

# 公路工程检测技术

(修订版)

主 编 费月英 任小艳

主 审 张洪亮

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

---

图书在版编目 ( C I P ) 数据

公路工程检测技术 / 费月英, 任小艳主编. 一修订版. —成都: 西南交通大学出版社, 2022.12  
ISBN 978-7-5643-8979-6

I. ①公… II. ①费… ②任… III. ①道路工程—检测—高等教育—教材 IV. ①U415.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 197924 号

---

Gonglu Gongcheng Jiance Jishu

公路工程检测技术 (修订版)

主 编 / 费月英 任小艳

责任编辑 / 王同晓

封面设计 / GT 工作室

西南交通大学出版社出版发行  
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564 028-87600533

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 成都中永印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 20.25 字数 506 千

版次 2022 年 12 月第 1 版

印次 2022 年 12 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-8979-6

定价 48.00 元

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

## 修订版前言

公路工程检测技术是道路与桥梁工程技术、道路工程检测技术、工程造价、建设工程监理及道路养护与管理等道路桥梁专业群的一门技能性较强、理论与实践并重的专业核心课程。《公路工程检测技术》(第1版)是为适应公路工程建设对专业技术人员的需求,并突出职业技术学院办学理念,依据教育部对高职高专人才培养目标、培养规格、培养模式及与之相适应的知识、技能、能力和职业素质的要求编写的教材,并于2019年6月于西南交通大学出版社出版发行。本教材自出版后,受到广大师生的好评,也得到生产一线检测人员和社会考生的认可和肯定。

2022年7月国家发展改革委和交通运输部印发了新的《国家公路网规划》,规划期至2035年,并远景展望至21世纪中叶。随着我国公路建设的不断发展,相关标准、规范体系也在不断完善,《公路路基路面现场测试规程》(JTG 3450—2019)、《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG 3420—2020)、《公路土工试验规程》(JTG 3430—2020)等一些新标准和新规程也陆续颁布实施。为了使教材内容能更好地提供最新的知识和技术,编者在第1版的基础上结合新规范和新技术,对教材内容做了大量修订。

教材修订过程中,为了更好地适应公路工程检测技术的职业特点,突出教材的科学性和实践性,特邀甘肃省公路工程质量检测中心有限公司总工程师车俊霖参与本教材的体系框架、具体内容等的编写任务。教材编写以实现培育高技术技能人才为目标,实现教材内容与交通运输部公路试验检测人员职业岗位标准无缝对接,引入了新规范和新标准,内容安排以公路工程实测项目为顺序,理论体系适度,组织结构合理,既有基本技能培养,又有工程案例的综合能力提升,突出工匠精神、职业道德、职业技能和就业创业能力教育的全面融合。

本教材不仅适合交通土建系列高职高专、中专类学生作为公路工程试验检测教材,也可以作为公路工程生产一线试验检测技术人员岗位培训或自学的参考资料。

本教材由甘肃交通职业技术学院费月英和任小艳担任主编。具体编写分工如下:项目

1、项目 3 中任务 3.1-3.9 由费月英编写，项目 2 和项目 3 中任务 3.10 由任小艳编写，项目 4 由甘肃省公路工程质量检测中心有限公司总工车俊霖编写，项目 5 由甘肃信尔达工程试验检测有限公司总经理胡天翔编写。全书由费月英统稿，长安大学张洪亮教授主审。

本教材在编写过程中，参考了国内近年来正式出版的相关规范和教材，特此向相关编者表示衷心的感谢。

限于编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2022 年 10 月

# 第 1 版前言

公路工程检测技术是道路桥梁工程技术专业、工程造价专业、建设监理专业及道路养护与管理等专业的一门技能性较强的专业核心课程，是一门理论与实践并重的课程。《公路工程检测技术》教材是为适应公路工程建设对专业技术人才的需求和突出职业技术学院办学理念，依据教育部对高职高专人才培养目标、培养规格、培养模式及与之相适应的知识、技能、能力和职业素质的要求，根据我国现行有关规范及相关标准进行编写的。本书编审人员不仅具有较高的理论知识，同时具有丰富的实践工作经验。

本书编写过程中，广泛征求了交通行业和企业生产一线的试验检测人员，了解了试验检测岗位对高素质技术技能人才在知识、能力与素质方面的要求，内容以实用、实际、实效为原则，紧密结合公路工程检测技术要求，全部引入了新标准、新规范和新规程。本书的内容安排以公路工程实测项目为顺序，理论体系适度，组织结构合理，有较强的针对性和实用性。书中每个项目后面均附有和内容紧密相关的复习考核题，方便使用者对知识内容的学习和进一步掌握。

本书不仅适合交通土建系列高职高专、中专类学生作为公路工程试验检测教材，也可以作为公路工程生产一线试验检测技术人员岗位培训或自学的参考资料。

本书由甘肃交通职业技术学院费月英和任小艳担任主编。具体编写分工如下：项目 1、项目 3 中任务 3.1~3.9 和项目 4 由费月英编写，项目 2 和项目三中任务 3.10 由任小艳编写，项目 5 由甘肃信尔达工程试验检测有限公司总经理胡天翔编写，试验检测用表由天水市职业技术学校张玲玲整理编写。全书由费月英统稿，长安大学张洪亮教授主审。

由于编者水平有限，书中不妥和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2019 年 1 月



# 目 录

|         |                      |     |
|---------|----------------------|-----|
| 项目 1    | 试验检测知识 .....         | 1   |
| 任务 1.1  | 试验检测基础知识 .....       | 1   |
| 任务 1.2  | 试验检测数据的分析与处理 .....   | 4   |
| 任务 1.3  | 公路工程质量检验评定方法 .....   | 14  |
| 项目 2    | 公路工程常用混合料性能检测 .....  | 23  |
| 任务 2.1  | 无机结合料稳定材料检测 .....    | 23  |
| 任务 2.2  | 水泥混凝土及水泥砂浆性能检测 ..... | 47  |
| 任务 2.3  | 沥青混合料性能检测 .....      | 61  |
| 项目 3    | 路基路面工程技术性能检测 .....   | 85  |
| 任务 3.1  | 路基路面现场检测选点方法 .....   | 85  |
| 任务 3.2  | 路基路面压实度检测 .....      | 96  |
| 任务 3.3  | 路基路面几何尺寸检测 .....     | 120 |
| 任务 3.4  | 路基路面承载力检测 .....      | 127 |
| 任务 3.5  | 路基路面平整度检测 .....      | 151 |
| 任务 3.6  | 路面厚度检测 .....         | 162 |
| 任务 3.7  | 路面抗滑性能检测 .....       | 170 |
| 任务 3.8  | 沥青路面渗水系数检测 .....     | 188 |
| 任务 3.9  | 路面外观检测 .....         | 192 |
| 任务 3.10 | 工程案例 .....           | 196 |
| 项目 4    | 桥梁工程技术性能检测 .....     | 227 |
| 任务 4.1  | 地基与基础试验检测 .....      | 227 |
| 任务 4.2  | 桥梁上部结构检测 .....       | 250 |
| 任务 4.3  | 桥梁荷载试验 .....         | 279 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 项目 5 隧道工程技术性能检测 .....   | 288 |
| 任务 5.1 隧道支护施工质量检测 ..... | 289 |
| 任务 5.2 隧道施工监控量测 .....   | 300 |
| 附表一 一般取样的随机数 .....      | 309 |
| 附表二 $t$ 分布概率系数 .....    | 313 |
| 参考文献 .....              | 314 |
| 参考标准 .....              | 315 |



