

水泥生产质量控制

• 主编 任继明



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

水泥生产质量控制

主编 任继明
参编 史建军 周 浩
主审 刘继文



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥生产质量控制/任继明主编. —武汉:武汉大学出版社,2014.6
ISBN 978-7-307-13394-5

I. 水… II. 任… III. 水泥—质量控制 IV. TQ172

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 107257 号

责任编辑:路亚妮 余 梦

责任校对:方竞男

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武汉市华东印务有限责任公司

开本:787×1092 1/16 印张:6.75 字数:127千字

版次:2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

ISBN 978-7-307-13394-5 定价:20.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

国家中等职业教育课程改革国家规划教材

编写委员会

(按姓氏笔画排序)

主 任:郭汉祥

副 主 任:刘继文

委 员:王成林 王丽华 勾小均 邓 磊 史建军

任继明 刘 琦 刘晋江 李俊岑 肖 琼

陈 林 陈志伟 陈晓丽 陈晓波 庞 志

郑传斌 郑明继 赵 宏 赵小华 赵海全

胡北川 贾晓红 梁力丽 舒 安 谢嘉霖

蒲江涛 蔡琪琳 廖永昆

丛 书 序

国家中等职业教育改革发展示范学校建设是教育部、人力资源和社会保障部、财政部三部委共同组织实施的一项重大创新工程。三部委在教职成〔2010〕9号文中明确,由中央财政重点支持1000所中等职业学校进行改革试点,于2010年、2011年和2012年分三批分别遴选300所、400所、300所中职学校列入建设计划。我校是第二批入围的示范建设学校。根据三部委批准的我校上报的国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划“项目建设方案”和“项目建设任务书”中要求完成的教材编写任务,我校与武汉大学出版社合作出版了22本示范校建设新教材。

本套教材的书目确定,是根据我校四个重点建设专业(工业分析与检验、机电技术应用、数控技术应用、电子与信息技术)和一个特色建设项目(职业技能鉴定)以及为提高学生综合素质等方面确定的。本次出版的教材有《水泥化学分析》《工业分析》《工业分析与检验专业专题讲座》《仪器分析》《定性分析》《水泥生产质量控制》《电工电子技术及应用》《电工基本技能实训》《电子技能训练》《单片机技术》《计算机应用基础》《计算机网络技术及实训》《机械设备安装与维修》《数控车削实训指导书》《数控编程及仿真加工》《机械制造生产实习指导书》《车削加工——理实一体化》《钳加工——理实一体化》《焊接加工——理实一体化》《安全教育》《就业指导》和《综合素质》共22本。本套系列教材的编写,编者付出了大量的时间和劳动,凝聚了编者大量的心血和智慧。

本套教材出版具有十分重要的意义。在编写过程中,编写人员在努力体现国家中职示范学校建设的指导思想、总体目标和重点任务的同时,还通过校企合作,进一步推动了理论与实践相结合;提高了服务地方经济和社会发展的能力,进一步满足了为地方、行业、企业培养所需人才对新教材的需要。

本套教材的编写,对改革办学模式、培养模式、教学模式、评价模式,创新教育教学内容,加强师资队伍建设和完善内部管理起到了积极的推动作用。这些目标的实现,正是国家中职示范学校建设要完成的重要任务之一。本套系列教材的编写在中等职业教育的改革创新、提高质量、办出特色等方面也起到了一定的引领、示范和辐射作用。

本套教材的编写,力求在教育功能上体现思想性特点,在语言表达上体现通俗性特点,在内容真伪上体现科学性特点,在内容体系上体现系统性特点,在案例上体现典范性特点,在内容上体现实用性特点。学校编审委员会要求,各参编人员在编写教材中尽力通过体现这些特点,使教材在中等职业学校教与学的过程中起到桥梁作用。

在本套教材的编写中,尽管所有主编、副主编和参编人员尽了自己最大的努力,但因时间紧迫,任务繁重,水平有限,书中存在的缺点和错误在所难免,恳请使用师生和广大读者及时提出宝贵意见,以便再版时修改完善。

