



普通高等教育应用型本科创新教材

张爱勤 张向文 主 编
李 侠 王桂敏 副主编
辛公锋 主 审

交通基础设施 工程检测技术

Detection
Technique of
Transport Infrastructure Engineering



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



普通高等教育应用型本科创新教材

Detection Technique of
Transport Infrastructure Engineering

交通基础设施 工程检测技术

张爱勤 张向文 主 编
李 侠 王桂敏 副主编
辛公锋 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书介绍了交通基础设施工程(公路、桥梁、隧道、轨道和水运工程)的检测技术及其工程质量评定方法,内容包括主体交通基础设施建设工程的试验检测方法、质量要求、试验检测数据处理的基本知识和工程质量评定方法。全书共分为八章。地基工程现场检测技术包括路基与桩基的现场状态检测、完整性与承载力检测方法;路面工程试验检测技术包括路面基层(底基层)试验检测、沥青路面与水泥混凝土路面检测技术;桥梁工程试验检测技术包括桥梁工程常用支座和伸缩装置检测、预应力结构组件检测、混凝土结构构件检测、桥梁结构应变电测技术和桥梁荷载试验;隧道工程试验检测技术包括喷射混凝土的质量检测、隧道支护检测、隧道监控量测、隧道衬砌质量检测和超前地质预报;轨道工程试验检测技术包括无砟轨道材料试验检测和成品轨道板检验方法;水运工程试验检测技术包括水运工程混凝土试验检测、海港工程混凝土防腐技术、港口水工建筑物修补与加固技术;交通基础设施工程试验检测案例一章列举了大量的实际工程检测报告,背景清晰、方法明确、案例代表性与整体性强,突出了试验检测工作在工程中的重要性、规范性与实用性。

本书可作为应用型本科土木工程、地下空间工程、港口航道与海岸工程、材料科学与工程等专业及相关专业的教材使用,也可以作为从事以上专业试验检测与施工的技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

交通基础设施工程检测技术 / 张爱勤, 张向文主编.

— 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018. 8

ISBN 978-7-114-14807-1

I. ①交… II. ①张… ②张… III. ①交通设施—
检测 IV. ①U

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 131697 号

书 名: 交通基础设施工程检测技术

著 者: 张爱勤 张向文

责任编辑: 王 霞 李 娜

责任校对: 宿秀英

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 25.25

字 数: 591 千

版 次: 2018 年 8 月 第 1 版

印 次: 2018 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14807-1

定 价: 58.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

为满足交通土建专业大类的建设需求,突出高水平应用型人才培养目标,人民交通出版社股份有限公司组织编写普通高等教育应用型本科创新系列教材,《交通基础设施工程检测技术》为其中一册。内容涵盖了公路、桥梁、隧道、轨道、水运工程等主要交通基础设施的基本试验检测方法,介绍了工程检测的新仪器、新方法和新技术。教材编写注重结合工程结构与施工工序,使试验检测的意义、作用、目的和任务更加明确,检测技术的原理与方法更加具有针对性。通过实际工程案例,结合新规范、新标准、新方法,使知识的学习与应用更加鲜活。教材在编写中突出了交通基础设施工程检测知识的全面性、新颖性、系统性与实用性,主要编写特色如下:

1. 采用校企联合编写形式。教材编写由交通行业工程单位参与,编入大量实际工程试验与检测案例,突出了知识的工程应用与真实性,学生通过教材即可完成工程检测的模拟训练过程。

2. 以中国工程教育认证为目标,突出教学的先进性。教材编写以工程教育认证标准为目标,每章内容提出知识目标与能力目标要求,便于教材在教与学的应用中目标更为明确。

3. 教材内容既注重交通基础设施工程检测的知识性,又兼顾交通运输部公路水运工程试验检测人员“道路工程”“桥梁与隧道工程”等科目的执业资格考试要求,培养学生在校期间具备公路水运工程试验检测人员的知识能力和执业素养。

4. 教材内容注重检测技术与工程案例的一一对应,更加适合应用型本科学生使用,有利于达到培养学生知识、能力与素质三位一体的教育目标。

本书由山东交通学院、山东高速科技发展集团、山东广信工程试验检测集团有限公司、威海市公路勘察设计院、青岛海陆通工程质量检测有限公司等联合编写。张爱勤、张向文担任主编,李侠、王桂敏担任副主编,山东交通学院李志、张旭、李晶与威海市公路勘察设计院孙丹丹参编。张爱勤负责全书的统稿任务,并得到研究生周晓静、阚涛、贾坚、刘芝敏、乔弘的大力帮助,在此表示感谢。

