

依据交通运输部最新颁布标准、规范、规程修订

Highway Engineering
Test Engineer
Manual

**公路工程
试验工程师**

手册

孙忠义 编著
王建华
申爱琴 主审

第四版
下册



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

Highway Engineering
Test Engineer
Manual

**公路工程
试验工程师**

手册

孙忠义 编著
王建华
申爱琴 主审



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

内 容 提 要

本手册共 16 章,内容包括:工地试验室的设置与管理;水、土、无机结合料、砂石材料、混凝土外加剂、沥青、钢材、土工合成材料等路桥工程用原材料技术性质、试验方法和技术标准;基层混合料、沥青混合料、水泥混凝土和砂浆等混合材料的配合比设计试验方法;道路工程施工试验检测、桥涵工程施工试验检测;试验检测数据的处理;试验设备的检定。

本手册对试验操作过程中容易被忽视或混淆,而又影响试验结果准确性的条款,特辟注意事项一栏,予以提示说明。

本手册为公路工程试验工作人员用书,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程试验工程师手册 / 孙忠义, 王建华编著. —4
版. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016. 6
ISBN 978-7-114-12738-0

I. ①公… II. ①孙… ②王… III. ①道路工程—试
验—技术手册 IV. ①U41-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 012779 号

书 名:公路工程试验工程师手册(第四版)

著 作 者:孙忠义 王建华

责任编辑:高 培 王 霞

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.ccpress.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:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:74

字 数:1880 千

版 次:2004 年 1 月 第 1 版

2006 年 2 月 第 2 版

2009 年 10 月 第 3 版

2016 年 6 月 第 4 版

印 次:2016 年 6 月 第 1 次印刷 总第 12 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12738-0

定 价:198.00 元(含上、下两册)

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

工程试验检测贯穿于工程设计、施工、养护、维修的各个环节,是控制和评定工程质量的重要手段,对保证工程质量、提高投资效率等具有不可替代的作用。工程试验检测具有极强的专业性、技术性,对操作人员操作技能的要求更高。而试验检测人员的操作技能和熟练程度,对规范、规程的正确理解和运用的水平,直接影响试验结果的准确性。

2003年应人民交通出版社之约,我们编写了《公路工程试验工程师手册》一书。该手册以公路工程施工为主线,对工程涉及的各种原材料、混合材料的试验和工程结构的检测进行了详细介绍。尤其是对相关的试验方法进行了梳理,依据相关施工技术规范的要求或规定,遴选出工程试验检测中的常用方法,标准方法,并收录于本书中,较好地解决了试验检测人员面对纷繁的规程、标准、规范感到迷茫的问题。另外,在编写过程中我们还力求做到一书在手,便可完成各项常规的试验检测工作。限于篇幅,对一些非常规试验或因内容多不便收录的方法都给出了相关标准的代号,方便读者查找。本书第一版出版发行后受到了广大读者的欢迎,对提高试验检测人员的业务水平,保证试验检测数据的公正、准确、可靠、有效,推动试验检测工作的发展,发挥了一定的作用。

随着我国公路建设事业的发展,公路建设标准、施工规范或细则、试验规程体系的不断完善与更新,试验检测技术的不断进步,我们依据新发布实施的标准、施工规范、试验规程,陆续对手册的相关内容进行了及时更新,修订再版。截至目前,已出版三版,11次印刷,印数已达29000册,深得广大读者的厚爱。

2015年,第四次应人民交通出版社之约,依据新发布的行业标准和相关国家标准,对手册第三版进行了修订,以满足广大读者的需求。

我们衷心感谢广大读者十几年来对我们的支持和鼓励,欢迎广大读者对手册中存在的问题提出宝贵的意见和建议,以便下次修订做得更好。

编 者
2015年10月

第四版修订说明

《公路工程试验工程师手册》第一版出版以来,以其内容全面、实用,结构体系合理受到读者的欢迎。由于规范及规程的更新已修订了两次,自第三版出版以来,《公路工程水质分析操作规程》废止;新的《无机结合料试验规程》、《沥青及沥青混合料试验规程》、《公路路面基层施工技术细则》、《混凝土外加剂应用技术规程》、《公路桥涵施工技术规范》相继修订实施。应人民交通出版社股份有限公司之约,我们依据新的规范、规程对第三版《公路工程试验工程师手册》(以下简称《手册》)进行了修订。

本次修订主要对水、无机结合料、混凝土外加剂、沥青、钢材、基层混合料、混凝土及砂浆、沥青混合料、道路工程和桥涵工程现场试验检测等章节的内容进行了全面更新,同时根据读者对《手册》第三版反馈的信息,对部分章节的内容进行了增减,结构上也有所调整。