在本套教材的编审过程中,四川长虹电器集团、四川九洲电器集团有限责任公司、中国工程物理研究院、四川攀长钢集团有限责任公司、四川国大水泥有限公司、江油红狮水泥有限公司等校企合作企业、科研院所给予了大力支持;各级教育部门和武汉大学出版社给予了有力指导和帮助;有关编审专家在编审过程中付出了大量心血,在此,我们一并表示衷心的感谢和崇高的敬意。

四川江油工业学校

国家中等职业教育改革发展示范学校建设系列教材编审委员会

2014年3月

前 言

国家中等职业教育改革发展示范学校建设是教育部、人力资源和社会保障部、财政部三部委共同组织实施的一项重大工程。根据三部委遴选条件中的要求,我校被列入第二批国家示范学校建设计划。根据三部委批准的我校上报的国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划“项目建设方案”和“项目建设任务书”中规定完成的教材编写任务,《水泥生产质量控制》是我校重点建设专业——工业分析与检测专业中必须编写的教材,因此,编委会组织编写了本教材。

本教材主要包括水泥生产过程中的质量控制,水泥原、燃材料化学成分分析和水泥半成品、成品化学成分分析三个模块,共有 80 学时,其中基本理论教学约占 30%,实验操作教学约占 50%,组织学生讨论、总结交流与考核约占 20%。

编者按照国家中等职业教育改革的教学基本要求,根据新形势下教育改革的发展趋势和中职院校的教学特点,结合本校编写组教师的长期教学经验编写本教材。本教材内容通俗易懂,理论知识简明扼要,既突出技能训练,又强调能力培养,符合理论实训一体化教学模式的要求。

本教材由任继明担任主编,史建军、周浩担任参编。具体编写分工为:任继明与周浩共同编写模块一,史建军编写模块二,任继明编写模块三。全书由任继明负责统稿。

由于编者水平及知识面有限,书中疏漏之处在所难免,竭诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

2014 年 3 月

模块一 水泥生产过程中的质量控制

目 录

模块一 水泥生产过程中的质量控制	1
任务一 平均试样的采取与制备	1
任务二 水泥生产原、燃材料质量控制与检验	15
任务三 生料质量控制与检验	33
任务四 熟料质量管理与控制	44
任务五 水泥制成质量控制与检验	52
任务六 出厂水泥质量控制与检验	59
模块二 水泥原、燃材料化学成分分析	66
任务一 黏土化学成分分析	66
任务二 石灰石化学成分分析	79
任务三 石膏化学成分分析	81
任务四 煤的工业分析	85
模块三 水泥半成品、成品化学成分分析	90
任务一 生料化学成分分析	90
任务二 水泥及熟料化学成分分析	92
参考文献	97

模块一 水泥生产过程中的质量控制

任务一 平均试样的采取与制备

学习内容

本任务讲述了总体和样品的概念，总体、样品和试样间的关系，样品的代表性评价及如何保证样品具有代表性的方法措施，水泥生产过程中的采样及采样点设置等。

学习目标

通过本任务的学习，学生应掌握原、燃材料，半成品及成品试样最低质量的确定方法，各种材料的平均试样制备方法以及抽取试样的注意事项和试样保管方法等内容，能独立完成水泥企业例行控制组的取样和制样工作。

1. 总体、样品及试样的有关概念

在生产质量实际控制过程中，面对大批的原、燃材料，我们只能从中抽取一定数量的材料作为样品，由样品缩分为分析试样，再由试样的检测结果来推断整批原、燃材料的成分。

(1) 总体与样品

总体即各种待检材料，它是所要测定分析的具体对象的全体。比如，要分析某一原、燃材料的质量状况或材料中某一物质的成分，则被研究分析的原、燃材料就是总体。

总体可以是有限的，也可以是无限制的。例如，某水泥企业某天进 1000t 煤，尽管数量相当大，但还是可以计量的，因此可以说这批被分析的 1000t 煤是有限总体。再例如，对于根据计算结果配制出来的生料及经窑煅烧后的熟料等材料来



说,过去、现在都是连续生产,而且以后将继续使用这些材料,这样它的数量就无法计量了,因此,可将这些材料的过去、现在、将来视为无限总体。

从总体中随机抽取出来并且对它进行测定分析的一部分个体称为样品(也称子样)。样品中所含的试样数目,一般称样品大小或样品容量,常用符号 n 表示。比如,从 100t 煤所设置的采样点中抽取 10kg 煤,则被抽取的 10kg 煤就组成一个样品,即 $n=10$ 。可见,从每一个采样点中抽取的煤都可以称作样品。在水泥生产中,从每一个采样点采取的样本可视为一个样品。

