

CONCRETE

# 混凝土 质量控制手册

韩素芳 王安岭 主编  
耿维恕 主审

中国建筑科学研究院建筑材料研究所 组织编写



化学工业出版社

CONCRETE

# 混凝土 质量控制手册

韩素芳 王安岭 主编  
耿维恕 主审

中国建筑科学研究院建筑材料研究所 组织编写



化学工业出版社

· 北京 ·

本手册依据最新标准规范,就混凝土原材料、拌合物性能、力学性能、长期性能与耐久性能的质量要求、检验方法与质量控制,以及混凝土配合比设计、混凝土生产质量控制与合格验收等方面,结合实际工作经验及体会,力求从实用角度出发,结合高强高性能混凝土、大体积混凝土等具体工程实例的质量控制要求和经验,较全面系统地阐述了对混凝土实施全过程质量控制的要求和方法。为方便读者对有关标准内容的理解和对试验数据分析处理,本手册还增列了附录。

本书以实用为原则,可供土建设计、施工和管理企业、预拌混凝土企业、预制混凝土构件企业和从事质量监督、检测、监理的人员及科研、教学人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

混凝土质量控制手册/韩素芳,王安岭主编,耿维恕  
主审. —北京:化学工业出版社,2011.10  
ISBN 978-7-122-12475-3

I. 混… II. ①韩…②王… III. 混凝土-质  
量控制-手册 IV. TU528.07-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第201918号

---

责任编辑:马燕珠  
责任校对:周梦华

文字编辑:颜克俭  
装帧设计:尹琳琳

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张22 $\frac{1}{2}$ 字数450千字 2012年3月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 86.00 元

版权所有 违者必究

## 编审委员会

主任委员：韩素芳 耿维恕 王安岭  
副主任委员：于明 张秀芳  
委员：韩素芳 耿维恕 王安岭 于明 张秀芳  
马雪英 段遵莉 路来军 周群 闻德荣  
徐欣 田冠飞 周岳年 闻宝联 吴山  
梁锡武 王有负 陈尧亮 蔡亚宁 吴慧华  
诸华丰 王雪昌 徐钊 姚德正 蒋勤俭  
张强 吴荣付 韦庆东 周永祥 王章夫  
王元

# 前言

F O R E W O R D

科学技术的发展，促进了结构设计与质量管理的进步。从20世纪中期起，国际上已开启了一套全新的设计理念，即由原来传统的结构设计体系，改变为更科学的以概率论为基础的极限状态设计方法，并相应建立结构可靠度、材料强度保证率等一系列与之相匹配的新概念。我国从20世纪70年代起在原国家建委等部门的部署和领导下，组织了有关规范、标准课题的研究，并于70年代中~80年代初制定并颁发了一系列新的、完善的规范系统，包括设计、施工、工程验收以及相应配套的试验方法、质量控制等多个方面内容，一个完善的、科学的工程建设标准体系的建立为我国日后大规模的经济建设建立了良好的基础和保证。

改革开放以来，我国经济建设取得了极大的发展，尤其是基本建设领域更是日新月异，不仅在建筑和结构上出现了很多新的形态，而且在材料、设备、施工工艺方面都出现了大量的创新和发展。设计理念的更新和施工技术的改进都对工程的质量控制提出了新的要求。尤其是混凝土工程，由于原材料的多变以及结构和施工不断提出新的、更高的要求，对它的质量控制已经成为工程界人士普遍关注的一个内容。

在总结多年工程实践经验，并吸取近年来大量科研成果的基础上，经有关部门组织力量，对20世纪制订、修订的有关混凝土工程设计、施工、材料、质量控制等标准规范进行了新一轮的修订工作。为了使广大混凝土工程技术人员能正确执行相关新标准，且使用方便，保证混凝土工程质量，特组织编写本手册，内容包括了混凝土质量控制，性能的检验、试验方法及其结果的判定等。

本手册由参与过有关标准、规范的制订、修订工作的单位同仁分章执笔、相互阅校。每章之后仅列出主要执笔人，便于联系，其他审查、修改的有关专家列在编审委员会的名单中。全书由韩素芳、耿维恕、王安岭编审统稿。

