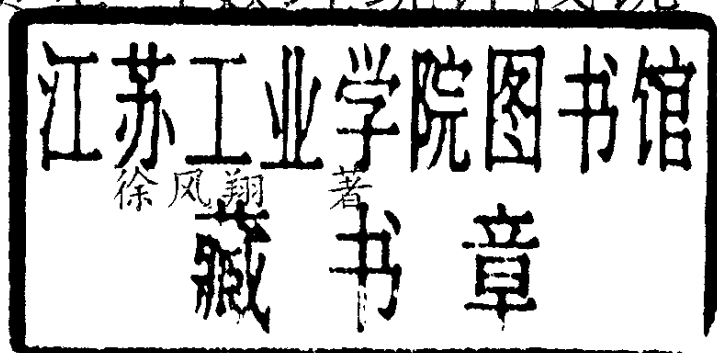


水泥质量与 数理统计浅说



● 徐凤翔 著 ● 中国建材工业出版社

水泥质量与数理统计浅说



中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

水泥质量与数理统计浅说

徐凤翔 编著

中国建材工业出版社 出版发行

(中国北京百万庄国家建材局 邮政编码:100831)

新华书店总店北京·科技发行所 各地新华书店经销

北京市财经、计算机管理职业技能鉴定中心激光照排

北京普比印刷厂

开本:787×1092 1/32 印张:5.5 字数:180千字

1993年12月第1版 1993年12月第1次印刷 印数:3000

封面设计:何 欣 责任编辑:陈永山

ISBN7-80090-158-0/TQ·4

定价:7.00元

写 在 前 面

我写此书的动力来自以下两个方面：一是每次在学习全面质量管理中的数理统计知识时，总感到不够系统，对水泥生产和质量管理的针对性差，因而适用性不强，以致于在大张旗鼓地推行全面质量管理十多年后的今天，水泥行业在评价生产指标和质量指标时，还在大量沿用算术平均质、合格率等传统的、简单的参数，有些厂的负责人、技术人员甚至不了解标准偏差和富裕强度保证系数的意义和由来，不少 QC 成果流于形式；二是几年来在接待和处理关于水泥质量方面的申诉和争执过程中，发现水泥使用单位、经销部门，包括一些水泥厂的质量负责人，对水泥的质量指标的含义、水泥品种和标号的选择以及水泥使用知识都了解很少，也不大懂得维护自己（供方或需方）的合法权益的正当做法，给工程和生产造成了不应有的损失。

为此，笔者在长期从事水泥工艺教学、培训、水泥生产技术和质量管理以及水泥质量监督检验等工作中，广泛收集各种不同规模、不同管理水平的水泥企业的资料和数据，加以整理，经过多年探索，发现运用数理统计技术不但可以科学地评价和总结过去的生产和质量情况，而且能够相当准确地预测未来的某些重要的质量参数。因此，深感我国在推行系列标准 GB/T19000—92 和全面质量管理时，强调一下运用统计技术，这对于水泥行业同样具有重要意义。

本书文字通俗易懂,一些数学专业名词尽量口语化,并在较复杂的内容后面列举一个乃至数个典型实例,以加深理解,方便应用。相信对于具有高中以上文化水平的工程管理人员、水泥经销人员、水泥生产和质量管理、质量检测以及水泥企业重要生产操作岗位的人员,有一定的参考作用。

此书脱稿时新的水泥国家标准尚未正式发布,且水泥企业质量管理规程中的富裕强度等指标都是在原水泥标准的基础上规定的,因此,一些公式和数据仍用原标准。在书后附新的水泥标准的摘要。

引 言

哲人说过：“一门科学只有建立在数学的基础上，才能成为真正的科学。”“认识社会最有力的武器之一，就是统计。”

数理统计技术是提高企业产品质量和经济效益的重要工具。国家标准《质量管理和质量保证系列标准》明确规定，“应对行政领导和管理人员进行培训。要使他们懂得质量体系并掌握体系运行管理中所需的方法和技术。”同时强调，应对技术人员，包括营销、采购、工艺和设计的人员进行培训，特别应注意统计技术方面的培训，诸如工序能力的研究、统计抽样、数据收集与分析、问题的识别、分析及纠正措施等。对生产工长和操作工，也应在基本的统计技术方面进行培训。（GB/T19004—92, ISO 9004—87）。国家建材局颁发的《水泥企业质量管理规程》明确要求，质量管理人员应用数理统计等科学方法掌握质量波动规律，不断提高预见性和防范能力，使生产全过程处于受控状态。