(2) 抽样与随机抽样

抽样是指从总体中随机抽取样品的过程。随机抽样,就是使总体中的每一个个体都有同等机会被抽取出来组成样品的过程。

抽取样品来检测是为了获得样品的信息,从而研究分析试样质量状况或试样中某一物质的成分。在质量控制中,常用这种通过研究局部去推断全局,通过样品的分析结果去估计、预测整个待检物品的成分的方法。

(3) 样品的代表性及其评价方法

在质量控制中,通常通过研究分析抽取的样品的质量信息来判断整批物品或某道工序中材料的质量状况。既然是用样品的检测结果作为判断依据,这就存在所抽取的样品质量状况是否与所代表的这批物品的平均质量相一致、其一致程度等问题。也就是说,样品的质量状况能不能代表整批物品或某道工序材料的质量状况,是一个非常重要的问题,即样品的代表性问题。

对于抽样检测结果来说,样品的代表性十分重要。因为,如果样品没有代表性,就不能反映整批物品或某道工序中材料的真实质量状况。在生产质量控制中,如果根据没有代表性的样品检测结果作出判断,将得到不正确的结果,从而失去对生产质量控制的作用。样品的代表性实际上是指样品与整批物品或某工序材料质量一致性的程度。从质量一致的产品中所抽取的样品的代表性是不成问题的,但在水泥工业生产过程中,从原、燃材料,生料,熟料到水泥都不是匀质的,其材料的成分及性能都会随生产波动。因此,在生产过程中所抽取的样品的代表性如何,是一个值得注意的问题。

根据数理统计原理:评价样品代表性的度量值是抽样误差。

抽样误差是指样品指标与相应总体指标之差。抽样误差愈小,用样品推断总体的精确度就愈高,反之亦然。

评价样品质量状况与所代表的整批物品或某道工序材料的平均质量状况一致性程度的度量值是均数抽样误差,其计算公式如下:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (1-1)$$



式中 $S_{\bar{x}}$ ——均数抽样误差;

n ——样品容量;

S ——样品标准差, 即标准偏差, 见式(1-2)。

标准偏差 S 是衡量各种样品的检测值分散程度的度量值。 S 越大, 说明各样品检测值间的差异越大; 反之, 说明各样品检测值的差异越小。

样品标准偏差 S 的计算公式如下:

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

式中 x_i ——各样品的质量检测值;

$\bar{x}$ ——各样品的质量检测值的算术平均值;

n ——样品的个数, 即样品容量。

由式(1-1)计算的均数抽样误差 $S_{\bar{x}}$ 是估算值, 偏小, 说明样品的代表性好, 即由样品的平均质量状况推断整批产品或某道工序产品平均质量状况的精确度高, 反之亦然。

(4) 样品代表性的保证措施

样品与其所代表的大宗物料应具有极为相似的平均组成。要保证样品具有代表性, 就要从保证样品取样和制备及检测试样的工作质量入手。根据工厂的具体情况, 应注意以下几个方面的问题:

①样品的数量。

取样时要保证抽取的样品数量。由式(1-1)可知, 抽样误差与样品容量成反比。要想抽样误差小, 样品容量就要大, 即抽样的样品数量越多, 抽样误差就越小。在实际工作中, 对均匀性差的材料, 取的样品要多一些; 对均匀性好的材料, 取的样品可少一些。

②取样方案。

取样前应设计好取样方案, 确定取样点的分布和取样点的数量, 取样时严格按照制订的方案进行。

③取样方法。

要采取科学合理的取样方法, 保证样品抽取的随机性, 不能带有主观倾向, 即要按科学的取样方法来取样。

④熟练技能。

抽取样品和制备平均试样的人员应具备高度的责任心和熟练的操作技能。

⑤严格的制样程序。

制备平均试样时, 应严格按照制样程序进行, 以防止任何人因人为因素而造成样本失真现象的发生。



2. 任务实施

(1) 样品的采取

① 随机抽样方法。

a. 简单随机抽样法。

简单随机抽样法是指总体中每个个体被抽到的机会是相同的,这种方法就是通常所说的随机抽样法。

要实现抽样的随机化,可采取抽签、抽取随机数值等办法。例如,要从100件产品中随机抽取10件组成样品,可把这100件产品从1到100编号,然后用抽签的办法,任意抽出10张,假如抽到的编号是3、7、15、18、23、35、46、51、72、89,就把这10个编号对应的产品拿出来组成样品,这就是简单随机抽样法。

