



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

（附试验检测报告）

路基路面检测技术

王加弟 主 编
刘 洋 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

（附试验检测报告）

路基路面检测技术

主 编 王加弟
副主编 刘 洋
编 写 刘存柱 关 超
滕 媛
主 审 刘平伟

大学图书馆
书 章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育），共分绪论和4个学习情境，内容包括路基路面工程中的施工前准备、施工过程中应进行的试验检测，以及各部分的质量评定方法。本书打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式，转变为以工作任务为中心组织课程内容，使学生在完成具体项目的过程中学会完成相应工作任务，突出对学生职业能力的训练。

本书主要作为道路桥梁工程技术、公路监理，高等级公路维护与管理专业的教材，也可供相关专业的技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

路基路面检测技术：附试验检测报告/王加弟主编. —北京：中国电力出版社，2015.2

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5123-7067-8

I. ①路… II. ①王… III. ①公路路基-检测-高等职业教育-教材②道路工程-路面-检测-高等职业教育-教材 IV. ①U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 015190 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年2月第一版 2015年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 15.25印张 372千字

定价 32.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

“路基路面检测技术”是高职道路桥梁工程技术专业的一门专业核心课程，本书打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式，转变为以工作任务为中心组织课程内容，并让学生在完成具体项目的过程中学会完成相应的工作任务，构建相关理论知识。内容突出对学生职业能力的训练，采取讲训一体化的教学模式。理论知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要来进行，同时又充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的需要，并融合了相关职业资格证书对知识、技能和态度的要求，使学生全面掌握路基路面检测技术。

本书分为绪论和4个学习情境，内容包括路基路面工程中的施工前准备、施工过程中应进行的试验检测，以及各部分的质量评定方法。本书配套使用的另有《路基路面试验检测报告》，供道路桥梁工程技术专业学生学习使用。

本书由辽宁省交通高等专科学校王加弟主编。绪论、学习情境1、学习情境3中任务3.2、任务3.3由王加弟编写，学习情境3中任务3.1由辽宁省交通高等专科学校刘存柱编写，学习情境2由辽宁省交通高等专科学校刘洋编写，学习情境4由辽宁省交通高等专科学校关超、滕媛编写，与本书配套使用的《路基路面试验检测报告》由王加弟编写。全书由王加弟统稿，由辽宁省抚顺市公路管理局刘平伟主审。

本书在编写过程中，参考了相关的标准、规范、教材等资料，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵的意见和建议，编者将深表感谢。

编 者

2014年12月

目 录

前言

绪论	1
小结	12
习题	12
学习情境 1 路基工程检测与评定	14
任务 1.1 施工准备阶段的检测	14
1.1.1 任务导入	14
1.1.2 土的工程分类	15
1.1.3 任务实施	22
任务 1.2 施工阶段的检测	45
1.2.1 任务导入	45
1.2.2 任务实施	45
任务 1.3 路基工程的评定	61
小结	66
习题	66
学习情境 2 路面基层、底基层检测与评定	67
任务 2.1 施工准备阶段的检测	67
2.1.1 任务导入	67
2.1.2 混合材料的组成设计	68
2.1.3 任务实施	78
任务 2.2 施工阶段的检测	89
2.2.1 任务导入	89
2.2.2 任务实施	89
任务 2.3 基层、底基层的评定	93
小结	100
习题	101
学习情境 3 沥青路面面层检测与评定	102
任务 3.1 施工准备阶段的检测	102
3.1.1 任务导入	102
3.1.2 沥青混合料配合比设计	103
3.1.3 任务实施	115
任务 3.2 施工阶段的检测	124
3.2.1 任务导入	124

3.2.2 任务实施	124
任务 3.3 沥青路面面层的评定	165
小结	172
习题	173
学习情境 4 水泥混凝土路面检测与评定	174
任务 4.1 施工准备阶段的检测	174
4.1.1 任务导入	174
4.1.2 任务实施	174
任务 4.2 施工阶段的检测	176
4.2.1 任务导入	176
4.2.2 任务实施	177
任务 4.3 水泥混凝土路面评定	182
小结	185
习题	185
参考文献	186

绪 论

一、试验检测的目的与意义

试验检测工作是公路工程施工技术管理中的一个重要组成部分，同时也是公路工程施工质量控制和竣工验收评定工作中不可缺少的一个主要环节。通过试验检测能充分地利用当地原材料，迅速推广应用新材料、新技术、新工艺，用定量的方法科学地评定工程质量。因此，试验检测工作对于提高工程质量、加速工程进度、降低工程造价、推动公路工程施工技术进步，将起到极为重要的作用。