水泥是关系国计民生的重要产品，如果由于水泥质量不好，导致建筑倒塌、桥梁毁坏、水坝开裂决口，将会给人民生命财产带来重大损失。因此，对水泥质量的管理必须进一步严格化。

由于水泥有许多优良性能，现代社会对水泥的应用愈来愈广，对它的质量要求也愈来愈高。一是强度，美国和加拿大等国早已使用 800 号和 1000 号的预应力高强水泥混凝土，它

的重量与钢结构相差不多,这为水泥代钢、代替其它金属开辟了广阔的前景。二是某些特种水泥耐冲击、耐磨擦性能好,干缩性低,用于公路路面其耐久性为一般沥青路面的数倍。

水泥广泛地应用于重要工程,也使广大用户对它的质量均匀稳定性越来越重视。在国内外水泥市场上,要求水泥强度要高,标准偏差要低的观念早已树立。有些高技术层次的用户由于生产厂水泥强度的标准偏差大而拒绝订货的现象多有发生。

为满足社会需要,国家建材局、国家技术监督局近年不断修订水泥国家标准,向国际先进标准靠拢,在工序、半成品乃至成品各方面从严要求,提出一些具体指标。许多水泥生产企业认真贯彻执行,取得了可喜的成绩。但也有不少水泥企业的质量指标距国家标准和质量规程要求相差较远。怎样科学地评价水泥质量?怎样正确的选择和使用不同品种和标号的水泥?怎样用数理统计方法推断、预测和事先控制生产指标、质量数据,本书就这几方面的问题作系统地介绍。

目 录

引言

第 1 章	科学地衡量和判断水泥质量.....	(1)
1.1	一般购用水泥的心理	(1)
1.2	水泥知识 ABC	(3)
1.3	水泥质量的确切含义.....	(10)
1.4	水泥购用指南.....	(16)
第 2 章	数理统计方法预备知识	(29)
2.1	要对水泥生产和质量检验数据进行整理和 统计分析.....	(29)
2.2	应用数理统计方法需要掌握的基本概念	(31)
2.3	概率及概率分布.....	(37)
第 3 章	数理统计方法在水泥生产和质量工作中 的应用	(48)
3.1	用误差、偏差来推断测定数据的可靠性 ...	(48)
3.2	全面质量管理七种常用数理统计方法的应 用.....	(56)
3.3	正态分布的特征参数与质量合格率.....	(86)
3.4	工程(工序)能力指数与质量合格率.....	(94)
3.5	假设检验—在水泥生产和质量工作重大决	

	策时定量研究的基本手段	(109)
3.6	预测技术、参数估计与回归分析	(145)
附表 1	标准正态分布表($K\alpha$ 值表)	(198)
附表 2	标准正态分布表(Z 值表)	(200)
附表 3	t 分布临界值表	(202)
附表 4	χ^2 分布临界值表	(203)
附表 5	F 分布临界值表	(205)
附表 6	符号检验表	(207)
附表 7	相关系数显著性检验表	(208)
附表 8	管理图用 A_2 、 D_4 、 D_3 值	(208)
附录 1	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥(国家标准) 摘要	(209)
附录 2	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥 (国家标准)摘要	(216)
附录 3	立窑水泥企业质量管理规程	(223)
附录 4	关于印发《旋窑水泥企业质量管理规程》的 通知	(237)
	旋窑水泥企业质量管理规程	(238)
附录 5	关于颁布《出口水泥质量管理办法》的通知	(251)
	出口水泥质量管理办法	(252)
附录 6	关于公布第一批可供出口水泥的企业及其 品种名单的通知	(254)

第 1 章

科学地衡量和判断水泥质量

1.1 一般购用水泥的心理

前些年,由于水泥处于卖方市场的时期较长,因此,购销单位难以对水泥的品种和性能进行挑选和比较。相当部分的用户购用水泥的指导思想大致有如下几类:

1. 水泥比石灰好;
2. 大厂水泥比小厂水泥质量好;
3. 旋窑水泥比立窑水泥质量好;
4. 获得优质产品荣誉的水泥比一般的水泥质量好;
5. 高标号水泥比低标号水泥质量好。

以下分别评述以上几种水泥质量观的正误点。

1. “水泥比石灰好”的观念是盲目的、没有科学根据的。诚然,水泥与石灰相比,固然在强度、耐水性、凝结硬化时间等方面的性能要优越得多,但水泥质量指标中有很重要的一项,就是安定性,即水泥与水反应后,体积变化的均匀性,如果安定性不合格的水泥用于工程,即使是作砂浆、打地坪、贴墙砖也

可能导致砌体、地面的开裂,墙砖、瓷板的垮落。从这个意义上讲,水泥未必比石灰好。至于“降低一个标号使用总不会出问题”的说法也是不可靠的。首先,安定性不合格的水泥没有强度意义。其次,有些厂的质检条件差,因此,检验数据的可靠性无法衡量。

2. 一般来说,生产规模较大、生产历史较长的水泥厂,特别是全国有 70 多个大中型水泥厂,它们的质量较一般的小厂要可靠、稳定得多。但不能否认,少数小型水泥厂,由于管理严,技术素质高,水泥质量不比某些大中型厂差。较小规模的厂比一些大厂的水泥质量好的例子并不鲜见。

3. 小旋窑的生产条件比一般的立窑要好,但也有些小旋窑厂的水泥质量不如管理水平高的立窑厂的产品质量。

4. 关于获优产品,应该说,大多数质量是好的,但有少数名不副实;况且,有些厂创优时确实质量不错,但后来质量严重下降。相反,有些厂原来质量一般或较差,后经认真整顿,严格管理,很快得到提高。

5. 至于高标号水泥总比低标号水泥好的观念,要从以下几方面分析:

(1)有些高标号水泥的强度,未必比低一个标号的水泥的绝对强度高。如某厂生产的 525 号水泥,往往控制强度刚达到标准要求,即所谓擦边生产;而另一个厂生产的 425 号水泥 100%超标号,即实际强度在 525 号以上(这种情况并不罕见,为了占领市场,加上 525 号与 425 号水泥的售价并不悬殊,使得一些厂在水泥强度上下功夫,湖南省就有几个厂保证系数在 7 以上,有的高达 9),二者相比可知,只看水泥包装袋上的标号名牌,并不能完全了解实际强度的高低。

另外,有些水泥厂生产的熟料,强度并不高,为了生产 525 号水泥,靠提高水泥的细度去实现,这必然导致水泥的需水量大,水泥混凝土的密实度差,从而使混凝土强度降低,用这种 525 号水泥当然还不如用熟料质量好、实际强度接近 525 号的 425 号水泥。

(2)某些工程的某些部位对水泥品种有特别要求。且不说特性水泥和专用水泥的用途范围,就是同属通用水泥的普通水泥和矿渣水泥比较,也不能笼统地讲普通水泥比矿渣水泥好,甚至不能说 525 号普通水泥就一定比 425 号矿渣水泥好,因为前者没有后者耐水浸蚀和耐热性能好,因此,如果是用于水工工程,如桥墩、码头,应选择矿渣水泥,而不能说高一个标号的普通水泥就必然优越。同样,对施工进度要求快的工程,宁要 425 号普通水泥,不要凝结硬化慢的 525 号矿渣水泥。

用作公路路面和飞机跑道的水泥,含 C_3A 高的 625 号普通水泥也未必有 525 号道路水泥(要真正达到标准要求的)好,因前者耐磨性、抗干缩能力差,不耐久。

(3)低标号水泥也是不可缺少的,如砌筑水泥以及配制低标号混凝土所用的水泥等。若这些都用高标号水泥代替,按原配比将造成资金和能源方面的浪费;减少水泥用量,又会导致水泥胶砂和混凝土流动性和塑性降低等,这会影响工程或制品的质量。如果以高标号水泥掺入活性较低的石灰粉或粉煤灰,会给施工带来麻烦。