在本手册编写过程中，得到多项混凝土标准的主编单位中国建筑科学研究院建材所赵霄龙所长、冷发光总工程师及西安建筑科技大学、北京东方建宇混凝土科学技术研究院等单位 and 人员的指导和支持，编者对他们致以衷心谢意。

限于编者水平与实践经验，书中难免有不妥之处，谨请读者赐教指正。

编者

2011年8月

# 目 录

C O N T E N T S

## 第一章 绪论

第一节 质量与质量控制 .....	3
第二节 质量管理发展概况 .....	4
第三节 混凝土的质量 .....	7
一、混凝土拌合物的质量 .....	7
二、混凝土的强度 .....	8
三、混凝土的长期性能与耐久性能 .....	8
第四节 混凝土的质量控制 .....	9
参考文献 .....	10

## 第二章 原材料的质量要求及其检验与控制

第一节 水泥 .....	13
一、概述 .....	13
二、质量要求 .....	15
三、检验方法 .....	16
(一) 执行标准 .....	16
(二) 试验条件及材料 .....	16
(三) 检验方法 .....	17
1. 标准稠度用水量 .....	17
2. 凝结时间 .....	17
3. 安定性 .....	17
4. 水泥胶砂强度 .....	20
5. 细度 .....	21
6. 烧失量 .....	22
7. 不溶物 .....	23
8. 三氧化硫 .....	24
9. 氧化镁 .....	24
10. 碱含量 .....	25
11. 氯离子 .....	26
12. 放射性 .....	27

四、质量控制 .....	28
第二节 矿物掺合料 .....	29
一、概述 .....	29
二、质量要求 .....	31
三、检验方法 .....	31
(一) 执行标准 .....	31
(二) 试验条件及材料 .....	33
(三) 检验方法 .....	33
1. 细度 .....	33
2. 胶砂需水量比、流动度比及活性指数 .....	34
3. 含水量 .....	35
4. 密度 .....	35
5. 游离氧化钙 .....	36
6. 五氧化二磷 .....	38
7. 二氧化硅、三氧化二铝 .....	39
8. 氧化钙、氧化镁 .....	42
9. 玻璃体含量 .....	44
10. 吸铵值 .....	44
11. 氯离子含量 .....	45
12. 烧失量 .....	45
13. 三氧化硫 .....	45
14. 安定性 .....	45
15. 放射性 .....	46
四、质量控制 .....	46
第三节 外加剂 .....	47
一、概述 .....	47
二、质量要求 .....	49
三、检验方法 .....	53
(一) 执行标准 .....	53
(二) 试验材料及配合比 .....	54
(三) 检验方法 .....	54
1. pH 值 .....	54
2. 密度 .....	55
3. 细度 .....	56
4. 含固量 .....	56
5. 水泥净浆流动度 .....	57
6. 总碱量 .....	57

7. 硫酸钠含量	58
8. 氯离子含量	58
9. 含水率	59
10. 坍落度和坍落度 1h 经时变化量	60
11. 减水率	60
12. 含气量	61
13. 凝结时间差	61
14. 泌水率比	62
15. 抗压强度比	62
16. 限制膨胀率	63
17. 收缩率比	64
18. 相对耐久性	65
19. 渗透高度比	65
20. 50 次冻融强度损失率比	66
21. 吸水量比	66
22. 外加剂中氨的释放量	66
23. 净浆安定性	66
24. 凝结时间, 挤压强度	67
25. 氧化镁	67
26. 相容性	68
四、质量控制	68
第四节 骨料	70
一、概述	70
二、质量要求	71
(一) 石的质量要求	71
(二) 砂的质量要求	73
三、检验方法	76
(一) 碎石或卵石的检验方法	76
1. 筛分析试验	76
2. 含泥量试验	77
3. 泥块含量试验	77
4. 针、片状颗粒含量试验	78
5. 压碎指标试验	79
6. 表观密度试验 (标准法)	79
7. 堆积密度和紧密密度试验	80
8. 吸水率试验	81



