,属于 A 类,是影响质量的主要因素。表面平整度属于 B 类,是次要因素。余下的因素为 C 类,是一般因素。综上分析结果,该施工队下一步的重点是解决水平灰缝厚度、水平灰缝平直度及每层垂直度的质量问题。

3. 排列图的应用

排列图可以形象、直观地反映出主次因素,其主要应用如下。

- (1)按不合格点的缺陷形式分类,可以分析出造成质量问题的薄弱环节。
- (2)按生产工序分类,可以找出产生不合格品最多的关键工序。
- (3)按生产班组或单位分类,可以分析比较各单位的技术水平和质量管理水平。
- (4)将采取提高质量措施前后的排列图进行对比,可以分析改进措施是否有效。
- (5)排列图还可以用于分析成本费用、安全问题等。

3.2.4 因果分析图法

1. 因果分析图的模式

因果分析图也称为特性要因图,又因其形象常被称为树枝图或鱼刺图。因果分析图法是用因果分析图来整理分析质量问题(结果)与其产生原因之间关系的有效方法。

因果分析图的模式如图 3-3 所示。

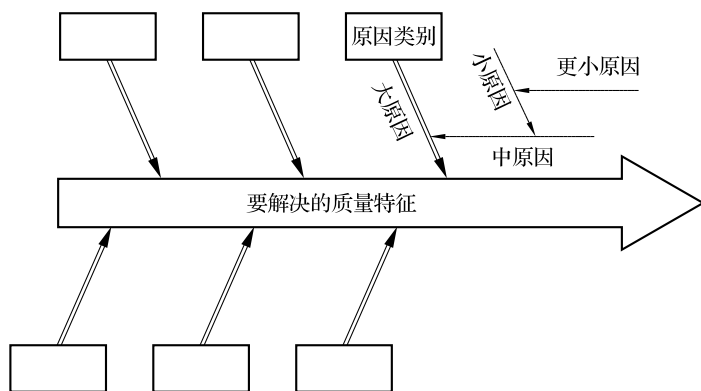


图 3-3 因果分析图的模式

(1)特性。特性是指质量特性,即施工生产过程中产生的质量结果,常以一定的质量问题表现,如混凝土强度不足、砂浆配合比错误等。

(2)要因。要因是指产生质量问题的主要原因,它常常是多种多样的、多层次的。

(3)枝干。枝干是指一系列带箭头的线段,表示不同层次的原因,即大原因、中原因和小原因。小原因的结果是中原因,中原因的结果是大原因。

(4)主干。主干是较粗的带箭头的水平段,其箭头应该指向结果,将若干大原因与结果连接起来。将主干与枝干依次连接,则形成网络状的树枝图,它将各种原因和结果之间及各原因之间的关系全面地反映出来。

在设计、施工、生产过程中,由于各种客观因素的影响,经常要产生这样或那样的质量问题。要想取得改进质量的效果,就要弄清产生质量问题的原因,明确哪些原因导致哪些结果,以便制定切合实际的改进措施。这时就要把参与这项工作的工作人员的经验和智慧集中起来,用因果分析图的方法分门别类地加以整理和有针对性地采取措施,以提高工作质量和工程质量。

2. 因果分析图的绘制

因果分析图的绘制步骤与图中箭头方向恰恰相反,是从“结果”开始的。

(1)明确质量问题——结果。如例 3-2 要解决的质量问题是“混凝土强度为什么不足”,作图时,首先由左至右画出一条水平主干线,箭头指向一个矩形框内,注明研究的问题是“混凝土强度不足”。

(2)列出导致质量问题的几个较大原因。在施工生产中一般考虑五大因素,即人、机械、材料、工艺、环境等。在例 3-2 中,除这五大因素外,还可按混凝土生产工序中配合比不当、搅拌不匀、振捣不实、养护差四大原因来分析。

(3)将每种大原因进一步分解为中原因、小原因、更小原因……直至分解出的原因可以采取具体措施加以解决为止。

(4)检查图中所列原因是否全面。就初步分析结果广泛征求意见,并做必要的修改与补充。

(5)选择出影响较大的因素,加上标记“△”。

例 3-2 的两个因果分析图如图 3-4 和图 3-5 所示。

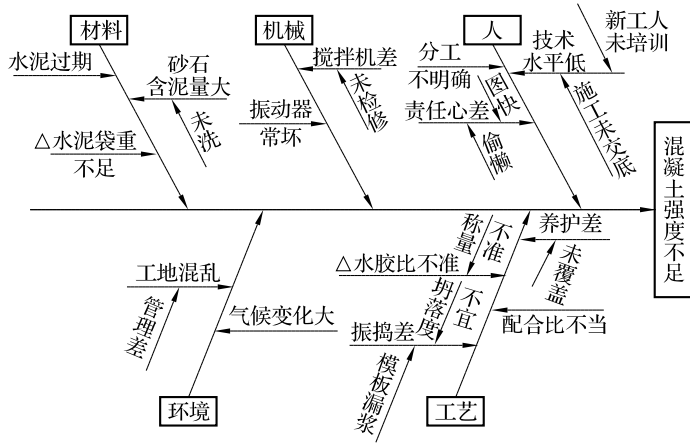


图 3-4 混凝土强度不足因果分析图(散差分析型)

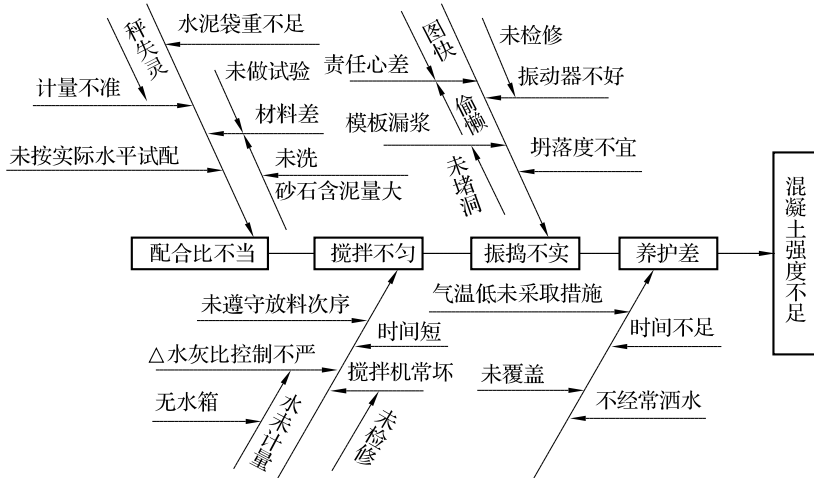


图 3-5 混凝土强度不足因果分析图(工序分解型)

3. 应用因果分析图时的注意事项

(1)对要解决的质量特征提炼出课题,要具体明确。如某一项目的质量特征为什么不过关,为什么材料消耗大、为什么生产效率不高、如何防止工程延期、为什么全面质量管理在企业中不能推广、保证质量各科室存在什么问题、为什么工程间接费超支等,一事一题,目标集中。

(2)要从有关课题出发,分门别类地找大小原因。将可能有关的各方面考虑全面是研究分析问题的出发点。如果是思想认识问题,那么可以从领导、科室、工程技术人员、工人等认识问题分类归纳;如果是工序质量问题,那么可以从人、机械、材料、工艺和环境等存在的问题分类归纳;如果是工艺存在问题,那么可以按工艺步骤进行归纳;如果分析工程承包对某一问题的影响,那么可以按部门、车间、班组分类归纳,以此类推。

(3)分析问题要集中大家的智慧,尽量邀请与本课题有关的人员参加讨论,从原因类别出发,边议论,边填写,从各方面分析原因,按层次大小分别归类列举。

■ 建筑工程质量控制与验收

(4)要如实反映实际情况,必须把本课题在目前管理制度中存在的问题,现场检查、测定、统计,以及工作图表化程度,发生不良倾向是偶然的还是经常的,同类原因之间相互关系如何,每种原因影响程度如何都论证清楚。

(5)把产生问题的大小原因与作业标准相比较,深入了解哪些标准可行,哪些标准行不通,原因是什么,有哪些不足条件,一一填写清楚。

(6)对照各种因素逐一落实,填制对策计划表,见表 3-5。

表 3-5 对策计划表

| 部门: | | 编号: | | | |
|-----|---------|------|-----|----|----|
| 序号 | 存在的质量问题 | 解决对策 | 负责人 | 限期 | 效果 |
| | | | | | |
| | | | | | |

填表人:

填表日期:

(7)制定对策,并限期改正。

4. 因果分析图的基本作用

因果分析图的应用范围十分广泛,它是一种集中有关人员的智慧,统一全体人员的思想,有分析,有措施,切合实际,适应现代管理要求的方法。它的基本作用如下。

(1)运用因果分析图可以使我们的工作更加系统化、条理化、科学化。它看起来一目了然,既便于向上级汇报工作,又有利于向下级布置工作。

(2)因果分析图要求对每一课题画一张图。把各项工作中影响质量的原因分析清楚,然后绘图汇总,就是一份总结资料。通过对比,从中找出规律性的东西,用来指导实践,以提高质量管理工作水平。

(3)因果分析图是实事求是的图,它分析的原因是从实践中来,并以此提出对策,然后又到实践中去,是一项实际的应用技术。

(4)因果分析图不仅可以应用到质量管理工作中,还可以应用到其他各个方面的工作中。它可以帮助企业进一步加强各项管理工作及其标准化工作,完善各种规章制度,不断提高管理水平。

3.3 直方图法、质量控制图法与相关分析图法

3.3.1 直方图法

直方图法是按数量分组整理质量数据,并用直方图形描述质量分布规律的一种分析方法,可用以找出质量分布规律,分析工序质量状态,估算工序能力,估算总体合格率。

1. 直方图的绘制步骤

1)收集数据

用随机抽样的方法随机抽取数据,一般应在 50 个以上。

【例 3-4】 从某施工工地浇筑的 C30 混凝土中随机抽样得到 50 个标准试块,并测得其抗压强度值,见表 3-6。

表 3-6 随机抽取 50 个标准试块的抗压强度

单位: N/mm²

| 分 组 | 抗压强度值 | | | | | | | | | |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 32.5 | 44.6 | 35.6 | 34.7 | 34.9 | 36.7 | 38.9 | 41.8 | 30.8 | 40.3 |
| 2 | 33.4 | 36.8 | 37.1 | 39.9 | 41.1 | 47.0 | 37.9 | 37.0 | 34.2 | 37.7 |
| 3 | 37.4 | 35.3 | 32.8 | 36.4 | 39.3 | 38.5 | 36.3 | 34.4 | 33.1 | 36.7 |
| 4 | 35.5 | 37.8 | 38.6 | 40.9 | 43.7 | 35.1 | 39.7 | 35.8 | 36.9 | 38.1 |
| 5 | 43.1 | 39.4 | 42.4 | 40.7 | 42.2 | 38.3 | 37.5 | 34.0 | 33.9 | 41.3 |

2) 计算极差

计算时首先找出最大值 x_{\max} 和最小值 x_{\min} 。例 3-4 中, $x_{\max} = 47.0 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$, $x_{\min} = 30.8 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$, $R = x_{\max} - x_{\min} = 47.0 - 30.8 = 16.2 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ 。

3) 数据分组

数据分组包括确定分组数、确定组距和划分组限。

(1) 确定组数。确定分组数 k 的原则是分组的结果能正确反映数据的分布规律。分组数应根据数据的多少来确定。分组数过少可能掩盖数据的分布规律; 分组数过多, 则数据过于零乱分散, 不能显示分布状况。一般可参考表 3-7 中的经验数值确定分组数。

表 3-7 数据分组参考表

| 数据总数 N | 分组数 k |
|----------|---------|
| 50~100 | 6~10 |
| 100~250 | 7~12 |
| 250 以上 | 10~20 |