本书由山东高速科技发展集团辛公锋担任主审。主审工作严肃认真,对书稿提出了许多宝贵的、指导性的意见和建议,提高了教材质量。本书出版得到人民交通出版社股份有限公司的大力支持与帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏或错误,恳请广大读者批评指正。

编 者
2018年1月

目 录

第1章 交通基础设施工程检测与质量评定	1
1.1 交通基础设施工程试验检测相关工作	2
1.2 交通基础设施工程试验检测数据的基本常识	3
1.3 交通基础设施工程质量评定方法	10
本章思考题	52
第2章 基础工程检测技术	54
2.1 地基检测	54
2.2 桩基检测	84
本章思考题	97
第3章 路面工程试验检测技术	100
3.1 路面基层(底基层)试验检测	101
3.2 路面工程检测	111
本章思考题	144
第4章 桥梁工程试验检测技术	146
4.1 桥梁连接部件与预应力结构组件检测	147
4.2 混凝土结构构件检测	167
4.3 桥梁结构应变电测技术	186
4.4 桥梁荷载试验	192
本章思考题	202
第5章 隧道工程试验检测技术	203
5.1 喷射混凝土	203
5.2 隧道施工基本知识	206
5.3 隧道衬砌质量检测	218
5.4 超前地质预报	227
本章思考题	238
第6章 轨道工程试验检测技术	239
6.1 无砟轨道材料检测	240
6.2 成品轨道板检验	279
本章思考题	285

第7章 水运工程试验检测技术	286
7.1 水运工程混凝土试验检测技术	286
7.2 海港工程混凝土防腐技术	298
7.3 港口水工建筑物修补与加固技术	305
本章思考题	317
第8章 交通基础设施工程试验检测案例	318
8.1 地基工程试验检测案例	318
8.2 路面工程试验检测案例	331
8.3 桥梁工程试验检测案例	344
8.4 隧道工程试验检测案例	358
8.5 轨道工程试验检测案例	366
8.6 水运工程试验检测案例	371
附录	376
附录1 标准正态分布表	376
附表2 t 检验临界值($t_{\alpha}, t_{\alpha/2}$)表	378
附表3 t 分布计算参数(t_{α}/\sqrt{n})表	379
附表4 一般取样的随机数表	379
附表5 推定区间上、下限系数	383
附表6 非水平状态检测时的回弹值修正值	384
附表7 不同浇筑面的回弹值修正值	385
附表8 测区混凝土强度换算表	386
参考文献	393

第1章 交通基础设施工程 检测与质量评定

学习目标

【知识目标】 学生应了解交通基础设施工程试验与检测的目的和意义;掌握试验检测的分类、抽样与检测方法,试验结果数理统计评价方法,公路、桥梁、隧道、轨道与水运工程质量评价方法。

【能力目标】 通过本章学习,学生应具有独立进行试验检测抽样的能力,应用数理统计方法对交通基础设施的室内与工程现场检测结果进行质量评定的能力。

交通基础设施工程试验检测技术是一门新兴学科,是进行工程质量管理的一种有效手段,不仅是工程施工技术管理中的一个重要组成部分,也是工程施工质量控制和竣工验收评定工作中不可缺少的一道重要环节。其目的是通过对某个产品或工程项目的检测,根据检测结果来判断工程质量或产品质量是否符合现行有关技术标准的规定。近年来,试验检测的基本理论、应用技术、规范规程和技术标准等在交通运输各个领域中得到迅速发展,是工程设计参数、施工质量控制、施工验收评定、养护管理决策的主要依据和手段。

交通基础设施不论在建设期还是养护期,工程建设质量均倍受重视,且受重视的程度越来越高,目前已经形成了由政府监督、社会监理和企业自检三方组成的质量保证体系。各级质量监督部门、建设监理机构以及承担建设施工任务的企业控制质量的方法已逐渐规范化,试验检测过程以国家、行业和地方有关法规、规程、规范和标准作为主要依据。尤其工程试验检测机构,其职能就是对工程项目或产品进行检测,根据检测结果判断工程质量或产品的质量状态。因此,完善工程试验检测机构的工作制度,制定试验检测工作细则,配置合理的试验检测人员具有重要的现实意义。

交通基础设施工程试验检测从广义上讲,包括地面、地下与水运交通线路主要结构设施(如公路、桥梁、隧道、轨道、港口等)的试验与检测,其意义在于:①通过试验检测技术,充分利用当地原材料;②加快推广和应用新材料、新技术和新工艺的进程;③运用定量的方法科学评定各种材料和构件的质量;④合理控制并科学评定工程质量;⑤科学合理地制定养护维修方案,及时对工程进行养护与加固。因此,加强工程试验检测工作对于提高工程质量、加快工程进度、降低工程造价、推动工程施工技术进步都将起到重要作用。同时,试验检测又是评价公路工程质量缺陷和鉴定工程事故的重要手段和主要依据,通过试验检测可以为质量缺陷或事故判定提供实测数据,以便准确判别质量缺陷和事故的性质、范围和程度,合理评价事故损失,明确事故责任,从中总结经验教训,提高工程质量与技术水平。