这个方法的优点是抽样误差小,缺点是抽样手续比较繁杂。在实际工作中,要真正做到总体中的每个个体被抽到的机会完全一样是不容易的,这往往是由各种客观条件和主观心理等许多因素综合影响造成的。因此,在水泥企业中这种方法很少使用。

b. 系统抽样法。

系统抽样法又称等距抽样法或机械抽样法。

第一,将100件产品从1到100编号;第二,用抽签或抽取随机数值的方法确定1~10中的哪个号数是入选样本号(此处假定是以3号为标准);第三,其余依次入选样品的产品编号为3、13、23、33、43、53、63、73、83、93;第四,由这10个编号的产品组成样品。

系统抽样法操作简单,实施起来不易出错,因而在生产质量控制中被广泛采用。如在某道工序中定时抽取一种物料来检测其成分,就可以看作是系统抽样。但在物料的品质、质量发生较大变化时,不宜使用这种抽样方法。

c. 整群抽样法。

整群抽样法又称集团抽样法,是将总体分成许多群,然后随机地抽取若干群,并由这些群体中的所有个体组成样品。这种抽样法的背景是:有时为了实施上的方便,常以群体(如工厂、车间、班组、工序或一段时间内生产的一批产品等)为单位进行抽样,凡抽到的群体就进行全面检测。其优点是抽样实施方便,缺点是由于样品只来自个别群体,而不能均匀地分布在总体中,因而代表性差,抽样误差大。这种方法常用在工序控制中(如水泥熟料全分析,每班做一个样品)。

② 矿山取样。



水泥生产使用的原料大多数是从矿山开采的原料(石灰石、黏土等)。这些原料的化学成分、物理性质等通常都不均匀,特别是大块和粉末共存时,更是如此。

对原料的采样不能直接应用上述随机抽样的方法。为了保证样品的代表性,在采样中常采用拣块取样、方格取样、刻槽取样、炮眼取样和沿矿山开采取样等方法。

a. 拣块取样。

拣块取样是在掌子面爆破堆上或矿体适当部位,拣大块物料(整体要把表面风化层去掉)作为样品。这种方法虽简单易行,但有相当的主观性。取样人员必须对矿山资源品质情况相当了解,并且经验丰富,拣块取样才有代表性。

b. 方格取样。

方格取样是指有规律地布置取样点,如在矿体上划定方格或菱形网格,在格子的各角采取质量相等的物料组成样品。样块大小由原始样品的质量而定。格子的大小根据矿体确定。

c. 刻槽取样。

刻槽取样是在矿体不同部位刻上规则的槽,刻槽时凿下的碎屑碎粉就作为样品。槽的断面一般是长方形,也有半圆形或三角形,一般情况下,断面为 $3\text{cm} \times 2\text{cm} \sim 10\text{cm} \times 5\text{cm}$,深度为 $1 \sim 10\text{cm}$ 。刻槽前要将矿体表面整平扫净。

d. 炮眼取样。

炮眼取样是以矿山打眼时凿出的碎屑细粉组合成样品。

上述几种采样方法适用于水泥生产中主要原料为石灰石、黏土、煤等矿山的采样。

当矿山各部位物料的品质、质量差异较大时,可将矿山分成若干层,然后在各层上分别取样分析。

矿山材料的取样检测分析,主要目的有两点:其一,是为了指导矿山的开采作业,使矿山资源得以充分利用;其二,可根据取样检测分析数据,对品质、质量不同的原料进行合理搭配使用,确保生产中所使用的原料质量稳定,从而保证生产出来的产品质量稳定。