近年来，我国公路交通事业发展迅猛。截至 2021 年年底，全国公路通车里程达 528.07 万千米，其中高速公路 16.91 万千米。根据国家发展改革委交通运输部制定的《国家公路网规划》<sup>①</sup>，普通国道网由 12 条首都放射线、47 条北南纵线、60 条东西横线以及 182 条联络线组成，规划总规模约 29.9 万千米。2035 年国家高速公路网总规模约 16.2 万千米，另规划了 0.8 万千米的远期展望线。最终形成、覆盖广泛、功能完善、集约高效、绿色智能、安全可靠的现代化高质量国家公路网，实现国际省际互联互通、城市群间多路连通、城市群城际便捷畅通、地级城市高速畅达、县级节点全面覆盖、沿边沿海公路连续贯通。到 21 世纪中叶，高水平建成与现代化高质量国家综合立体交通网相匹配、与先进信息网络相融合、与生态文明相协调、与总体国家安全观相统一、与人民美好生活需要相适应的国家公路网，有力支撑全面建成现代化经济体系和社会主义现代化强国。

由此可见，中国公路建设仍将保持高速发展，而质量是公路建设中一项永恒的主题。在公路建设中，为了加强公路工程施工质量管理，工程建设实行“政府监督、社会监理和企业自检”的质量保证体系，而各级质量监督部门、建设监理机构，以及承担建设施工任务的企业控制质量的主要手段则是依据国家和交通运输部颁布的相关法规，技术标准、规范和规程，并确保监督、监理和自检工作的有效实施。

## 项目 1 试验检测知识

### 【学习目标】

- (1) 了解公路工程试验检测的目的及意义。
- (2) 熟悉试验检测人员的要求及工作细则。
- (3) 能正确计算质量数据的统计特征值。
- (4) 能正确运用质量数据的修约规则。
- (5) 能运用可疑数据的取舍方法对大量检测数据进行取舍。
- (6) 能正确对公路工程质量进行检验与评定。

### 任务 1.1 试验检测基础知识

---

<sup>①</sup> 2022 年 7 月发布的《国家公路网规划》，规划期至 2035 年，远景展望到 21 世纪中叶。

## 一、试验检测的目的和意义

在公路建设中，质量是工程建设的关键，任何一个环节、任何一个部位出现问题，都会给工程的整体质量带来严重后果，直接影响到公路的使用效益和安全性能。因此，在现场施工的质量控制中，配备与质量控制和管理相匹配的常规标准试验仪器和采用适宜的检测方法，进行必要的试验检测，对确保工程质量具有十分重要的作用。

工程试验检测工作是道路和桥隧工程施工技术管理中的一个重要组成部分，也是施工质量控制和竣工验收评定工作中不可缺少的一个环节。试验检测能充分地利用当地原材料，能迅速推广应用新材料、新技术和新工艺，能用定量的方法科学地评定各种材料和构件的质量，能合理地控制并科学地评定工程质量。因此，工程质量检测工作对提高工程质量、加快工程进度、降低工程造价、推动道路和桥隧工程施工技术进步，将起到至关重要的作用。

随着公路技术等级的提高，质量检测、施工质量控制和验收工作引起了各级公路管理部门以及施工单位的高度重视。作为工程试验检测人员或质量控制管理人员，在整个施工期间应吃透并领会设计文件，熟悉现行施工技术规范 and 试验检测规程，很好地掌握专业基本知识、有关技术规定、试验检测基本理论和试验测试操作技能，严格做好道路和桥隧工程所用材料质量、施工控制参数、现场施工过程质量和分部分项工程验收四个关键环节的把关工作，提供客观准确的试验检测结果和真实可靠的结论。

## 二、试验检测人员要求

为确保检测工作质量，试验检测人员应认真履行岗位职责，做好本职工作，应根据以下要求，发现自己的不足之处，努力提高自己的能力。

(1) 检测人员应熟悉检测任务、内容、项目，合理选择检测仪器，熟悉仪器的性能。使用精密、贵重、大型检测仪器设备的人员，应经过培训，考核合格后，取得操作证书方可上岗操作，并能进行日常养护，进行一般或常规仪器的检验与校正。

(2) 检测人员应掌握与所检测项目相关的技术标准，了解本领域国内外测试技术、检测仪器的现状及发展方向，并具有学习与应用国内外最新技术进行检测的能力。

(3) 检测人员应能正确如实地填写试验检测原始记录。试验检测原始记录的填写一律采用碳素笔或黑墨水钢笔，不得用铅笔、圆珠笔、红或蓝色墨水的钢笔。试验检测原始记录的内容应完整，必须有试验检测人员和复核人员的签名。试验检测原始记录如确需更改，应在作废数据上画两条水平线，将正确数据填在上方，加盖更改人的印章。原始记录保管期不得少于六年。检测结果必须由在本领域五年以上工作经验者校核，校核者必须在检测记录和报告中签字，以示负责。校核者必须认真核对检测数据，校核量不得少于所检测项目的5%。

(4) 试验检测人员应了解计量法常识及国际单位制基本内容，能运用数理统计方面的知识对检测结果进行数据处理。

(5) 检测人员要坚持原则、忠于职守、作风正派、秉公办事，不弄虚作假，要以检测数

据为依据，以质量标准与评定标准为准绳。

### 三、试验检测工作细则

每项试验检测方法应根据有关国家或部门颁布的现行最新技术标准、操作规程和有关行业工作规范制定详细的实施细则。

#### 1. 实施细则的内容

- (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) 对检测仪器的校准检验和校准检验结果。
- (7) 对检测仪器和样品或试件的基本要求。
- (8) 对环境条件等的要求，以及从保证计量检测结果可靠角度出发所允许的变化范围的规定。
- (9) 在检测过程中发生异常现象的处理办法。
- (10) 在检测过程中发生意外事故的处理办法。
- (11) 检测结果计算整理分析办法。