在例 3-4 中, 取分组数 $k=9$ 。

(2) 确定组距。组距 H 即一个组的范围。为便于观察分析, 各组距最好相等, 于是有

$$H = \frac{R}{k} \left(\text{或组距} = \frac{\text{极差}}{\text{分组数}} \right)$$

因此, 分组数和组距的确定应根据极差综合考虑, 适当调整, 使之包括全部变量值。特别要注意数值尽量取整, 以便于以后的计算分析。

例 3-4 中, $H = \frac{R}{k} = \frac{16.2}{9} = 1.8 \approx 2.0$ 。

(3) 划分组限。组的最大值为上限, 最小值为下限, 上、下限统称为组限。确定组限的原则同分组原则。组距等于相邻两组上限(或下限)之差。对于连续取值的计量型数据, 为避免遗漏数据, 要使相邻组保持连续, 即令较低组的上限与相邻较高组的下限为同一数值。那么恰好处于界限值上的数据应属于哪一组呢? 解决办法有两种, 一是将组限值的精度较原始数据精度提高半个最小计量单位, 如例 3-4 中测量值的最小计量单位是 0.1, 则组限的单位应精确到 $0.1 \div 2 = 0.05$; 二是规定每组的上组限不计在该组内, 即采用数学上的“[)”, 或每组的下组限不计在该组内, 即采用“(]”。例 3-4 划分组限采用“[)”。在具体确定

组限时,一般应先在高于最大值或低于最小值的附近确定一个最高组上限值或最低组下限值,然后按组距依次确定各组的组限值。当已知数据的质量标准时,应先以质量标准值作为一个组限值,然后按组距依次确定其他组限值,注意分组结果包括两个极端值。这样做的目的是避免性质不同的数据分在一个组内。

例 3-4 中,质量标准下限值为 30.0,以此作为第一组下限,其上限值为 $30.0 + 2.0 = 32.0$,最高组组限为 46.0~48.0,分组结果覆盖了全部数据。

4) 编制频数、频率分布表

(1) 计算各组频数 f 。可通过计票的形式计算 f ,频数总和应等于全部数据的个数,即 50。

(2) 计算各组频率 $f/\sum f$ 。频率之和为 100%。频率不受数据数目多少的影响,便于不同容量的样本之间进行比较。为了便于比较分析,有时还需计算频率密度。在等组距情况下,频率密度为

$$\text{频率密度} = \frac{\text{频率}}{\text{组距}} \left(\text{或} \frac{f}{\sum fH} \right)$$

频率密度可消除组距的影响,便于不同分组、不同容量的样本之间进行分布规律的分析比较。频率密度也可用百分数表示。

5) 计算累计频数

在计算统计特征值的中位数时,要用到累计频数。这里只介绍向上累计频数的计算。即从最低组开始,依次计算每组上限以下各组频数之和。第一组的累计频数等于本身频数,第二组的累计频数等于第一组的累计频数和第二组频数之和。以此类推,最高组的累计频数应等于总频数。例 3-4 的频数、频率、频率密度、累计频数的计算结果见表 3-8。

表 3-8 频数(频率)分布表

| 组号 | 组限/(N · mm ⁻²) | 频数统计 | 频数 f | 频率/% $f/\sum f$ | 频率密度 $f/(\sum fH)$ | 累计频数 |
|----|----------------------------|------|--------|--------------------|-----------------------|------|
| 1 | 30.0~32.0 | — | 1 | 2 | 0.01 | 1 |
| 2 | 32.0~34.0 | 正 | 5 | 10 | 0.05 | 6 |
| 3 | 34.0~36.0 | 正正 | 10 | 20 | 0.10 | 16 |
| 4 | 36.0~38.0 | 正正下 | 13 | 26 | 0.13 | 29 |
| 5 | 38.0~40.0 | 正正 | 9 | 18 | 0.09 | 38 |
| 6 | 40.0~42.0 | 正一 | 6 | 12 | 0.06 | 44 |
| 7 | 42.0~44.0 | 正 | 4 | 8 | 0.04 | 48 |
| 8 | 44.0~46.0 | — | 1 | 2 | 0.01 | 49 |
| 9 | 46.0~48.0 | — | 1 | 2 | 0.01 | 50 |
| 合计 | | | 50 | 100 | 0.5 | |

从表 3-8 中可以看出,50 个试块的抗压强度虽然各不相同,但数据的分布是在一个有限的范围(30.0~48.0 N/mm²)内变化,并且这种变化还有集中的趋势,即强度为 36.0~38.0 N/mm² 的试块最多。可以把第 4 组视为该样本质量数据的分析中心。随着抗压强度值的增大和减小,频数减小,而接近两个极端值时的频数就更小了。为了比较直观、形象地表现数据的这种分布规律,可进一步绘制直方图。

6) 绘制直方图

直方图是以横坐标表示数据的变化,以纵坐标表示频数(或频率、频率密度)而绘制出的描述质量分布状况的图形。直方图将同时显示数据的所有可能值及这些数值所对应的频数(或频率)。

(1) 频数直方图。在横坐标上标出各组的组限值 X ,在纵坐标上标出频数。根据统计表画出以组距为底边、以频数为高的 N 个矩形,即得到频数直方图。各直方形高度之和等于总频数, $\sum f = n$,如图 3-6(a)所示。

(2) 频率直方图。其画法同频数直方图,但纵坐标取频率 $f/\sum f$,即每组的直方形的高为该组频率值,各直方形高度之和为 100%,即各频率值之和等于 1,如图 3-6(b)所示。

(3) 频率密度直方图。其画法同频数直方图,但纵坐标取频率密度 $f/\sum fH$,各组直方形的面积和等于 100%,如图 3-6(c)所示。频率密度直方图的形状不会因组距发生变化而改变,因此常用于不同样本数据分布的比较。

因此一般情况下,只需做出频数直方图或频率直方图即可。如果数据取得无限多,组距无限小,那么频率直方图或频率密度直方图的顶点连线将趋于一条平滑的曲线,即质量分布曲线。

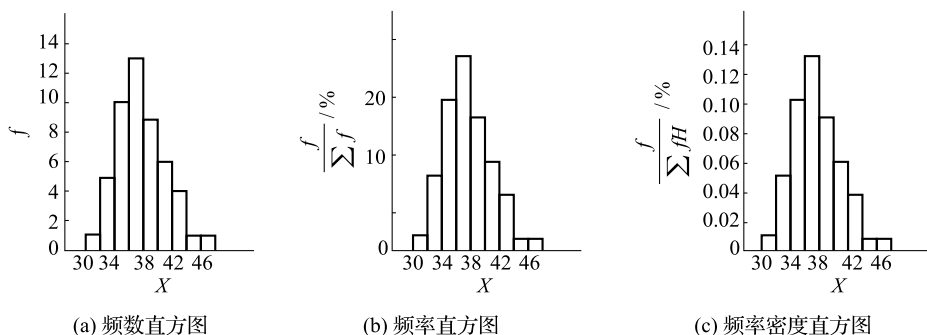


图 3-6 直方图

2. 直方图的观察与分析

(1) 观察直方图的形状,判断质量分布状态。正常型直方图是“中间高、两边低、左右接近对称”的图形,如图 3-7 所示。当出现非正常型直方图时,表明生产过程或者数据的收集、整理方法存在问题,需要进一步分析判断,找出原因,采取相应措施加以纠正。凡是非正常型直方图,其分布图都存在缺陷,归纳起来一般有图 3-8 所示的 5 种类型,即折齿型、缓坡型、孤岛型、双峰型和绝壁型。

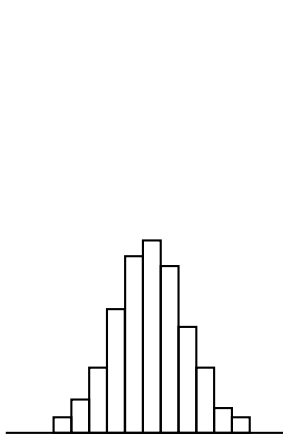


图 3-7 正常型直方图

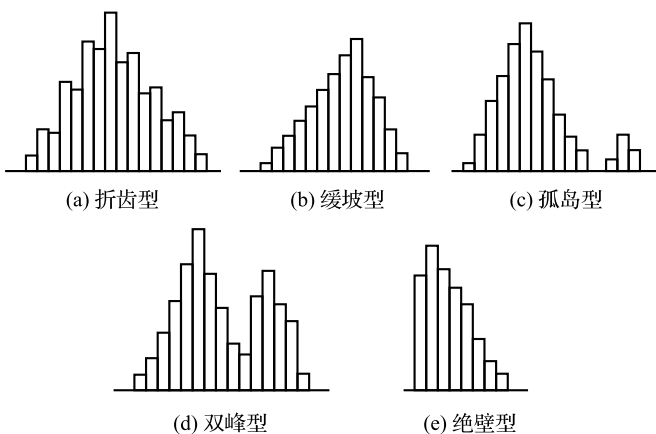


图 3-8 非正常型直方图

- ①折齿型。折齿型如图 3-8(a)所示,它是由分组不当或组距确定不当造成的。
- ②缓坡型。缓坡型如图 3-8(b)所示,它主要是由操作中上限(或下限)控制太严造成的。
- ③孤岛型。孤岛型如图 3-8(c)所示,它是由原材料发生变化或他人临时代替顶班作业造成的。

④双峰型。双峰型如图 3-8(d)所示,它是由用两种不同工艺或两台设备,以及两组工人进行施工(加工),然后把两方面数据混在一起整理造成的。

⑤绝壁型。绝壁型如图 3-8(e)所示,它是由数据收集不正常,可能有意识地丢掉下限以下的数据,或是在检测过程中存在某种人为因素造成的。

(2)将直方图与质量标准进行比较,判断实际施工(加工)的能力。对于正常型直方图,还应进一步分析分布的位置(平均值)是否适当、分布的宽度(质量离差)如何及分布与质量标准的关系等。为此,应在分布图上标出质量标准界限进行比较,一般有图 3-9 所示的 6 种情况。图中, T 表示质量标准要求界限, R 表示实际质量特征值分布范围。

①如图 3-9(a)所示, R 在 T 的中间,质量分布中心(平均值) \bar{X} 与标准中心重合,实际尺寸两边还有一定的余地。这样的工序的质量是很理想的,说明生产工序处于正常的稳定状态下。在这种情况下生产出来的产品可以认为全部是合格品。

②如图 3-9(b)所示, R 虽然落在 T 的范围内,但平均值 \bar{X} 没有与 T 的中心重合,偏向一边。这样的工序状态一旦发生变化,就可能超差,出现不合格品。当出现这种情况时,应迅速采取措施使直方图移到中间来。

③如图 3-9(c)所示, R 与 T 重合,两侧完全没有余地,在这种情况下,生产过程一旦发生小的变化,就可能出现超差。这说明产品质量的离差太大,要尽快缩小质量分布范围。

④如图 3-9(d)所示, R 在 T 中间,但两边余量太大,说明加工过于精确、不经济。在这种情况下,可以将原材料、设备、工艺、操作等的控制要求适当放宽,有目的地使 R 扩大,从而合理地降低成本。

⑤如图 3-9(e)所示, R 范围的一侧超出标准下限(或上限),说明已产生了不合格品,但 R 的宽度小于 T 的宽度,又说明加工精度是可以的,问题在于平均值偏低(或偏高),需要适当调整,使质量分布中心与标准中心重合。

⑥如图 3-9(f)所示,质量分布范围的两侧都超过了标准的上、下界限,离差太大,产生了不合格品,说明工序能力不足。此时应采取措施提高工序能力,使质量分布范围缩小为图 3-9(a)所示的状态。