1.1 交通基础设施工程试验检测相关工作

1.1.1 交通基础设施工程试验检测分类

交通基础设施工程试验检测可以按照试验检测的目的、荷载性质、结构或构件破坏与否、试验时间长短、试验对象和试验场地等进行分类。按照试验检测的目的,试验检测可分为科学研究性试验检测、生产鉴定性试验检测、设计依据性参数试验检测、积累技术资料进行的养护管理或后评估试验检测,其中,生产鉴定性试验检测包括工程质量控制检查或质量保证进行的试验检测、竣工验收评定进行的试验检测,以及工程质量事故调查分析进行的试验检测等;按照荷载性质,试验检测可分为静力试验、动力试验(如原型动力试验、结构疲劳试验、工程抗震试验)等;按照结构或构件破坏与否,试验检测可分为破坏性试验与非破坏性试验;按照试验时间长短,试验检测可分为短期荷载试验与长期观测试验;按照试验对象,试验检测可分为原型试验与模型试验(如足尺试验、缩尺试验、放大模型试验);按照试验场地,试验检测可分为室内试验、野外试验(如原位试验)等。

1.1.2 交通基础设施工程试验检测工作细则

1) 试验检测工作实施细则内容

由于有些相关技术标准规定得不细,有些质检机构的检测操作人员对标准的熟练程度不一,因此质检机构的每项试验检测工作均应按照工艺要求,根据有关国家或行业现行标准、操作规程和有关行业工作规范制定详细的实施细则。试验检测工作实施细则的内容如下:

- (1) 技术标准、规定要求、检测方法、操作规程等。
- (2) 抽样方法及样本大小。
- (3) 检测项目、被测参数大小及允许变化范围。
- (4) 检测仪器设备的名称、型号、量程、准确度、分辨率。
- (5) 检测人员组成和检测系统框图。
- (6) 对检测仪器的检查标定项目和结果。
- (7) 对检测仪器和样品或试件的基本要求。
- (8) 对环境条件等的检查。
- (9) 从保证计量检测结果的可靠度出发允许变化范围的规定。
- (10) 在检测过程中发生异常现象和意外事故的处理办法。
- (11) 检测结果计算整理分析方法及允许变化范围的规定。

凡要求对整体工程项目或新产品进行质量判断的检测项目,均应进行抽样检测。凡送样检测的产品,检测结果仅对样品负责,不对整体产品质量做任何评价。

2) 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,不许删减。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。原始记录表的内容主要应包

括:产品名称、型号、规格、性质描述;产品编号、生产单位;检测项目、检测编号、检测地点;检测环境(如温度、湿度等);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,以便在需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,内容应填写完整,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,作废数据应画两条水平线,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。原始记录也可用数字方式长期保存。原始记录经过计算后的结果即检测结果必须进行校核。校核者在本领域必须具有五年以上工作经验;必须在试验检测记录和报告中签字,以示负责;必须认真核对检测数据,校核量不得少于所检测项目的5%。

试验检测数据整理应注意:

(1) 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;区分可剔除异常值和不可剔除异常值;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小于或等于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,求算代表值。

(4) 测试数据异常值的判断,对于每一单元内检测结果中的异常值用格拉布斯(Grubbs)法,对于各试验室检测平均值中的异常值用狄克逊(Dixon)法。

1.2 交通基础设施工程试验检测数据的基本常识

工程质量评价以试验检测数据为依据,试验检测采集得到的原始数据类多量大、存在各种误差,有时会杂乱无章,甚至出现错误。因此,必须对原始数据进行分析、处理才能得到可靠的试验检测结果,同时,还需要采用可靠的试验检测数据对检测项目或指标进行评定。因此,从事交通基础设施工程试验检测工作的技术人员需要掌握试验数据处理的基本知识。

1.2.1 数理统计分布及统计数据的特征量

1) 数理统计中的常用分布

交通基础设施工程试验检测数据均服从一定的分布规律,如正态分布及与正态分布有关的 χ^2 分布、 t 分布和 F 分布、二项分布、泊松分布等。大量试验数据统计表明,交通基础设施工程试验检测数据大多数情况下符合正态分布或 t 分布规律。

(1) 正态分布

若连续型随机变量 X 的概率分布密度函数为 $f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$,则称随机变量 X 服从正态分布,记为 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ 。正态分布曲线如图1-1所示。

