

高等学校教材

道路建筑材料

Daolu Jianzhu Cailiao

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

第二版

严家伋 编

人民交通出版社

本书几个技术名词说明^①

名 称	代 号	含 意	单 位
相对密度	γ	在规定条件 ^② 下，固体材料的真实密度与标准物质密度之比(标准物质为水时，相当于比重)	无单位
真实密度	ρ_t	在规定条件下，固体材料单位真实体积(材料实体体积，不包括孔隙和空隙体积)的质量。简称真密度	kg/m^3
表观密度	ρ_i	在规定条件下，固体材料单位表观真实体积(包括材料实体和闭口孔隙体积)的质量。简称视密度	kg/m^3
密度	ρ	在规定条件下，固体材料单位表观体积(包括材料实体和孔隙体积)的质量	kg/m^3
紧装密度	ρ_{ft}	在规定条件下，粒状材料在紧密装填状态下，单位体积(包括材料实体、孔隙和空隙体积)的质量。简称紧密度	kg/m^3
松装密度	ρ_{ft}'	在规定条件下，粒状材料在疏松装填状态下，单位体积(包括材料实体，孔隙和空隙体积)的质量。简称松密度	kg/m^3

① 本书中涉及到的几个技术名词，在我国现行规范中仍采用 CGS 制，而我国颁布的法定计量单位制中尚无明确规定，暂作以上处理，谨此说明。

② 规定条件是指测定时的温度、压力和液浸法采用的液体等条件。

内 容 提 要

本书讲述路桥工程用各种建筑材料（包括砂石材料、水泥及水泥混凝土、沥青及沥青混合料、金属和木材）的技术性质、组成设计、质量检验和合理选用等内容。书中并附主要建筑材料的常规试验方法。

本书系高等学校路桥专业教材，也可供路桥工程技术人员参考。

本书由皮心喜副教授主审，经路桥专业教材编委会同意作为高等学校教材出版。

高等学校教材

道路建筑材料

（公路与城市道路、桥梁工程专业用）

第 二 版

严家级 编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

一二〇二印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：17.25 字数：425千

1979年8月 第1版

1986年6月 第2版 第5次印刷

印数：24,451—39,450册 定价：2.85元

前 言

本教材是按照交通部1982年4月在湖南长沙召开的路桥专业教材编委会扩大会议拟定的《道路建筑材料教学大纲》进行编写的。

现就本书编写的有关问题说明如下：

1. 力求反映国内外在道路建筑材料方面的新近生产经验和科技成就。除注意更新主要内容外，并选编一些参考内容，供学生课外自学研究。

2. 主次分明、突出重点。为此，在各章前增加了“内容提要和学习要求”，指明本章学生必须掌握的重点内容。对于次要内容和参考内容，采用新5号字排印，供课外学习研究，以培养学生自学能力。

3. 各章末附有复习题和教学大纲规定的作业题，以供学生复习和练习参考。重点题前加*号、参考题前加△号。

4. 按教学大纲规定内容选编了13个基本试验，各校可按仪器设备条件，选做其中部分试验内容。对演示和参考试验采用新5号字排印，以供选用。

5. 书末附有本课程有关的技术词汇英汉对照表和参考文献，供学生自学参考。

本教材1983年完成初稿，经我校试用后，于1984年4月寄请各兄弟院校及本教材主审人审阅，先后收到西安公路学院、南京工学院、北京工业大学、湖南大学、重庆建筑工程学院、河北工学院、北京建筑工程学院、哈尔滨建筑工程学院、东北林学院、福州大学、长沙交通学院、上海城市建设学院等院校有关老师及本书主审人的许多宝贵意见。遵照有关意见修改后，又承主审人最后审核。由于本人学术水平和教学经验有限，教材中错误在所难免，恳请使用本教材的师生提出宝贵意见，径寄上海同济大学道路与交通工程系道路材料教研室严家伋，以供再版时修改。