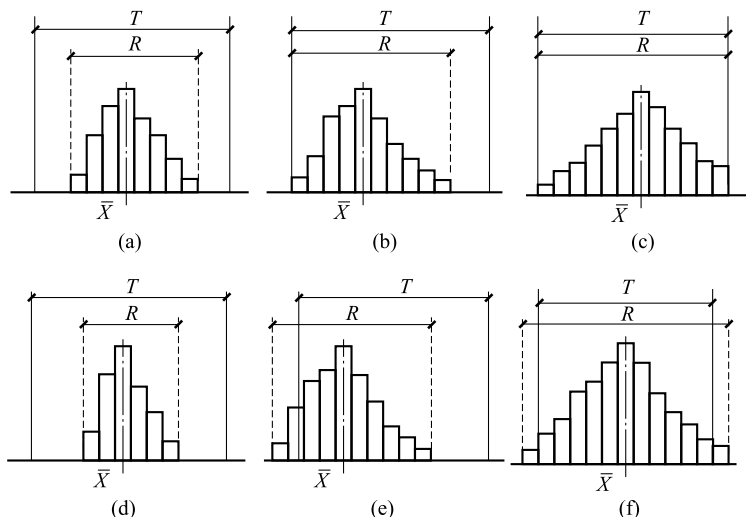


图 3-9 实际质量分布与质量标准的比较

3. 直方图统计特征值的计算

在质量管理中,通过计算质量数据的特征值,可以进一步定量地描述直方图所显示的产品质量分布状况。正常型直方图是“中间高、两边低、左右接近对称”的图形,反映了正常状况下产品质量的分布特点。“中间高”是指多数产品的质量数据集中在一个较小的范围内,形成了一个分布中心,可以用平均数、中位数来表示这些数据分布的集中趋势。“两边低、左右接近对称”是指质量数据存在差异,在一定范围内波动;质量数值距离分布中心越远,与其对应的产品数量越少。在概率统计中常常用极差、标准偏差来反映质量数值的离散程度。有时为了便于比较不同质量水平之间质量数据的离散程度,还要计算变异系数。

1) 平均数

平均数表示变量的平均水平。在质量管理中,经常用平均数来反映产品质量的好坏。总体的平均数用 μ 表示,样本平均数用 \bar{X} 表示。

概率论数理统计证明,当样本容量较大时,样本平均数 \bar{X} 非常接近于总体平均数 μ ,因而在大样本情况下,可以用 \bar{X} 估计 μ 。计算平均数的基本公式为

$$\text{样本平均数} = \frac{\text{样本中全部数据总和}}{\text{样本容量}}$$

(1) 简单算术平均数。简单算术平均数的计算公式为

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

式中, x_i 为每件产品的质量数据; n 为样本容量。

(2) 加权算术平均数。利用组中值计算加权平均数,组中值是每组的中点值,等于该组上、下限之和的一半,仍用 x 表示。用组中值代表一个数据区间,是假定数据在每组内是线

性变化的。加权算术平均数的计算公式为

$$\bar{X} = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \cdots + x_k f_k}{\sum_{i=1}^k f_i} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i f_i}{\sum_{i=1}^k f_i} \quad (3-4)$$

式中, x_i 为第 i 组的组中值; f_i 为第 i 组的频数。

下面列表计算例 3-4 中 50 个混凝土试块的平均强度, 计算过程见表 3-9。

表 3-9 平均数、中位数、标准偏差计算

| 组号 | 组限/(N · mm ⁻²) | 组中值 x | 频数 f | xf | 累计频数 | $x - \bar{X}$ | $(x - \bar{X})^2 f$ |
|----|----------------------------|---------|--------|---------|------|---------------|---------------------|
| 1 | 30.0~32.0 | 31.0 | 1 | 31.0 | 1 | -6.76 | 45.697 6 |
| 2 | 32.0~34.0 | 33.0 | 5 | 165.0 | 6 | -4.76 | 113.288 0 |
| 3 | 34.0~36.0 | 35.0 | 10 | 350.0 | 16 | -2.76 | 76.176 0 |
| 4 | 36.0~38.0 | 37.0 | 13 | 481.0 | 29 | -0.76 | 7.508 8 |
| 5 | 38.0~40.0 | 39.0 | 9 | 351.0 | 38 | 1.24 | 13.838 4 |
| 6 | 40.0~42.0 | 41.0 | 6 | 246.0 | 44 | 3.24 | 62.985 6 |
| 7 | 42.0~44.0 | 43.0 | 4 | 172.0 | 48 | 5.24 | 109.830 4 |
| 8 | 44.0~46.0 | 45.0 | 1 | 45.0 | 49 | 7.24 | 52.417 6 |
| 9 | 46.0~48.0 | 47.0 | 1 | 47.0 | 50 | 9.24 | 85.377 6 |
| 合计 | | | 50 | 1 888.0 | | | 567.120 0 |

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i f_i}{\sum_{i=1}^k f_i} = \frac{1\,888.0}{50} = 37.76 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

2) 中位数 \tilde{X}

中位数是全部数据由小到大顺次排列中位置居中的那个数据, 其确定方法也有两种。

(1) 数据未经分组整理时中位数的确定方法。

① 当数据总个数为奇数 (n 为奇数) 时, 中位数的计算公式为

$$\text{中位数项数} = \frac{n+1}{2}$$

即中位数

$$\tilde{X} = x_{\frac{n+1}{2}}$$

【例 3-5】 求数据 3、5、7、8、9、9、11 的中位数。

【解】 中位数项数 = $(n+1)/2 = (7+1) \div 2 = 4$

则 $\tilde{X} = x_4 = 8$

② 当数据总个数为偶数 (n 为偶数) 时, 中位数应等于居中的两个数据的平均数, 即

$$\tilde{X} = \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2}$$

【例 3-6】 求数据 3、5、7、8、9、9、11、14 的中位数。

【解】
$$\tilde{X} = \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2} = \frac{x_4 + x_5}{2} = \frac{8+9}{2} = 8.5$$

(2) 数据经分组整理后, 中位数的确定方法。

① 确定中位数组。先计算中位数的项数, 然后根据累计频数找到中位数所在组。由例 3-4 可知, 中位数的项数 $= \sum f/2 = 50 \div 2 = 25$ 。当数据较多时, 中间两项的数值非常接近, 可把第 25 位数作为中位数。从累计频数中可以看出中位数 x_{25} 在第 4 组。

② 确定中位数。从表 3-8 中可以看出, 第 4 组的数据区间为 36.0~38.0, 第 4 组的 13 个数据在总顺序中从第 17 位排到第 29 位, 如果认为组内数据是线性变化的, 那么这 13 个数据的平均变化率为 $\frac{38.0-36.0}{13}$, 而 x_{25} 在第 4 组中是排在第 9 (由 $25-16=9$ 得) 位, 按式(3-5)计算 x_{25} , 即

$$\tilde{X} = \text{中位数组下限} + \frac{\text{中位数组组距}}{\text{中位数组频数}} \times (\text{中位数项数} - \text{中位数组前一组的累计频数}) \quad (3-5)$$

其计算式为

$$\tilde{X} = x_{25} = 36.0 + \frac{38.0-36.0}{13} \times (25-16) = 36.0 + 1.38 = 37.38 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

平均数、中位数都是描述数据分布的集中趋势的特征值, 由于分析方法不同, 两者数值一般不相等, 但十分接近; 当分布状态完全对称时, 两者的数值是相等的。平均数是用全部数据计算的, 代表性强。用样本平均数估计总体平均数要比用样本中位数估计更有效, 离散程度更小, 但它易受极端数值的影响。中位数是由数据所处位置决定的, 仅受数据项数多少影响, 不受极端数值的影响。当数据较少时, 中位数的确定方法比较简单, 在质量管理中常用平均数代替中位数。

3) 极差

当数据未分组时, 极差的计算式为 $R = x_{\max} - x_{\min}$; 当数据分组时, 极差值等于最高组上限与最低组下限之差。

例 3-4 中的实际极差 $R = 47.0 - 30.8 = 16.2 \text{ N/mm}^2$ 。分组后, 在没有原始资料的情况下, $R = 48.0 - 30.0 = 18.0 \text{ N/mm}^2$ 。

极差易受极端值的影响, 只能反映数据的变化范围和幅度, 不能反映中间数据的变化及其分布情形。

4) 标准偏差

标准偏差又称为标准差, 它用每个数据对于算术平均数离散平方和的算术平均数的算术平方根来表示。标准差根据全部数据计算, 可以定量地描述数据对于平均值的离散程度。总体标准差用 σ 表示, 样本标准差用 S 表示。在质量管理中, 总体标准差不易求得或不能求得, 多数是用样本标准差 S 来估计的。

(1) 当数据未分组时, 样本标准差的计算公式为

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3-6)$$

当 n 足够大时, $n-1$ 可用 n 代替。

(2) 当数据分组时, 样本标准差的计算公式为

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2 f_i}{n-1}} \quad (3-7)$$

在例 3-4 中, S 的计算式为

$$S = \sqrt{\frac{567.1200}{50-1}} = 3.4$$

5) 变异系数

变异系数是表示数据相对波动大小的数值, 是由表示离散程度的数字特征值除以相应的平均值得到的。变异系数有极差系数和标准差系数两种。

(1) 极差系数 (C_{VR})。

$$\text{极差系数} = \frac{\text{极差}}{\text{平均数}} \quad (\text{或 } C_{VR} = R \sqrt{\bar{X}})$$

(2) 标准差系数 (C_V)。

$$\text{标准差系数} = \frac{\text{标准差}}{\text{平均数}} \quad (\text{或 } C_V = S \sqrt{\bar{X}})$$

3.3.2 质量控制图法

1. 质量控制图的基本概念

控制图又称为管理图, 是由美国贝尔研究室的休哈特 (W. A. Shewhart) 首创的, 因其方法简单、直观, 所以逐渐成为质量管理中的一种重要工具。它是在直角坐标系中画出质量控制界限, 以描述生产过程中产品质量波动状态的图形。利用控制图区分质量波动的原因, 分析和判断工序是否处于稳定状态的质量管理方法称为质量控制图法。质量控制图也称为工序控制图, 是以时间为纵坐标研究检测点的集中和离散程度的一种分布图。质量控制图用于在生产过程中对产品进行周期性抽样检查, 根据检查结果, 利用快速的实验统计方法对生产情况进行推断, 从而可以在生产过程中及时掌握和控制产品的质量, 是一种对生产过程中存在的质量问题进行动态分析的方法。

2. 质量控制图的基本形式

质量控制图的基本形式如图 3-10 所示。其横坐标为子样号或取样时间, 纵坐标为工程或产品质量特性值。质量控制图上一般有三条线: 上面的一条虚线称为上控制界限线 (upper control limit), 用 UCL 表示; 下面的一条虚线称为下控制界限线 (lower control limit), 用 LCL 表示; 中间的一条实线称为中心线 (center line), 用 CL 表示。在实际应用中, 我们通常还在质量控制图中画两条公差线, 即公差上限 (tolerance upper limit), 用 TU 表示; 公差下限 (tolerance lower limit), 用 TL 表示。

在生产过程中, 每隔一定时间抽取 4~5 件产品, 整群抽样, 组成一个样本, 计算样本的产品质量特性值, 并将这些值描在控制图上, 得到一条产品质量特性值波动折线, 它就是分析判断工序状态的依据。如果点子 (单个样本在不同时间点的的质量特性值) 随机地落在两条控制界限线之内, 就表明工序处于控制状态; 如果点子排列有缺陷或超出了控制界限线, 就

表明生产条件发生了异常变化,工序处于非控制状态。进行工序控制的目的是要保证工序的加工质量达到一定的水平,因而工序控制的前提是工序处于稳定状态时的工序能力满足质量要求,在这个基础上再进行工序控制,不断发现和预防工序异常状态的出现,维持生产过程中初始的工序能力稳定不变,从而保证工序的加工质量。

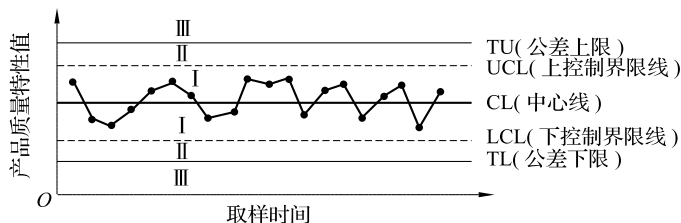


图 3-10 质量控制图的基本形式

质量控制图法不是要确定被抽检的产品本身是否合格,也不是要确定一批已生产出的产品是否合格,而是将抽样的结果当作生产过程中工序状态的一个反馈信号,以此来推断生产工序是否正常,将产品质量随时置于监控之中,主动防范不合格产品的发生。质量控制图的上、下控制界限线 UCL 和 LCL 与一般的质量标准的上、下限不同。质量控制图的上、下控制界限线 UCL 和 LCL 是为判定工序是否处于稳定状态而设置的,当产品质量特性值既出现在控制界限线以外,又在质量标准界限线以内时,该产品仍然属于合格品;而质量标准的上、下限是为判定产品是否合格而设置的,当产品质量特性值出现在质量标准界限线以外时,该产品就属于不合格品。