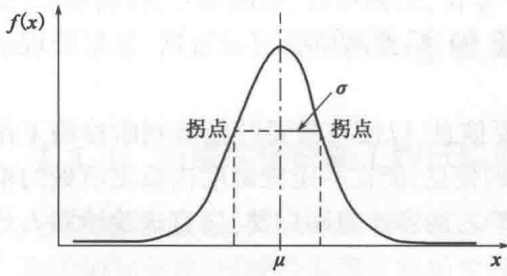


图 1-1 正态分布曲线

标准正态分布的分位点为:对于给定的显著性水平 α ($0 < \alpha < 1$), 将满足条件 $P(z \geq z_\alpha) = \alpha$ 的值 z_α 称为标准正态分布的上侧 α 分位点, 简称分位点(即单侧临界值), 如图 1-2a) 所示。将满足条件 $P(z < -z_\alpha) = \alpha$ 的值 $-z_\alpha$ (或 $z_{1-\alpha}$) 称为标准正态分布的下侧 α 分位点。其中, α 也称为置信度。

一般来说, 对于给定的置信水平 $1 - \alpha$, 可以用不同的方法确定未知参数的置信区间。我们可以选定区间 $(-z_{\alpha/2}, z_{\alpha/2})$, 如图 1-2b) 所示, 使得 $P(-z_{\alpha/2} \leq z \leq z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha$, 则 $\pm z_{\alpha/2}$ 称为标准正态分布的双侧临界值, 可从附表 1 查得。

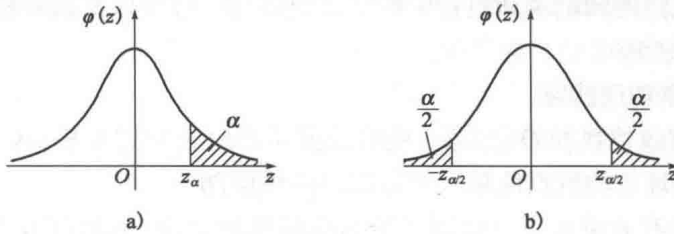


图 1-2 标准正态分布的临界值

交通基础设施工程试验检测指标一般可采用数理统计方法, 按照单侧检测或者双侧检测进行评定。若检测数据服从正态分布, 当采用单侧检验时, 则检测指标的代表值为:

$$x_1 = \bar{x} - z_\alpha \cdot S \quad (\text{置信下限}) \quad (1-1)$$

或
$$x_1 = \bar{x} + z_\alpha \cdot S \quad (\text{置信上限}) \quad (1-2)$$

当采用双侧检验时, 则检测指标的代表值为:

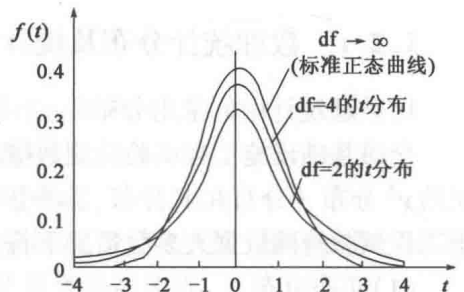
$$x_1 = \bar{x} \pm z_{\alpha/2} \cdot S \quad (1-3)$$

(2) t 分布

由样本平均值抽样分布的性质知, 若 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, 则 $\bar{X} \sim N(\mu, \sigma^2/n)$ 。将随机变量 \bar{X} 标准化, 得 $z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$, 则 $z \sim N(0, 1)$ 。

当总体标准差 σ 未知时, 以样本标准差 s 代替 σ 所得到的统计量为 $t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$ 。在计算 $s_{\bar{x}}$ 时, 由于采用 s 来代替 σ , 使得 t 变量不再服从标准正态分布, 而是服从自由度 $df = n - 1$ 的 t 分布, 记为 $t \sim t(n - 1)$ 。

t 分布概率密度函数的图形如图 1-3 所示。 t 分布的临界值, 对于给定的显著性水平 α ($0 < \alpha < 1$), 将满足条件 $P(t > t_\alpha) = \alpha$ 或 $P(t < -t_\alpha) = \alpha$ 的值 t_α ($n - 1$) 称为 t 分布的单侧临界值; 将满足条件 $P(|t| > t_{\alpha/2}) = \alpha$ 的值 $t_{\alpha/2}$ ($n - 1$) 称为 t 分布的双侧临界值(图 1-4)。临界值 t 可查附表 2 或为计算