#### 2. 实施细则的有关方法

(1) 抽样。抽样方法为随机抽样，确定样本大小后，由委托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同送往试验检测地点。

(2) 样本大小的确定。凡产品技术标准中已规定样本大小的，按规定标准执行；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标准中规定的方法确定，也可按百分比抽样，但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。

(3) 样本的处理。样本确定后，抽样人员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。运输方式应以不损坏样本的外观及性能为要求。样本箱、样品桶、样品的包装也应满足上述要求。

(4) 样本信息填写。抽样结束后由抽样人员填写样品登记表，登记表应包括以下内容：产品生产单位、产品名称、产品型号、样品中单件产品编号及封样的编号、抽样依据、样本大小、抽样基数、抽样地点、运输方式、抽样日期、抽样人员姓名、封样人员姓名等。

### 3. 注意事项

(1) 对于比较重要的检测项目，若采用专门检测设备，应通过试验确定其检测数据的重复性。

(2) 对于某些比较简单的试验检测项目，如果标准规定得很细，能满足上述要求时可不制定实施细则。

## 任务 1.2 试验检测数据的分析与处理

工程质量的评价是以试验检测数据为依据的，试验检测采集得到的原始数据类多量大，有时杂乱无章，甚至还有错误。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。本任务以数理统计与概率论为基础，介绍试验检测数据的分析与处理。

### 一、抽样检验基础

#### (一) 总体与样本

检验是质量管理工作的重要内容之一，常称质量检验，其主要功能是对产品的合格性进行控制。在工程质量检验中，除重要项目外，大多数采用抽样检验，这就涉及总体与样本的概念。

总体又称母体，是统计分析中所要研究对象的全体，而组成总体的每个单元称为个体。

从总体中抽取一部分个体就是样本（又称子样）。例如，从每一桶沥青中抽取 2 个试样，一批沥青有 100 桶，抽检了 200 个试样做试验，则这 100 桶沥青称为总体，200 个试样就是样本。而组成样本的每一个个体，即为样品。例如上述 200 个试样中的某一个，就是该样本中的一个样品。总体与样本的关系如图 1-1 所示。

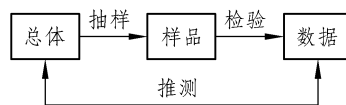


图 1-1 总体与样本的关系

检验的基本意义在于：用某种方法检验物品的结果与质量判定标准相比较，判断出各个物品是“优良品”还是“不良品”，或者与产品“批”的判定标准作比较，判断出批是“合格批”还是“不合格批”。从此意义上说，检验分为对“各个产品”的检验和对“批”的检验。这两种检验过程可分别用图 1-2 和图 1-3 表示。

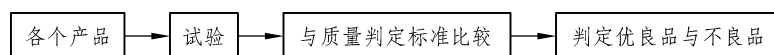


图 1-2 对各个物品的检验过程

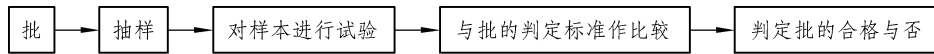


图 1-3 对批进行检验的过程

## (二) 抽样检验的意义

在产品检验中，全数检验的应用场合很少，大多数情况下是采取抽样检验，原因如下：

(1) 由于无破损检验仪器器械的种类少，性能难以稳定，在不采用无破损性检验时，就得采用破坏性检验，而破坏性检验是不可能对全部产品都做检验的。

(2) 当检验对象为连续性物体或粉块混合物时（如油、沥青、水泥等），在一般情况不可能对全体物品的质量特性进行检测试验。

(3) 由于产品批的质量往往有所波动，尤其是在产品量大、金额高、检验项目多的场合，采用全数检验实际上做不到，用无损检验也有可能由于产品不良品率高而带来重大经济损失。此时，抽样检验则十分必要。

(4) 抽样检验由于检验的样本较小，因而可以收集质量信息，提高检验的全面程度和促进产品质量的改善。

## (三) 抽样检验的条件

抽样检验是从某批产品中抽取较少的样本进行检验，根据试验结果来判定全批产品合格还是不合格。因此，为使抽样检验对判定质量好坏提供准确的信息，必须注意抽样检验应具备的条件。

### 1. 要明确批的划分

即要注意使同批产品在原材料、工艺条件、生产时间等方面具备基本相同的条件。例如，抽样检验水泥、沥青等物品的质量特性时，应将相同厂家、相同品种或强度等级的产品作为一个批，而不能将不同生产厂家和不同牌号的水泥或沥青划在一个批内。

### 2. 必须抽取能代表批的样本

由于抽样检验是以样本检验结果来推断批的好坏，故样本的代表性尤为重要。为使所抽取的样本能成为批的可靠代表，常采用如下方法：

(1) 单纯随机取样。这是一种完全随机化的取样，它适用于对总体缺乏基本了解的场合。“随机”取样不同于“随便”取样。随机取样是利用随机表或随机数骰子等工具进行的取样，它可以保证总体每个单位出现的概率相同。

(2) 分层取样。当批量或工序被分为若干层时，可从所有分层中按一定比例取样。例如有两台拌和机同时拌制原材料相同的同强度等级的混凝土，为了检验生产混凝土的质量特性，采用抽样方法时，应注意对两台拌和机分别取样，这样便于了解不同“层”的产品质量特性，研究各层造成不良品率的原因（见图 1-4），也可将甲、乙样品混合进行试验，以了解混合产品的质量特性。

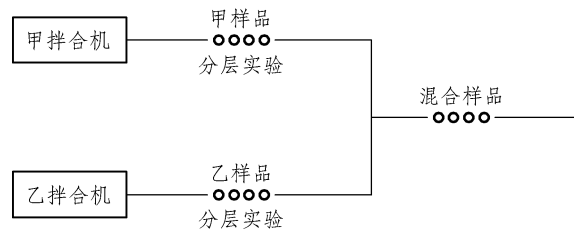


图 1-4 分层取样示例

(3) 两级取样。当物品堆积在一起构成批量时，由许多货箱堆积在一起，按单纯随机取样相当麻烦。此时，可先将若干箱中进行第一级随机取样，挑出部分箱物品，然后再从已挑选出的箱中对物品进行随机取样（见图 1-5）。