最后，对各兄弟院校有关老师在本教材编写中给予的热情帮助和主审人皮心喜副教授精心审校，谨此表示衷心的感谢。

编 者

1985年5月

目 录

绪 论	(1)
第一章 砂石材料	(9)
第一节 砂石材料的技术性质	(9)
一、石料的技术性质和技术要求	(9)
二、道路与桥涵用石料制品	(23)
三、集料的技术性质	(25)
四、冶金矿渣集料	(30)
第二节 矿质混合料的组成设计	(31)
一、矿质混合料的级配理论和级配曲线范围	(31)
二、矿质混合料的组成设计方法	(37)
第二章 石灰和水泥	(51)
第一节 石灰	(51)
一、石灰的生产工艺概述	(51)
二、石灰的消解和硬化	(52)
三、石灰的技术要求和技术标准	(53)
第二节 硅酸盐水泥	(56)
一、硅酸盐水泥生产工艺概述	(56)
二、硅酸盐水泥的化学成分和矿物组成	(56)
三、硅酸盐水泥的凝结和硬化	(58)
四、硅酸盐水泥的技术性质和技术标准	(61)
五、硅酸盐水泥石的腐蚀和防止	(64)
六、普通硅酸盐水泥	(66)
第三节 掺混合材水泥和其他品种水泥	(66)
一、掺混合材水泥	(66)
二、其他品种水泥	(70)
第三章 水泥混凝土和砂浆	(74)
第一节 普通水泥混凝土	(74)
一、普通水泥混凝土的技术性质	(74)
二、普通水泥混凝土的组成材料	(89)
三、普通水泥混凝土的组成设计	(96)
第二节 外加剂和其他功能混凝土	(106)
一、混凝土外加剂	(106)
二、其他功能混凝土	(112)
第三节 建筑砂浆	(114)

一、砌筑砂浆	(114)
二、抹面砂浆	(117)
第四章 沥青材料	(120)
第一节 石油沥青	(121)
一、石油沥青的生产工艺概述	(121)
二、石油沥青的组成和结构	(123)
三、石油沥青的技术性质和技术标准	(125)
第二节 其他沥青	(138)
一、煤沥青	(138)
二、乳化沥青	(141)
第五章 沥青混合料	(147)
第一节 热拌沥青混合料	(148)
一、沥青混合料的组成结构和强度理论	(149)
二、沥青混合料的技术性质和技术标准	(155)
三、沥青混合料组成材料的技术要求	(157)
四、沥青混合料的组成设计方法	(159)
第二节 其他沥青混合料	(167)
一、煤沥青混合料和冷铺沥青混合料	(167)
二、桥面铺装材料和路面填缝材料	(169)
第六章 建筑钢材和木材	(172)
第一节 建筑钢材	(172)
一、建筑钢材的分类	(172)
二、建筑钢材的技术性质	(173)
三、化学成分对碳素钢技术性能的影响	(176)
四、桥梁用钢和制品	(178)
第二节 建筑木材	(186)
一、建筑木材的构造和技术性质	(186)
二、建筑木材的缺陷和材质标准	(192)
附录一 道路建筑材料试验	(195)
试验一 石料的抗压和磨耗试验 (演示)	(195)
试验二 集料的表观密度、松装密度和空隙率试验	(198)
试验三 集料的筛析和级配试验	(204)
试验四 石灰氧化钙和氧化镁含量试验 (任选)	(209)
试验五 水泥胶砂强度和其他 (演示)试验	(212)
试验六 水泥混凝土混合料的拌制和工作性试验	(213)
试验七 水泥混凝土的力学强度试验	(221)
一、水泥混凝土抗压强度试验	(224)
二、水泥混凝土抗折强度试验 (道路专业)	(225)
三、水泥混凝土轴心抗压强度试验 (桥梁专业)	(226)
试验八 沥青的化学组分试验 (任选)	(227)

试验九 沥青的针入度、延度和软化点试验	(230)
试验十 沥青的粘度和其他(演示)试验(道路专业).....	(239)
试验十一 沥青混合料稳定度试验	(241)
试验十二 沥青混合料无侧限抗压试验(参考).....	(245)
试验十三 建筑钢材的硬度和冷弯试验(桥梁专业).....	(249)
附录二 道路建筑材料技术词汇英汉对照表	(257)
附录三 主要参考文献	(264)

绪 论

一、本课程的研究内容和任务

《道路建筑材料》是研究道路与桥梁建筑用材料性能的一门科学。

随着道路与桥梁建筑技术的发展，用于道路与桥梁建筑的材料不仅在品种上日益增多，而且对其质量不断提出新的要求。现就本教材将讲述到的一些常用建筑材料分述如下：

1. 砂石材料。砂石材料有的是由地壳上层的岩石经自然风化得到的(天然砂砾)，有的是经人工开采或再经轧制而得(如各种不同尺寸的碎石和砂)。这类材料可以直接用于铺筑路面，或砌筑各种桥梁结构物。同时，也是配制水泥混凝土或沥青混合料的矿质集料。砂石材料在道路与桥梁建筑中，它的用量占有很大的比例。