③生产过程中取样。

a. 生产原料、燃料的取样。

(a) 在料堆上进行采样。

进厂的成批物料,如果在运输过程中没有取样,进厂后可在分批存放的料堆上取样。

水泥生产企业根据自身生产规模都设置有原料和燃料堆场。进厂的原料和燃



料都分批、按质分别堆放，在使用前一定要按规定进行取样检验，即坚持“先检测、后使用”的原则。

其采样方法是：在料堆的周围，从地面起每隔 0.5m 左右，用铁铲划一横线，然后每隔 1~2m 从上到下划一竖线，间隔选取横竖线的交叉点作为取样点（图 1-1）。在取样点取样时，用铁铲将表面刮去 0.1m，深入 0.3~0.5m 挖取 50g 左右原料或燃料样品，如遇块状物料可用铁锤取一小块，最后合并所采集的子样组成样品。

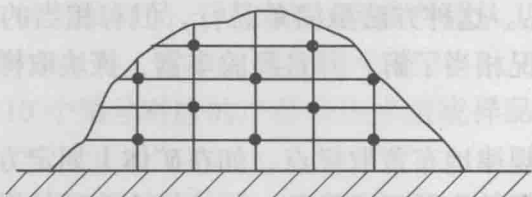


图 1-1 取样点示意图

(b) 输送设备上取料。

水泥生产过程中，许多的原料和燃料是由输送设备（皮带输送机、螺旋输送机等）送到生产现场内。在这些输送设备上运行的物料呈流动状态，对这些流动物料的取样都是采用横向截取法，即每隔一定时间，在垂直于物料流动的方向上截取一定量的物料作为样品，但不能只取一个层面的物料。如果是在喂料设备上取样，喂料设备在取样时间内所给出的物料一定要全部接取作为样品，而不能只接取其中的一部分物料，这样才能确保样品具有代表性。

b. 原料、燃料样品最低质量的确定。

(a) 原料样品最低可靠质量的确定。

样品最低可靠质量，指能代表研究对象整体的最小样品量。

根据经验，矿物原料最小样品质量与其最大颗粒直径的平方成正比，经验公式如下：

$$Q = Kd^2 \quad (1-3)$$

式中 Q ——矿物原料最小样品质量，kg；

K ——根据矿石特性而确定的经验系数，见表 1-1；

d ——样品物料的最大颗粒直径，mm。



表 1-1

矿石特性经验系数 K 值

矿石的均匀程度	K 值
较均匀	0.01 ~ 0.03
不均匀	0.04 ~ 0.06
很不均匀	0.07 ~ 1.00

【例 1-1】采集某矿石样品时，若此矿石的最大颗粒直径为 20mm， K 值为 0.06，则应采取的样品矿石最小质量为多少？

【解】 $Q = Kd^2 = 0.06 \times 20^2 = 24$ (kg)

(b) 煤炭样品最低质量及样品数目的确定。

水泥厂大多数都是在煤堆上采集煤样。

当每堆煤总量为 1000t 时，采取的样品数目按表 1-2 确定。

表 1-2

1000t 煤采取的样品数目

煤炭品种	原煤	筛选煤	炼焦用精煤	其他洗煤 (包括中煤)
	灰分不大于 20%	灰分大于 20%		
样品数目/个	30	60	15	20

当堆煤总量不足 1000t 时，采取的样品数目则按比例递减。因为在煤堆上采取的商品煤样的代表性很差，所以样品数目不能少于表 1-2 规定数目的 1/2。

当煤量大于 1000t 时，采取的样品数目按下列公式计算得出：

$$n = n_{1000} \sqrt{\frac{M}{1000}} \quad (1-4)$$

式中 n ——实际应采取的样品数目，个；

n_{1000} ——1000t 煤应采取的样品数目，个；

M ——实际煤量，t。

对煤炭取样时，取样点要分布均匀，取样的质量与煤炭最大粒度有关。煤炭取样最低质量与煤炭最大粒度规定如表 1-3 所示。



表 1-3

煤炭最大粒度与取样最低质量

煤炭最大 粒度/mm	原煤	<100	<50	<25	<13	<6	<3	<2	<1	0.15 ~ 0.2
取样最低 质量/kg	400	250	100	60	15	6	3	2	1	0.1 ~ 0.3

c. 经过配料混合后物料样品的采取。

出磨生料和出磨水泥都是经磨机粉磨后混合均匀的物料，又是连续生产输送的，因此一般都采取一定时间间隔（如每天、每班、每时等）的样品。可采用人工定时取样和自动连续取样两种方法。