1.2 水泥知识 ABC

购销、使用和生产水泥的人员,应该了解最基本的水泥

知识。

1.2.1 什么是水泥

水泥的定义是：加水拌和成塑性浆体，能胶结砂石等适当材料并能在空气和水中硬化的粉状水硬性胶凝材料，称之为水泥。

上述定义表达了水泥有以下几个特点：

1. 加水拌和后成为有一定塑性的浆体，即可浇注成为各种不同的形状的水泥制品；

2. 水泥加水拌和成的浆体，可紧密地胶结砂、石、钢筋、竹筋及其它纤维，以增强或改善水泥硬化浆体的某些性能；

3. 水泥浆体既能在空气中硬化，又能在水中硬化。而同为胶凝材料的石灰粉，只能在空气中硬化，不能在水中硬化。

4. 水泥为细粉状物质，而不是颗粒状和块状物质。水泥的细度对其性能有很大影响。

1.2.2 水泥简史及发展前景

水泥是英国人约瑟夫·阿普斯厂在 1824 年首先建厂生产出水泥，从 1825 年开始大规模用于泰晤士河道工程，至今已有 160 多年的历史。我国第一个水泥厂是在 1876 年（一说是 1899 年）建成投产的，当时也是用普通立窑生产水泥。几年前我国水泥产量就已居世界第一位。

一百多年来，水泥在社会经济和人民生活中发挥了巨大作用，现在各条战线、各个领域几乎都离不开它。据国际上著名的专家学者预测，一百年内没有哪种材料可以替代水泥从而把水泥淘汰。

1.2.3 水泥分类

水泥的种类繁多，迄今为止已有 100 多种水泥问世。水泥

分类方法有以下几种。

1. 按水泥的用途和性能分：

(1)通用水泥 用于大量建筑工程，作一般用途的水泥。它指硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥六种。

(2)专用水泥 指有专门用途的水泥。如：

油井水泥——用于油井建设的注井材料；

道路水泥——用于浇注公路和飞机场跑道的路面；

砌筑水泥——配制较低标号的水泥砂浆等。

(3)特性水泥 指某些性能很突出的水泥。如：

快凝快硬水泥——用于抢修工程；

自应力水泥——用于制作自应力压力管；

耐火水泥——作炉衬材料；

耐高温抗氧化水泥——用于火箭、导弹、超音速飞机的某些部位。如美国潘兴式火箭的前锥体是用磷酸镁水泥注造的；美国的一些超音速飞机的机翼，是用钼丝网增强的磷酸铝水泥制成的。

膨胀水泥——用于防渗工程；

耐酸水泥——用于有酸腐蚀的工程；

白色水泥、彩色水泥——用于装饰工程。

2. 按水泥的组成分类

(1)硅酸盐系列水泥 磨成水泥的熟料以硅酸盐矿物为主要成份。六大通用水泥的全部和专用水泥、特性水泥的大部分都属硅酸盐水泥系列。

硅酸盐系列水泥中的硅酸盐水泥，又称作波特兰水泥，这是因为最早发明和使用水泥的英国，有一座波特兰城堡，城堡

的石头颜色酷似硅酸盐水泥，因而得名。

硅酸盐系列的水泥中，也因其中某些成份偏高而单独命名。除通用水泥以外，还有湖南长沙市水泥厂生产的高铁普通硅酸盐水泥，因其 Fe_2O_3 较高， Al_2O_3 较低，使之具有高强、快硬、耐磨、抗裂、干缩率小、水化热低、抗硫酸盐腐蚀性能好等优点，除用于一般建筑工程外，还可作为专用水泥用于公路路面，大体积混凝土工程以及某些承受硫酸盐腐蚀的工程。另外，高镁硅酸盐水泥、钡水泥、锶水泥等，也都表明该水泥中含有较多的氧化镁或氧化钡或氧化锶等成份。

(2) 铝酸盐水泥 用于配制耐热混凝土，也是自应力水泥和膨胀水泥的主要组分。

(3) 氟铝酸盐水泥

(4) 硫铝酸盐水泥

(5) 磷酸盐胶结料

3. 按生产水泥熟料的窑型分

(1) 旋窑水泥 世界绝大多数国家都用旋窑生产熟料。旋窑规格愈来愈大，产量愈来愈高，劳动生产率也愈来愈高，水泥质量好且均匀稳定。我国由于国情不同，旋窑水泥仅占总产量的百分之二十几。