现代冶金工业的发展，各种冶金重矿渣也是很好的集料。

2. 无机结合料及其制品。在道路与桥梁建筑中最常用到的无机结合料，主要是石灰和水泥。特别是水泥，在桥梁建筑中它与集料配制的水泥混凝土是钢筋混凝土和预应力混凝土结构的主要材料。

此外，水泥砂浆是各种桥梁圬工结构物砌筑的重要结合料。

随着高级路面的发展，近年水泥混凝土路面的里程亦日益增多。石灰土用作路面基层，也取得了很好的效果。

3. 有机结合料及其混合料。有机结合料主要是指沥青类材料，如石油沥青、煤沥青等。这些材料与不同粒径的集料组配，可以修筑成各种类型的沥青路面。现代高速公路和重型交通的路面，绝大部分是采用沥青混凝土修筑的，所以沥青混合料是现代路面建筑中极为重要的一种材料。

4. 钢材和木材。钢材是桥梁钢结构及钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土结构的重要材料。由于木材资源的宝贵，目前在桥梁建筑上木材主要用于抢修桥梁，以及作混凝土的拱架或模板，除林区外，较少直接用于修筑桥涵。

除上述这些常用材料外；随着现代材料科学的进步，在这些常用材料的基础上，又发展了新型的“复合材料”。复合材料是两种或两种以上不同化学组成或组织相的物质，以微观或宏观的形式组合而成的材料。复合材料可以克服单一材料的弱点，而发挥其综合的性能。例如，“水泥-集料-钢材”组成的钢筋混凝土或预应力混凝土就是最常用的复合材料。特别是高聚物在建筑工程上的广泛应用以来，复合材料有了更高度的发展。如图0-1所示，素混凝土对现代建筑的高强要求来说，它仍属于强度较低而变形较小的“弱而脆”材料；经过聚合物浸渍加强的“聚合物浸渍混凝土”虽可提高强度数倍，但其变形能力仍然有限，故仍属于“强而脆”的材料；再如用各种纤维加筋的一般“纤维混凝土”，或“橡胶水泥混凝土”等，虽可较大地提高混凝土的变形能力，但其强度仍不如高聚物混凝土，故仍属于“弱而柔”的材料；如同时采用纤维增强和浸渍高聚物等几种改性措施的“纤维增强聚合物浸渍混凝土”等，则具有高的强度和大的变形能力，即可谓“强而韧”的材料(通常材料的韧性，以应力-应变曲线所包围的面

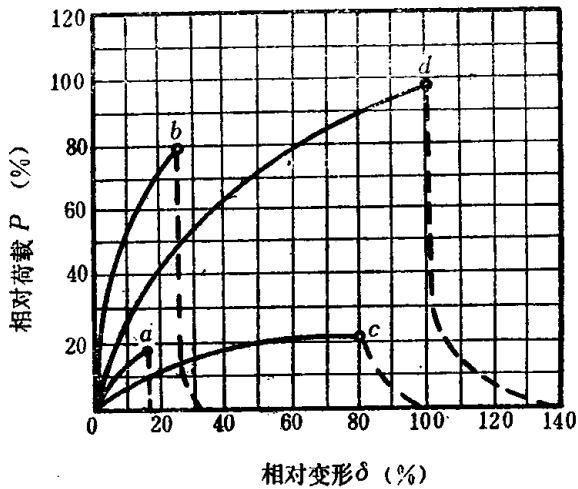


图 0-1 几种典型材料的荷载-变形示例图

- a-“弱而脆”材料，如素水泥混凝土；
- b-“强而脆”材料，如聚合物浸渍混凝土；
- c-“弱而柔”材料，如纤维增强混凝土；
- d-“强而韧”材料，如纤维增强聚合物浸渍混凝土

积表示)。由此可知，道路材料的研究任务，不仅是要正确使用好各种常用材料，还要进一步改善现有材料，创造新型材料。

因此，在学习本课程时，应了解上述一些道路与桥梁建筑常用材料的技术性能以及检验方法；各种材料的内部组成结构及其与技术性能之间的关系；产源(天然材料)或加工工艺(人造材料)对其性能的影响；各种材料的技术性能以及存在的问题和改善途径；此外，也要注意合理选用和保管、运输等问题。