试验检测工作是质检机构工作中的一个关键环节，试验检测结果的准确性与可靠性将直接影响质检机构的工作质量。为了确保提供的数据准确可靠，要求质检人员在试验检测的全过程中必须严格遵照有关设计文件、技术标准及试验检测规程，并力求消除试验检测人为误差，提高试验检测精度。

二、试验检测的实施细则

由于工程实际情况的复杂性和多样性，每项试验检测方法应根据现行最新技术标准、操作规程和有关行业工作规范，制订详细的实施细则。

（一）实施细则的有关方法

1. 样本大小的确定

凡产品技术标准中已规定样本大小的，按标准规定执行；凡产品技术标准中未明确规定样本大小的，按试验检测规程或相应技术标准中的方法确定；也可按百分比抽样，抽样基数不得小于样本的5倍；在生产场所抽样时，当天产量不得小于均衡生产时的基本日均产量；在使用抽样时，抽样基数不得小于样本的2倍。

2. 抽样方法

确定样本大小后，一般由委托试验检测单位提供编号进行随机抽样。原则上抽样人不得与产品直接见面，样本应在生产单位或使用单位已经检测合格的基础上抽取。特殊情况下，也允许在生产场所已经检测合格的产品中抽取。

抽样前，不得事先通知被检产品单位，抽样结束后，样品应立即封存，连同出厂检测合格证一并送往试验检测地点。

3. 样本的保存

样本确定后，抽样人应以适当的方式封存，由样本所在部门以适当的方式运往检测部门。所采用的运输方式应以不损坏样本的外观及性能为原则。样品箱、样品桶、样品的包装也应满足上述要求。

4. 样本登记表内容

抽样结束后，由抽样人填写样品登记表。登记表应包括以下内容：产品生产单位；产品名称、型号；样品中单件产品的编号以及封样的编号；抽样依据、样本大小、抽样基数；抽样地点；运输方式；抽样日期；抽样人姓名、封样人姓名。

(二) 试验检测原始记录

原始记录是试验检测结果的如实记载,不允许随意更改、剔除。

原始记录应印成一定格式的记录表,其格式根据检测的要求不同可以有所不同。原始记录表主要应包括:产品名称、型号、规格;产品编号、生产单位;检测项目、检测编号、检测地点;温度、湿度;主要检测仪器名称、型号、编号;检测原始记录数据、数据处理结果;检测人、复核人;试验日期等。

记录表中应包括所要求记录的信息及其他必要信息,以便在必要时能够判断检测工作在哪个环节可能出现差错。同时根据原始记录提供的信息,能在一定准确度内重复所做的检测工作。

工程试验检测原始记录一般不得用铅笔填写,内容填写应该完整,应有试验检测人员和计算校核人员的签名。

原始记录如果确需更改,作废数据应划两条水平线,将正确数据填在上方,盖更改人印章。原始记录应集中保管,保管期一般不得少于两年。原始记录保存方式也可用计算机的软盘、移动磁盘或光盘。

(三) 试验检测结果的处理

1. 试验检测数据整理

试验检测结果的处理是试验检测工作中的一个重要内容。由于试验检测中得到的数值都是近似值,而且在运算过程中,还可能运用无理数构成的常数,因此为了获得准确的试验检测结果,同时也为了节省运算时间,必须按误差理论的规定和数字修约规则截取所需要的数据。此外,误差表达方式反映了对试验检测结果的认识是否正确,也利于用户对试验检测结果的正确理解。由于目前尚未规定报告上必须注明不确定度,暂时可以不考虑。

(1) 数据处理应注意:检测数据有效位数的确定方法;检测数据异常值的判定方法;区分可剔除异常值与不可剔除异常值;整理后的数据应填入原始记录的相应部分。

(2) 检测数据的有效位数应与检测系统的准确度相适应,不足部分以“0”补齐,以便测试数据位数相等。

(3) 同一参数检测数据个数不大于3时,用算术平均值法;测试个数大于3时,建议采用数理统计方法,计算代表值。

(4) 测试数据异常值的判断:格拉布斯(Grubbs)检验法适用于一组测量值的一致性检验(一次只能检验出1个异常值);狄克逊(Dixon)检验法适用于一组测量值的一致性检验(能检验出1个或多个异常值)。

这里要强调一下,对比检测应使用三台与原检测仪器准确度相同的仪器对检测项目进行重复性试验。若检测结果与原检测数据相符,则证明此异常值是由产品性能波动造成的;若不相符,则证明此值是因仪器造成的,可以剔除。

2. 试验检测结果判定

在工程质量检验评定中,施工质量的不合格率是大家所关心的问题,由于所抽取的样本数据都是随机变量,因此总是存在一定波动。看到数据有一些变化,或某检测数据低于技术规定要求,就认为施工质量或产品有问题,这样的判定方法是不慎重的,也是缺乏科学依据的,因此很容易给施工带来损失。试验检测结果的整理和判断必须按照数据统计的方法进行。

