

道路工程材料 质量控制与检测

习应祥 卓知学 杨煜惠 编著

湖南地图出版社

道路工程材料 质量控制与检测

习应祥 卓知学 杨煜惠 编著

勘 误 表

页 数	行 数	误	正
23	倒10	……湿度差……	……温度差……
29	倒 6	$\frac{\Delta T_s}{\Delta T}$	$\frac{\Delta T_s}{\Delta t}$
31	倒 8	湿度计……	温度计……
52	5	……实力杆，	……实心杆，
66	11	……含量最多	……含量多少
69	倒13	……硫酸等……	……硫酸铵等…
289	1~2	是……性。	全部去掉
339	倒 5	……如表5—26	……如表5—27

道路工程材料质量控制与检测

习应祥 卓知学 杨煜惠 编著



湖南地图出版社出版发行

长沙铁道学院印刷厂印刷



开本：787×1092毫米1/32

1989年5月第1版

1989年5月第1次印刷

字数：340千字 印张：14.75

印数：1-6000册 定价：4.80元

ISBN7-80552-028-3/U.01

内 容 简 介

本书采取理论与实践相结合的方法，较系统地叙述了道路及桥梁工程中的主要建筑材料——路基填土材料、稳定土、沥青及沥青混合料、水泥混凝土等的性能及其检测原理、材料试验室的设置和现场控制材料施工质量的方法等内容。可供公路、城市道路、机场建设、铁道建筑等方面的工程技术人员和大专院校师生学习参考，尤其适于公路与桥梁专业的现场技术人员作为工程质量管理参考书。

前 言

随着公路交通运输事业的蓬勃发展，我国公路建设进入以提高为主的新阶段，比较普遍地开始修建高等级公路。与过去修建低等级公路相比，要求我们的公路建设工作能迅速有一个“质”的变化，以适应形势发展的要求。

过去几年中，我国在建设高等级公路中，由于路基、路面（包括基层）材料使用不当，施工压实不符合要求等原因，出现过不少“先年修路，第二年损坏”的路段。经验告诉我们：不能完全用过去修低等级公路的一套方法来修建高等级公路；技术和管理都必需上到一个新的层次才行。

为此，近年来有关公路、桥梁及其他人工构造物的设计与施工规范都在逐步完善。其中重要内容之一是：必须十分认真地、合理地选用材料，并确保其加工和安装质量。这不仅是保证工程质量，同时也是合理降低造价的重要因素。规范中对各种材料的技术参数和性能指标都作出了较明确的规定，在部颁标准中还增编了一些主要道路工程材料的试验规程。

随着高等级公路及大型、新型桥梁建设项目的增多，对路基、路面及桥梁等所用材料的性能、施工质量管理与检测方法，以及新材料的应用等问题，都正日益为广大公路科技人员所重视。为了配合各种新颁规范、规程的应用，合理选用材料，做好施工质量管理，本书《道路工程材料质量控制与检测》一书的出版是非常适时的。

本书立足于我国实际情况，密切结合现行规范，较系统地阐述了常用道路工程材料的性能以及实验室和工地现场检测控

制材料质量的方法，适于从事公路及城市道路工作的科技人员学习和参考。全书共八章，其中第一、三、四、七章由湖南大学卓知学副教授编写；第二、五、八章由长沙交通学院习应祥副研究员编写，并为全书统稿；特约湖南大学杨煜惠教授编了第六章。全书由交通部公路科学研究所孙昭璜高级工程师进行了精心审改，特此深致谢意。