本课程是一门基础技术课，它与物理、化学等基础课以及材料力学、工程地质等基础技术课有着密切的联系，它是学习路面工程、桥梁工程专业课的基础。

二、建筑材料在路桥工程中的作用及其应具备的性质

1. 建筑材料在路桥工程中的作用

材料是工程结构物的物质基础。材料质量的优劣、配制是否合理以及选用是否适当等等，均直接影响结构物的质量。

在道路与桥梁结构的修建费用中，用于材料的费用约占30~50%，某些重要工程甚至可达70~80%。所以，要节约工程投资，降低工程造价，认真合理地选配和应用材料是很重要的一个环节。

道路与桥梁工程实现新设计、新技术、新工艺，而新材料亦为其中重要一环。许多新型先进设计，由于材料一关未能突破，因而长期未能实现。某些新材料的出现，又推动新技术的发展。所以道路建筑材料的研究，是道路与桥梁技术发展的重要基础。

2. 道路材料应具备的性质

道路与桥梁工程都是一种承受频繁交通瞬时动荷载的反复作用的结构物，同时又是一种无遮盖而裸露于大自然界的结构物。它不仅受到交通车辆施加的极其复杂的力系的作用，同时又受到各种复杂的自然因素的恶劣影响。所以，用于修筑道路与桥梁结构的材料，不仅需要具有抵抗复杂应力复合作用下的综合力学性能，同时还要保证在各种自然因素的长时期恶劣影响下综合力学性能不产生明显的衰减，这就是所谓持久稳定性。

为了保证道路与桥梁建筑用建筑材料的综合力学强度和稳定性，就要求建筑材料具备下列4个方面的性质。

1) 力学性质。力学性质是材料抵抗车辆荷载复杂力系综合作用的性能。目前对建筑材料力学性质的测定，主要是测定各种静态的强度，如抗压、拉、弯、剪等强度；或者某些特殊设计的经验指标，如磨耗、冲击等。有时并假定材料的各种强度之间存在一定关系，以抗压强度作为基准，按其抗压强度折算为其他强度。

2) 物理性质。材料的力学强度随其环境条件而改变，影响材料力学性质的物理因素主要是温度和湿度。

材料的强度随着温度的升高或含水率的增加而显著降低，通常用热稳性或水稳性等来表

征其强度变化的程度。优质材料，其强度随着环境条件的变化应当较小。

此外，通常还要测定一些物理常数，如密度、实积率和孔隙率等。这些物理常数是材料内部组成结构的反映，同时并与力学性质之间存在一定的相依性，可以用以推断力学性质。

3) 化学性质。化学性质是材料抵抗各种周围环境对其化学作用的性能。道路与桥梁用材料除了可受到周围介质（如桥墩在工业污水中）或者其他侵蚀作用外，通常还受到大气因素，如气温的交替变化、日光中的紫外线、空气中的氧以及湿度变化等综合作用，引起材料的“老化”。特别是各种有机材料，如沥青材料等更为显著。

4) 工艺性质。工艺性质是材料适于按照一定工艺流程加工的性能。例如，水泥混凝土在成型以前要求有一定的流动性，以便制作成一定形状的构件，但是加工工艺不同，要求的流动性亦不同。

建筑材料这四方面性能是互相联系、互相制约的。在研究材料性能时，往往要把这几个方面性能联系在一起统一考虑。

三、道路材料的检验方法和技术标准

1. 道路材料的一般检验方法

道路与桥梁建筑用材料应具备的性能已如前述，对于这些性能的检验，必须通过适当的测试手段来进行。检定供作道路与桥梁用材料在实际结构物中的性质，通常可采用实验室内原材料性能检定、实验室内模拟结构检定以及现场修筑试验性结构物检定等方法。而本课程主要着重于实验室内对原材料性能的检定。

室内材料试验包括下列内容：

1) 物理性质试验。测定道路桥梁用材料的物理常数，除了提供材料组成设计时用的一些原始资料外，同时因为物理常数是材料内部组成结构的反映，所以通过物理常数测定往往可以间接推断材料的力学性能。