三、试验检测数据处理方法

(一) 数字修约规则

1. 有效数字

有效数字的概念可表述为：由数字组成的一个数，除最末一位数字是不确切值或可疑值外，其他数字皆为可靠值或确切值，则组成该数的所有数字包括末位数字称为有效数字，除有效数字外其余数字为多余数字。

对于“0”这个数字，它在数中的位置不同，可能是有效数字，也可能是多余数字。整数前面的“0”无意义，是多余数字。对纯小数，在小数点后、数字前的“0”只起定位、决定数量级的作用（相当于所取的测量单位不同），所以也是多余数字。处于数中间位置的“0”是有效数字。

处于数后面位置的“0”是否算有效数字可分为以下三种情况：

(1) 数后面的“0”，若把多余数字的“0”用10的乘幂来表示，使其与有效数字分开，这样在10的乘幂前面所有数字包括“0”皆为有效数字；

(2) 作为测量结果并注明误差值的数值，其表示的数值等于或大于误差值的所有数字，包括“0”皆为有效数字；

(3) 上面两种情况以外的数后面的“0”则很难判断是有效数字还是多余数字，因此应避免采用这种不确切的表示方法。

一个数的有效数字占有的位数，即有效数字的个数，为该数的有效位数。

为弄清有效数字的概念，举例如下：

0.0130, 0.0245, 1.03, 6.05×10^2 ，这四个数的有效位数均为3，有效数字都是3个。再如，测量某一试件面积，得其有效面积 $A = 0.050\ 150\ 2\text{m}^2$ ，测量的极限误差 $\delta_{\min} = 0.000\ 005\text{m}^2$ ，则测量结果应当表示为 $A = (0.050\ 150 \pm 0.000\ 005)\text{m}^2$ 。误差的有效数字为1位，即5；而有效面积的有效数字应为5个，即50150；因2小于误差的数量级，故为多余数字。

若给出的数值为51800，则为不确切的表示方法。它可能是 518×10^2 ，也可能是 5.180×10^4 ，也可能是 5.1800×10^4 ，即有效数字可能是3个、4个或5个。若无其他说明，则很难判定其有效数字究竟是几个。

在测量或计量中应取多少位有效数字，可根据下述准则判定：

(1) 对不需要标明误差的数据，其有效位数应取到最末一位数字为可疑数字（也称不确切或参考数字）；

(2) 对需要标明误差的数据，其有效位数应取到与误差同一数量级。

2. 数字修约规则

(1) 修约间隔。修约间隔是确定修约保留位数的一种方式。修约间隔的数值一经确定，修约值即应为该数值的整数倍。

例如指定修约间隔为0.1，修约值即应在0.1的整数倍中选取，相当于将数值修约到一位小数。又如指定修约间隔为100，修约值即应在100的整数倍中选取，相当于将数值修约到“百”数位。

0.5单位修约（半个单位修约）是指修约间隔为指定数位的0.5单位，即修约到指定数位的0.5单位。

0.2 单位修约是指修约间隔为指定数位的 0.2 单位, 即修约到指定数位的 0.2 单位。最基本的修约间隔是 $10n$ (n 为整数), 它等同于确定修约到某数位。

(2) 数值修约进舍规则。

- 1) 拟舍弃数字的最左一位数字小于 5 时, 则舍去, 即保留的各位数字不变。
- 2) 拟舍弃数字的最左一位数字大于 5 或者是 5, 而且后面的数字并非全部为 0 时, 则进 1, 即保留的末位数字加 1。
- 3) 拟舍弃数字的最左一位数字为 5, 而后面无数字或全部为 0 时, 若所保留的末位数字为奇数 (1、3、5、7、9) 则进 1, 为偶数 (2、4、6、8、0) 则舍弃。
- 4) 负数修约时, 先将它的绝对值按上述三条规定进行修约, 然后在修约值前面加上负号。
- 5) 0.5 单位修约时, 将拟修约数值乘以 2, 按指定数位依进舍规则修约, 所得数值再除以 2。
- 6) 0.2 单位修约时, 将拟修约数值乘以 5, 按指定数位依进舍规则修约, 所得数值再除以 5。

上述数值修约规则 (有时称之为“奇升偶舍法”) 与常用的“四舍五入”的方法区别在于, 用“四舍五入”法对数值进行修约, 从很多修约后的数值中得到的均值偏大, 而用上述的修约规则, 进舍的状况具有平衡性, 进舍误差也具有平衡性, 若干数值经过这种修约后, 修约值之和变大的可能性与变小的可能性是一样的。实行数值修约, 应在明确修约间隔、确定修约位数后一次完成, 而不应连续修约, 否则会导致不正确的结果。