为了满足各个层次读者的需要,本次修订仍坚持原版“理论联系实际,力求系统全面、内容新、实用性强的风格和特点。以路基、路面、桥涵等工程施工中的原材料试验、混合料配合比设计试验、施工抽检试验、交工验收检测为主线,以现行试验规程、设计和施工技术规范或细则以及其他相关技术标准、资料为主要内容,涵盖公路工程施工试验检测的各个方面。《手册》中所引用的试验方法、技术标准均为最新版本,对部分试验方法,还加注了注意事项。为了补缺,书中还引用了国家或其他行业的一些标准和试验方法,有很强的实用性。

本书在结构安排上仍保持原版的结构,对水、土、无机结合料、砂石材料、水泥混凝土外加剂、沥青、钢材、土工合成材料等章,按材料的分类、技术性质及试验方法、技术标准分节修订;对基层材料、沥青混合料、水泥混凝土及砂浆等章,按混合料的分类、技术性质、技术标准、试验方法、配合比设计等分节修订;对道路工程施工试验检测和桥涵工程试验检测两章,按施工前原材料和混合材料试验项目、采用试验方法,施工过程中材料及施工质量控制的检测频度、方法、质量标准,竣工验收的检测频度、方法、质量标准分节修订。施工试验检测基本上未涉及几例外形测试,主要考虑这部分工作一般由测量人员完成,与实验室工作人员关系不大。

本次修订,修订说明、第四至第七章、第十章、第十一章、第十四章、第十六章由孙忠义修订;第十二章、十三章、十五章由王建华修订;第二章、第八章、第九章由孙妮修订。

全书由申爱琴主审。

由于水平所限,内容欠妥甚至错误之处难免,恳请读者批评指正。

编 者

2015年10月

目 录

下 册

第十一章	道路工程施工试验检测	653
第一节	路基	654
第二节	底基层、基层	656
第三节	沥青路面	668
第四节	水泥混凝土路面	685
第五节	路面取样及厚度测试方法	690
第六节	压实度	694
第七节	平整度	707
第八节	模量	710
第九节	回弹弯沉	717
第十节	抗滑性能及渗水性	721
第十一节	道路工程附属结构物	727
第十二章	钢材	729
第一节	概述	729
第二节	桥梁工程常用钢材的力学性能标准和表面质量要求	730
第三节	钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备	754
第四节	金属材料室温拉伸试验方法	761
第五节	金属材料弯曲试验方法(GB/T 232—2010)	782
第六节	金属线材反复弯曲试验方法(GB/T 238—2013)	786
第七节	金属应力松弛试验方法(GB/T 10120—2013)	790
第八节	金属材料洛氏硬度试验方法(GB/T 230.1—2004)	797
第九节	焊接钢筋的质量验收内容和标准	804
第十三章	桥涵工程试验检测	811
第一节	概述	811
第二节	地基承载力检测	812
第三节	泥浆原料性能要求和泥浆性能指标检测(JTG/T F50—2011)	826
第四节	混凝土灌注桩检测	829
第五节	桥梁支座检测	864
第六节	公路桥梁伸缩装置检测	884
第七节	预应力筋用锚具、夹具和连接器检测(GB/T 14370—2007)	891

第八节 张拉设备校验及张拉力控制..... 899

第九节 混凝土构件检测及质量评定方法..... 904

第十节 大梁静载试验方法..... 941

第十四章 土工合成材料..... 948

第一节 土工织物..... 948

第二节 土工膜..... 955

第三节 特种土工材料..... 956

第四节 土工复合材料..... 968

第五节 技术性质及试验方法..... 976

第十五章 试验检测数据的处理方法 1042

第一节 概述 1042

第二节 测量数据的预处理 1047

第三节 测量数据的修约规则与极限数值的表示和判定(GB/T 8170—2008) 1056

第四节 测量数据的表达方法 1062

第十六章 仪器设备的检定 1067

第一节 水泥试验设备的检定 1067

第二节 其他试验设备的检定 1092

附录 I 洁净水的密度 1127

附录 II 一般取样的随机数 1128

附录 III 测区混凝土强度换算 1134

附录 IV 公路工程基桩动测报告格式 1160

参考文献 1166

第十一章 道路工程施工试验检测

道路工程施工试验检测是为确保工程施工质量而进行的一系列技术活动,即按照规定的试验项目、频率、方法和质量标准,对道路工程各结构层或构造物所用原材料、混合材料的配合组成进行抽样试验,以保证工程所用原材料、混合材料的质量符合技术标准的要求;同时对完成的道路工程各结构层或构造物的质量进行检测,以评价工程的内在和外在质量是否达到了设计和施工技术规范的要求。这一工作贯穿施工的全过程,包括工序试验检测、中间交验和竣工验收试验检测。