目前测定物理常数的方法除了一般常规的方法外，随着基础科学的发展，各测量新技术在道路材料检验上的应用已渐趋普遍。例如采用放射性同位素或超声波方法测定各种材料的密度、实积率和孔隙率等。

2) 力学性质试验。目前建筑材料的力学性质，主要是采用各种试验机测定其静态力学性能，如压、拉、弯、剪等等。

随着基础科学的发展，使得测定材料真实性能有了可能。考虑到道路建筑材料在不同温度与不同荷载作用时间条件下，动态的弹-粘-塑性能，这样用以描述材料的真实性能。例如，沥青混合料在不同温度与不同作用时间条件下的动态劲度，以及采用特殊设备或动态三轴仪来测定在复杂应力作用下考虑不同频率和间歇时间的沥青混合料疲劳强度等。使材料的力学性质与其在路上的实际受力状态较为接近，也对现代考虑粘-塑性的路面设计方法提供一定的参数。

3) 化学性质试验。对于材料化学性质的试验，通常只作材料元素的分析。但是由于材料（特别是有机材料）同分异构的特征，遂进一步发展为“化学组分”的分析，这样可以了解到组成材料的化学结构单元的性质以及它们在材料中的含量。

随着物理-化学和化学-物理科学的出现，以及近代测试仪器发展，例如核磁共振波谱，红外光谱、X-射线衍射和扫描电子显微镜等在材料科学研究中的应用，这就深入到材料微观结构的研究，使得人们能够应用微观组织结构来解释材料的物理性质以及力学性质。特别

是《理化-力学》这一崭新科学的出现，又将材料的微观组织结构与力学性质直接联系起来。

4) 工艺性质试验。现行工艺试验主要是应用一些经验的指标与工艺要求联系起来，尚缺乏科学理论的分析。随着流变力学、断裂力学等的发展，许多材料工艺性质的试验按照流变-断裂学理论来进行分析，并提出不同的方法。例如，沥青混合料的摊铺性质采用流动性系数等指标来控制。对于这方面的发展可说是日新月异。

2. 道路材料质量的标准化和技术标准

应用于道路与桥梁建筑的材料及其制品必须具备一定的技术性质，以适应道路结构物不同建筑结构与施工条件的要求。这些要求由国家标准或有关的技术规范规定一些技术指标，在道路设计与建筑过程中我们即应按这些指标来评价道路材料的质量。

为了保证建筑材料的质量，我国对各种材料制定了专门的技术标准。目前我国建筑材料技术标准有：国家标准和有关部标准两种。国家标准用汉语拼音“国标”两字的首母表示为“GB”。国标由有关科学研究机关起草、由有关主管部提出，最后由国家标准总局发布，并确定实施日期。在国标代号中，除注明国标外，并写明编号和批准年份。例如“硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥国家标准”（GB175-77），由建筑材料科学研究院起草，国家建筑材料工业总局提出，由国家标准总局发布，1977年7月1日起实施。各专业部对有关的各种建筑材料，可由有关部颁布标准，例如道路建筑用筑路石料有交通部批准的“交通”（JT）标准；金属材料有冶金工业部批准的“冶标”（YB）；木材的标准有林业部批准的“林标”（LB）；沥青材料有石油工业部批准的标准“石油”（SY）等等。

四、道路材料质量的变异和控制

1. 变异性参数

道路材料的质量，可以通过试验的数据来反映。但是，由于材料质量的变异，测定的数据有一定的波动。为了表示材料质量变异的程度，可采用下列方法表示：

1) 平均差：每次测定值与平均值的差的绝对值的总和除测定次数的商，可按式（0-1）求得。

$$\delta = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n} \quad (0-1)$$

式中： δ ——平均差；

x_i ——某次测定值；

i ——1, 2, 3, ..., n ；

\bar{x} ——算术平均值，由式（0-1'）求得。

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (0-1')$$

平均差是表达复演性的尺度方法之一。

2) 标准差：每次测定值与平均值之差的均方根值。亦称“均方根差”，可按式（0-2）求得。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (0-2)$$

但在有限样本容量条件下，采用式（0-2'）表示。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (0-2')$$