3. 计算法则

- (1) 加减运算: 应以各数中有效数字末位数的数位最高者为准 (小数即以小数部分位数最少者为准), 其余数均比该数向右多保留一位有效数字。
- (2) 乘除运算: 应以各数中有效数字位数最少者为准, 其余数均多取一位有效数字, 所得积或商也多取一位有效数字。
- (3) 平方或开方运算: 其结果可比原数多保留一位有效数字。
- (4) 对数运算: 所取对数位数应与真数有效数字位数相等。

(二) 数据处理方法

在对某一对象进行试验或测量时, 所测得的数值与其真实值不会完全相等, 这种差异即称为误差。随着科学技术的发展, 人们认识水平的提高和实践经验的增加, 测量的误差数值可以被控制到很小的范围, 或者说测量值可更接近于其真实值。

1. 真值

真值即真实值, 是指在一定条件下, 被测量客观存在的实际值。真值通常是个未知量, 一般所说的真值是指理论真值、规定真值和相对真值。

(1) 理论真值。理论真值也称绝对真值, 如平面三角形三个内角之和恒为 180° 。

(2) 相对真值。计量器具按精度不同分为若干等级, 上一等级的指示值即为下一等级的真值, 此真值称为相对真值。例如, 在力值的传递标准中, 用二等标准测力计校准三等标准测力计, 此时二等标准测力计的指示值即为三等标准测力计的相对真值。

2. 误差

根据误差表示方法的不同, 分为绝对误差和相对误差。

(1) 绝对误差。绝对误差是指实测值与被测量的真值之差。但是,在大多数情况下,真值是无法得知的,因而绝对误差也无法得到。一般只能应用一种更精密的量具或仪器进行测量,所得数值称为实际值,它更接近真值,并用它代替真值计算误差。绝对误差具有以下性质:

- 1) 有单位,与测量时采用的单位相同。
- 2) 能表示测量的数值是偏大还是偏小以及偏离程度。
- 3) 不能确切地表示测量所达到的精确程度。

(2) 相对误差。相对误差是指绝对误差与被测真值(或实际值)的比值。相对误差不仅表示测量的绝对误差,而且能反映出测量时所达到的精度。相对误差具有以下性质:

- 1) 无单位,通常以百分数表示,而且与测量所采用的单位无关,而绝对误差则不然,测量单位改变,其值也改变。
 - 2) 能表示误差的大小和方向,因为相对误差大时绝对误差也大。
 - 3) 能表示测量的精确程度。当测量所得绝对误差相同时,测量的量大者精度就高。
- 因此,通常都用相对误差来表示测量误差。

3. 误差的来源

在任何测量过程中,无论采用多么完善的测量仪器和测量方法,也无论在测量过程中怎样细心和注意,都不可避免地存在误差。产生误差的原因是多方面的,可以归纳如下:

(1) 装置误差:是由设备装置的设计制造、安装、调整与运用引起的误差。如试验机示值误差,等臂天平不等臂,仪器安装不垂直、偏心等。

(2) 环境误差:由于各种环境因素达不到要求的标准状态所引起的误差。如混凝土养护条件达不到标准的温度、湿度要求等。

(3) 人员误差:测试者生理上的最小分辨力和固有习惯引起的误差。如对准示值读数时,始终偏左或偏右,偏上或偏下,偏高或偏低。

(4) 方法误差:测试者未按规定的操作方法进行试验所引起的误差。如强度试验时试块放置偏心,加荷速度过快或过慢等。

需要指出,以上几种误差来源有时是联合作用的,在进行误差分析时,可作为一个独立的误差因素来考虑。

4. 误差的分类

误差就其性质而言,可分为系统误差、随机误差(或称偶然误差)和过失误差(或称粗差)。

(1) 系统误差。在同一条件下,多次重复测试同一量时,误差的数值和正负号有较明显的规律。系统误差通常在测试之前就已经存在,而且在试验过程中,始终偏离一个方向,在同一试验中其大小和符号相同。例如,试验机示值的偏差等。系统误差容易识别,并可通过试验或用分析方法掌握其变化规律,在测量结果中加以修正。

(2) 随机误差。在相同条件下,多次重复测试同一量时,出现误差的数值和正负号没有明显的规律,它是由许多难以控制的微小因素造成的。例如,原材料特性的正常波动、试验条件的微小变化等。由于每个因素出现与否,以及这些因素所造成的误差大小、方向事先无法知道,有时大、有时小,有时正、有时负,其发生完全出于偶然,因此很难在测试过程中加以消除。但是,完全可以掌握这种误差的统计规律,用概率论与数理统计方法对数据进行

分析和处理,以获得可靠的测量结果。

(3) 过失误差。过失误差会明显地歪曲试验结果,如测错、读错、记错或计算错误等。含有过失误差的测量数据是不能采用的,必须利用一定的准则从测得的数据中剔除。因此,在进行误差分析时,只考虑系统误差与随机误差。