道路工程包括路基和路面工程。路基工程包括路基土石方工程、路基排水工程、小桥及涵洞工程、支挡和防护工程等。其中路基土石方工程和路面工程是道路工程的主要工程结构物,是道路工程的主体,也是本章的讨论对象。为编写方便将小桥及涵洞划归桥涵工程一章。支挡、排水和防护工程是道路工程的附属结构物,因其在施工期间的试验检测项目不多,主要是砂石材料 and 水泥砂浆或混凝土的技术性质试验,故将其作为本章一节来写。

路基是在天然地表面按道路设计的平面线形和设计横断面开挖或填筑而成的岩土结构物,它是路面结构的基础。按填筑材料路基分为填土路基、填石路基和土石混填路基。

路面是位于路基顶面的结构层。由于车辆荷载和自然因素对路面的影响随深度而减弱,因此对路面材料的性能要求也随深度增加而降低。由于材料不同和压实的需要,路面结构一般分层修筑,按功能要求分为垫层、基层和面层。

垫层是位于土基和基层之间的结构层,其功能主要是改善土基的温湿度状况,保证在路基的温湿度状况发生不利变化时,基层的强度、刚度和稳定性不受影响。在水文条件较差的潮湿路段,多用天然砂砾等透水性材料作垫层,也有用无机结合料稳定土的。

基层是位于土基和面层之间的结构层,主要承受面层传来的车辆荷载的垂直力,并扩散到垫层和土基中去,因此在路面结构中,基层起承重的作用,必须具有足够的强度和刚度。基层多为半刚性材料,以无机结合料稳定土为主,也有用级配碎石、级配砾石和填隙碎石作基层的。基层设计厚度较大时,为保证压实质量应分层铺筑。当基层采用不同材料修筑时,最下层称为底基层。

面层是直接承受车辆荷载和大气因素作用的结构层,按修筑材料面层分为水泥混凝土(刚性)路面和沥青混合料(柔性)路面两类。干线公路以沥青混合料路面为主,一般分两层或三层铺筑,各层沥青混合料类型不同。高等级公路由联结层(沥青碎石)、下面层和上面层(沥青混凝土)组成,二级及以下公路一般只设联结层和面层两个结构层。

尽管道路工程各结构层所用材料不同,施工工艺也有区别,但各结构层试验检测的项目和方法近乎一致,因此,将施工期间的原材料、成品混合料的试验检测分为:路基,基层,沥青路面,水泥混凝土路面来写。因为这部分的内容较繁杂,涉及的技术标准也较多,容易引起混淆,故需要细化处理。对涉及各结构层的、具有共性的项目(如压实度、厚度、平整度、弯沉、回弹

模量等)分别单独来写,因为这些项目属于结构检测的内容,这样要清楚一些,也免得重复或累赘。

本章主要介绍道路工程各结构层从铺筑试验路开始到竣工验收的全过程中各个环节的试验检测工作内容,是前面章节有关原材料、配合比设计试验内容的延伸,其包括各单项工程的试验项目、抽检频度、试验方法等。

第一节 路 基

一、填料质量要求

路堤填料不得使用淤泥、沼泽土、有机土、冻土、含草皮土、生活垃圾、树根和含有腐朽物质的土,液限大于 50,塑性指数大于 26 的土,以及含水率超过规定的土也不能直接作为路堤填料。工业废渣有害物质含量不能超过规定,以避免污染环境。

路基填料应有一定的强度,《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)对路堤填方材料最小强度(CBR)和最大粒径的要求见表 11-1。

路堤填方材料最小强度和最大粒径要求 表 11-1

填料应用部位 (路面顶面以下深度)(m)		填料最小强度(CBR)(%)			最大粒径 (mm)
		高速公路、 一级公路	二级公路	三、四级公路	
填 方 路 堤	上路床(0~0.30)	8	6	5	100
	下路床(0.30~0.80)	5	4	3	100
	上路堤(0.80~1.50)	4	3	3	150
	下路堤(>1.50)	3	2	2	150
零填及挖方 路基	(0~0.30)	8	6	5	100
	(0.30~0.80)	5	4	3	100