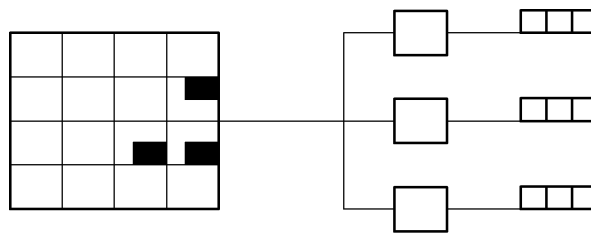


图 1-5 两级取样示意

(4) 系统取样。当对总体实行单纯随机抽样有困难时，如连续作业时抽样、产品为连续体时的抽样（如测试公路路基的弯沉值）等，可采用一定间隔进行抽取的抽样方法，称为系统抽样或等距抽样。

例如，现要求测试 1 000 m 路基的弯沉值，由于路基是连续体，可采取每 20 m 或 50 m 测试一点（或两点）的办法做抽样测试。这时可用掷骰子或其他方法确定起点位置，如从 K0+010 开始，然后分别测试 K0+030，K0+050，……或 K0+060，K0+110，……这些位置的弯沉值。

系统抽样还适合流水生产线上的取样，但应注意，当产品质量特性发生变化时，易产生较大偏差。

### 3. 要明确检验标准

所谓检验标准，是指对于一批产品中不良品的质量判定标准，如路基压实度小于 93% 的为不合格，二级公路水泥稳定土基层材料现场抽样的 7 d 龄期抗压强度小于 2.0 MPa 时为强度不合格等。

### 4. 要有统一的检测试验方法

产品质量判定标准应与统一的检测试验方法所测试结果相对比，如果试验方法不统一，试验结果偏差很大，容易造成各种误判，抽样检验也就失去了其应有的意义。对于公路工程各种产品，大多数情况为现场加工制作，质量检测也大多在现场进行。因此，加强现场检测方法的统一、检测仪器性能的稳定、提高操作人员的技术熟练程度是十分重要的。

**【例 1-1】**有一批产品，共 100 箱，每箱 200 件，从中选择 200 个样品。试判断下列取样分别属于哪种类型的取样？

(1) 从整批中，任意抽取 200 件。

- (2) 从整批中，分别从每箱中任意抽取 2 件。
- (3) 从整批中，随机抽取 10 箱，再从 10 箱中随机抽取 200 件。
- (4) 从整批中，先分成 10 组，每组为 10 箱，然后分别从各组中任意抽取 20 件。

根据随机取样的概念，上述取样方法分别为单纯随机取样、分层取样、两级取样、系统取样。

## 二、数据的统计特征

工程质量数据的统计特征量分为两类：一类表示统计数据的差异性，即工程质量的波动性，主要有极差、标准偏差、变异系数等；另一类是表示统计数据的规律性，主要有算术平均值、中位数、加权平均值等。

### 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。样本的算术平均值则用  $\bar{x}$  表示。如果  $n$  个样本数据为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，那么，样本的算术平均值为：

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

**【例 1-2】**某路段沥青混凝土面层抗滑性能检测，摆值  $BPN$  的检测值（共 10 个测点）分别为 57、56、59、54、49、53、50、62、57、54。求摆值的算术平均值。

**解：**由式（1-1）可知，摩擦系数的算术平均值为：

$$\overline{BPN} = (57+56+59+54+49+53+50+62+57+54) / 10 = 55.1$$

### 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  $x_0$  表示。 $n$  为奇数时，正中间的数只有 1 个； $n$  为偶数时，正中间的数有两个，取这两个数的平均值作为中位数，即：

$$x_0 = \begin{cases} \frac{x_{\frac{n+1}{2}}}{2} & n \text{ 为奇数} \\ \frac{1}{2} \left( \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2} \right) & n \text{ 为偶数} \end{cases} \quad (1-2)$$

**【例 1-3】**检测值  $BPN$  同例 1-2，求中位数。

**解：**检测值  $BPN$  按大小次序排列为 62、59、57、57、56、54、54、53、50、49，则中位数为：

$$\hat{BPN} = \frac{BPN_{(5)} + BPN_{(6)}}{2} = 55$$

### 3. 极 差

在一组数据中最大值与最小值之差，称为极差，记为  $R$ ：

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1-3)$$

【例 1-4】例 1-2 检测数据的极差为：

$$R = BPN_{\max} - BPN_{\min} = 62 - 49 = 13$$

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。

#### 4. 标准偏差

标准偏差有时也称标准离差、标准差或称均方差，它是衡量样本数据波动性（离散程度）的指标。在质量检验中，总体的标准偏差  $\sigma$  一般不易求得。样本的标准偏差  $S$  按式(1-4)计算：

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1-4)$$

【例 1-5】仍用例 1-2 的数据，求样本标准偏差  $S$ 。

解：样本标准偏差为：

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}} = 3.96$$

#### 5. 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；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

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1-5)$$

【例 1-6】若甲路段沥青混凝土面层的摆值算术平均值为 55.2，标准偏差为 4.13；乙路段的摆值算术平均值为 60.8，标准偏差 4.27。则两路段的变异系数为：

$$\text{甲路段} \quad C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% = 7.48\%$$

$$\text{乙路段} \quad C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% = 7.02\%$$

从标准偏差看， $S_{\text{甲}} < S_{\text{乙}}$ 。但从变异系数分析， $C_{v\text{甲}} > C_{v\text{乙}}$ ，说明甲路段的摆值相对波动比乙路段的大，面层抗滑稳定性较差。

### 三、数据的修约规则

#### (一) 概 述

工程质量控制、评价是以数据为依据的，质量控制中常说的“一切用数据说话”，就是要



用数据来反映工程质量状况及判断质量效果。

质量数据的来源，主要是工程建设过程中的各种检验，即材料检验、工序检验、竣工验收检验，也包括使用过程中的必要检验。只有通过对其收集、处理及分析，才能达到对生产施工过程的了解、掌握及控制。没有质量数据，就不可能有现代化的、科学的质量控制。

质量数据就其本身的特性来说，可以分为计量值数据和计数值数据。

### 1. 计量值数据

计量值数据是可以连续取值的数据，表现形式是连续型的，如长度、厚度、直径、强度、化学成分等质量特征，一般都是可以用检测工具或仪器等测量（或试验）的，类似这些质量特征的测量数据，一般都带有小数，如长度为 1.15 m、1.18 m 等。