3. 质量控制图的原理

1) 工序质量影响因素

工序质量主要受设备精度、材料性能、操作者的技术水平和环境变化等因素影响。在生产实践中,这些因素是始终存在并经常变动的。进行质量管理时,根据这些因素对生产工序状态的作用和影响不同,可将它们分为偶然原因和系统原因。

(1) 偶然原因。偶然原因在生产中大量存在着,但它们的出现具有随机性。虽然它们对产品质量经常起作用,但影响是微小的,不易识别的。在现有技术水平条件下,若要消除偶然原因,不但技术上难以实现,而且经济上也不合理。如工人们按照作业标准进行生产作业时发生的操作上的微小变化,材料的成分、性能的微小变化及周围环境的微小变化,等等,它们共同作用的结果,使产品质量的波动服从同一正态分布,因而这些原因又常称为随机原因、正常原因、不可避免原因等。

(2) 系统原因。系统原因是指未遵守作业规程操作,材料规格和质量的显著变化不大,但影响较大的原因。系统原因使产品质量的变化具有一定的方向和趋势,表现为质量分布中心的偏移或离差过大,因而这些原因是容易识别且可以检测出来的;同时是可以通过有关人员的努力、加强管理来消除的。系统原因又称为异常原因、可避免原因等。

偶然原因和系统原因都会使产品质量产生波动。但系统原因对质量波动影响很大,可能导致产生废品,因而生产工序中不允许存在系统原因。若影响质量变化的原因全部属于偶然原因,则认为生产工序处于稳定(控制)状态;若有异常原因存在,则表明生产过程处于非稳定(非控制)状态。

2) 产品质量的分布规律

在一定工序状态下生产的产品质量具有一定的分布规律,若工序状态发生变化,则产品质量的分布规律也将随之改变。观察产品质量的分布情况时,一是要看分布中心的位置,二是要看分布的离散程度。图 3-11 所示的每条分布曲线可以看成是生产过程中某一时刻可能的质量分布,它反映了该时刻的生产工序状态,图中列举了四种情形。假定它们的初始状态是一样的,其产品质量都服从同一正态分布,即具有确定的产品质量分布中心 μ 和离差 σ 。分布中心与质量标准中心重合,离差分布在质量标准界限之内,即工序能力指数 $C_p=1.33$ 的情形[工序能力指数 $C_p=(TU-TL)/(6\sigma)$]。这时生产的产品基本上都是合格品。但这只是保证产品质量的前提,以后将要生产的产品的质量是由工序状态决定的。

(1)情形一。如图 3-11(a)所示,产品质量分布中心与离差都不随时间(生产进程)的增长而改变,即 μ 和 σ 不变。在这种情形下,对于生产出的产品及将要生产的产品的质量都有充分的把握,因而可以说这时的工序中没有异常因素存在,工序处于控制状态。

(2)情形二。如图 3-11(b)所示,产品质量分布中心 μ 随着时间的变化发生了较大的偏移。

(3)情形三。如图 3-11(c)所示,产品质量的离差 σ 增大了。

(4)情形四。如图 3-11(d)所示,产品质量分布中心 μ 和离差 σ 都发生了较大的改变,即 μ 值偏离质量分布中心, σ 值增大。

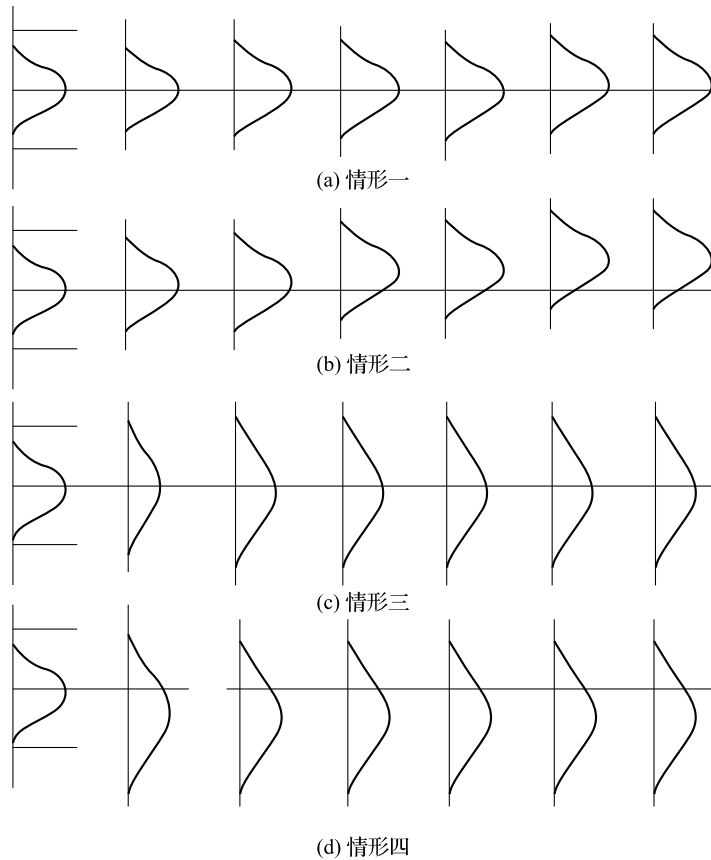


图 3-11 产品质量特性分布曲线变化

后三种情形是工序中存在的异常原因引起的,因此都有可能产生不合格品,工序不再能维持初始的质量水平,而处于不稳定状态。综上所述,可以根据描述产品质量分布的集中趋势和离散程度的统计特性值随时间(生产进程)的变化情况分析工序是否处于稳定状态。在质量控制图中,只要样本的质量特性值是随机地落在上、下控制界限线之内的,就表明产品质量分布的参数 μ 和 σ 基本保持不变,工序中只存在偶然因素,工序是稳定的。而一旦点子超出控制界限线,或排列有缺陷,就说明工序中存在系统原因,使 μ 或 σ 发生了改变,生产过程出现了异常情况。

4. 质量控制图的种类

质量控制图按照用途不同可分为分析用控制图和管理用控制图两类,按质量数据特点不同可分为计量值控制图和计数值控制图两类。下面主要按第二种分类方法介绍质量控制图。

1) 计量值控制图

计量值控制图主要适用于管理计量指标的产品,如长度、重量、时间、强度、成分、厚度等连续变量,常用的有以下几种。

(1) \bar{X} - R 控制图。 \bar{X} - R 控制图是平均值 \bar{X} 控制图和极差 R 控制图配合使用的一种基本的控制图。 \bar{X} 为各组的平均值, \bar{X} 控制图主要控制组间平均值的变化(质量特性值的集中趋势)。 R 为各组的极差值, R 控制图主要控制组内离差变化(质量波动程度)。与其他控制图相比, \bar{X} - R 控制图提供的质量信息多,检测能力较强。检测能力是指质量控制图发现工序异常的能力。

(2) \tilde{X} - R 控制图。 \tilde{X} - R 控制图是中位数 \tilde{X} 控制图与极差 R 控制图配合使用的一种控制图。它的用途同 \bar{X} - R 控制图,计算简单。

(3) x - R_0 控制图。 x - R_0 控制图是单值 x 控制图和移动极差 R_0 控制图的结合图。单值 x 控制图适用于产品加工周期长、质量特性值数据测得时间长、测量费用高或破坏性检验的情况。当采用单值 x 控制图时,不需要对数据进行分组,不用计算各子样的平均值和选择中位数,简便易行;测得的数据能被立即记到控制图中,能及时判断工序状态。但单值 x 控制图的检测能力较差,一般常和移动极差 R_0 控制图联合使用。 R_0 为相邻两数据之差的绝对值。

2) 计数值控制图

计数值控制图通常用于控制质量数据中的计数值,如不合格品数、疵点数、不合格品率、单位面积上的疵点数等离散型变量。根据计数值的不同,计数值控制图又可分为计件值控制图和计点值控制图。

(1)计件值控制图。计件值控制图有不合格品数 P_n 控制图 and 不合格品率 P 控制图。当某些产品的质量特性值无法直接测量,只要求按合格品和不合格品区分时,均宜采用 P_n 控制图和 P 控制图。在建筑工程的分部分项工程检查中,基本都用计件值控制图。 P_n 控制图一般用于子样容量相等的情况,而 P 控制图用于子样容量不相等的情况。

(2)计点值控制图。计点值控制图有缺陷数 C 控制图和单位缺陷数 u 控制图。 C 控制图和 u 控制图都是用来控制表面缺陷的,如铸件表面砂眼、气孔、喷漆表面的脏污、管道工程的焊接未熔合、夹渣、裂痕等。 C 控制图用于子样容量一定的情况,如在检查的表面积相等时使用。而 u 控制图用于子样容量不一定的情况,如在检查的表面积不等时使用。

5. 控制界限线的确定

根据数理统计学的原理,考虑经济的原则,质量控制图的控制界限线是采用3倍标准偏差法来确定的,即将中心线定在被控制对象(\bar{X} 、 \tilde{X} 、 R 、 R_0 、 P 、 P_n 、 C 、 u)的平均值上面,以中心线为

基础向上、向下各取 3 倍标准偏差,即得上、下控制界限。控制界限的确定如图 3-12 所示。

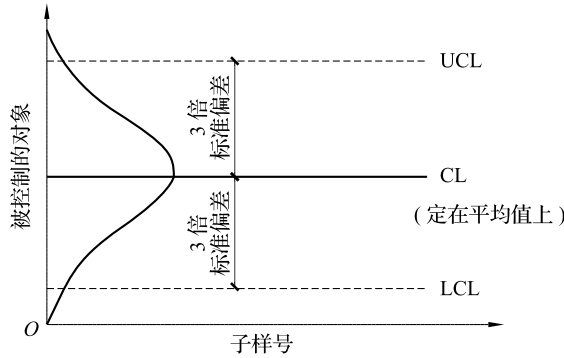


图 3-12 控制界限的确定

根据 3 倍标准偏差法,各类控制图的控制界限的计算公式见表 3-10。

表 3-10 各类控制图的控制界限的计算公式

| 控制图种类 | | 中心线 | 控制界限 | 子样容量大小 | |
|--------|---------------------|--|---|---|---------|
| 计量值控制图 | 平均值 \bar{X} 控制图 | $\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$ | $\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ | $n \geq 2$ 一般取 $n = 4 \sim 5$ | |
| | 极差 R 控制图 | $\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$ | $D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$ | $n \geq 2$ 一般取 $n = 4 \sim 5$ | |
| | 中位数 \tilde{X} 控制图 | $\bar{\tilde{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \tilde{X}_i}{k}$ | $\bar{\tilde{X}} \pm m_3 A_1 \bar{R}$ | $n \geq 2$ 一般取 $n = 4 \sim 5$ | |
| | 单值 x 控制图 | $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k}$ | $\bar{x} \pm E_2 \bar{R}$ | $n = 1$ | |
| | 移动极差 R_σ 控制图 | $\bar{R}_\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{R}_{\sigma i}}{k}$ | $D_1 \bar{R}_\sigma$ | 一般取 $n = 2$ | |
| 计数值控制图 | 计件 | 不合格品数 P_n 控制图 | $\bar{P}_n = \frac{\sum_{i=1}^k P_{ni}}{k}$ | $\bar{P}_n \pm 3 \sqrt{\bar{P}_n(1-\bar{P}_n)}$ | n 为常数 |
| | | 不合格品率 P 控制图 | $\bar{P} = \frac{\bar{P}_n}{n}$ | $\bar{P} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n_i}}$ | n 为常数 |
| | 计点 | 缺陷数 C 控制图 | $\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{k}$ | $\bar{C} \pm 3\sqrt{\bar{C}}$ | n 为常数 |
| | | 单位缺陷数 u 控制图 | $\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$ | $\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ | n 为常数 |