本书编写时间比较仓促，疏误之处在所难免，望省内外同行不吝指出，以供修正。如有赐教，请寄：“湖南、长沙、迎宾路九号，湖南公路学会”。

向光湖

一九八九年六月

目 录

前 言

第一章 概 论	(1)
第一节 道路工程材料的基本要求	(2)
第二节 施工技术指标	(6)
第三节 质量管理及检查	(8)
第四节 工程质量监理	(12)
第二章 道路工程材料基本性质测试方法及原理	(14)
第一节 道路工程材料物理性质的基本测试方法	(14)
第二节 道路工程材料力学性质及其测试方法	(35)
第三节 道路工程材料的化学性质及其分析实验技术基础	(66)
第三章 路基土的性质和强度	(81)
第一节 公路土的分类	(82)
第二节 路基用土的工程性质	(92)
第三节 路基潮湿类型	(95)
第四节 路基压实	(110)
第五节 路基土的变形特性及强度指标	(145)
第六节 软弱路基	(172)
第七节 路基工程质量控制与检查验收	(187)
第四章 路面基层(底基层)材料与组成设计	(193)
第一节 基层的作用与分类	(193)
第二节 粒料基层材料	(195)
第三节 粒料基层结构的力学性质	(217)
第四节 半刚性材料及组成设计	(225)
第五节 半刚性材料的强度及应力—应变特性	(244)

第六节	质量控制及检测	(254)
第五章	道路沥青材料的性能与检测	(262)
第一节	道路沥青的分类	(262)
第二节	道路石油沥青的基本性能及其检测	(269)
第三节	煤沥青的技术性能及检测方法	(303)
第四节	沥青混合料的分类及性能	(307)
第五节	沥青混合料的组成材料及配合比设计	(328)
第六节	沥青路面施工中材料质量控制及检测	(345)
第六章	道路用水泥混凝土及其质量检测	(353)
第一节	混凝土原材料的一般要求	(353)
第二节	混凝土的基本性能	(366)
第三节	路面混凝土的技术要求	(375)
第四节	混凝土配合比设计及实例	(381)
第五节	混凝土强度早期推定试验法	(385)
第六节	其它混凝土	(390)
第七节	混凝土质量检验与控制	(407)
第七章	实验数据分析与材料试验方法设计	(420)
第一节	实验数据的统计分析	(420)
第二节	回归分析方法及应用	(427)
第三节	材料试验的正交设计法	(436)
第八章	材料试验室的设置	(443)
第一节	工地材料试验室	(446)
第二节	中心试验室的设置	(457)

第一章 概 论

道路的功能是为汽车行驶提供一个具有足够强度和稳定性及抗滑性好的平整表面，使车辆在各种气候条件下都能安全通行。而要达到这一要求，下述两点是必须注意的：一是道路工程材料性能的研究，重要的是通过研究提出反映材料性能的技术指标及其标准的试验方法；二是现场施工中的质量控制，首先在于运用快速准确的检测手段测定出可反映现场施工质量的技术指标。两者是相互关联的。比如，为能正确合理地选用材料，首先应掌握反映材料性能的试验数据，结合使用要求确定材料品种和配比，才能达到既满足技术要求，又能节约造价的原则。但虽合理地选用了合格的甚至是优质的材料，尚需要有正确的施工技术，才能建成满足高质量服务水平的道路。这就要求承包施工的单位既要注意材料的严格质量管理，还必须在施工过程中的各个环节进行严格的质量控制。因此道路工程结构使用品质的优劣，是和合理的选用材料、严格的施工质量管理紧密相联的。这也是我们编写本书的主导思想。

本书将从材料性能和试验方法、质量的技术指标和现场检查来说明“公路工程的质量控制和检测”的方法和基本原理。并希望借此能助一臂之力来改变以往在设计和施工时，不重视材料试验和现场质量管理而偏向于凭经验评估的倾向。因为实践的经验告诉我们，这样做的结果，往往是造成工程出现早期破坏的原因之一。这不仅在经济上造成极大损失，还给车辆行驶带来许多不便。

第一节 道路工程材料的基本要求

一、道路工程材料及其作用

材料是工程结构物的物质基础，除前面所述材料对质量的控制作用外，且在工程造价中占有较大比重。一般工程的材料费约占30~50%；对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。

常用的道路工程材料，大体可归纳为以下几类。

(一) 天然材料 主要包括各种土类、天然砂砾（自然风化得到）和人工开采轧制成的各种不同粒径的碎石和砂。这类材料中的骨料可以直接用于铺筑路面，或砌筑各种桥梁结构和排水工程。同时也是水泥混凝土或沥青混合料的矿质材料。它在道路与桥梁建筑中，用量占有很大的比例。