在工程质量检验中得出的原始检验数据大部分是计量值数据。

### 2. 计数值数据

有些反映质量状况的数据是不能用测量器具来度量的。为了反映或描述属于这种类型内容的质量状况，而又必须用数据来表示时，便采用计数的办法，即用 1、2、3…连续地数出个数或次数，凡属于这样性质的数据即为计数值数据。计数值数据的特点是不连续，并只能出现 0、1、2…非负的整数，不可能有小数，如不合格品数、不合格的构件数、缺陷的点数等。一般来说，以判断方法得出的数据和以感觉性检验方法得出的数据大多属于计数值数据。

计数值数据有两种表示方法。一种是直接用计数出来的次数、点数来表示（称  $P_n$  数据）；一种是把它们（ $P_n$  数据）与总检查次（点）数相比，用百分数表示（ $P$  数据）。 $P$  数据在工程检验中是经常使用的，如某分项工程的质量合格率为 90%，即是表示经检查为合格的点（次）数与总检查点（次）数的比值为 90%。但也应注意，不是所有的百分数表示的数据都是计数值数据，因为当分子、分母为计量值数据时，则计算出来的百分数也应是计量值数据。一般地，在用百分数表示数据时，当分子、分母为计量值数据时，分数值为计量值数据；当分子、分母为计数值数据时，分数值为计数值数据。

## （二）术 语

数据获得后，还涉及数据的定位问题，也就是对规定精确程度范围之外的数字如何取舍的问题。

### 1. 修约间隔

修约间隔指修约值的最小数值单位。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 1 位小数。

例如指定修约间隔为 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。

## 2. 0.5 单位修约 (半个单位修约)

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。

例如, 将 60.28 修约到个位数的 0.5 单位, 得 60.5 [修约方法见本规则 (四) 1]。

## 3. 0.2 单位修约

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。

例如, 将 832 修约到“百”数位的 0.2 单位, 得 840 [修约方法见本规则 (四) 2]。

## 4. 数据修约

通过省略原数值的若干位数字, 调整所保留的末位数字, 使最后所得到的值最接近原数值的过程。

### (三) 质量数据的修约规则

(1) 拟舍去的数字中, 其最左面的第一位数字小于 5 时, 则舍去, 留下的数字不变。

例如, 将 12.149 修约只留 1 位小数时, 其拟舍去的数字中最左面的第一位数字是 4, 则可舍去, 得 12.1。

(2) 拟舍去的数字中, 其最左面的第一位数字大于 5 时, 则进 1, 即所留下的末位数字加 1。

例如, 将 12.161 修约只留 1 位小数时, 其拟舍去的数字中最左面的第一位数字是 6, 则进 1, 得 12.2。

(3) 拟舍去的数字中, 其最左面的第一位数字等于 5, 而后面的数字并非全是 0 时, 则进 1, 即所留下的末位数字加 1。

例如, 将 10.050 2 修约只留 1 位小数时, 其拟舍去的数字中最左面的第一位数字是 5, 5 后面的数字还有 02, 故应进 1, 得 10.1。

(4) 拟舍去的数字中, 其最左面第一位数字等于 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) 则舍去。

例如, 下列各数字修约间隔为 0.1, 则其修约结果为:

| 拟修约数值 | 修约值 | 分析原因        |
|-------|-----|-------------|
| 1.250 | 1.2 | 5 前面的 2 为偶数 |
| 1.350 | 1.4 | 5 前面的 3 为奇数 |

(5) 拟修约数字应在确定修约位数后一次修约获得结果, 而不得多次连续修约。

例如, 修约 15.454 6, 修约间隔为 1。

正确的做法:

15.454 6    15

不正确的做法:

15.454 6    15.455    15.46    15.5    16

上述数值修约规则 (有时称之为“奇升偶舍法”) 可归纳为以下几句口诀: 四舍六入五考

虑，五后非零则进一，五后为零视奇偶，奇升偶舍要注意，修约一次要到位。

该修约法与以往用的“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，用上述修约规则，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。

#### (四) 0.5 单位修约与 0.2 单位修约

必要时，可采用 0.5 单位修约和 0.2 单位修约。

##### 1. 0.5 单位修约

将拟修约数值乘以 2，按指定数位依本规则（三）修约，所得数值再除以 2。

例如，将下列数字修约到“个”数位的 0.5 单位（或修约间隔为 0.5）

| 拟修约数值<br>(A) | 乘 2<br>(2A) | 2A 修约值<br>(修约间隔为 1) | A 修约值<br>(修约间隔为 0.5) |
|--------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 60.25        | 120.50      | 120                 | 60.0                 |
| 60.38        | 120.76      | 121                 | 60.5                 |

##### 2. 0.2 单位修约

将拟修约数值乘以 5，按指定数位依本规则（三）修约，所得数值再除以 5。

例如，将下列数字修约到“百”数位的 0.2 单位（或修约间隔为 20）

| 拟修约数值<br>(A) | 乘 5<br>(5A) | 5A 修约值<br>(修约间隔为 100) | A 修约值<br>(修约间隔为 20) |
|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| 830          | 4 150       | 4 200                 | 840                 |
| 842          | 4 210       | 4 200                 | 840                 |

#### 四、可疑数据的取舍方法

工程质量常会发生波动情况。由于质量的波动，自然会引起质量检测数据的参差不齐，有时还会发现一些明显过大或过小的数据，这些数据为可疑数据。因此，在进行数据分析之前，应用数理统计法判别其真伪，并决定取舍。常用的方法如下所述。

##### 1. 拉依达法

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

$$|x_i - \bar{x}| > 3S \quad (1-6)$$

则该测量数据应舍弃。

由于该方法是以 3 倍标准偏差为判别标准，所以亦称 3 倍标准偏差法，简称 3S 法。

判别标准取 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为 0.27%，也就是在近 400 次试验中才能遇到 1 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）、试验过程中，有可疑的变异时，该测量值则应予舍弃。

【例 1-7】试验室进行同配比的混凝土强度试验，其试验结果为（ $n=10$ ）：25.8、25.4、31.0、25.5、27.0、24.8、25.0、26.0、24.5、23.0（MPa），试用 3S 法判别其取舍。

解：分析上述 10 个测量数据， $x_{\min}=23.0$  MPa 和  $x_{\max}=31.0$  MPa 最可疑，故应首先判别  $x_{\min}$  和  $x_{\max}$ 。经计算：

$$\bar{x}=25.8 \text{ MPa}, S=2.1 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{因} \quad |x_{\max} - \bar{x}| &= |31.0 - 25.8| = 5.2 \text{ MPa} < 3S = 6.3 \text{ MPa} \\ |x_{\min} - \bar{x}| &= |23.0 - 25.8| = 2.8 \text{ MPa} < 3S = 6.3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