9. 卵石中有机物含量试验 .....	82
10. 坚固性试验 .....	83
11. 硫化物及硫酸盐含量试验 .....	84
12. 碱活性 (岩相法) .....	84
13. 碱活性 (快速法) .....	85
14. 碱活性 (砂浆长度法) .....	86
15. 碳酸盐骨料的碱活性试验 (岩石柱法) .....	87
(二) 砂的检验方法 .....	88
1. 筛分析试验 .....	88
2. 含泥量试验 .....	89
3. 泥块含量试验 .....	89
4. 人工砂和混合砂中石粉含量试验 (亚甲蓝法) .....	90
5. 吸水率试验 .....	91
6. 表观密度试验 (标准法) .....	91
7. 堆积密度和紧密密度试验 .....	92
8. 有机物含量试验 .....	93
9. 云母含量试验 .....	93
10. 坚固性试验 .....	94
11. 硫酸盐及硫化物含量试验 .....	95
12. 氯离子含量试验 .....	96
13. 海砂中贝壳含量试验 (盐酸清洗法) .....	96
14. 碱活性 (快速法) .....	97
15. 碱活性 (砂浆长度法) .....	97
四、质量控制 .....	97
第五节 混凝土用水 .....	99
一、概述 .....	99
二、质量要求 .....	100
三、检验方法 .....	101
四、质量控制 .....	102
参考文献 .....	102

## 第三章



### 混凝土拌合物的质量要求及其检验与控制

第一节 概述 .....	105
第二节 拌合物的质量要求 .....	107
一、维勃稠度 .....	107

二、坍落度、坍落扩展度及排空时间 .....	107
三、坍落度经时损失 .....	109
四、离析与泌水 .....	109
五、压力泌水 .....	110
六、凝结时间 .....	111
七、表观密度 .....	111
八、含气量 .....	112
第三节 检验方法 .....	112
1. 维勃稠度 .....	113
2. 坍落度与坍落扩展度 .....	113
3. 排空时间 .....	114
4. 拌合物流速 .....	115
5. 坍落度经时损失 .....	115
6. 泌水量(率) .....	116
7. 压力泌水率 .....	116
8. 凝结时间 .....	118
9. 表观密度 .....	119
10. 含气量 .....	119
11. 氯离子含量 .....	121
12. 配合比分析 .....	122
第四节 混凝土拌合物的质量控制 .....	124
参考文献 .....	126

## 第四章 >>>>>>>> 硬化后混凝土的质量要求及其检验与控制

第一节 混凝土的物理力学性能 .....	129
一、概述 .....	129
二、混凝土力学性能要求 .....	131
三、混凝土物理力学性能的检验方法 .....	134
(一) 基本规定 .....	134
(二) 检验方法 .....	136
四、混凝土强度的质量控制 .....	140
第二节 混凝土长期性能与耐久性能 .....	147
一、概述 .....	147
二、混凝土长期性能和耐久性能 .....	149
三、混凝土长期性能和耐久性能检验方法 .....	162

(一) 基本规定 .....	162
(二) 检验方法 .....	163
1. 收缩 .....	163
2. 受压徐变 .....	166
3. 碳化 .....	169
4. 钢筋锈蚀 .....	170
5. 抗冻性 .....	172
6. 动弹性模量 .....	181
7. 抗水渗透性 .....	182
8. 抗氯离子渗透 .....	183
9. 碱-骨料反应 .....	189
10. 抗硫酸盐侵蚀性能 .....	190
11. 早期抗裂 .....	191
12. 抗压疲劳变形 .....	193
四、质量控制 .....	194
参考文献 .....	196

## 第五章 >>>>>>>> 混凝土配合比设计

第一节 概述 .....	199
第二节 配合比设计原则及基本规定 .....	200
第三节 配合比设计程序 .....	202
第四节 配合比设计基本参数的选取和计算 .....	203
一、混凝土配制强度的确定 .....	203
二、混凝土强度标准差 .....	203
三、水胶比的确定 .....	204
四、用水量的确定 .....	205
五、胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量的确定 .....	206
六、外加剂用量的确定 .....	206
七、砂率的确定 .....	206
八、粗、细骨料用量的确定 .....	207
第五节 配合比的试配、调整、确定 .....	208
一、试配 .....	208
二、配合比的调整 .....	209
三、配合比确定 .....	209
第六节 有特殊要求的混凝土配合比设计 .....	210