图 1-3 t 分布概率密度曲线

方便可查附表3。

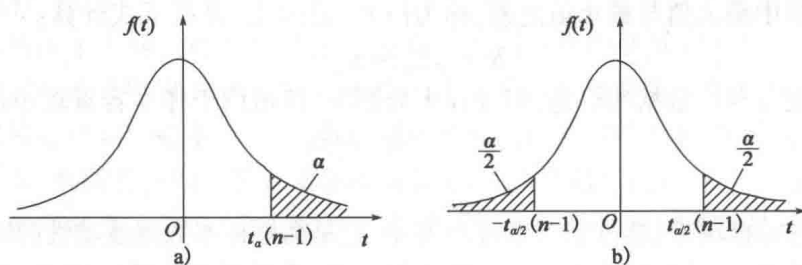


图 1-4 t 分布临界值

若交通基础设施工程试验检测数据服从 t 分布,当检测指标采用单侧检验时,则其代表值为:

$$x_1 = \bar{x} - \frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} \cdot S \quad (\text{置信下限}) \quad (1-4)$$

或

$$x_1 = \bar{x} + \frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} \cdot S \quad (\text{置信上限}) \quad (1-5)$$

当检测指标采用双侧检验时,则其代表值为:

$$x_1 = \bar{x} \pm \frac{t_{\alpha/2}}{\sqrt{n}} \cdot S \quad (1-6)$$

2) 统计数据的特征量

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,如算术平均值、中位数等;一类表示数据的离散程度,主要有极差、标准离差、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。总体的算术平均值用 μ 表示,样本的算术平均值则用 \bar{x} 表示。如果 n 个样本数据为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$,则样本的算术平均值为:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1-7)$$

(2) 中位数

在一组数据 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 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:

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{\frac{n+1}{2}} & (n \text{ 为奇数}) \\ \frac{1}{2}(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n+1}{2}}) & (n \text{ 为偶数}) \end{cases} \quad (1-8)$$

(3) 极差

在一组数据中最大值与最小值之差,称为极差,记作 R 。 R 按下式计算:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1-9)$$

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(一般 $n < 10$) 的情况。

(4) 标准差

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1-10)$$

(5) 变异系数

标准差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,用相对波动的大小更能反映样本数据的波动性。

表示样本数据相对波动大小的特征量,采用变异系数表示,记作 C_v 。变异系数是标准差(S)与算术平均值(\bar{x})的比值,即:

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1-11)$$

1.2.2 抽样检验

交通基础设施工程检验是工程质量控制的一个重要环节,是保证工程质量的必要手段。检验可分为全数检验和抽样检验两大类。全数检验是对一批产品中的每一个产品进行检验,从而判断该批产品质量状况;抽样检验是从一批产品中抽出少量的单个产品进行检验,从而推断该批产品质量状况。全数检验较抽样检验可靠性好,但检验工作量非常大,往往难以实现;抽样检验方法以数理统计学为理论依据,具有很强的科学性和经济性,在许多情况下,只能采用抽样检验方法。就交通基础设施工程质量检验而言,不可能采用全数检验,而只能采用抽样检验。即从待检工程中抽取样本,根据样本的质量检查结果,推断整个待检工程的质量状况。

质量检验的目的在于准确判断工程质量状况,以促进工程质量的提高。其有效性取决于检验的可靠性,而检验的可靠性则与下面三个因素密切相关:①质量检测手段的可靠性;②抽样检验方法的科学性;③抽样检验方案的科学性。在质量检验过程中,必须全面考虑上述三个因素,以提高质量检验的可靠性。

抽样是从总体中抽取样本的过程,并通过样本了解总体。总的来说,抽样检验分为非随机抽样与随机抽样两大类。

1) 非随机抽样

进行人为的有意识的挑选取样即为非随机抽样。非随机抽样中,人的主观因素占主导作用,由此所得到的质量数据,往往会对总体做出错误的判断。因此,采用非随机抽样方法

所得的检验结论,其可信度较低。

2) 随机抽样

随机抽样排除了人的主观因素,使待检总体中的每一个产品具有同等被抽取到的机会。只有随机抽取的样本才能客观地反映总体的质量状况。这类方法所得到的数据代表性强,质量检验的可靠性得到了基本保证。因此,随机抽样是以数理统计的原理,根据样本取得的质量数据来推测、判断总体的一种科学抽样检验方法,因而被广泛使用。

随机抽样的方法有多种,适合于交通基础设施工程试验检验的随机抽样方式一般采用以下三种:

(1) 单纯随机抽样

在总体中,直接抽取样本的方法即为单纯随机抽样。这是一种完全随机化的抽样方法。要实现单纯随机抽样,应对总体中各个个体进行编码。随机抽样并不意味着随便地、任意地取样,而是应采取一定的方式获取随机数,以确保抽样的随机性。而随机数可以利用随机数表获得,也可以利用掷骰子和抽签的方法获得。