表 3-10 中, n 为每组子样大小(容量); k 为分组数目; \bar{X}_i 为第 i 组子样的平均值; R_i 为第 i 组子样的极差值; \tilde{X}_i 为第 i 组子样的中位数; $\bar{R}_{ei} = |x_{i+1} - x_i|$; \bar{P}_n 为平均不合格品数; P_{ni} 为第 i 组子样中的不合格品数; \bar{P} 为平均不合格品率; \bar{C} 为子样的平均缺陷数; C_i 为第 i 组产品不合格数; \bar{u} 为单位缺陷数的平均数; A_2 、 D_3 、 D_4 、 m_3A_1 、 E_2 等都是由于子样大小 n 确定的系数, 可以从表 3-11 中查得。

表 3-11 质量控制图用系数

| n | A_2 | D_3 | D_4 | m_3A_1 | E_2 |
|-----|-------|-------|-------|----------|-------|
| 2 | 1.88 | — | 3.27 | 1.88 | 2.66 |
| 3 | 1.02 | — | 2.57 | 1.19 | 1.77 |
| 4 | 0.73 | — | 2.28 | 0.80 | 1.46 |
| 5 | 0.58 | — | 2.11 | 0.69 | 1.29 |
| 6 | 0.48 | — | 2.00 | 0.55 | 1.18 |
| 7 | 0.42 | 0.08 | 1.92 | 0.51 | 1.11 |
| 8 | 0.38 | 0.14 | 1.86 | 0.43 | 1.05 |
| 9 | 0.34 | 0.18 | 1.82 | 0.41 | 1.01 |
| 10 | 0.31 | 0.22 | 1.78 | 0.36 | 0.98 |

6. 质量控制图的绘制方法

不论是计量值控制图, 还是计数值控制图, 其绘制程序基本是一致的。首先, 选定被控制的质量特性, 即明确控制对象; 其次, 收集数据、分组, 求控制对象的平均数; 然后, 确定中心线和控制界限线; 最后, 绘图并描点。

1) 计量值控制图的绘制方法

(1) \bar{X} - R 控制图的绘制。

【例 3-7】 某瓦工班为了提高砌筑质量, 在清水墙墙面平整度方面采用了 \bar{X} - R 控制图进行分析和管理的, 共收集了 100 个数据, 试绘制 \bar{X} - R 控制图。

【解】 \bar{X} - R 控制图的绘制步骤与方法如下。

①收集数据。在绘制分析用控制图时, 原则上要求收集 50~100 个数据, 且数据收集时间不应少于 10 d。

②数据分组。将数据按时间顺序排列, 按每组 4~5 个数据分组, 并列表。这里将 100 个数据分为 20 个组($k=20$), 每组 5 个数据($n=5$), 将全体数据按分组逐次填入表 3-12 中。

表 3-12 某瓦工班清水墙墙面平整度 \bar{X} - R 控制图数据计算

| 工程名称 | ××宿舍 | | 工程项目 | | 砌清水墙 | | | |
|--------|---------|-------|-------|-------|-----------|--------------------|----------------------|---------------|
| 质量特性 | 墙面平整度 | | 质量要求 | | 墙面平整 5 mm | | | |
| 组号 k | 实测数据/mm | | | | | $\sum x/\text{mm}$ | 平均值 \bar{X} /mm | 极差 R /mm |
| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | | | |
| 1 | 4 | 2 | 1 | 7 | 1 | 15 | 3.0 | 6 |
| 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 18 | 3.6 | 1 |
| 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 16 | 3.2 | 2 |
| 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 6 | 16 | 3.2 | 4 |
| 5 | 5 | 2 | 3 | 2 | 3 | 15 | 3.0 | 3 |
| 6 | 3 | 3 | 7 | 2 | 4 | 19 | 3.8 | 5 |
| 7 | 4 | 7 | 2 | 5 | 1 | 19 | 3.8 | 6 |
| 8 | 9 | 5 | 2 | 3 | 3 | 22 | 4.4 | 7 |
| 9 | 1 | 2 | 4 | 4 | 5 | 16 | 3.2 | 4 |
| 10 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 11 | 2.2 | 2 |
| 11 | 3 | 1 | 5 | 4 | 6 | 19 | 3.8 | 5 |
| 12 | 6 | 3 | 3 | 4 | 4 | 20 | 4.0 | 3 |
| 13 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 21 | 4.2 | 2 |
| 14 | 5 | 3 | 5 | 1 | 2 | 17 | 3.4 | 4 |
| 15 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 16 | 3.2 | 2 |
| 16 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 11 | 2.2 | 2 |
| 17 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | 15 | 3.0 | 4 |
| 18 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 18 | 3.6 | 3 |
| 19 | 2 | 3 | 3 | 6 | 7 | 21 | 4.2 | 5 |
| 20 | 7 | 6 | 6 | 4 | 5 | 28 | 5.6 | 3 |
| 合计 | | | | | | | 70.6 | 73 |

③计算每组的平均值 \bar{X}_i 和极差 R , 并填入表 3-12 中, 要求精度比测定单位高一级, 计算结果见表 3-12。

④计算各组平均值 \bar{X}_i 的平均值 $\bar{\bar{X}}$ 和各组极差 R 的平均值 $\bar{\bar{R}}$, 要求精度比测定单位高两级。由表 3-12 得 $\bar{\bar{X}}=70.6 \div 20=3.53, \bar{\bar{R}}=73 \div 20=3.65$ 。

⑤利用表 3-10 所列的计算公式计算中心线和控制界限线。本例中 \bar{X} 控制图的中心线与上、下界限线分别为

$$CL=\bar{\bar{X}}=3.53$$

$$UCL=\bar{\bar{X}}+A_2 \bar{\bar{R}}=3.53+0.58 \times 3.65=5.65$$

$$LCL=\bar{\bar{X}}-A_2 \bar{\bar{R}}=3.53-0.58 \times 3.65=1.41$$

R 控制图的中心线与上、下控制界限线分别为

$$CL=\bar{\bar{R}}=3.65$$

$$UCL=D_4 \bar{\bar{R}}=2.11 \times 3.65=7.70$$

$$LCL = D_3 \bar{R} (n \leq 6 \text{ 时不考虑})$$

⑥画 \bar{X} - R 控制图, 并进行分析, 如图 3-13 所示。

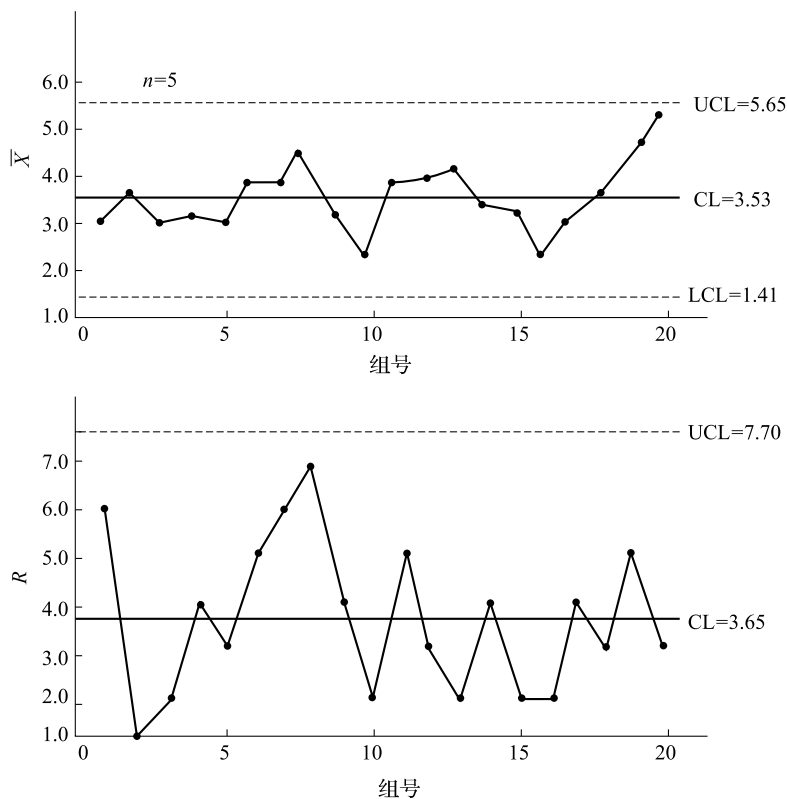


图 3-13 \bar{X} - R 控制图

根据计算得到的质量控制图的中心线和上、下控制界限线, 绘制 \bar{X} 控制图和 R 控制图, 并将各组的平均值和极差描在图上, 进行观察分析, 判断工序是否处于稳定状态。如果认为工序处于稳定状态, 即可用该质量控制图来管理和控制生产工序; 如果认为工序处于非稳定状态, 应查找原因, 采取措施后重新取得数据, 绘制质量控制图, 直到得出工序处于稳定状态时的控制图为止。

在本例中, 通过对绘制的 \bar{X} - R 控制图观察分析可知, 砌清水墙工序处于稳定状态, 所确定的控制界限线可转为控制工序之用。

⑦计算全体样本值的平均值 \bar{X} 和每日的移动极差 R_0 及其平均值 \bar{R}_0 , 并将结果填入表 3-13 中。

表 3-13 \bar{X} - R_0 控制图计算

| 组号 | 抗压强度/($N \cdot mm^{-2}$) | | | | 移动极差 R_0 /($N \cdot mm^{-2}$) | 备注 |
|----|----------------------------|------|------|-------|-----------------------------------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 平均值 | | |
| 1 | 28.2 | 27.8 | 25.6 | 27.20 | | |
| 2 | 23.3 | 28.2 | 29.4 | 26.97 | 0.23 | |

续表

| 组号 | 抗压强度/(N·mm ⁻²) | | | | 移动极差 R_o /(N·mm ⁻²) | 备注 |
|----|----------------------------|------|------|-----------------|--------------------------------------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 平均值 | | |
| 3 | 27.8 | 25.1 | 25.1 | 26.00 | 0.97 | |
| 4 | 28.4 | 28.1 | 26.0 | 27.50 | 1.50 | |
| 5 | 30.4 | 32.2 | 31.8 | 31.47 | 3.97 | |
| 6 | 30.2 | 32.5 | 31.0 | 31.23 | 0.24 | |
| 7 | 29.4 | 29.4 | 30.7 | 29.83 | 1.40 | |
| 8 | 34.1 | 31.0 | 32.7 | 32.60 | 2.77 | |
| 9 | 35.0 | 35.5 | 38.2 | 36.23 | 3.63 | |
| 10 | 31.8 | 29.1 | 30.2 | 30.37 | 5.86 | |
| 11 | 20.2 | 21.0 | 21.7 | 20.97 | 9.40 | |
| 12 | 29.1 | 25.3 | 28.2 | 27.53 | 6.56 | |
| 13 | 29.0 | 29.5 | 28.0 | 28.83 | 1.30 | |
| 14 | 28.9 | 31.7 | 32.7 | 31.10 | 2.27 | |
| 15 | 26.1 | 24.6 | 25.1 | 25.27 | 5.83 | |
| 16 | 33.0 | 31.4 | 32.6 | 32.33 | 7.06 | |
| 17 | 31.3 | 31.9 | 30.0 | 31.07 | 1.26 | |
| 18 | 28.6 | 25.0 | 27.8 | 27.13 | 3.94 | |
| 19 | 30.0 | 29.8 | 29.5 | 29.77 | 2.64 | |
| 20 | 27.4 | 26.8 | 28.2 | 27.47 | 2.30 | |
| | | | | $\bar{X}=29.04$ | $\bar{R}_o=3.32$ | |