一、高性能混凝土 .....	210
二、高强高性能混凝土 .....	212
三、抗渗混凝土 .....	213
四、抗冻混凝土 .....	214
五、泵送混凝土 .....	215
六、大体积混凝土 .....	216
七、自密实混凝土 .....	217
第七节 混凝土配合比执行原则 .....	219
第八节 混凝土配合比设计实例 .....	220
实例 1: 普通 C30 混凝土配合比设计 .....	221
实例 2: C45 高性能混凝土配合比设计 .....	226
参考文献 .....	229

## 第六章 混凝土的生产质量控制与合格验收

第一节 概述 .....	231
第二节 混凝土的初步控制 .....	232
一、原材料管理 .....	232
二、配合比管理 .....	234
三、试验管理 .....	235
第三节 混凝土生产过程控制 .....	236
一、生产工艺及设备管理 .....	236
二、混凝土制备过程管理 .....	239
三、混凝土运输 .....	243
四、混凝土施工 .....	244
第四节 混凝土的合格控制和生产质量控制水平的评价 .....	256
一、混凝土合格验收控制 .....	256
二、混凝土生产质量控制评价 .....	258
第五节 工程实例 .....	260
一、高强高性能混凝土质量控制 .....	260
二、高强高性能混凝土工程实例 .....	262
(一) C100 混凝土在国家大剧院中的应用 .....	262
(二) 高强高性能混凝土在广州西塔工程中的应用 .....	267
(三) 不掺硅灰 C80 混凝土工程应用 .....	269
(四) 沈阳地区高强高性能混凝土工程实例 .....	272
三、大体积混凝土质量控制 .....	275

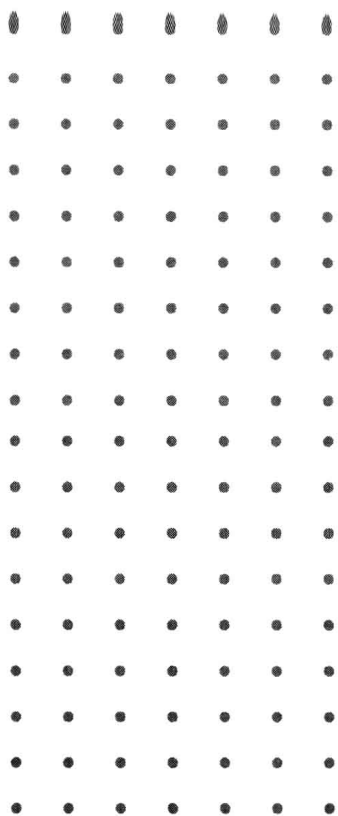
(一) 原材料质量控制 .....	275
(二) 配合比 .....	276
(三) 混凝土制备和运输 .....	276
(四) 混凝土的浇筑和养护 .....	277
(五) 特殊气候条件下的施工 .....	278
(六) 混凝土的绝热温升计算 .....	278
(七) 大体积混凝土温度计算 .....	279
四、大体积混凝土工程实例 .....	282
(一) 中央电视台新台址建设工程主楼底板工程 .....	282
(二) 国家游泳中心工程预应力梁 .....	287
(三) 上海环球金融中心主楼深基础混凝土大底板施工 .....	290
参考文献 .....	293

## 附录一 常用数理统计方法和混凝土质量控制图表

一、混凝土强度的统计方法 .....	296
(一) 统计中的几个基本问题 .....	296
(二) 随机变量及其分布的简述 .....	300
(三) 正态分布的检验方法 .....	308
(四) 抽样检验的基本概念 .....	312
(五) 有效数字位数与数据修约方法 .....	314
(六) 异常试验数据的取舍方法 .....	317
二、混凝土质量控制图及其判断规则 .....	320
(一) 质量控制图的形式及其参数计算 .....	320
(二) 控制图的判断规则 .....	322
(三) 影响混凝土强度变异的因素 .....	324
(四) 混凝土质量控制的主要内容 .....	324
参考文献 .....	339

## 附录二 试验条件对混凝土试件强度影响因素探析

一、试件尺寸对混凝土强度的影响 .....	341
二、不同养护湿度对混凝土强度的影响 .....	343
三、试件不均匀受力的影响 .....	344
参考文献 .....	346



# 第一章

绪论



水泥混凝土是当代主要建筑材料之一，也是目前世界生产量最大的人造材料。根据美国学者在 20 世纪 70 年代初所作的估计，全世界混凝土年产量超过 40 亿吨，按当时人口计，约合每人 1t。目前我国混凝土生产量已达 30 亿立方米，约 72 亿吨（按  $2.4\text{t}/\text{m}^3$  计），全国人口按 13.4 亿计，则人均 5.4t，已属人均用量较多的国家之列。