(2) 系统抽样

有系统地将总体分成若干部分,然后从每一个部分抽取一个或若干个个体,组成样本,这一方法称之为系统抽样。在工程质量控制中,系统抽样的实现主要有三种方式:

①将比较大的工程分为若干部分,再根据样本容量的大小,在每部分按比例进行单纯随机抽样,将各部分抽取的样品组合成一个样本。

②间隔定时法。每隔一定的时间,从工作面抽取一个或若干个样品。该方法适合于工序质量控制。

③间隔定量法。每隔一定数量的产品,抽取一个或若干个样品,该方法主要适合于工序质量控制。

(3) 分层抽样

一项工程或工序往往是由若干不同的班组施工的。分层抽样法就是根据此类情况,将工程或工序分为若干层,如:同一个班组施工的工程或工序作为一层,若某项工程或工序是由三个不同的班组施工的,则可分为三层,然后按一定比例确定每层应抽取样品数,对每层则按单纯随机抽样法抽取样品。分层抽样法便于了解每层的质量状况,分析每层产生质量问题的原因。

1.2.3 现场随机取样方法

为了公正、合理地反映工程质量状况,取样的位置不应带有任何倾向性,应该根据随机数表来确定现场取样的具体位置。

应用随机数表确定现场取样位置时,应事先准备好编号从1~28共28块硬纸片,并将其装入布袋中。下面以路基路面现场随机取样方法为例,分测定区间或断面、测点位置两种情况介绍。

1) 测定区间或断面确定方法

(1) 路段确定。根据路基路面施工或验收、质量评定方法等有关规范决定需检测的路段。它可以是一个作业段、一天完成的路段或路线全程。在路基路面工程检查验收时,通常

以 1km 为一个检测路段,此时,检测路段的确定也应按本方法的步骤进行。

(2) 将确定的测试路段划分为一定长度的区间或按桩号间距(一般为 20m)划分若干个断面,并按 1、2、…、 n 进行编号,其中 T 为总的区间数或断面数。

(3) 从布袋中随机摸出一块硬纸片,硬纸片上的号数即为随机数表中的栏号,从 1~28 栏中选出该栏号的一栏(见附表 4)。

(4) 按照测定区间数、断面数的频度要求(总的取样数为 n ,当 $n > 30$ 时应分次进行),依次找出与 A 列中 01、02、…、 n 对应的 B 列中的值,共 n 对对应的 A、B 值。

(5) 将 n 个 B 值与总的区间数或断面数 T 相乘,四舍五入成整数,即得到 n 个断面的编号。

例如,按照有关规范规定,拟从 K30+000~K31+000 的 1km 检测路段中选择 20 个断面测定路面宽度、高程、横坡等外形尺寸,断面决定方法如下:

① 1km 总长的断面数 $T = 1000/20 = 50$ (个),编号 1,2, …,50。

② 从布袋中摸出一块硬纸片,其编号为 14,即使用随机数表的第 14 栏。

③ 从第 14 栏 A 列中挑出小于 20 所对应的 B 列数值,将 B 与 T 相乘,四舍五入得到 20 个编号,并得到 20 个断面的桩号,如表 1-1 所示。

路面宽度、高程、横坡检测断面随机取样计算表

表 1-1

断面编号	14 栏 A 列	B 列	$B \times T$	断面号	桩号	断面编号	14 栏 A 列	B 列	$B \times T$	断面号	桩号
1	17	0.089	4.45	4	K30+080	11	16	0.527	26.35	26	K30+520
2	10	0.149	7.45	7	K30+140	12	5	0.797	39.85	40	K30+800
3	13	0.244	12.2	12	K30+240	13	15	0.801	40.05	40	K30+820
4	8	0.264	13.2	13	K30+260	14	12	0.836	41.8	42	K30+840
5	18	0.285	14.25	14	K30+280	15	4	0.854	42.7	43	K30+860
6	2	0.34	17	17	K30+340	16	11	0.884	44.2	44	K30+880
7	6	0.359	17.95	18	K30+360	17	19	0.886	44.3	44	K30+900
8	20	0.387	19.35	19	K30+380	18	7	0.929	46.45	46	K30+920
9	14	0.392	19.6	20	K30+400	19	9	0.932	46.6	47	k30+940
10	3	0.408	20.4	20	K30+420	20	1	0.97	48.5	49	K30+980

2) 测点位置确定方法

(1) 从布袋中任意取出一块硬纸片,纸片上的号数即为随机数表中的栏号,从 1~28 栏中选出该栏号的一栏。

(2) 按照测点数的频度要求(总的取样数为 n)依次找出栏号的取样位置数,每个栏号均有 A、B、C 三列。根据检验数量 n (当 $n > 30$ 时应分次进行),在所选定栏号的 A 列找出等于所需取样位置数的全部数,如 01、02、…、 n 。