(二) 工业废渣 主要有矿渣、钢渣、粉煤灰、煤渣和炉渣等。利用这些废渣，既可解决筑路材料料源的困难，又可为工矿企业解决废渣的堆放和处理问题，改善了环境卫生条件，也降低了筑路材料费用。因此近年来用量逐年增大。

(三) 无机结合料 主要有石灰和水泥。随着高等级道路的发展，石灰（粒料）土、石灰粉煤灰（粒料）土等作为道路基层已取得满意的效果，特别在北方地区已广为采用。

水泥除用来作水泥土、水泥粒料和水泥石灰土的基层外，更多的是用作修建水泥混凝土路面、桥梁工程结构的主要建筑材料。

(四) 有机结合料及其与矿料组成的混合料 主要是指沥青类材料，它包括石油沥青和煤沥青。用沥青与级配矿料拌制

的混合料，是高等级道路路面的主要材料，也是现代柔性路面建筑中极为重要的一种材料。

（五）金属材料 主要是钢材，如各种规格型号的钢筋及其它金属构件。它是桥梁（钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土）结构的重要材料。

除这些常用材料外，随着现代化材料科学的发展，又出现了新型的“复合材料”。本书主要阐述前四类材料。

道路及其构造物是裸露于大自然中、承受车辆荷载和自然因素作用的结构物。

道路承受车辆荷载作用的特点为：一是重复性和瞬时性（作用时间极短）；二是垂直力、水平力、冲击力、拉应力和压应力重复交替的综合作用。因此，使用一定年限后，在重复荷载等综合作用下，造成材料强度逐渐降低，直至使组成道路构造体的各种材料发生疲劳，结构组织有可能出现不同程度的破坏现象。此时若不及时处理，将导致出现结构性破坏。

自然因素作用的特点是：一是大自然气温的变化，特别是严冬和盛夏的极端气温之影响。昼夜与季节温度变化所引起材料受力的周期性变化，导致材料产生膨胀与收缩、材料性质变坏或引起有机材料的老化等；二是自然界中水的侵害。材料的干湿循环变化导致材料产生的胀缩应力，将对材料性能产生影响。如沥青混合料可能由于水份入侵而造成沥青膜的剥落；在严寒冬季出现冰冻时，若有充分的地下水补给，则可能在冻融时产生结构性破坏。

由于道路工程材料受荷载和自然因素的综合破坏作用，因此要求材料不仅需要具有抵抗复杂应力重复作用下的强度和变形性能，同时还要保证在各种自然因素长期恶劣影响下，力学强度不发生明显的衰减。也就是说，要求道路工程结构的材料

既具有稳定的足够强度，又具有在不利环境条件下使用的耐久性。因此，为满足要求就必须从材料性质和影响它的因素作综合考虑，并对材料提出具体的技术要求。

二、道路工程材料应具备的基本性质

道路工程材料应具备的基本性质包括如下几方面：

(一) **力学性质** 力学性质是表征材料抵抗车辆荷载复杂力系综合作用的性能。目前材料力学性质的测定，主要是测定各种材料静力强度，即抗压、抗拉、抗弯、抗剪和压碎值等；对高等级道路选用的面层粒料，还应有抗磨损值及磨光值的要求。

至于选用其中哪几项作为技术指标，应视工程中所用材料决定。比如粒料结构层主要是考虑抗压和压碎值，因为这种结构是不承受弯拉应力的；而对整体性的半刚性基层和水泥混凝土结构，主要是考虑抗压和抗弯拉等强度指标；而对面层的沥青混合料结构层，由于受垂直力、水平力和冲击力，以及大自然因素直接作用，除考虑上述指标外，还要考虑抗剪切强度。这就表明材料的力学强度技术指标，依结构层材料类型和所处层位有不同要求。但有时也限于试验设备，往往以抗压强度为基准，通过试验，找出与其他技术指标的关系式，通过计算求得。