故上述测量数据均不能舍弃。

拉依达法简单方便，不需查表，但要求范围较宽，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时（如  $n < 10$ ），在一组测量值中即使混有异常值，也无法舍弃。

## 2. 肖维纳特法

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（ $-K_n \cdot S$ ， $K_n \cdot S$ ），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。因此，肖维纳特法可疑数据舍弃的标准为

$$\frac{|x_i - \bar{x}|}{S} \geq K_n \quad (1-7)$$

式中： $K_n$ ——肖维纳特系数，与试验次数  $n$  有关，如表 1-1 所示。

表 1-1 肖维纳特系数  $K_n$

| $n$ | $K_n$ | $n$ | $K_n$ | $n$ | $K_n$ | $n$ | $K_n$ | $n$ | $K_n$ | $n$ | $K_n$ |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 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  | 2.12  | 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  |

【例 1-8】结果同例 1-7，试用肖维纳特法进行判别。

解：查表 1-1，当  $n=10$  时  $K_n=1.96$ 。对于测量值 31.0，则有

$$\frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = 2.48 > K_n = 1.96$$

说明测量数据值 31.0 是异常的，应予舍弃。这一结果与拉依达法的结果是不一致的。

肖维纳特法改善了拉依达法，但从理论上分析，当  $n \rightarrow \infty$ ， $K_n \rightarrow \infty$ ，此时所有异常值都无法舍弃。此外，肖维纳特系数与置信水平之间无明确联系，已逐渐被格拉布斯法所代替。

### 3. 格拉布斯法

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。做  $n$  次重复试验，测得结果为  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ ，而且  $x_i$  服从正态分布。

为了检验  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 中是否有可疑值，可将  $x_i$  按其值由小到大顺序重新排序，得

$$x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$$

根据顺序统计原则，给出标准化顺序统计量  $g$ ：

$$\begin{cases} \text{当最小值 } x_{(1)} \text{ 可疑时, 则 } g_{(1)} = \frac{\bar{x} - x_{(1)}}{S} \\ \text{当最大值 } x_{(n)} \text{ 可疑时, 则 } g_{(n)} = \frac{x_{(n)} - \bar{x}}{S} \end{cases} \quad (1-8)$$

式中： $\bar{x}$ ——测量值的算术平均值；

$S$ ——测量值的标准偏差。

根据格拉布斯统计量的分布，在指定的显著性水平  $\beta$ （一般  $\beta = 0.05$ ）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

$$g \geq g_0(\beta, n) \quad (1-9)$$

则可疑值  $x_{(i)}$  是异常的，应予舍去。其中  $g_0(\beta, n)$  值列于表1-2。

表 1-2 格拉布斯系数  $g_0(\beta, n)$

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

|  |  |  |  |  |  |     |      |      |
|--|--|--|--|--|--|-----|------|------|
|  |  |  |  |  |  | 100 | 3.59 | 3.17 |
|--|--|--|--|--|--|-----|------|------|

利用格拉布斯法每次只能舍弃 1 个可疑值，若有 2 个以上的可疑数据，应该一个一个地舍弃，舍弃第一个数据后，检测次数由  $n$  变为  $n-1$ ，以此为基础再判别第二个可疑数据是否应舍去。每次均值和均方差要重新计算，再决定取舍。

【例 1-9】试用格拉布斯法判别例 1-7 测量数据的真伪。

解：（1）测量数据按从小到大次序排列如下：

$$23.0, 24.5, 24.8, 25.0, 25.4, 25.5, 25.8, 26.0, 27.0, 31.0$$

（2）计算数据特征。

$$\bar{x} = 25.8 \text{ MPa}, S = 2.1 \text{ MPa}$$

（3）计算统计量。

$$g_{(1)} = \frac{\bar{x} - x_{(1)}}{S} = \frac{25.8 - 23.0}{2.1} = 1.33$$

$$g_{(10)} = \frac{x_{(10)} - \bar{x}}{S} = \frac{31.0 - 25.8}{2.1} = 2.48$$

由于  $g_{(10)} > g_{(1)}$ ，故先判别  $x_{(10)} = 31.0$ 。

（4）选定显著性水平  $\beta = 0.05$ ，并根据  $\beta = 0.05$  和  $n = 10$ ，查表 1-2 得到

$$g_0(0.05, 10) = 2.18$$

（5）判别。

由于  $g_{(10)} = 2.48 > g_0(0.05, 10) = 2.18$ ，所以  $x_{(10)} = 31.0$  为异常值，应予以舍弃。这一结论与肖维纳特法结论是一致的。

仿照上述方法继续对余下的 9 个数据进行判别，经计算没有异常值。

## 任务 1.3 公路工程质量检验评定方法

行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2017)（以下简称《评定标准》）适用于各等级公路新建与改扩建工程施工质量的检验评定。

### 一、一般规定

（1）公路工程质量检验评定应按分项工程、分部工程、单位工程逐级进行，并应符合下列规定：

① 在合同段中，具有独立施工条件和结构功能的工程为单位工程。

- ② 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为分部工程。
  - ③ 在分部工程中，根据施工工序、工艺或材料等划分的工程为分项工程。
- (2) 单位工程、分部工程和分项工程应在施工准备段按本表 1-3 ~ 表 1-4 进行划分。

表 1-3 一般建设项目的工程划分

| 单位工程                           | 分部工程                                | 分项工程   |
|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 路基工程<br>(每 10 km 或每标段)         | 路基土石方工程<br>(1~3 km 路段) <sup>①</sup> | 土方路基, 填石路基, 软土地基处治, 土工合成材料处治层等   |
|                                | 排水工程<br>(1~3 km 路段) <sup>①</sup>    | 管节预制, 混凝土排水管施工, 检查(雨水)井砌筑, 土沟, 浆砌水沟, 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、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 |
| 路基工程<br>(每 10 km 或每标段)         | 涵洞, 通道<br>(1~3 km 路段) <sup>①</sup>  | 钢筋加工及安装, 涵台、管节预制, 管座及涵管安装, 波形钢管涵安装, 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, 砌体坡面防护, 涵洞总体等  |
|                                | 防护支挡工程<br>(1~3 km 路段) <sup>①</sup>  | 砌体挡土墙, 墙背填土, 边坡锚固防护, 土钉支护, 砌体坡面防护, 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<br>(每 10 km 或每标段)         | 路面工程<br>(1~3 km 路段) <sup>①</sup>    | 垫层, 底基层, 基层, 面层, 路缘石, 路肩等  |
| 桥梁工程 <sup>②</sup><br>(每座或每合同段) | 基础及下部构造<br>(1~3 墩台) <sup>③</sup>    | 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            |
|                                | 上部构件预制和安装<br>(1~3 跨) <sup>③</sup>   | 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, 刚性系杆, 钢梁制作, 钢梁安装, 钢梁防护等                                      |
|                                | 上部构造现场浇筑<br>(1~3 跨) <sup>③</sup>    | 钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 就地浇筑梁、板, 悬臂施工梁, 就地浇筑拱圈, 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, 刚性系杆等   |
| 桥梁工程 <sup>②</sup><br>(每座或每合同段) | 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 <sup>④</sup> , 导流工程等  |
|                                | 引道工程                                | 见路基工程、路面工程的分项工程  |