式中: σ ——标准差;
 x, \bar{x} ——意义同前。

标准差广泛地用于表达一组测试值复演性的尺度。其优点是较平均差更准确地反映复演性的优劣。

3) 变异系数: 一组测定值的标准差和其算术平均值之比。亦称“离差系数”, 可按式(0-3)求得。

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 (\%) \quad (0-3)$$

2. 正态分布

在对某一测试对象进行多次测试时, 测得值在一定范围内波动, 其中接近平均值的数值占多数, 大于和小于平均值的频率近乎一样, 远离平均值的占少数。这种分布规律称为“正态分布”。用图线表示称为正态分布曲线, 如图0-2。在路面材料试验中得到的数据分布规律, 多为正态分布。正态分布的概率密度函数见式(0-4):

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2} \quad (0-4)$$

式中: y ——测定值的概率密度;

x_i ——某测定值;

\bar{x} ——测定值的平均值;

σ ——标准差;

e ——自然对数底;

π ——圆周率。

由上式可知, 正态分布曲线, 由平均值 \bar{x} 和标准差 σ 所决定。 \bar{x} 决定了曲线峰的位置, σ 决定了曲线峰值的大小和曲线陡度, σ 越小则曲线越瘦, 表示测定值离散度小; σ 越大则曲线越胖, 表示离散度大。

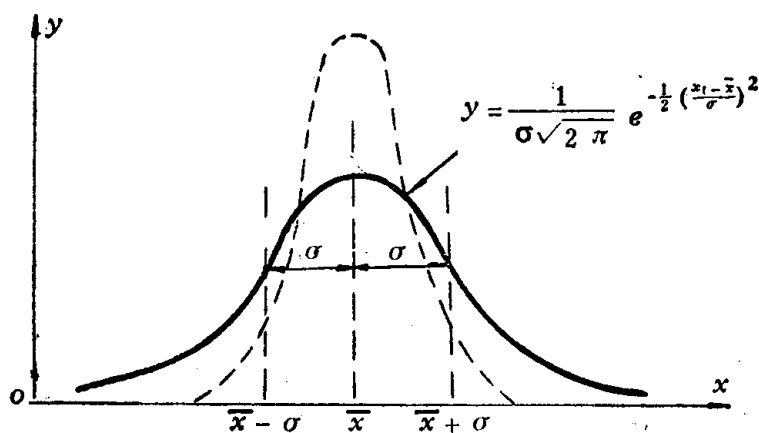


图 0-2 正态分布曲线

若以保证率系数 $t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$ 代入式(0-4) 则得:

$$y = f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (0-5)$$

为了标准化, 转化为 $N(0, 1^2)$ 的正态分布, 如图0-3, 此时 y 轴已移到图形最高点的位置, 左右两支曲线以 y 轴相对称。

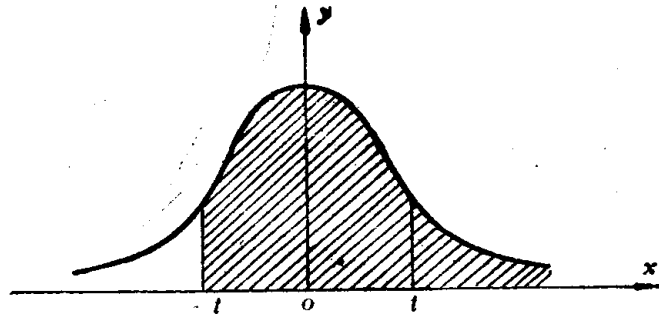


图 0-3 标准正态分布曲线

整个正态分布曲线与横轴之间所包含的总面积（即概率）应为 1，可按式（0-6）求得。

$$P = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)dt = 1 \quad (0-6)$$

则区间（0，t）的面积可按（0-7）求得。

$$P = \int_0^t f(t)dt = \int_{-t}^0 f(t)dt \quad (0-7)$$

在区间（-t，+∞）的面积（即合格率）可按式（0-8）求得。

$$P' = \int_0^{+\infty} f(t)dt + \int_{-t}^0 f(t)dt \quad (0-8)$$

或

$$P' = 0.5000 + \int_0^t f(t)dt \quad (0-9)$$

式中合格率 P' 值可根据保证率系数 t 值查表 0-1 求得。

正态分布曲线合格率面积

表 0-1

t	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9907	0.9909	0.9912	0.9914	0.9916
2.4	0.9918	0.9921	0.9923	0.9925	0.9927	0.9928	0.9931	0.9933	0.9935	0.9937