5. 精密度、准确度和精确度

精密度与准确度两者并不相同。精密度是用同一测量方法自某一总体反复抽样时,样本平均值($\bar{x}$)离开总体平均值($\bar{\mu}$)的程度。系统误差越大即二者的偏差越大,则精密度越低。通常将系统误差的大小作为反映精密度高低的定量指标。准确度是用同一方法自某一总体反复抽样时,或自同一(或均匀)样本用同一方法反复测量时,各观测值(x_i)离开观测平均值($\bar{x}$)的程度。数据越分散,准确度越差。引起数据分散的随机误差作为反映准确度的定量指标。

在此可见,精密度与准确度分别是对两类不同性质的系统误差和随机误差的描述。只有当系统误差和随机误差都很小时才能说精确度高。精确度是对系统误差和随机误差的综合描述。

对于上述概念,目前国内外尚不完全统一,有的把准确度称为正确度,而把精确度称为准确度;有的把精密度简称为精度,而有的则把精确度简称为精度。尽管在名词的称谓上有所差异,但其所包含的内容(即系统误差与随机误差对测量结果影响的程度)是完全一致的。

在一组条件完全相同的重复试验中,个别的测量值可能会出现异常。如测量值过大或过小,这些过大或过小的测量数据是不正常的,或称为可疑的。对于这些可疑数据应该用数理统计的方法判别其真伪,并决定取舍,常用的方法有莱依塔法、肖维纳特法和格拉布斯法等。

6. 数据的统计特征与分布

用来表示统计数据分布及其某些特性的特征量分为两类:一类表示数据的集中位置,例如算术平均值、中位数等;另一类表示数据的离散程度,主要有极差、标准偏差、变异系数等。

(1) 算术平均值。算术平均值是表示一组数据集中位置最有用的统计特征量,经常用样本的算术平均值来代表总体的平均水平。如果 n 个样本数据为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 则样本的算术平均值可用下式来计算:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

(2) 中位数。在一组数据 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 中,按其大小次序排序,以排在正中间的一个数表示总体的平均水平,称之为中位数,或称中值,用 $\tilde{x}$ 表示。 n 为奇数时,正中间的数只有一个; n 为偶数时,正中间的数有两个,则取这两个数的平均值作为中位数,即

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{\frac{n+1}{2}} & (n \text{ 为奇数}) \\ \frac{1}{2} (x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}) & (n \text{ 为偶数}) \end{cases}$$

(3) 极差和标准偏差。在一组数据中最大值与最小值之差,称为极差,记作 R 。极差没有充分利用数据的信息,但计算十分简单,仅适用于样本容量较小($n < 10$)的情况。

标准偏差有时也称标准离差、标准差或均方差,是衡量样本数据波动性(离散程度)的指标。在质量检验中,总体的标准偏差 σ 一般不易求得。样本的标准偏差 S 按下式计算:

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(4) 变异系数。标准偏差是反映样本数据的绝对波动状况,当测量较大的量值时,绝对误差一般较大;而测量较小的量值时,绝对误差一般较小。因此,用相对波动的大小,即变异系数更能反映样本数据的波动性。变异系数用 C_v 表示,是标准偏差 S 与算术平均值 $\bar{x}$ 的比值,即

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

(5) 正态分布。正态分布是应用最多、最广泛的一种连续型分布,其密度函数为

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

式中 μ ——常数,为均值;

σ ——常数,为均方差,其值大于0。

$f(x)$ 的图形如图0-1所示,正态分布具有以下特点:

1) 正态分布曲线对称于 $x=\mu$,即以平均值为中心。

2) 当 $x=\mu$ 时,曲线处于最高点,当 x 向左右偏离时,曲线逐渐降低,整个曲线呈中间高、两边低的形状。

3) 在 $x=\mu \pm \sigma$ 处曲线有拐点,曲线以 x 轴为渐近线。

4) 曲线与横坐标轴所围成的面积等于1。

特别指出,当 $\mu=0$, $\sigma=1$ 时,称 x 服从标准正态分布。其概率密度和分布函数分别用 $f(x)$ 、 $\phi(t)$ 表示,即有

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

$$\phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$\phi(t)$ 可根据编制好了的函数表查用。这里设 $Z=(x-\mu)/\sigma$,通过一个线性变换就能化成标准正态分布。