(2) \tilde{X} -R 控制图的绘制。与 \bar{X} -R 控制图相比较,绘制 \tilde{X} -R 控制图时不需要计算每组数据的平均值和全体数据的平均值,但要确定各组数据的中位数 \tilde{X} 及其平均值 $\bar{\tilde{X}}$ 。其他步骤和方法与绘制 \bar{X} -R 控制图时相同,比较简单。

(3) x - R_o 控制图的绘制。例如,某混凝土搅拌站为分析和控制混凝土的质量拟采用单位移动极差控制图。该控制图的绘制步骤与方法如下。

①收集数据。从同一批混凝土中抽取 20 d 的试样,测定其抗压强度并整理,结果见表 3-13。每天从任选的一盘混凝土中留取三个试件作为一组,以组平均强度作为一个样本值(单位)。

②利用表 3-10 所列公式计算质量控制图的中心线和上、下控制界限线。

a. x 控制图的中心线和上、下控制界限线为

$$CL = \bar{X} = 29.04$$

$$UCL = \bar{X} + E_2 \bar{R}_o = 29.04 + 2.66 \times 3.32 = 37.87$$

$$LCL = \bar{X} - E_2 \bar{R}_\sigma = 29.04 - 2.66 \times 3.32 = 20.21$$

b. R_σ 控制图的中心线和上、下控制界限为

$$CL = \bar{R}_\sigma = 3.32$$

$$UCL = D_4 \bar{R}_\sigma = 3.27 \times 3.32 = 10.86$$

LCL 不考虑

③绘制 $x-R_\sigma$ 控制图,如图 3-14 所示。

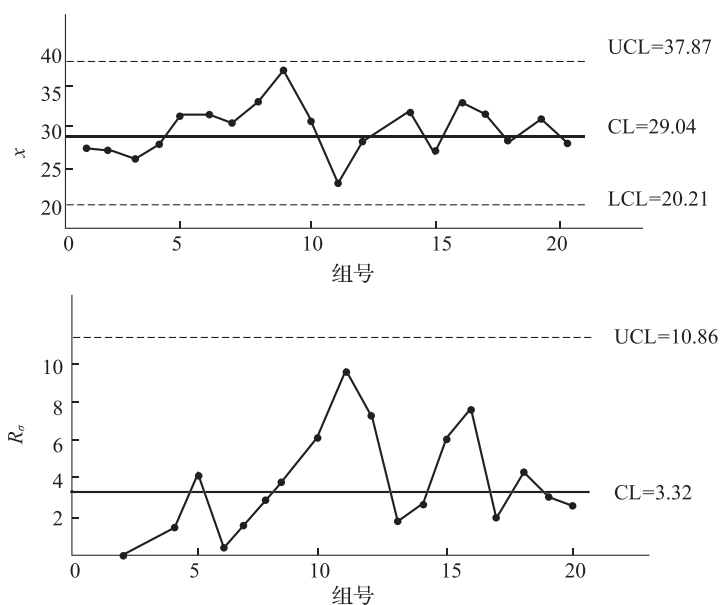


图 3-14 $x-R_\sigma$ 控制图

2) 计数值控制图的绘制方法

(1) 不合格品数 P_n 控制图的绘制。例如,某水暖配件加工车间为控制产品的不合格品数拟采用不合格品数 P_n 控制图,该控制图的绘图步骤和方法如下。

①收集数据。根据水暖配件的质量标准对 2 500 个配件进行检测。每 100 个为 1 组,共分 25 组(应用不合格品数 P_n 控制图,要求每组样品数相同)。测得的每组不合格品数 P_{ni} 见表 3-14。

表 3-14 水暖配件不合格品数登记表

| 组号 k | 每组样品数 n | 不合格品数 P_{ni} | 组号 k | 每组样品数 n | 不合格品数 P_{ni} |
|--------|-----------|----------------|--------|-----------|----------------|
| 1 | 100 | 4 | 14 | 100 | 2 |
| 2 | 100 | 3 | 15 | 100 | 5 |
| 3 | 100 | 2 | 16 | 100 | 3 |
| 4 | 100 | 0 | 17 | 100 | 4 |
| 5 | 100 | 1 | 18 | 100 | 1 |

续表

| 组号 k | 每组样品数 n | 不合格品数 P_n | 组号 k | 每组样品数 n | 不合格品数 P_n |
|--------|-----------|-------------|--------|------------|---------------|
| 6 | 100 | 5 | 19 | 100 | 5 |
| 7 | 100 | 4 | 20 | 100 | 4 |
| 8 | 100 | 2 | 21 | 100 | 3 |
| 9 | 100 | 3 | 22 | 100 | 2 |
| 10 | 100 | 5 | 23 | 100 | 2 |
| 11 | 100 | 4 | 24 | 100 | 4 |
| 12 | 100 | 6 | 25 | 100 | 0 |
| 13 | 100 | 3 | 合计 | $N=2\ 500$ | $\sum P_n=77$ |

②计算平均不合格品数 \bar{P}_n 和平均不合格品率 \bar{P} 。

$$\bar{P}_n = \frac{\sum P_n}{k} = \frac{77}{25} = 3.08$$

$$\bar{P} = \frac{\bar{P}_n}{n} = \frac{\sum P_n}{kn} = \frac{3.08}{100} = 0.0308$$

③计算质量控制图的中心线和上、下控制界限线。

$$CL = \bar{P}_n = 3.08$$

$$UCL = \bar{P}_n + 3\sqrt{\bar{P}_n(1-\bar{P})} = 3.08 + 3\sqrt{3.08 \times (1-0.0308)} = 8.26$$

$$LCL = \bar{P}_n - 3\sqrt{\bar{P}_n(1-\bar{P})} = 3.08 - 3\sqrt{3.08 \times (1-0.0308)} = -2.10(\text{不考虑})$$

④绘制质量控制图,如图 3-15 所示。

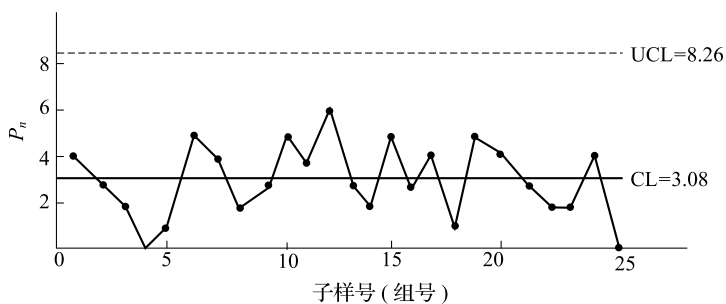


图 3-15 不合格品数 P_n 的控制图

(2)不合格品率 P 控制图的绘制。例如,某水暖配件加工车间为控制产品的不合格品率,拟采用不合格品率 P 控制图。该控制图的绘图步骤和方法如下。

①收集数据。一共抽取 25 组子样,每组的样品数不定(也可以相同)。根据质量标准测得每组的不合格品数并计算出不合格品率,结果见表 3-15。

表 3-15 水暖配件不合格品率统计表

| 组号 k | 子样大小 n_i | 不合格品数 P_{ni} | 不合格品率 $P_i/\%$ | 组号 k | 子样大小 n_i | 不合格品数 P_{ni} | 不合格品率 $P_i/\%$ |
|--------|------------|----------------|----------------|--------|------------|----------------|----------------|
| 1 | 835 | 8 | 1.0 | 14 | 250 | 8 | 3.2 |
| 2 | 808 | 12 | 1.5 | 15 | 830 | 14 | 1.7 |
| 3 | 780 | 6 | 0.8 | 16 | 798 | 6 | 0.8 |
| 4 | 252 | 6 | 2.4 | 17 | 813 | 9 | 1.1 |
| 5 | 430 | 7 | 1.6 | 18 | 818 | 7 | 0.9 |
| 6 | 600 | 6 | 1.0 | 19 | 581 | 8 | 1.4 |
| 7 | 822 | 11 | 1.3 | 20 | 464 | 4 | 0.9 |
| 8 | 809 | 8 | 1.0 | 21 | 807 | 11 | 1.4 |
| 9 | 206 | 6 | 2.9 | 22 | 595 | 7 | 1.2 |
| 10 | 703 | 8 | 1.1 | 23 | 500 | 12 | 2.4 |
| 11 | 855 | 19 | 2.2 | 24 | 760 | 7 | 0.9 |
| 12 | 709 | 11 | 1.6 | 25 | 420 | 8 | 1.9 |
| 13 | 350 | 5 | 1.4 | 合计 | 15 795 | 214 | |

②计算平均不合格品率 \bar{P} ,即质量控制图的中心线。

$$CL=\bar{P}=\frac{\sum P_{ni}}{n}=\frac{214}{15\ 795}=0.013\ 5=1.35\%$$

③计算上、下控制界限线。由于每组子样的容量 n_i 不同,因而其控制界限线也随之变化。

a. 计算 $\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}$ 的值。

$$\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}=\sqrt{0.013\ 5\times(1-0.013\ 5)}=0.115=11.5\%$$

b. 分别计算 $\frac{3}{\sqrt{n_i}}$,确定每组子样的上、下控制界限线。以第一组为例,计算过程如下。

$$\frac{3}{\sqrt{n_1}}=\frac{3}{\sqrt{835}}=0.104$$

$$UCL=\bar{P}+\frac{3}{\sqrt{n_1}}\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}=0.013\ 5+0.104\times 0.115=0.025\ 5=2.55\%$$

$$LCL=\bar{P}-\frac{3}{\sqrt{n_1}}\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}=0.013\ 5-0.104\times 0.115=0.001\ 5=0.15\%$$

依次计算各组的上、下控制界限线。计算结果见表 3-16。

表 3-16 水暖配件不合格品率上、下控制界限线计算结果

| 组号 k | UCL/% | LCL/% | 组号 k | UCL/% | LCL/% | 组号 k | UCL/% | LCL/% |
|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1 | 2.55 | 0.15 | 10 | 2.65 | 0.05 | 19 | 2.79 | — |
| 2 | 2.57 | 0.13 | 11 | 2.53 | 0.17 | 20 | 2.95 | — |
| 3 | 2.58 | 0.12 | 12 | 2.65 | 0.05 | 21 | 2.57 | 0.13 |
| 4 | 3.52 | — | 13 | 3.19 | — | 22 | 2.76 | — |
| 5 | 3.02 | — | 14 | 3.54 | — | 23 | 2.89 | — |
| 6 | 2.75 | — | 15 | 2.55 | 0.15 | 24 | 2.60 | 0.10 |
| 7 | 2.56 | 0.14 | 16 | 2.57 | 0.13 | 25 | 3.03 | — |
| 8 | 2.56 | 0.14 | 17 | 2.56 | 0.14 | | | |
| 9 | 3.75 | — | 18 | 2.56 | 0.14 | | | |

④绘制不合格品率 P 控制图,如图 3-16 所示。

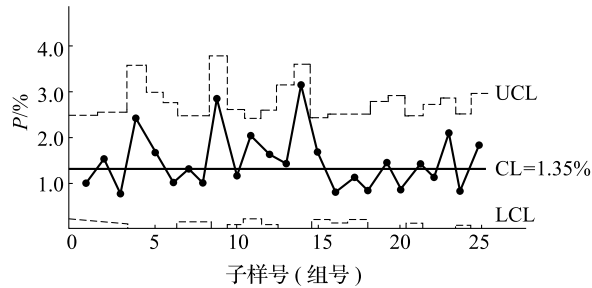


图 3-16 不合格品率 P 控制图

(3)缺陷数 C 控制图的绘制。缺陷数 C 控制图为当一定单位(如单位长度、面积和体积)的 n 值始终固定时,用来控制产品缺陷(如铸件的表面砂眼、喷漆件表面的伤痕等)的控制图。