(3) 确定取样位置的纵向距离,找出与 A 列中相对应的 B 列中的数值,以此数乘以检测区间的总长度,并加上该段的起点桩号,即可得出取样位置距该段起点的距离或桩号。

(4) 确定取样位置的横向距离,找出与 A 列中相对应的 C 列中的数值,以此数乘以路基路面的宽度,再减去宽度的一半,即得出取样位置离路中心线的距离。如差值是正值(+),

表示在中心线的右侧;如差值是负值(-),表示在中心线的左侧。

例如,按照有关规范规定,检查验收时拟在 K30+000~K31+000 的 1km 检测路段中选择 6 个测点进行钻孔取样检验压实度、沥青用量和矿料级配等,钻孔位置决定方法如下:

①在 28 栏中选定的随机数栏为栏号 3,栏号 3 随机数表见表 1-2。

栏号 3 随机取样表

表 1-2

A	B	C	A	B	C	A	B	C
21	0.013	0.220	26	0.240	0.981	27	0.543	0.387
30	0.036	0.853	14	0.255	0.374	17	0.625	0.171
10	0.052	0.746	06	0.310	0.043	02	0.699	0.073
25	0.061	0.954	11	0.316	0.653	19	0.702	0.934
29	0.062	0.507	13	0.324	0.585	22	0.816	0.802
18	0.087	0.887	12	0.351	0.275	04	0.838	0.166
24	0.405	0.849	20	0.371	0.535	15	0.604	0.116
07	0.139	0.159	08	0.409	0.495	28	0.969	0.742
01	0.175	0.647	16	0.455	0.740	09	0.974	0.046
23	0.196	0.873	03	0.494	0.929	05	0.977	0.494

②栏号 3 中从上至下小于 6 的数依次为:01、06、03、02、04 及 05。

③随机数表栏号 3 的 B 列中与这 6 个数相应的数为 0.175、0.310、0.494、0.699、0.838 及 0.977。

④取样路段长度 1000m,计算得出 6 个乘积(取样位置与该段起点的距离)分别为 175m、310m、494m、699m、838m、977m。

⑤随机数表栏号 3 的 C 列中与 A 列数值相应的数为 0.647、0.043、0.929、0.073、0.166 及 0.494。

⑥路面宽度为 10m,计算得 6 个乘积分别是 6.47m、0.63m、9.29m、0.73m、1.66m 及 4.94m。因此,6 个取样的横向位置分别是右 1.47m、左 4.37m、右 4.29m、左 4.27m、左 3.34m 及左 0.06m。

上述计算结果可采用表 1-3 表示。

钻孔位置取样选点计算表

表 1-3

栏号		取样路段长 1000m			路面宽度 10m		测点数 6 个
测点编号	A 列	B 列	距起点距离 (m)	桩号	C 列	距路边缘距离 (m)	距中线距离 (m)
1	01	0.175	175	K30+175	0.647	6.47	右 1.47
2	06	0.31	310	K30+310	0.043	0.43	左 4.57
3	03	0.494	494	K30+494	0.929	9.29	右 4.29
4	02	0.699	699	K30+699	0.073	0.73	左 4.27
5	04	0.838	838	K30+838	0.166	1.66	左 3.34
6	05	0.977	977	K30+977	0.494	4.94	左 0.06

1.3 交通基础设施工程质量评定方法

1.3.1 公路工程质量评定与验收

为加强公路工程质量管理,规范公路工程施工质量的检验评定,统一工程质量检验标准和评定标准,保证工程质量,我国交通运输部颁布了《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2017)。该标准是对公路工程质量进行管理、监控和验收的法规性技术文件,是检验评定公路工程质量和等级的标准尺度,适用于公路工程质量监督部门和有资质的检测机构对工程质量的检查鉴定、监理工程师对工程质量的检查认定、施工单位自检和分项工程的交接验收,是公路工程竣工验收的质量评定依据。

该质量评定方法可应用于公路新建与改扩建工程,是公路工程施工质量的最低限值标准。对于特殊地区或采用新材料、新结构、新技术的工程,可结合公路工程质量检验评定标准,并参照相关技术标准或根据实际情况制定相应的质量检验标准,并报主管部门批准。

1.3.1.1 公路工程质量评定的基本知识

1) 公路工程项目划分

根据建设任务、施工管理和质量检验评定的需要,将公路工程项目划分为单位工程、分部工程和分项工程,并按照分项工程、分部工程、单位工程、合同段和建设项目的顺序逐级进行评定。施工单位应按此种工程划分进行质量自检和资料汇总,质量监督部门则按照此种工程划分逐级进行工程质量等级评定。