7. 可疑数据的取舍

(1) 莱依塔判据。

当试验次数较多时,可简单地用3倍标准偏差(3S)作为确定可疑数据取舍的标准。

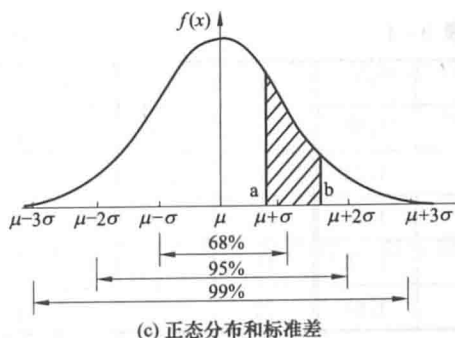
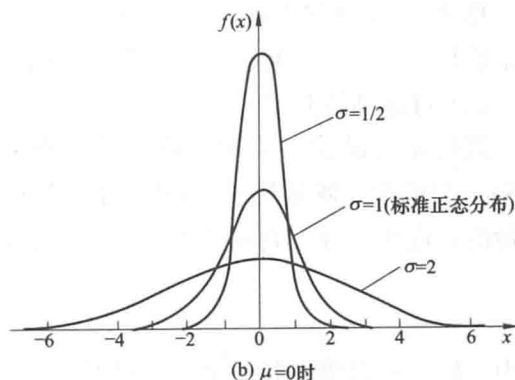
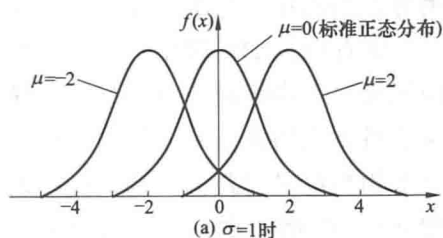


图0-1 正态分布的性质

当某一测量数据 (x_i) 与其测量结果的算术平均值 ($\bar{x}$) 之差大于 3 倍标准偏差时, 用公式表示为

$$|x_i - \bar{x}| > 3S$$

则该测量数据应舍弃。

这是美国混凝土标准中所采用的方法, 由于该方法是以 3 倍标准偏差作为判别标准, 因此也称 3 倍标准偏差法, 简称 3S 法, 又称拉依达法。

取 3S 的理由是: 根据随机变量的正态分布规律, 在多次试验中, 测量值落在 $\bar{x} - 3S$ 与 $\bar{x} + 3S$ 之间的概率为 99.73%, 出现在此范围之外的概率仅为 0.27%, 也就是在近 400 次试验中才能遇到一次, 这种事件为小概率事件, 出现的可能性很小, 几乎是不可能。因而在实际试验中, 一旦出现, 就认为该测量数据是不可靠的, 应将其舍弃。

另外, 当测量值与平均值之差大于 2 倍标准偏差, 即 $|x_i - \bar{x}| > 2S$ 时, 则该测量值应保留, 但需存疑。如发现生产 (施工)、试验过程有可疑的变异, 则该测量值应舍弃。

应该指出, 剔除时, 每次只允许剔除一个数据 (逐个剔除原则)。

莱依塔判据的优点是计算方法简便、迅速, 无需查阅数学表格。但也应当指出, 莱依塔判据是个相当粗糙的判据, 当试验检测次数较多或要求不高时可以应用, 当试验检测次数较少 (如 $n < 10$) 时, 在一组测量值中即使混有异常值, 也无法舍弃。

总之, 3S 判据不够灵敏。剔除一个坏值后, 置信概率变了, 但莱依塔判据仍不变, 置信系数仍是 3, 这是莱依塔判据不灵敏的原因所在。

(2) 肖维纳特判据。

进行 n 次试验, 其测量值服从正态分布, 以概率 $1/(2n)$ 设定一判别范围 ($-k_n S$, $k_n S$), 当偏差 (测量值 x_i 与其算术平均值 $\bar{x}$ 之差) 超出该范围时, 就意味着该测量值 x_i 是可疑的, 应予舍弃。判别范围由下式确定:

$$\frac{1}{2n} = 1 - \int_{-k_n}^{k_n} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

式中 k_n ——肖维纳特系数, 与试验次数 n 有关, 可由正态分布系数表查得, 见表 0-1。

表 0-1 肖维纳特系数表

n	k_n	n	k_n	n	k_n	n	k_n	n	k_n	n	k_n
3	1.38	8	1.86	13	2.07	18	2.20	23	2.30	50	2.58
4	1.53	9	1.92	14	2.10	19	2.22	24	2.31	75	2.71
5	1.65	10	1.96	15	2.13	20	2.24	25	2.33	100	2.81
6	1.73	11	2.00	16	2.15	21	2.26	30	2.39	200	3.02
7	1.80	12	2.03	17	2.17	22	2.28	40	2.49	500	3.20

因此, 肖维纳特法可疑数据舍弃的标准为

$$\frac{|x_i - \bar{x}|}{S} \geq k_n$$

应当指出, 肖维纳特判据是在频率近于概率条件得到满足的情况下建立的, 对坏值也不够灵敏。但是, 利用肖维纳特判据直接查肖维纳特系数表, 该表比误差函数表简洁、清晰, 使用时比较方便。