(a) 人工定时取样。

人工定时取样可根据各水泥企业的生产情况和生产质量控制的要求确定具体的时间和地点，然后严格按照规定时间间隔、地点随机采取。

(b) 自动连续取样。

螺旋输送机：在螺旋输送机的外壳上，钻一个直径为 1~1.5cm 的小圆孔，放入用钢丝做的弹簧，利用螺旋输送机的转动，使弹簧将物料弹出，流入取样桶内。

螺旋输取样机可以用一直径为 10~15cm 的小铁棍缠上 8 号铁丝制成，也可制作一螺旋杆。后者比较坚固耐用，但遇潮湿的物料时容易将凹槽堵塞。

皮带输送机：在皮带输送机上可有两种方法取样。其一，在皮带的托轮旁安装一刮片，刮取的物料收集在取样桶内；其二，在皮带输送机上的计量器旁取样。

磨机：在磨机上料口的下料溜子上，安装一个螺旋取样器，利用磨机传动轴的转动带动螺旋转动，使物料连续流出，收集在取样桶内。

d. 水泥熟料样品的采取。

为了保证样品检验结果具有代表性，如果在生产工艺中，熟料中的黄粉与熟料一起粉磨，那么在取样时熟料要连同黄粉一起取样。否则应将筛弃黄粉的熟料作为样品取样。

如果熟料是按质量好坏分堆存放的，则应在不同料堆上分别按照出窑比例取样检验。

e. 水泥成品实验样品的抽取

(a) 自动取样器取样。

采用取样装置（图 1-2）取样时，一般将取样器安装在尽量接近水泥包装机的管路中，从流动的水泥中取出样品，然后将样品放入洁净、干燥、不易受污染的容器中。

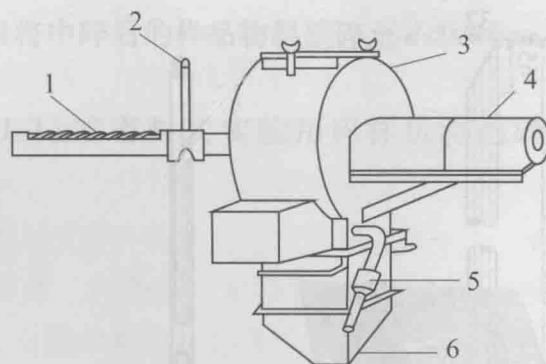


图 1-2 自动连续取样器

1—入料口；2—调节手柄；3—混料筒；4—电动机；5—配重锤；6—出料口

(b) 取样管取样。

采用图 1-3(袋装水泥)和图 1-4(散装水泥)所示的取样管取样。随机选取 20 个以上不同的部位，将取样管插入水泥适当的深度，用大拇指按住气孔，小心抽取出样管，将所取样品放入洁净、干燥、不易受污染的容器中。

(c) 槽形管状取样器取样。

当所取水泥深度不超过 2m 时，采用图 1-4 所示的槽形管状取样器取样。转动取样器内管控制开关，在选定位置插入水泥中(控制一定深度)，关闭后小心抽取出样器，将所取样品放入盛样容器中。

采取水泥样品时，要符合相关水泥取样的规定。对袋装水泥，每 1/10 编号从一袋中至少取 6kg；对散装水泥，每 1/10 编号在 5min 内至少取 6kg。

(2) 平均试样的制备与保管

① 平均试样的制备。

采集的样品物料体量大、不均匀，一般不能直接进行品质检测，需要对样品物料进行烘干、破碎、过筛、混匀、缩分五道工序的处理。对样品物料进行加工处理的过程称为平均试样的制备。如果试样是要进行筛分分析测定粒度，则必须保持原来的粒度组成，不能进行破碎、过筛，而只需将样本物料混匀和缩分即可。

a. 平均试样的烘干。

当采取的样品物料过于潮湿，粉碎、研细与过筛有困难时(如发生湿黏或堵塞现象)，少量的样品物料可在烘箱中烘干，温度保持在 105~110℃。对易分解的样品物料，如煤粉、含结晶水的石膏等，温度应低一些，一般可在 60~65℃下进行。没有烘箱时，也可以在红外线灯下烘干。