(二) **物理性质** 反映材料的力学强度在大自然的温湿因素变化下受影响的程度。这也与材料类型和所处结构层位有密切关系。

从路用材料的类型看，受湿度变化影响最大的是路基。若系粘性土路基，则其强度和稳定性将随土基含水量的变化而产生较大波动，若含水量增大较多，土基压实又不好时，有

可能产生软化而降低强度。而受温度变化影响最明显的是面层。如沥青面层，由于沥青材料对温度的敏感性，在夏天高温时发软而降低强度，易出现车辙；冬天温度低时硬而脆，强度及刚度均大，故在行车荷载作用下易产生裂缝。由此要求选用的材料，应具有较好的水稳定性（当然也应同排水措施一并考虑）和温度稳定性（但又要注意施工条件）。换句话说，要求强度随着环境条件而变化的幅度应尽可能小。

为考虑材料的物理性质，通常测定一些物理常数：如密度、真密度和孔隙率等。这些物理常数是材料内部组成结构的反映，也与力学性质之间存在一定的相依性，可用以分析材料的力学性质。

（三）化学性质 化学性质是指材料的化学组成、内部结构及材料受环境介质作用时发生化学反应的性质。如道路结构物中的混凝土桥墩受到含有腐蚀混凝土的工业污水浸泡，沥青类路面受到各种有机溶剂的侵蚀溶解而使材料成份发生变化或内部组织因化学作用而引起损坏等；又如在气温的交替变化，日光中的紫外线、空气中的氧以及湿度变化等综合作用下，引起沥青材料的“老化”和矿质材料的风化。这些影响是较为明显的，但要排除这些化学因素的影响，单从材料选择上难于解决，重要的是综合治理改善桥梁及道路结构周围环境条件，消除有害的化学物质对道路结构物的侵蚀。

（四）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。例如沥青与矿质材料的拌和，要求沥青具有合适的稠度，若稠度过大，表明沥青材料的表面张力大，将难于涂覆在矿料表面形成沥青膜；若稠度过小，涂覆在矿料表面的沥青易于流失，也难于在矿料表面形成沥青膜。因此必须根据材料类型和施工时环境因素，决定合适的工艺流程。

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

还需注意的是，路面结构并非使用单一尺寸的材料（除半刚性结构），而是选用大小不同的合格原材料，按最佳级配原理进行混合料的组成设计。也就是这些材料或组成混合料，必须满足我国现行的技术规范要求。但在以往的结构设计中，对矿料的组成设计是重视不够的，生产实践中由于混合料级配不当而造成路面早期破坏的教训并非没有。例如1987年某市修建几公里沥青混凝土面层，当时因急于要施工，参考选用外单位推荐的级配组成，结果完工后开放交通不到半年，面层出现大量的纵横裂缝以至产生部份坑槽。经现场测试查明，基层强度是满足设计要求的，问题在于面层材料级配和沥青用量不当（根据样品试验室分析）所致。有了教训再按规范要求，通过室内试验求得工地实有材料的级配组成，并指导生产和现场施工，取得了满意的效果。这说明有了优质的原材料，还必须有合理的材料组成设计，才能保证具有良好的使用品质。

由此可知，保证所用材料的质量符合规定的技术指标，是保证路面强度、稳定性、使用性能和耐久性的首要条件。但若承建单位不重视对材料进行严格的质量控制，有什么材料用什么材料，要想得到符合要求的高质量道路结构是办不到的。

第二节 施工技术指标

路基和路面各结构层工程质量涉及的内容较多，也较复杂。尽管某些技术指标（包括材料）对路基、路面的整体强度和稳定性，对路面的使用性能和使用寿命有极端重要的影响，但由于各种复杂的原因，施工时并不重视这些技术指标的要

求，从而造成路面发生大面积的过早破坏，其经济损失是无法挽回的。因此，必须吸取这些教训，严格按照要求的技术指标，认真抓好施工现场的质量控制与管理，这才是保证设计能正确实施的关键。

根据交通部近几年颁布的JTJ032-83（公路沥青路面施工技术规范）、JTJ034-85（公路路面基层施工技术规范）、JTJ033-86（公路路基施工技术规范），以及国家标准GBJ92-86（沥青路面施工及验收规范）等规范，对道路所要求的技术指标归纳起来主要包括外形的高程、宽度、路拱和平整度，以及隐蔽于路面结构层内部的质量等。具体项目是：