【例 3-8】从某暖气片铸件生产车间中抽取 25 组零件作为子样(各组面积相等),检查得到的表面缺陷数见表 3-17。试绘制缺陷数 C 控制图。

表 3-17 铸件表面缺陷数统计

| 组号 k | 缺陷数 C_i | 组号 k | 缺陷数 C_i | 组号 k | 缺陷数 C_i | 组号 k | 缺陷数 C_i |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| 1 | 4 | 8 | 5 | 15 | 6 | 22 | 4 |
| 2 | 6 | 9 | 3 | 16 | 3 | 23 | 5 |
| 3 | 5 | 10 | 6 | 17 | 4 | 24 | 4 |
| 4 | 8 | 11 | 2 | 18 | 5 | 25 | 3 |
| 5 | 2 | 12 | 4 | 19 | 3 | 合计 | 115 |
| 6 | 4 | 13 | 8 | 20 | 7 | | |
| 7 | 4 | 14 | 5 | 21 | 5 | | |

【解】 ①计算平均缺陷数 \bar{C} 。即缺陷数 C 控制图的中心线为

$$CL=\bar{C}=\frac{\sum C}{k}=\frac{115}{25}=4.6$$

②计算上、下控制界限线。

$$UCL=\bar{C}+3\sqrt{\bar{C}}=4.6+3\times\sqrt{4.6}=11.03$$

$$LCL=\bar{C}-3\sqrt{\bar{C}}=4.6-3\times\sqrt{4.6}=-1.83(\text{不考虑})$$

③绘制缺陷数 C 控制图,如图 3-17 所示。

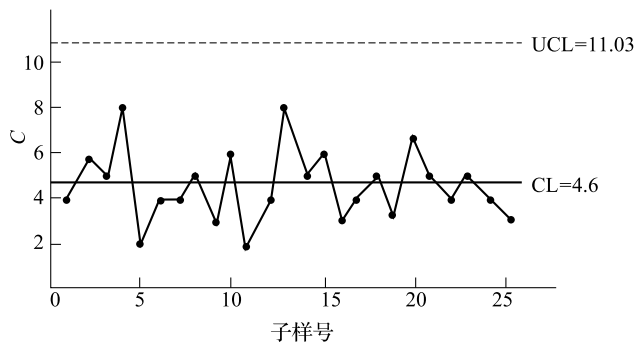


图 3-17 缺陷数 C 控制图

(4)单位缺陷数 u 控制图的绘制。当每组子样单位数 n 值不固定(如每次喷漆的表面积不一样)时,就需要把它换算成标准单位(如长度、面积和体积)的缺陷数进行控制。这时应采用单位缺陷数 u 控制图。

【例 3-9】 根据某木板门油漆表面的缺陷数统计资料(见表 3-18)绘制单位缺陷数 u 控制图。

【解】 ①收集 14 组数据。

②以某一规格的门的表面积为标准单位,即 $n=1$ 。其他型号的门的表面积均以此为标准进行折算。

③统计出各子样中的缺陷数。

④计算各组的单位缺陷数 u ,如 $u_1=4\div 15=0.27$,依次类推,将上述计算结果填入表 3-18 中。

表 3-18 缺陷数统计资料(每个子组检查的单位产品数 $n=15$)

| 子组号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 合计 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| C | 4 | 5 | 3 | 6 | 2 | 1 | 5 | 6 | 2 | 4 | 7 | 5 | 2 | 3 | 55 |
| u | 0.27 | 0.33 | 0.20 | 0.40 | 0.13 | 0.07 | 0.33 | 0.40 | 0.13 | 0.27 | 0.47 | 0.33 | 0.13 | 0.20 | |

⑤计算平均单位缺陷数 \bar{u} ,即 u 控制图的中心线。

$$\bar{u}=\frac{\sum C}{\sum n}=\frac{55}{14\times 15}=0.26$$

⑥计算上、下控制界限线。

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} = 0.26 + 3\sqrt{0.26 \div 15} = 0.65$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n} = 0.26 - 3\sqrt{0.26 \div 15} = -0.13 \text{ (不考虑)}$$

⑦绘制单位缺陷数 u 控制图,如图 3-18 所示。

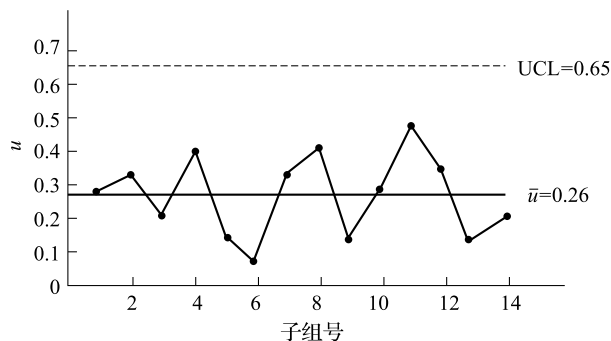


图 3-18 单位缺陷数 u 控制图

7. 质量控制图的观察与分析

画出质量控制图的目的是通过对该图的观察与分析,判断工序是处于稳定状态还是处于异常状态,这要通过观察与分析控制图上点子的分布情况得到。因为质量控制图上的点子作为随机抽取的样本可以反映出生产工序(总体)的质量分布状态,当质量控制图同时满足以下两个条件时,就可以认为生产过程基本处于稳定状态:一是点子全部落在控制界限之内,二是控制界限线内的点子排列没有缺陷。

所谓点子全部落在控制界限内,就是指应符合下列要求:连续 25 点以上处于控制界限内,连续 35 点中仅有一点超出控制界限,连续 100 点中不多于 2 点超出控制界限。所谓控制界限内的点子排列没有缺陷,就是指点子的排列是随机的,没有出现异常现象。这里的异常是指点子的排列出现了链、多次同侧、趋势或倾向、周期性、靠近控制界限线等情况。

1) 链

链是指点子连续出现在中心线一侧的现象。在中心线一侧出现链的情况如图 3-19 所示。

- (1)若出现 5 点链,则应注意工序的发展状况。
- (2)若出现 6 点链,则应开始调查原因。
- (3)若出现 7 点链,则应判定为工序异常,需采取处理措施。

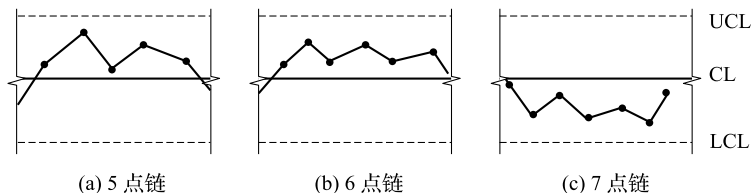


图 3-19 在中心线一侧出现链的情况

2) 多次同侧

多次同侧是指点子为中心线一侧多次出现的现象,或称偏离。多次同侧排列如图 3-20 所示。

图 3-20(a)所示为在连续 11 点中有 10 点在同侧,图 3-20(b)所示为在连续 13 点中有 12 点在同侧,图 3-20(c)所示为在连续 17 点中有 14 点在同侧,图 3-20(d)所示为在连续 20 点中有 16 点在同侧。这四种情况说明生产过程已出现异常。

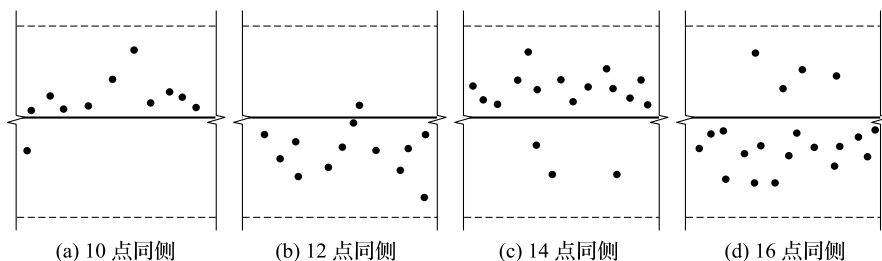


图 3-20 多次同侧排列

3) 趋势或倾向

趋势或倾向是指点子连续上升或连续下降的现象。连续 7 点以上出现上升或下降现象,就应判定生产过程中有异常因素影响,要立即采取措施加以调整。趋势排列如图 3-21 所示。

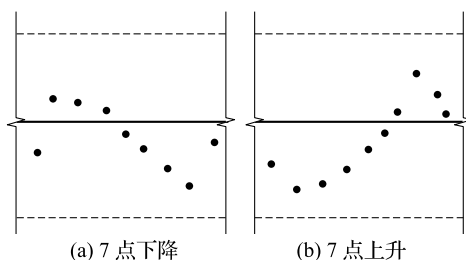


图 3-21 趋势排列

4) 周期性

周期性即点子的排列呈现周期性变化的现象。这样即使所有点子都在控制界限内,也应认为生产过程出现异常。周期性排列如图 3-22 所示。

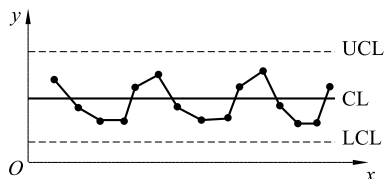


图 3-22 周期性排列

5) 靠近控制界限线

靠近控制界限线是指点子落在了 $\mu \pm 2\sigma$ 以外和 $\mu \pm 3\sigma$ 以内。如有下列情况即可判定为工序异常:连续 3 点中至少有 2 点靠近控制界限线,连续 7 点中至少有 3 点靠近控制界限

线,连续 10 点中至少有 4 点靠近控制界限线。点子靠近控制界限线如图 3-23 所示。

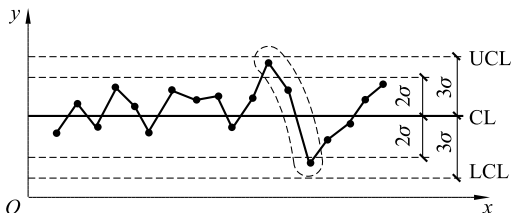


图 3-23 点子靠近控制界限线

3.3.3 相关分析图法

在数理统计中,对两个随机变量观测得的数据进行整理分析,确定两者之间是否存在相关关系的工作称为相关分析。将在测点上取得的两个随机变量的数据绘制在坐标纸上所得的图形称为相关分析图,也称为散布图。相关分析图法是指通过统计绘图来处理和分析数据的方法。

1. 两个随机变量之间的关系

两个随机变量之间一般存在两种关系,即确定性关系和相关关系。

1) 确定性关系

确定性关系是指变量之间存在严格的依存关系,可用数学公式精确表达。

2) 相关关系

相关关系是指变量之间存在一定的依存关系,但不是一一对应的,只能用公式近似表达。如人的年龄与身高有一定的关系,但对应于某一年龄,可能有多个身高值,具有随机性。一般产品的质量结果与其影响因素之间多存在相关关系,这种关系可以是因果关系,如混凝土的水泥用量、水灰比与抗压强度的关系、钢材的含碳量与强度之间的关系等;也可以是影响同一质量特性的各因素之间的关系,如混凝土的蒸养温度与蒸养时间的关系;还可以是两个同一产品质量特性之间的关系,如混凝土的立方抗压强度与棱柱体抗压强度的关系等。对所有这些关系可以用变量 x 、 y 来表示,一般将表示原因的量或比较容易控制的量用 x 来表示,如试验的温度、施加的压力、电压、时间等,而把表示结果的量或不易控制的量用 y 来表示。这样就可以通过对 x 、 y 两个变量的研究来认识质量管理中的各种现象之间、各种因素之间、各因素与结果之间关系的密切程度和变化趋势,并可以通过变量 x 去观察和控制变量 y ,以达到保证产品质量的目的。在相关关系研究中,变量 x 、 y 中至少有一个变量是随机变量。若 y 是因变量又是自变量,则对于自变量 x 的某一个值,有一系列的 y 值与之对应, y 值的变化有一定的规律性,在其他条件正常的情况下,它是一个服从于正态分布的随机变量。 x 值既可以是随机变量,也可以是一般变量。在一定试验条件下,通常是确定或控制 x 值,观察变量 y 的变化,因而 x 常表现为确定性变量。