(2) 立窑水泥 中国、东南亚若干国家以及德国都有立窑水泥厂，其中我国的立窑水泥厂占的比例最大。

4. 按生产水泥熟料的工艺过程分

(1) 烧结法生产的水泥 即用旋窑或立窑生产的水泥熟料，加石膏等材料后磨制的水泥。因为在旋窑和立窑煅烧生料的过程中，生料只是部分熔为液相，大部分仍为固相，故为烧结法。

(2)熔融法生产的水泥 某些生产高铝水泥的企业,把原料破碎搭配后,送入高温炉中,使其全部熔为液相,后淬冷,加石膏等材料后,经粉磨成为水泥粉。

1.2.4 水泥的生产过程简介

当前,所有水泥的生产过程都可概括为二磨一烧。由于硅酸盐系列的水泥包括了全部六大通用水泥和大部分的特性水泥及专用水泥,用途甚广,因此,仅以硅酸盐系列水泥为例,简述水泥生产的工艺过程。

对于硅酸盐系列的水泥来说,所谓二磨一烧,是指以下主要工序:

一磨:把原料(石灰石、硅质原料、铁质校正原料、煤等)经开采、运输、破碎、烘干后,适当搭配送入生料磨中磨细,制成生料。

一烧:把生料送入高温窑炉中经 $1300-1450^{\circ}\text{C}$ 高温煅烧,制成半成品熟料。

第二磨:在熟料中掺入一定量的石膏及混合材(亦可不掺混合材),共同在水泥磨中磨细,得到的粉状物即为水泥。

实际上,水泥的生产过程还有许多工序和中间环节,所谓二磨一烧,不过是将主要工序高度浓缩而已。就像钢材的生产可以概括为一炼一铸一轧一样,说来简单,可建设一个钢铁厂却需要大量设备仪器和若干亿资金。

硅酸盐系列的水泥是由硅酸盐水泥熟料掺石膏和混合材(亦可不掺混合材)共同磨细而成的。硅酸盐水泥熟料的主要化学成分及其含量如下:

CaO : $62-76\%$

SiO_2 : $20-24\%$

Al_2O_3 : $4-7\%$

Fe_2O_3 : $2.5-6.0\%$

以上四种主要氧化物在熟料中一般组合为以下矿物:

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 即硅酸三钙:简称 C_3S :38—60%

$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 即硅酸二钙:简称 C_2S :15—33%

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 即铝酸三钙:简称 C_3A :4—11%

$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$:即铁铝酸四钙简称 C_4AF 占 10—20%

另外, C_3S 和 C_2S 通称硅酸钙,它们占矿物总量的 70—78%,由于此类熟料以硅酸钙为主要成份,故名为硅酸盐水泥熟料,硅酸盐系列的水泥也由此延伸而得名。

1.2.5 水泥强度与水泥标号的关系

为了保证水泥混凝土在承受各种外力作用时不致被破坏,世界各水泥生产国在水泥标准中都规定了各种不同龄期的强度和抗压、抗折、抗拉强度的指标。国际水泥协会和中国的水泥标准规定了 3 天、7 天、28 天 3 个龄期的抗压强度和抗折强度的最低值,共 6 个强度指标。前苏联水泥标准规定 3 天、28 天抗折强度和抗压强度最低值共 4 个强度指标。美国的水泥标准只规定 3 天、7 天、28 天共 3 个抗压强度最低值。而德国、法国、英国的水泥标准中,对强度的指标要求更少,只规定了 2 天和 28 天抗压强度最低值 2 个指标。

一些早强水泥或快凝快硬水泥则要求检验 1 天强度值,规定了最低限。

不管要求几个龄期强度指标,也不管是否规定了抗折强度最低值,国际上判定水泥标号(法国、德国、前苏联称强度等级)都以 28 天抗压强度为依据。如我国的普通硅酸盐水泥的标号系列是:275 号,325 号,425 号(425R),525 号(525R),625 号(625R),725R,即表示该标号水泥的 28 天抗压强度分