一、土质路基工程，主要的技术指标是压实度。如果压实度不够或碾压不均匀，将会留下极大的隐患。

二、对路面基层（包括底基层、上基层），规范根据材料类型分为无结合料基层和无机结合料稳定基层两类。

无结合料基层：主要质量技术指标有——含水量、颗粒组成均匀性及压实度；材料的主要技术指标有——矿料压碎值、级配组成、塑性指数和承载比等。

无机结合料稳定基层，如水泥（粉煤灰）稳定土、石灰（粉煤灰）稳定土、水泥石灰综合稳定土及石灰工业废渣等：主要质量技术指标有——含水量、拌和均匀性、压实度；材料的主要技术指标有——矿料压碎值、级配、水泥或石灰的剂量、石灰工业废渣配合比、混合料的密实度和抗压强度、石灰的有效钙镁含量等。

三、沥青混合料的质量技术指标视面层类型而定。对于表处和贯入式面层主要技术指标有——用油量及其洒油的均匀性、矿料的用量及撒铺的均匀性、碾压是否密实稳定、嵌缝矿料用量是否符合要求，表层有无形成松散或散失程度；对沥青

混合料面层主要技术指标有——拌和、摊铺的温度及均匀性（有无粗细颗粒离析现象）、碾压温度及压实度等。

在有关桥涵工程的技术规范中，也对所用材料提出了相应的各项技术指标和要求，对上述这些技术指标，将在正文的相应章节中加以具体说明。这些质量技术标准也是施工人员在施工中或对已完成工程进行质量检查和验收的依据。

第三节 质量管理及检查

道路工程结构与一般土木结构物相比，承受荷载作用更复杂、受自然因素的影响更严重，但在工程质量管理 and 检查方面，却不如其它建筑行业例如房屋建筑、铁路建筑等要求严格。这恐怕也是造成许多新修道路在未达到预期的使用年限即发生早期病害的主要原因。因此，从荷载和环境因素对道路的复杂作用考虑，必须特别重视材料和工程质量管理问题；且应配备与质量管理相配套的标准试验仪器和采用适宜的试验方法。进行必要的试验与测定，对确保材料性能和工程质量是十分重要的。因为没有测试手段，规定的一些技术指标就无法落实，就等于空的。此外，试验的规格和性能不符合规定，势必影响工程质量管理 and 质量控制的有效性，并直接影响工程质量。标准化的试验仪器和试验方法，一是室内进行材料质量检验标准试验条件；二是为施工现场对材料和工程进行质量管理和检查的准绳。具体说，标准试验就是在工程开始时为确定选用材料与机械是否合适、以及为提供工程质量控制时必要的标准值而进行的试验；而工程质量管理是为了经济合理地按照施工规范和设计标准建造合格的道路结构所必须采取的手段；竣工检查则是为了查明已完工的工程是否都满足了施工规范和设计文件

规定的各项技术指标而进行的验收测试。

一、质量管理中的标准试验

道路工程结构的基层、面层和桥梁等均是由不同材料组成的，所以要求在工程开始前或材料与配合比变更前，对拟采用的材料进行规定的基本性质试验，以评定材料是否符合技术标准或设计文件的要求；或者判定某种土是否适宜用作路基填土、或是否可用无机结合料作稳定处理。对桥梁混凝土除材料配合比、水灰比外，还应对水泥标号作评定。

有时为了确定某些技术指标，往往需先利用室内实验求得某些数据，例如为评定土基的压实度，就必须预先在实验室进行标准击实试验，求得最大干密度和最佳含水量。为这样一些目的所进行的试验，就是标准试验。

对桥梁混凝土、道路土基及路面结构必须进行的标准试验项目及方法，将分别在后面相应章节中加以介绍。

二、施工现场的质量管理

（一）工程材料的质量管理 材料质量的全面管理，必须在实验室对材料分别作物理、化学和力学性质试验。而这里主要是指在现场组织施工时，对现场使用的材料作现场取样试验。因此试验项目的选择只能视不同材料来决定。其要点为：

对土质路基施工现场，最主要的是通过击实试验求得最大干密度及最佳含水量，其次是通过液、塑限试验和颗粒分析判别土质类别，评定其使用合理性；

对矿质材料应作筛分试验以确定级配是否符合要求（或确定配合比）；强度要求必须作压碎值试验，以评定矿料抗压碎能力是否符合要求；