续表

| 单位工程                           | 分部工程  | 分项工程   |
|--------------------------------|---|--|
| 隧道工程 <sup>⑤</sup><br>(每座或每合同段) | 总体及装饰装修<br>(每座或每合同段)  | 隧道总体、装饰装修工程  |
|                                | 洞口工程<br>(每个洞口)  | 洞口边仰坡防护, 洞门和翼墙的浇(砌)筑, 截水沟、洞口排水沟、明洞浇筑、明洞防水层、明洞回填                                |
|                                | 洞身开挖(100延米)   | 洞身开挖   |
|                                | 洞身衬砌<br>(100延米)   | 喷射混凝土, 锚杆, 钢筋网, 钢架, 仰拱, 仰拱回填, 衬砌钢筋, 混凝土衬砌, 超前锚杆, 超前小导管, 管棚                     |
|                                | 防排水(100延米)  | 防水层, 止水带, 排水   |
|                                | 路面<br>(1~3 km 路段) <sup>①</sup>  | 基层, 面层   |
|                                | 辅助通道 <sup>⑥</sup> (100延米)   | 洞身开挖, 喷射混凝土, 锚杆, 钢筋网, 钢架, 仰拱, 仰拱回填, 衬砌钢筋, 混凝土衬砌, 超前锚杆, 超前小导管, 管棚, 防水层, 止水带, 排水 |
| 绿化工程<br>(每合同段)                 | 分隔带绿地、边坡绿地、护坡道绿地、碎落台绿地、平台绿地(每2 km 路段)、互通式立体交叉区与环岛绿地、管理养护设施区绿地、服务设施区绿地、取、弃土场绿地(每处) | 绿地整理, 树木栽植, 草坪、草本地被及花卉种植, 喷播绿化   |
| 声屏障工程<br>(每合同段)                | 声屏障工程(每处)   | 砌块体声屏障, 金属结构声屏障, 复合结构声屏障   |
| 交通安全设施<br>(每20 km 或每标段)        | 标志、标线、突起路标、轮廓标(5~10 km 路段) <sup>①</sup>   | 标志, 标线, 突起路标, 轮廓标  |
|                                | 护栏(5~10 km 路段) <sup>①</sup>   | 波形梁护栏, 缆索护栏, 混凝土护栏, 中央分隔带开口护栏  |
| 交通安全设施<br>(每20 km 或每标段)        | 防眩设施、隔离栅、防落物网(5~10 km 路段) <sup>①</sup>  | 防眩板, 防眩网, 隔离栅, 防落物网等   |
|                                | 里程碑和百米桩<br>(5 km 路段)  | 里程碑, 百米桩   |
|                                | 避险车道(每处)  | 避险车道   |
| 交通机电工程                         | 其分部、分项工程划分见《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》(JTG 2182—2020)                                 |  |
| 附属设施                           | 管理中心、服务区、房屋建筑、收费站、养护工区等设施   | 按其专业工程质量检验评定标准评定   |

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。

② 分幅桥梁按照单幅划分, 特大斜拉桥和悬索桥按照表 1-4 进行划分, 其他斜拉桥和悬索桥可作为一个单位工程参照表 1-4 进行划分。

③ 按单孔跨径确定的特大桥取 1, 其余根据规模取 2 或 3。

④ 护岸可参照挡土墙进行划分。

⑤ 双洞隧道每单洞作为一个单位工程。

⑥ 辅助通道包括竖井、斜井、平行导坑、横通道、风道、地下风机房等。

表 1-4 特大斜拉桥、特大悬索桥工程划分

| 单位工程              | 分部工程          | 分项工程   |
|-------------------|---------------|--|
| 塔及辅助、过渡墩<br>(每个)  | 塔基础           | 钢筋加工及安装, 混凝土扩大基础, 钻孔灌注桩, 灌注桩桩底压浆, 沉井, 沉井、钢围堰的混凝土封底等  |
|                   | 塔承台           | 钢筋加工及安装, 双壁钢围堰, 沉井、钢围堰的混凝土封底, 承台等大体积混凝土结构等   |
|                   | 索塔            | 钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 混凝土索塔, 索塔钢锚箱节段安装、支座垫石和挡块等   |
|                   | 辅助墩           | 钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 钻孔灌注桩, 灌注桩桩底压浆, 承台等大体积配混凝土结构, 沉井、钢围堰的混凝土封底, 混凝土墩、台, 墩台身安装、支座垫石和挡块等                |
|                   | 过渡墩           |  |
| 锚碇<br>(每个)        | 锚碇基础          | 钢筋加工及安装, 混凝土扩大基础, 钻孔灌注桩, 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等   |
|                   | 锚体            | 钢筋加工及安装, 锚碇锚固体系制作, 锚碇锚固体系安装, 锚碇混凝土块体, 预应力锚索的张拉与压浆, 隧道锚的洞身开挖, 隧道锚的混凝土锚塞体等                                       |
| 上部钢结构<br>制作与防护    | 主缆            | 索股和锚头的制作与防护, 主缆防护  |
|                   | 索鞍            | 索鞍制作, 索鞍防护   |
|                   | 索夹            | 索夹制作, 索夹防护   |
|                   | 吊索            | 吊索和锚头制作与防护   |
|                   | 加劲梁           | 钢梁制作, 钢梁防护, 自锚式悬索桥主缆索股的锚固系统制作等   |
| 上部结构<br>浇筑与安装     | 加劲梁浇筑         | 混凝土斜拉桥主墩上梁段的浇筑, 混凝土斜拉桥梁的悬臂施工, 组合梁斜拉桥的混凝土板等   |
|                   | 安装            | 索鞍安装, 主缆架设, 索夹和吊索安装, 悬索桥钢加劲梁安装, 自锚式悬索桥主缆索股的锚固系统安装, 自锚式悬索桥吊索张拉和体系转换, 钢斜拉桥钢箱梁段的拼装、组合梁斜拉桥工字梁段的悬臂拼装, 混凝土斜拉桥梁的悬臂施工等 |
| 桥面系、附属工程<br>及桥梁总体 | 桥面系           | 钢筋加工及安装, 混凝土桥面板桥面防水层或钢桥面板上防水黏结层, 混凝土桥面板桥面铺装或钢桥面板上沥青混凝土铺装   |
|                   | 附属工程<br>及桥梁总体 | 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, 混凝土构件表面防护, 桥头搭板, 桥梁总体等  |