从技术角度看，我国混凝土技术也已步入世界先进行列：三峡大坝，混凝土工程总量超过 2500 万立方米，其工程量之大、混凝土要求之严、施工难度之高，堪称世界之最。又如广州电视塔、杭州湾跨海大桥、北京奥运工程、青藏铁路桥隧工程、高速铁路、城市轨道交通工程等大型工程的混凝土工程技术或达世界先进水平，或居领先水平。

回顾旧中国及新中国建国初期，我国混凝土技术相当落后，施工现场多是沿袭 1:2:4 的体积比配料，人工大铲翻拌，较好的现场也只是自落式滚筒搅拌机，用水量凭搅拌工经验而定，技术落后，产量不大，质量不高。

第一个五年计划时期，在建筑工程方面学习引进苏联的预制混凝土构件技术，在几所著名高等学校开办了“混凝土制品工艺专业”，1956 年建立了我国第一个预制混凝土构件厂——“北京第一混凝土构件厂”。之后，上海、西安等多地也相继建设了预制混凝土构件厂，生产梁板等建筑用构件、铁路轨枕、涵管等。这十多年间，几乎所有建筑工程都采用预制混凝土构件，连农村都有预制混凝土板生产，有学者称这一时期可谓预制工艺一统天下。

进入 20 世纪 70 年代，随着社会经济的发展，预制混凝土构件的某些缺点或局限性难以适应建筑业发展的需要和混凝土结构建筑体系的变革，混凝土的现浇工艺逐渐成为建筑工程占主导地位的混凝土施工方法。

70 年代末，改革开放，工业发达国家早已广泛应用的泵送施工等混凝土新技术逐渐被引进。预拌混凝土最早在上海、常州兴起，上海宝钢引进了第一套预拌混凝土成套设备与技术。随着我国经济建设迅速发展及应用预拌混凝土等先进技术体现出来的巨大优越性，预拌混凝土在各大中城市迅速得到推广，在中小城市也有所兴起，到 2000 年预拌混凝土厂站近 3000 家，产量近 6.5 亿立方米，预拌混凝土的发展也助推了混凝土施工技术的发展。例如，上海金茂大厦混凝土工程，一次泵送高度达 382.5m；广州西塔 C100 级混凝土，一次泵送高度达 440.75m；上海世界贸易商城深基础，36h 连续浇筑 2.4 万立方米混凝土；北京电视中心工程，69h 连续浇筑 3.6 万立方米；表明混凝土工程技术已迈入世界先进行列。

我国混凝土工程技术的发展还体现在材料组成与混凝土性能的提升上。早在 20 世纪 70~80 年代，混凝土中除水泥、砂、石、水之外，已较开始采用各种外加剂和矿物掺合料。外加剂品种除最先采用的普通减水剂、早强剂、引气剂外，目前已研发、生产、应用了高性能减水剂、高效减水剂、缓凝剂、防水剂、防冻剂、阻锈剂、膨胀剂、泵送剂等各种外加剂。矿物掺合料的应用最初是作为水泥生产中的混

合材，之后在混凝土中掺用也只是为了节约水泥，而今，通过研发应用，既扩大了掺合料品种，诸如粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、钢渣粉、磷渣粉、沸石粉、复合掺合料等，更认识到活性掺合料是改善混凝土某些性能不可或缺的组分。由于外加剂和矿物掺合料的合理应用，既助推了混凝土工程施工工艺的发展，又大大促进了混凝土强度的提升和性能的改善。

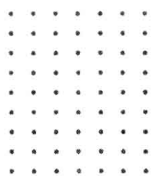
混凝土工程技术的发展，不仅使混凝土生产施工工艺、设备、材料组成以及强度大幅提高、性能大为改善等，而且还建立起完整的混凝土工程质量保证体系。