(3) 格拉布斯判据。

格拉布斯法假定测量结果服从正态分布, 根据顺序统计量来确定可疑数据的取舍。进行 n 次重复试验, 试验结果为 $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$, 而且 x_i 服从正态分布。为了检验 ($i = 1, 2, \dots, n$) 中是否有可疑值, 可将试验结果按其值由小到大顺序重新排列, 根据顺序统计原则, 给出标准化顺序统计量 g 。

当最小值 $x(1)$ 可疑时, 则 $g = [\bar{x} - x(1)]/S$

当最大值 $x(n)$ 可疑时, 则 $g = [x(n) - \bar{x}]/S$

根据格拉布斯统计量的分布, 在指定的显著性水平 β (一般为 0.05) 下, 求得判别可疑值的临界值 $g_0(\beta, n)$, 格拉布斯法的判别标准为

$$g \geq g_0(\beta, n)$$

利用格拉布斯法每次只能舍弃一个可疑值, 若有两个以上的可疑数据, 应该逐个数据地舍弃, 舍弃第一个数据后, 试验次数由 n 变为 $n-1$, 以此为基础再判别第二个可疑数据, 直至上述不等式变向。 $g_0(\beta, n)$ 称为格拉布斯系数, 见表 0-2。该系数与显著水平、样本容量有关。

表 0-2

格拉布斯判据系数表 $g_0(\beta, n)$

$n \backslash \beta$	0.01	0.05	$n \backslash \beta$	0.01	0.05	$n \backslash \beta$	0.01	0.05	$n \backslash \beta$	0.01	0.05
3	1.15	1.15	10	2.41	2.18	17	2.78	2.47	24	2.99	2.64
4	1.49	1.46	11	2.48	2.24	18	2.82	2.50	25	3.01	2.66
5	1.75	1.67	12	2.55	2.29	19	2.85	2.53	30	3.10	2.74
6	1.94	1.82	13	2.61	2.33	20	2.88	2.56	35	3.18	2.81
7	2.10	1.94	14	2.66	2.37	21	2.91	2.58	40	3.24	2.87
8	2.22	2.03	15	2.70	2.41	22	2.94	2.60	50	3.34	2.96
9	2.32	2.11	16	2.74	2.44	23	2.96	2.62	100	3.59	3.17

四、公路工程质量的评价

(一) 一般规定

根据建设任务、施工管理和质量检验评定的需要, 应在施工准备阶段按标准将建设项目划分为单位工程、分部工程和分项工程。施工单位、工程监理单位和建设单位应按相同的工程项目划分进行工程质量的监控和管理。

1. 单位工程

单位工程是在建设项目中, 根据签订的合同, 具有独立施工条件的工程。如道路工程中, 路基工程就是单位工程。

2. 分部工程

在单位工程中, 应按结构部位、路段长度及施工特点或施工任务划分为若干个分部工程。由此, 路基工程按结构部位可划分为路基本体、排水工程和防护支挡工程; 按施工特点, 如施工对象、方法要求可划分为一般的土方、石方作业或人工砌筑工程; 又可按任务或路段长度划分为一定长度段的工程。

3. 分项工程

在分部工程中, 应按不同的施工方法、材料、工序及路段长度等划分为若干个分项工

程。由于划分的依据不同，因此既可划分为填、挖方，或某一断面部位，又可按某种排水结构物划分等。

单位、分部及分项工程的划分见表 0-3。

表 0-3 单位、分部及分项工程的划分

单位工程	分部工程	分项工程
路基工程 (每 10km 或 每标段)	路基土石方工程* (1~3km 路段) ^①	土方路基*、石方路基*、软土地基*、土工合成材料处治层*等
	排水工程 (1~3km 路段)	管节预制、管道基础及管节安装*、检查(雨水)井砌筑*、土沟、浆砌排水沟*、盲沟、跌水、急流槽*、水簸箕、排水泵站等
	小桥及符合小桥标准的通道*、人行天桥、渡槽 (每座)	基础及下部构造*，上部构造预制、安装或浇筑*，桥面*，栏杆，人行道等
	涵洞、通道 (1~3km 路段)	基础及下部构造*，主要构件预制、安装或浇筑*，填土，总体等
	砌筑防护工程 (1~3km 路段)	挡土墙*，墙背填土，抗滑桩*，锚喷防护*，锥、护坡，导流工程，石笼防护等
路面工程 (每 10km 或每标段)	大型挡土墙*、组合式挡土墙* (每处)	基础*，墙身*，墙背填土，构件预制*，构件安装*，筋带，锚杆、拉杆，总体*等
	路面工程 (1~3km 路段)*	底基层、基层*、面层*、垫层、联结层、路缘石、人行道、路肩、路面边缘排水系统等