(3) 公路工程质量检验评定应符合下列规定:

- ① 分项工程完工后, 应根据《评定标准》进行检验, 对工程质量进行评定。隐蔽工程在隐蔽前应检查合格。
- ② 分部工程、单位工程完工后, 应汇总评定所属分项工程、分部工程质量资料, 检查外观质量, 对工程质量进行评定。

## 二、工程质量检验

(1) 分项工程应按基本要求、实测项目、外观质量和质量保证资料等检验项目分别检查。

(2) 分项工程质量应在所使用的原材料、半成品、成品及施工控制要点等符合基本要求的規定，无外观质量限制缺陷且质量保证资料真实齐全时，方可进行检验评定。

(3) 基本要求检查应符合下列規定：

① 分项工程应对所列基本要求逐项检查，经检查不符合規定时，不得进行工程质量的检验评定。

② 分项工程所用的各种原材料的品种、规格、质量及混合料配合比和半成品、成品应符合有关技术标准規定并满足设计要求。

(4) 实测项目检验应符合下列規定：

① 对检查项目按規定的检查方法和频率进行随机抽样检验并计算合格率。

② 《评定标准》規定的检查方法为标准方法，采用其他高效检测方法应经比对确认。

③ 《评定标准》中以路段长度規定的检查频率为双车道路段的最低检查频率，对多车道应按车道数与双车道之比相应增加检查数量。

④ 应按式(1-10)计算检查项目合格率。

$$\text{检查项目合格率} = \frac{\text{检查合格点(组)数}}{\text{该检查项目的全部检查点(组)数}} \times 100\% \quad (1-10)$$

(5) 检查项目合格判定应符合下列規定

① 涉及结构安全和使用功能的重要实测项目为关键项目(表中以“△”标示)，其合格率应不低于95%(机电工程为100%)，否则该检查项目为不合格。

② 一般项目的合格率应不低于80%，否则该检查项目为不合格。

③ 有規定极值的检查项目，任一单个检测值不应突破規定极值，否则该检查项目为不合格。

④ 采用《评定标准》附录B至附录S所列方法进行检验评定的检查项目，不满足要求时，该检查项目为不合格。

(6) 外观质量应进行全面检查，并满足規定要求，否则该检验项目为不合格。

(7) 工程应有真实、准确、齐全、完整的施工原始记录、试验检测数据、质量检验结果等质量保证资料。质量保证资料应包括下列内容：

① 所用原材料、半成品和成品质量检验结果；

② 材料配合比、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桥梁、隧道施工监控资料；

④ 质量控制指标的试验记录和质量检验汇总图表；

⑤ 施工过程中遇到的非正常情况记录及其对工程质量影响分析评价资料；

⑥ 施工中如发生质量事故，经处理补救后达到设计要求的认可证明文件等。

(8) 检验项目评为不合格的，应进行整修或返工处理直至合格。

### 三、工程质量评定

- (1) 工程质量等级应分为合格与不合格。
- (2) 分项工程、分部工程、单位工程质量评定应有符合下述第四条规定的资料。
- (3) 分项工程质量评定合格应符合下列规定：
- ① 检验记录应完整。
  - ② 实测项目应合格。
  - ③ 外观质量应满足要求。
- (4) 分部工程质量评定合格应符合下列规定：
- ① 评定资料应完整。
  - ② 所含分项工程及实测项目应合格。
  - ③ 外观质量应满足要求。
- (5) 单位工程质量评定合格应符合下列规定：
- ① 评定资料应完整。
  - ② 所含分部工程应合格。
  - ③ 外观质量应满足要求。
- (6) 评定为不合格的分项工程、分部工程，经返工、加固、补强或调测，满足设计要求后，可重新进行检验评定。
- (7) 所含单位工程合格，该合同段评定为合格；所含合同段合格，该建设项目评定为合格。

### 四、工程质量检验评定用表

分项工程、分部工程、单位工程质量检验评定表见表 1-5 ~ 表 1-7。

表 1-5 分项工程质量检验评定用表

分项工程名称：                      工程部位：(桩号、墩台号、孔号)                      所属建设项目(合同段)：  
 所属分部工程名称：                      所属单位工程：                      施工单位：                      分项工程编号：

| 基本要求     |      | 1.<br>2.<br>... |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |         |       |      |  |  |
|----------|------|-----------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---------|-------|------|--|--|
| 项次       | 检查项目 | 规定值或允许偏差        | 实测值或实测偏差值 |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 质量评定    |       |      |  |  |
|          |      |                 | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均值、代表值 | 合格率/% | 合格判定 |  |  |
| 实测项目     |      |                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |         |       |      |  |  |
|          |      |                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |         |       |      |  |  |
|          |      |                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |         |       |      |  |  |
|          |      |                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |         |       |      |  |  |
| 外观质量     |      |                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 质量保证资料  |       |      |  |  |
| 工程质量等级评定 |      |                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |         |       |      |  |  |

检测负责人：                      检测：                      记录：                      复核：                      年 月 日





## 【复习考核题】

1. 加强试验检测工作，对工程质量控制有何意义？
2. 简述对检测人员的基本要求。
3. 常见随机取样的方法有哪些？
4. 何谓总体、个体、样本和样品？
5. 数据取舍方法有哪些？各有什么特点？
6. 请对以下数据根据要求进行修约：  
11. 435 28 (保留 2 位小数);      24.5 (修约间隔为 1);      15.050 000 1 (精确到 0.1);  
16. 685 1 (保留 2 位小数);      810 (修约间隔为 20);      15.25 (修约间隔为 0.5)。
7. 某路段沥青混凝土面层抗滑性能检测，摩擦系数的检测值(共 10 个测点)分别为 53、55、60、56、53、57、55、51、53, 54, 求摩擦系数的平均值、中位数、极差、标准偏差及变异系数。
8. 工程质量评定时，主要应填写哪些表格？
9. 简述公路工程质量评定办法。