注：合格率面积为自 -t 至 ∞ 的面积，如图 0-4。

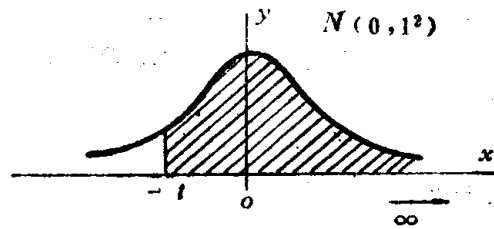


图 0-4

【例题】 某桥预应力混凝土梁用混凝土要求设计强度 $R_D = 40.0\text{MPa}$ 。现按《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GB204-83) 规定的方法取样制备试块, 经28天标准条件养护后, 压试结果, 各组试块抗压强度如表0-2。按规范要求合格率为85%, 求该批混凝土质量变异系数, 并对该批混凝土进行质量评定。

表0-2

混凝土抗压强度 R_{28} (MPa)							
42.2	45.3	38.5	44.0	48.2	47.5	43.3	44.0
44.7	43.4	46.3	39.3	36.4	45.8	45.8	43.8
42.4	37.5	44.0	38.0	45.4	44.0	46.1	38.2
43.8	47.3	43.2	45.7	45.2	43.2	$\Sigma = 1302.5$	

【解】: 1. 按题意代入公式 (0-1')、(0-2) 和 (0-3), 得

- 1) 平均值 $\bar{R} = 43.4\text{MPa}$
- 2) 标准差 $\sigma = 3.1\text{MPa}$
- 3) 变异系数 $C_v = 7.1\%$

2. 按上列计算知混凝土强度平均值 $\bar{R} = 43.4\text{MPa}$, 标准差 $\sigma = 3.1\text{MPa}$, 要求设计强度 $R_D = 40.0\text{MPa}$, 得

$$\bar{R} = R_D + t \cdot \sigma$$

故 保证率系数 $t = \frac{\bar{R} - R_D}{\sigma} = \frac{43.4 - 40.0}{3.1} = 1.097$

查表0-1得合格率 $P' = 86.36\% > 85\%$, 故认为该批混凝土质量合格。

复 习 题

0-1 试论道路建筑材料的研究内容和任务, 及其在路桥工程建设中的地位和作用。

△0-2 何谓复合材料? 它具有什么优越性? 并举例加以说明之。

*0-3 试述道路建筑用材料应具备的主要技术性质, 以及试验室常用的一般检定方法。

0-4 514桥上部结构为钢筋混凝土悬臂梁, 要求设计强度 40.0MPa ; 下部结构为圆柱式混凝土墩, 要求设计强度 15.0MPa 。在施工过程经试验室抽取代表性混凝土样品, 按标准方法制成试件, 经28天养护后测定各组抗压强度代表值列表0-3。试求该桥各主要部位混凝土质量的变异, 并按要求合格率 90% 评定其是否合格。

表0-3

部位名称	混凝土抗压强度 R_{c1} (MPa)								
悬臂部分	43.8	46.4	39.8	44.0	44.8	41.8	43.2	45.8	43.8
挂梁部分	44.7	45.4	46.0	39.3	36.6	43.8	45.8	43.2	42.2
墩台部分	15.8	17.6	14.2	18.4	16.4	15.8	16.2	18.4	16.8

第一章 砂石材料

内容提要和学习要求

本章重点讲述砂石材料的技术性质和技术要求，以及矿质混合料的级配理论和组成设计方法。同时对石料制品和矿渣集料也作了介绍。

通过学习，必须了解评价砂石材料技术性质的主要指标，并学会应用级配理论设计矿质混合料组成和检验砂石材料技术性质的方法。

砂石材料是道路与桥梁建筑中用量最大的一种建筑材料。它可以直接（或经加工后）用作道路与桥梁的圬工结构，亦可加工为各种尺寸的集料，作为水泥（或沥青）混凝土的骨料。用作道路与桥梁建筑的石料或集料都应具备一定的技术性质，以适应不同工程建筑的技术要求。特别是作为水泥（或沥青）混凝土用集料，应按级配理论组成一定要求的矿质混合料。因此，还必须掌握其组成设计的方法。