注 表内标注*号者为主要工程，评分时给以 2 的权值；不带*号者为一般工程，权值为 1。

① 按路段长度划分的分部工程，高速公路、一级公路宜取低值，二级及二级以下公路可取高值。

公路工程质量检验评定以分项工程为评定单元，采用 100 分制进行。在分项工程评分的基础上，逐级计算各相应分部工程、单位工程、合同段和建设项目评分值。工程质量评定等级分为合格与不合格，也应按分项、分部、单位工程、合同段和建设项目逐级评定。

施工单位应对各分项工程按《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1—2004) 所列基本要求、实测项目和外观鉴定进行自检，按“分项工程质量检验评定表”及相关施工技术规范提交真实、完整的自检资料，对工程质量进行自我评定。

工程监理单位应按规定要求对工程质量进行独立抽检，对施工单位的检评资料进行签认，对工程质量进行评定。

建设单位根据对工程质量的检查及平时掌握的情况，对工程监理单位所做的工程质量评分等级进行审定。

质量监督部门、质量检测机构可依据 JTG F80/1—2004 对公路工程质量进行检测评定。

(二) 工程质量的评分

1. 分项工程质量评分

分项工程质量检验的内容包括基本要求、实测项目、外观鉴定和质量保证资料四个部分。只有在其使用的原材料、半成品、成品及施工工艺符合基本要求的規定，且无严重外观缺陷和质量保证资料真实并基本齐全时，才能对分项工程质量进行检验评定。

涉及结构安全和使用功能的重要实测项目为关键项目（在文中以“△”标识），其合格率不得低于 90%（属于工厂加工制造的桥梁金属构件不低于 95%，机电工程为 100%），且

检测值不得超过规定极值, 否则必须进行返工处理。

实测项目的规定极值是指任一单个检测值都不能突破的极限值, 不符合要求时该实测项目为不合格。

进行评定的关键项目不符合要求时, 该分项工程评为不合格。

分项工程的评分值满分为 100 分, 按实测项目采用加权平均法计算。存在外观缺陷或资料不全时, 应予减分。

$$\text{分项工程得分} = \frac{\sum (\text{检查项目得分} \times \text{权值})}{\sum \text{检查项目权值}}$$

分项工程评分值 = 分项工程得分 - 外观缺陷减分 - 资料不全减分

(1) 基本要求检查。分项工程所列基本要求对施工质量优劣具有关键作用, 应按基本要求对工程进行认真检查。经检查不符合基本要求规定时, 不得进行工程质量的检验和评定。

(2) 实测项目计分。对规定检查项目采用现场抽样方法, 按照规定频率和工程质量等级评定方法对分项工程的施工质量直接进行检测计分。

检查项目除按数理统计方法评定的项目以外, 均应按单点(组)测定值是否符合标准要求要求进行评定, 并按合格率计分。

$$\text{检查项目合格率} = \frac{\text{检查合格的点(组)数}}{\text{该检查项目的全部检查点(组)数}} \times 100\%$$

$$\text{检查项目得分} = \text{检查项目合格率} \times 100$$

(3) 外观缺陷减分。对工程外表状况应逐项进行全面检查, 如发现外观缺陷, 应进行减分。对于较严重的外观缺陷, 施工单位须采取措施进行整修处理。

(4) 资料不全减分。分项工程的施工资料和图表残缺, 缺乏最基本的数据, 或有伪造涂改者, 不予检查和评定。资料不全者应予减分, 减分幅度可按照质量保证资料所列各项逐款检查, 视资料不全情况, 每款减 1~3 分。

2. 分部工程和单位工程质量评分

表中所列分项工程和分部工程区分为一般工程和主要(主体)工程, 分别给以 1 和 2 的权值。进行分部工程和单位工程评分时, 采用加权平均值计算法确定相应的评分值。

$$\text{分部(单位)工程评分值} = \frac{\sum [\text{分项(分部)工程评分值} \times \text{相应权值}]}{\sum \text{分项(分部)工程权值}} \times 100\%$$

3. 合同段和建设项目工程质量评分

合同段和建设项目工程质量评分值按《公路工程竣(交)工验收办法》计算。

4. 质量保证资料

施工单位应有完整的施工原始记录、试验数据、分项工程自查数据等质量保证资料, 并进行整理分析, 负责提交齐全、真实和系统的施工资料和图表。工程监理单位负责提交齐全、真实和系统的监理资料。质量保证资料应包括以下六个方面:

- (1) 所用原材料、半成品和成品质量检验结果;
- (2) 材料配比、拌和加工控制检验和试验数据;
- (3) 地基处理、隐蔽工程施工记录和大桥、隧道施工监控资料;
- (4) 各项质量控制指标的试验记录和质量检验汇总图表;