注:1. 表列强度按《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)规定的浸水 96h 的 CBR 试验方法测定。
2. 三、四级公路铺筑沥青混凝土或水泥混凝土路面时,应采用二级公路的规定。
3. 表中上、下路堤填料最大粒径 150mm 的规定,不适用于填石路堤和土石路堤。

二、路基压实标准

(一)土质路堤

路堤、路堑和路堤基底必须充分压实,每一压实层均应检查压实度,合格后方可填筑其上一层。检测方法可根据填筑材料选用合适的方法进行。检验频率为每 2 000m² 检查 8 个点,不足 200m² 时,至少检查两个点,测点位置应用随机取样法选定。《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)规定土质路堤压实质量标准应符合表 11-2 的要求。在测定压实度的同时,必须检查压实层的厚度,厚度按试验路确定的最大压实层厚度和技术标准规定的最小压实层厚度控制。

填 挖 类 型		路床顶面以下深度 (m)	压 实 度 (%)		
			高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路
地表处理		0	≥90	≥90	≥85
填方路堤	上路床	0 ~ 0.30	≥96	≥95	≥94
	下路床	0.30 ~ 0.80	≥96	≥95	≥94
	上路堤	0.80 ~ 1.50	≥94	≥94	≥93
	下路堤	> 1.50	≥93	≥92	≥90
零填及挖方路基		0 ~ 0.30	≥96	≥95	≥94
		0.30 ~ 0.80	≥96	≥95	—

注:1. 表列压实度以《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)重型击实试验法为准。
2. 三、四级公路铺筑水泥混凝土路面或沥青混凝土路面时,其压实度应采用二级公路的规定值。
3. 路堤采用特殊填料或处于特殊气候地区时,压实度标准根据试验路在保证路基强度要求的前提下可适当降低。
4. 特殊干旱地区的压实度标准可降低 2% ~ 3%。
5. 用灌砂法,灌水(水袋)法检查压实度时,取土样的底面位置为每一压实层底部;用环刀法试验时,环刀中部处于压实层厚的 1/2 深度;用核子仪试验时,应根据其类型,按说明书要求办理。

(二)填石路堤

膨胀岩石、易溶性岩石不宜直接用于路堤填筑,强风化石料、崩解性岩石不得直接用于路堤填筑。填料的粒径应不大于 500mm,并不超过层厚的 2/3,不均匀系数宜为 15 ~ 20,路床底面以下 400mm 范围内,填料粒径应小于 150mm,路床填料粒径应小于 100mm。上、下路堤的压实质量标准见表 11-3。

填石路堤上、下路堤的压实质量标准

表 11-3

分 区	路床顶面以下深度(m)	硬质石料空隙率(%)	中硬石料空隙率(%)	软质石料空隙率(%)
上路堤	0.80 ~ 1.50	≤23	≤22	≤20
下路堤	> 1.50	≤25	≤24	≤22

(三)粉煤灰路基

用于高速公路、一级公路路堤的粉煤灰,烧失量宜小于 20%,粒径宜在 0.001 ~ 1.18mm 之间,小于 0.075mm 的颗粒含量宜大于 45%。粉煤灰路堤的压实度标准见表 11-4。

粉煤灰路堤压实度标准

表 11-4

填料应用部位(路床顶面以下深度)(m)		压 实 度 (%)	
		二级及二级以上公路	其他等级公路
上路床	0 ~ 0.30	≥95	≥93
下路床	0.30 ~ 0.80	≥93	≥90
上路堤	0.80 ~ 1.50	≥92	≥87
下路堤	> 1.50	≥90	≥87

(四)沙漠路基

沙漠路基压实度应符合表 11-5 的要求。

沙漠路基压实度标准

表 11-5

填 挖 类 型		路床顶面以下深度(m)	压 实 度 (%)	
			高速公路、一级公路	三、四级公路
路堤	上路床	0~0.30	≥95	≥93
	下路床	0.30~0.80	≥95	≥93
	上路堤	0.80~1.50	≥93	≥90
	下路堤	>1.50	≥90	≥90
零填及挖方路基		0~0.30	≥95	≥93
		0.30~0.80	≥95	≥93

三、路基施工质量标准

当每一分项、分部工程完工后,应按批准的设计图纸、设计文件、技术规范的要求,对施工质量进行中间检查验收,质量标准如下:

(一)土质路堤

土质路堤填筑至设计高程后,其施工质量应符合表 11-6 的规定。

土质路堤施工质量标准

表 11-6

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差			检验方法和频率
		高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	
1	压实度(%)	符合表 11-2 规定			施工记录
2	弯沉(0.01mm)	不大于设计值			
3	平整度(mm)	15	20		三米直尺:每 200m 测 2 处×10 尺