50~60年代间，在引进消化国外技术标准的基础上，逐步制定了有关混凝土工程设计、施工、材料等技术标准。70年代中，配合建筑结构可靠度的研究和结构设计等规范标准的制订和修订，建设部组织了多位专家用了近十年的时间，进行有关混凝土工程质量控制方面的课题研究和制定有关混凝土工程质量控制系列标准、规范：为检验、控制、评定提供统一的标准尺度，统一了混凝土各种性能的标准试验方法，制订了混凝土各组成材料的质量标准；为能及时进行控制提供手段，制订了《早期推定混凝土强度试验方法标准》；为进行合格控制（验收），制订了包含混凝土强度等级定义、取样方法、验收界限、评定准则等的《混凝土强度检验评定标准》；为保证混凝土、混凝土工程质量及进行质量控制，制订了《普通混凝土配合比设计规程》、《预拌混凝土》、《混凝土质量控制标准》及《混凝土与混凝土构件质量控制规程》等标准、规范，编著了《钢筋混凝土结构裂缝控制指南》一书。

系列标准、规范的制订与实施，既体现了近年来混凝土工程技术的发展情况，又保证了混凝土、混凝土工程质量的稳步提升。

混凝土工程技术发展的标志之一是工程中应用的混凝土平均强度等级逐渐增高，C50级、C60级混凝土在工程中应用量和应用范围不断扩大。高层、超高层建筑的发展，在预应力管桩构件、钢管混凝土结构等应用C80、C100级混凝土，取得了良好的经济效益和社会效益。

混凝土工程技术发展的另一标志是注重强度的同时更加关注混凝土的耐久性和功能性，研究、开发、应用这种具有高工作性、优良物理力学性能和高耐久性的高强高性能混凝土，既能保证施工质量，保证具有设计要求的各种良好的物理力学性能和耐久性，从而延长工程的使用寿命，又因配制时合理选用骨料、外加剂、矿物掺合料，减少了水泥和混凝土用量，节约了资源、能源，改善了环境，符合节能减排、保护环境、可持续发展的科学发展。



## 第一节 质量与质量控制

我国国家标准《质量管理与质量保证—术语》GB/T 6583—94（等同采用 ISO





8402—1994《质量管理与质量保证》国际标准)中有关质量、质量体系、质量管理、质量控制及质量保证的定义如下。

质量 (quality)——反映实体满足明确和隐含需要的能力的特性总和。

质量体系 (quality system)——为实施质量管理所需的组织结构、程序、过程和资源。

质量管理 (quality management)——确定质量方针、目标和职责并在质量体系中通过诸如质量策划、质量控制、质量保证和质量改进使其实施的全部管理职能的所有活动。

质量控制 (quality control)——为达到质量要求所采取的作业技术和活动。

质量保证 (quality assurance)——为了提供足够的信任表明实体能够满足质量要求,而在质量体系中实施并根据需要进行证实的全部有计划和有系统的活动。

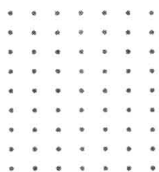
国家标准《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68)中规定材料和构件的质量控制应包括下列三种控制。

1. 初步控制:对人工材料和构件,在试生产阶段应根据材料和构件的合格质量水平确定合理的原材料组成和工艺参数,并为生产控制和合格控制提供材料和构件性能的统计参数。

2. 生产控制:在正式生产阶段,应根据规定的控制标准,对材料和构件的性能进行经常性检查,及时纠正偏差,保持生产过程中质量的稳定性。

3. 合格控制(验收):在交付使用前,应根据规定的控制标准,对材料和构件的性能进行合格性验收,保证其质量符合要求。

本手册即是根据上述国家标准所规定的质量控制内容,并根据有关混凝土材料的有关标准、规程以及土建工程有关的设计、施工规范与相关文献,阐述了有关混凝土的初步控制、生产控制及合格控制,并附以工程实例佐证有关混凝土工程实施质量控制。



## 第二节 质量管理发展概况

质量管理的想法和作法可以说自古就有。社会发展到有商品交易的年代,生产的东西要出售,当然就要做好一些,这实质就是质量管理的开始。随着需要增加产量、雇用帮手,就有了旧时的作坊式的生产方式。之后,发展到利用机器大量生产,为了检查大量产品的质量,就产生了专门从事质量检查工作的检验人员,检查产品,剔出不合格产品,只把合格的产品送到市场上,这样就形成了初步的质量管理制度。由于这一时期只是通过检查剔出废品次品,因此,曾把这一模式称之为质量检验管理。