2. 相关分析图法的作用

相关分析图法可用来处理以下相关分析。

- (1) 质量特性和影响因素之间的相关分析,如混凝土强度与水灰比之间的关系。
- (2) 质量特性和质量特性之间的相关分析,如钢筋强度与延伸率之间的关系。

(3)影响因素和影响因素之间的相关分析,如抹灰操作进度与温度之间的关系等。

在质量管理工作中,通过对各种相关条件的分析,可以进一步明确质量结果与产生原因之间相关关系的密切程度,以便为提高工程质量确定切实可行的控制目标和方法。

3. 相关分析图的绘制步骤

相关分析图的绘制步骤如下。

1) 收集数据

收集 x 、 y 两变量的成对数据,数据不得过少。

【例 3-10】 研究混凝土水灰比的变化对混凝土抗压强度的影响,收集实测数据 8 对 ($n=8$),统计数据见表 3-19。

表 3-19 混凝土抗压强度与水灰比关系统计数据

| 序号 n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 水灰比 W/C | 0.4 | 0.45 | 0.5 | 0.55 | 0.6 | 0.65 | 0.7 | 0.75 |
| 强度 $/(N \cdot mm^{-2})$ | 36.3 | 35.3 | 28.2 | 24.0 | 23.0 | 20.6 | 18.4 | 15.0 |

设影响混凝土强度因素的水灰比为 x ,强度为 y 。

2) 绘制散布图

将表 3-19 中的数据绘制在直角坐标系中,如图 3-24 所示。

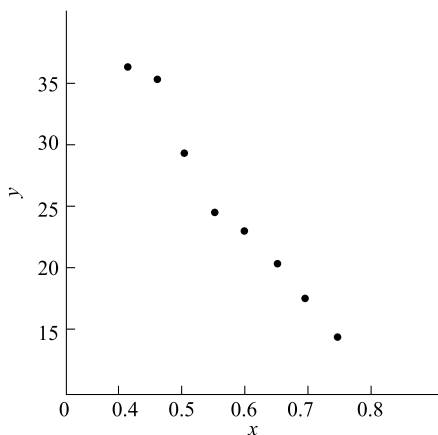


图 3-24 混凝土抗压强度与水灰比关系(散布图)

4. 相关分析图的观察与分析

1) 相关分析图的基本模式

图 3-25 给出了相关分析图的基本模式。

(1)正相关。如图 3-25(a)所示,正相关即散布点基本形成由左至右向上变化的一条直线带,说明随着 x 的增加, y 也有增加的趋势, x 与 y 有较强的制约关系。在这种情况下,可以通过对 x 的控制,有效地控制 y 的变化。

(2)弱正相关。如图 3-25(b)所示,弱正相关即散布点所形成的向上直线带较分散,说明随着 x 的增加, y 也有增加的趋势,但 y 的离散程度较大。在这种情况下还应考虑是否有更重要的因素影响 y 的变化。

(3)不相关。如图 3-25(c)所示,不相关即散布点在坐标系中分布成一团或形成平行于 x 轴的直线带,说明 x 的变化不引起 y 的变化或其变化没有规律。在这种情况下分析 y 的影响因素时,可排除 x 因素。

(4)负相关。如图 3-25(d)所示,负相关即散布点形成一个由左至右向下分布的直线带,说明 x 对 y 的影响与正相关恰恰相反, y 随 x 的增加而减少。

(5)弱负相关。如图 3-25(e)所示,弱负相关即散布点形成一个由左至右向下分布的较分散的直线带,说明 x 与 y 的相关关系较弱且变化趋势相反,应考虑寻找影响 y 的其他更重要的因素。

(6)非线性相关。如图 3-24(f)所示,非线性相关即散布点的分布呈一曲线带,即在一定范围内 x 增加, y 也增加,超过这个范围 x 增加而 y 却有下降趋势,或 x 、 y 的变化趋势不成线性比例关系,或呈现某种规律性变化。

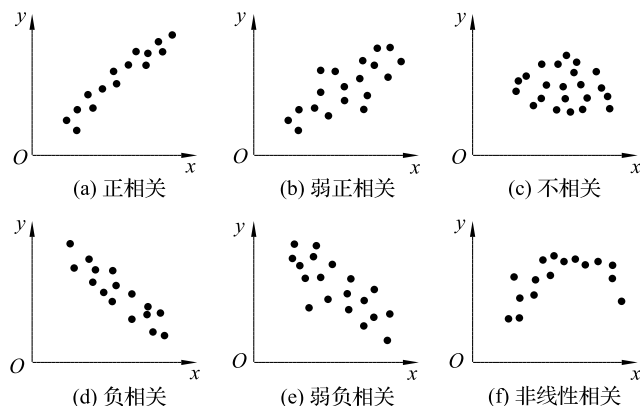


图 3-25 相关分析图的基本模式

根据上述分析,可知混凝土水灰比的变化对抗压强度的影响是属于负相关的,在其他条件不变的情况下,混凝土抗压强度随着水灰比的增大有逐渐降低的趋势。

2) 相关程度分析

通过图形对变量间的相关关系所进行的分析只是直观感性分析,要真正说明变量间的相关关系,需引入数理统计中的相关系数。

(1)相关系数的意义。相关系数可以定量说明变量 x 、 y 之间线性相关关系的相关程度及变化方向。相关系数 r 是一个无量纲的数值,变化范围为 $-1 \leq r \leq 1$ 。 r 的绝对值越接近于 1,表示 x 、 y 之间的线性相关程度越高; r 的绝对值越接近于零,表示 x 、 y 之间的线性相关程度越低;当 $r=0$ 时,有两种可能,即变量间或者是非线性相关,或者是不相关。当 r 为负值时,表示变量间为负相关;当 r 为正值时,表示变量间为正相关。当变量数据的对数较多 ($n > 50$) 时,相关程度分为 4 级: $r < 0.3$ (x 、 y 无线性相关关系), $0.3 \leq r < 0.5$ (x 、 y 是低度相关关系), $0.5 \leq r < 0.8$ (x 、 y 是显著相关关系), $r \geq 0.8$ (x 、 y 是高度相关关系)。

(2) 相关系数的计算。常用的相关系数的计算公式为

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (0 \leq |r| \leq 1) \quad (3-8)$$

- ① 当 $r=1$ 时, x, y 为线性完全正相关。
 - ② 当 $0 < r < 1$ 时, x, y 为线性近似正相关。
 - ③ 当 $r=-1$ 时, x, y 为线性完全负相关。
 - ④ 当 $-1 < r < 0$ 时, x, y 为线性近似负相关。
 - ⑤ 当 $r=0$ 时, x, y 为不相关或非线性相关。
- 例 3-13 中相关系数 r 的计算过程见表 3-20。

表 3-20 相关系数 r 的计算过程

| 序号 | x 水灰比 (W/C)/% | y 强度/(N·mm ⁻²) | x^2 | y^2 | xy |
|----|-----------------|------------------------------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.40 | 36.3 | 0.160 0 | 1 318.0 | 14.520 |
| 2 | 0.45 | 35.3 | 0.202 5 | 1 246.0 | 15.885 |
| 3 | 0.50 | 28.2 | 0.250 0 | 795.2 | 14.100 |
| 4 | 0.55 | 24.0 | 0.302 5 | 576.0 | 13.200 |
| 5 | 0.60 | 23.0 | 0.360 0 | 529.0 | 13.800 |
| 6 | 0.65 | 20.6 | 0.422 5 | 424.4 | 13.390 |
| 7 | 0.70 | 18.4 | 0.490 0 | 338.6 | 12.880 |
| 8 | 0.75 | 15.0 | 0.562 5 | 225.0 | 11.250 |
| 合计 | 4.60 | 200.8 | 2.750 0 | 5 452.2 | 109.025 |

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum x}{n} = \frac{4.60}{8} = 0.575 \\ \bar{y} &= \frac{\sum y}{n} = \frac{200.8}{8} = 25.1 \\ r &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \\ &= \frac{8 \times 109.025 - 4.60 \times 200.8}{\sqrt{8 \times 2.750 - 4.60^2} \times \sqrt{8 \times 5 452.2 - 200.8^2}} = -0.978 2 \end{aligned}$$

(3) 相关系数的显著性检验。 r 越接近 0, 随机变量 y 与 x 之间的线性相关程度越小; 反之, r 越接近 1, y 与 x 之间的线性相关程度就越高。即只有当相关系数 r 的绝对值大到一定程度时, 相关关系才比较显著, 才可以用直线来近似表示 y 与 x 之间的关系。一般来说, 由于抽样误差的影响, 相关系数 r 达到显著的数值与抽样数目 n 有关。当 $n < 50$ 时, 需要进行显著性检验, 见表 3-21。

表 3-21 相关系数显著性检验表 ($n < 50$)

| $n-2$ | α | | $n-2$ | α | | $n-2$ | α | |
|-------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|----------|-------|
| | 0.01 | 0.05 | | 0.01 | 0.05 | | 0.01 | 0.05 |
| 1 | 1.000 | 0.997 | 15 | 0.606 | 0.482 | 29 | 0.456 | 0.355 |
| 2 | 0.990 | 0.950 | 16 | 0.590 | 0.468 | 30 | 0.449 | 0.349 |
| 3 | 0.950 | 0.878 | 17 | 0.575 | 0.458 | 35 | 0.418 | 0.325 |
| 4 | 0.917 | 0.811 | 18 | 0.561 | 0.444 | 40 | 0.393 | 0.304 |
| 5 | 0.874 | 0.754 | 19 | 0.549 | 0.433 | 45 | 0.372 | 0.288 |
| 6 | 0.834 | 0.707 | 20 | 0.537 | 0.423 | 50 | 0.354 | 0.273 |
| 7 | 0.798 | 0.666 | 21 | 0.526 | 0.413 | 60 | 0.325 | 0.250 |
| 8 | 0.765 | 0.632 | 22 | 0.515 | 0.404 | 70 | 0.302 | 0.232 |
| 9 | 0.735 | 0.602 | 23 | 0.505 | 0.396 | 80 | 0.283 | 0.217 |
| 10 | 0.684 | 0.576 | 24 | 0.496 | 0.388 | 90 | 0.267 | 0.205 |
| 11 | 0.661 | 0.553 | 25 | 0.487 | 0.381 | 100 | 0.254 | 0.195 |
| 12 | 0.641 | 0.532 | 26 | 0.478 | 0.374 | 200 | 0.181 | 0.138 |
| 13 | 0.641 | 0.514 | 27 | 0.470 | 0.367 | | | |
| 14 | 0.623 | 0.497 | 28 | 0.463 | 0.361 | | | |

注： n 为点的总数， α 为危险率。危险率为0.01(0.05)是指在100次判断中有发生1次(5次)判断错误的危险；或者说，在100次判断中能够正确进行判断的次数约为99次(95次)。

相关系数显著性的检验步骤如下。

①确定自由度。当样本的数据对数是 n 时，自由度为 $n-2$ 。

②确定危险率 α 。一般取 $\alpha=5\%$ 或 $\alpha=1\%$ 。当用计算得到的样本的相关系数说明总体相关程度时，其可靠程度为 $1-\alpha$ ，即 95% 或 99% 。

③查相关系数显著性检验表。根据自由度 $n-2$ 和危险率 α 查相关系数显著性检验表(见表 3-21)。将查得的相应的 r_α 和计算得到的相关系数 $|r|$ 比较， r_α 是在一定的可靠度 $1-\alpha$ 条件下，样本相关系数有效的起码值(界限值)。当 $|r| \geq r_\alpha$ 时，可以判定 x 、 y 相关，其可靠程度是 $1-\alpha$ 。若 $|r| < r_\alpha$ ，则认为 x 与 y 无线性相关关系。

例 3-10 中只有 8 对数据，需要对计算结果 $r=-0.9782$ 进行检验。自由度 $=8-2=6$ ，当 $\alpha=0.05$ 时，查表 3-21 得 $r_{0.05}=0.707$ (或取 $\alpha=0.01$ ， $r_{0.01}=0.834$)，由于 $|r| > r_\alpha$ ，因而可以认为混凝土抗压强度与其水灰比之间存在高度线性相关关系，是负相关。在实际工作中就可以通过控制水灰比来保证混凝土抗压强度。

 思考与练习

1. 质量管理中常用的随机抽样方法有哪些？
2. 简述排列图的应用。
3. 简述质量控制图的绘制方法。