第一节 砂石材料的技术性质

砂石材料包括：天然砂石料、人工轧制的集料以及工业冶金矿渣集料等，本节将对这些材料的技术性质予以论述。

一、石料的技术性质和技术要求

（一）石料的技术性质

石料的技术性质，主要从物理性质、化学性质和力学性质三方面来进行评价。

1. 物理性质

石料的物理性质包括：物理常数（如真实密度、表观密度和孔隙率等）；关于水的性质（如吸水率、饱水率等）；气候稳定性（耐冻性、坚固性等）。

1) 物理常数。石料的物理常数是石料矿物组成结构状态的反映，它与石料的技术性质有着密切的联系。石料可由各种矿物形成不同排列的各种结构，但是从质量和密度的物理观点出发，石料的内部组成结构，主要是由矿物实体、闭口（不与外界连通的）孔隙和开口（与外界连通的）孔隙 3 部分组成，可示意如图 1-1a。各部分的质量与体积的关系可示意如图 1-1b。

为了反映石料的组成结构以及它与物理-力学性质间的关系，通常采用一些物理常数来表征它。在路桥工程用块状石料中，最常用的物理常数主要是真实密度、表观密度和孔隙率。这些物理常数在一定程度上表征材料的内部组织结构，可以间接预测石料的有关物理性质和力学性质。此外，在计算混合料组成设计时，这些物理常数也是重要的原始资料。

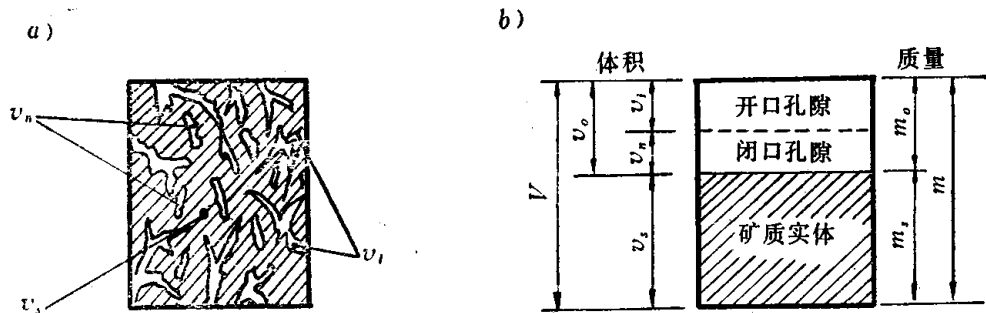


图1-1 石料结构示意图

a) 石料结构外观示意图；b) 石料结构的质量与体积关系示意图

(1) 真实密度。石料的真实密度是在规定条件（干燥、试验温度为20℃）下石料矿质实体单位真实体积（不包括孔隙和空隙体积）的质量。真实密度简称真密度。通常真实密度以 ρ_i 表示。

由图1-1b可知，石料的真实密度可表示如式(1-1)。

$$\rho_i = \frac{m_s}{v_s} \quad (1-1)$$

式中： ρ_i ——石料的真实密度(g/cm³)；
 m_s ——石料矿质实体的质量(g)；
 v_s ——石料矿质实体的体积 (cm³)。

因试验时的条件是在空气中称量石料的质量，即 $m_o = 0$ ， $m_s = m$ ，故式(1-1)可改写为式(1-1')。

$$\rho_i = \frac{m}{v_s} \quad (1-1')$$

式中： ρ_i 、 v_s ——意义同前；
 m ——石料试样质量(g)。

石料真实密度的测定方法是将石料样品经粉碎磨细后，在105~110℃的烘箱中烘干，用分析天平准确称取一定质量的试样。将试样置于容量瓶中，在规定的温度条件下，以高沸点有机溶剂，用置换法测定其体积。根据测得的矿质实体的质量和体积，即可按式(1-1')计算其真实密度值。

在生产上为简便起见，往往不采用上述方法来求得矿质实体的体积，而是用将石料饱水后在水中称量其质量，按排水法计算其体积。此法是假定饱水后，水充满试件全部与外界连通的开口孔隙，故测得的矿质实体体积是包括闭口孔隙在内的体积，称之为“表观体积”。所以按表观体积计算的密度，在工程术语上称为“表观密度”，亦称“视密度”。

由图1-1b可知，表观密度可按式(1-2)求得。

$$\rho_i' = \frac{m}{v_s + v_n} \quad (1-2)$$

式中： ρ_i' ——表观密度(g/cm³)；
 m 、 v_s ——意义同前；
 v_n ——闭口孔隙体积(cm³)。

(2) 密度。块状石料的密度是在规定试验条件下，石料单位表观体积（包括石料实体和孔隙体积）的质量。