建设项目中根据签订的合同,在合同段中具有独立施工条件和结构功能的工程称为单位工程。在单位工程中,按路段长度、结构部位及施工特点等划分的工程称为分部工程。在分部工程中,根据施工工序、工艺或材料等划分的工程称为分项工程。其中,单位工程分为路基工程、路面工程、桥梁工程(大、中桥)、隧道工程、绿化工程、声屏障工程、交通安全设施和附属设施等,主要单位工程中分部工程和分项工程的划分内容详见表 1-4 ~ 表 1-6。

路基路面单位工程、分部工程和分项工程的划分

表 1-4

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,软土地基处置,土工合成材料处治层等
	排水工程(1~3km 路段) ^①	管道预制,混凝土排水管施工,检查(雨水)井砌筑,土沟,浆砌排水沟,盲沟,跌水,急流槽,水簸箕,排水泵站沉井、沉淀池等
	小桥及符合小桥标准的通道,人行天桥,渡槽(每座)	钢筋加工及安装,砌体,混凝土扩大基础,钻孔灌注桩,混凝土墩、台、墩、台身安装,台背填土,就地浇筑梁、板,预制安装梁、板,就地浇筑拱圈,混凝土桥面板桥面防水层,支座垫石和挡块,支座安装,伸缩装置安装,栏杆安装,混凝土护栏,桥头搭板,砌体坡面护坡,混凝土构件表面防护,桥梁总体等

续上表

单位工程	分部工程	分项工程
路基工程 (每10km或每标段)	涵洞、通道(1~3km路段) ^①	钢筋加工及安装,涵台,管节预制,管座及涵管安装,波形钢涵管安装,盖板预制,盖板安装,箱涵浇筑,拱涵浇(砌)筑,倒虹吸竖井、集水井砌筑,一字墙和八字墙,涵洞填土,顶进施工的涵洞,砌体坡面护,涵洞总体等
	防护支挡工程(1~3km路段) ^①	砌体挡土墙,墙背填土,边坡锚固防护,土钉支护,砌体坡面护坡,石笼防护,导流工程等
	大型挡土墙,组合式挡土墙(每处)	钢筋加工及安装,砌体挡土墙,悬臂式挡土墙,扶壁式挡土墙,锚杆,锚定板和加筋土挡土墙,墙背填土等
路面工程 (每10km或每标段)	路面工程(1~3km路段) ^①	垫层,底基层,基层,面层,路缘石,路肩等

注: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。

桥梁工程单位工程、分部工程和分项工程的划分

表 1-5

单位工程	分部工程	分项工程
桥梁工程 ^① (每座或每合同段)	基础及下部构造(1~3墩台) ^②	钢筋加工及安装,预应力筋加工和张拉,预应力管道压浆,混凝土扩大基础,钻孔灌注桩,挖孔桩,沉井,沉入桩,灌注桩桩底压浆,地下连续墙,沉井,沉井、钢围堰的混凝土封底,承台等大体积混凝土结构,砌体,混凝土墩、台、墩、台身安装,支座垫石和挡块,拱桥组合桥台,台背填土等
	上部构造预制和安装(1~3跨) ^②	钢筋加工及安装,预应力筋加工和张拉,预应力管道压浆,预制安装梁、板,悬臂施工梁,顶推施工梁,转体施工梁,拱圈节段预制,拱的安装,转体施工拱,中下承式拱吊杆和柔性系杆,钢性系杆,钢梁制作,钢梁安装,钢梁防护等
	上部构造现场浇筑(1~3跨) ^②	钢筋加工及安装,预应力筋的加工和张拉,预应力管道压浆,现浇拱圈,劲性骨架混凝土拱,钢管混凝土拱,中下承式拱吊杆和柔性系杆,钢性系杆等
	桥面系、附属工程及桥梁总体	钢筋加工及安装,混凝土桥面板桥面防水层,钢桥面板上防水黏结层,混凝土桥面板桥面铺装,钢桥面板上沥青混凝土铺装,支座安装,伸缩装置安装,人行道铺设,栏杆安装,混凝土护栏,钢桥上钢护栏安装,桥头搭板,混凝土小型构件预制,砌体坡面护坡,混凝土构件表面防护,桥梁总体等
	防护工程	砌体坡面护坡,护岸 ^③ ,导流工程等
	引道工程	见路基、路面工程的分项工程

注:①分幅桥梁按照单幅划分,特大斜拉桥和悬索桥按照规定进行划分,其他斜拉桥和悬索桥可作为一个单位工程参照规定进行划分。

②按单孔跨径确定的特大桥取1,其余根据规模取2或3。

③护岸可参照挡土墙进行划分。