(二)填石路堤

填石路堤填筑至设计高程后,其施工质量应符合表 11-7 的规定。

石方路基允许偏差

表 11-7

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差		检验方法和频率
		高速公路、一级公路	其他等级公路	
1	压实度(%)	符合试验路确定的施工工艺		施工记录
		沉降差≤试验路确定的沉降差		水准仪:每 40m 检查 1 个断面,每个断面检测 5~9 点
2	弯沉(0.01mm)	不大于设计值		
3	平整度(mm)	20	30	三米直尺:每 200m 测 4 处×10 尺

第二节 底基层、基层

一、底基层、基层材料试验项目与频度

施工前以及施工过程中,原材料或混合料发生变化时,应检验拟采用材料。

(一)土

用作基层和底基层的土,应按表 11-8 所列的试验项目和要求检测评定。

基层和底基层用土试验项目和要求(JTG/T F20—2015)

表 11-8

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
1	含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	T 0801/T 0803
2	液限、塑限	求塑性指数,审定是否符合规定	每种土使用前测 2 个样品,使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0118/T 0119
3	颗粒分析	确定级配是否符合要求,确定材料配合比	每种土使用前测 2 个样品,使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0115
4	有机质和硫酸盐含量	确定土是否适宜于用石灰或水泥稳定	对土有怀疑时做此试验	T 0151/T 0153

(二)粗集料

用作基层和底基层的碎石、砾石等粗集料,应按表 11-9 所列的试验项目和要求检测评定。

基层和底基层用碎石、砾石试验项目和要求(JTG/T F20—2015)

表 11-9

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
1	含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	T 0801/T 0803
2	级配	确定级配是否符合要求,确定材料配合比	每档碎石使用前测 2 个样品,使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0303
3	液限、塑限	求塑性指数,审定是否符合规定	每种材料使用前测 2 个样品,使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0118/T 0119
4	相对毛体积密度、吸水率	评定粒料质量,计算固体体积率	使用前测 2 个样品,砂砾使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品,碎石种类变化重做 2 个样品	T 0304/T 0308
5	压碎值	评定石料的抗压碎能力是否符合要求		T 0316
6	粉尘含量	评定石料质量		T 0310
7	针片状颗粒含量	评定石料质量		T 0312
8	软石含量	评定石料质量		T 0320

(三)细集料

用作基层和底基层的细集料,应按表 11-10 所列的试验项目和要求检测评定。

基层和底基层用细集料试验项目和要求(JTG/T F20—2015)

表 11-10

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
1	含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	T 0801/T 0803
2	级配	确定级配是否符合要求,确定材料配合比	每档碎石使用前测 2 个样品,使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0327
3	液限、塑限	求塑性指数,审定是否符合规定	每种集料使用前测 2 个样品,使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0118/T 0119

续上表

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
4	相对毛体积密度、吸水率	评定粒料质量,计算固体体积率	使用前测 2 个样品,使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0328/T 0352
5	有机质和硫酸盐含量	确定是否适宜石灰或水泥稳定	有怀疑时做此试验	T 0336/T 0341

(四)水泥

用作基层和底基层的水泥,应按表 11-11 所列的试验项目和要求检测评定。

基层和底基层用水泥试验项目和要求(JTG/T F20—2015)

表 11-11

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
1	水泥强度等级和初、终凝时间	确定水泥的质量是否适宜应用	做材料组成设计时测 1 个样品,料源或强度等级变化时重测	T 0505/T 0506

(五)粉煤灰

用作基层和底基层的粉煤灰,应按表 11-12 所列的试验项目和要求检测评定。

基层和底基层用粉煤灰试验项目和要求(JTG/T F20—2015)

表 11-12

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
1	含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	T 0801/T 0803
2	烧失量	确定粉煤灰是否适用	做材料组成设计时测 2 个样品	T 0817
3	细度	确定粉煤灰质量	做材料组成设计时测 2 个样品	T 0818
4	二氧化硅等氧化物含量	确定粉煤灰质量	每天使用前测 2 个样品	T 0816

(六)石灰

用作基层和底基层的石灰,应按表 11-13 所列的试验项目和要求检测评定。

基层和底基层用石灰试验项目和要求(JTG/T F20—2015)

表 11-13

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
1	含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	T 0801/T 0803
2	有效氧化钙、镁含量	确定石灰质量	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品	T 0811/T 0812/ T 0813
3	残渣含量	确定石灰质量	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品,以后每月测 2 个样品	T 0815

(七)混合料

初步确定使用的基层和底基层混合料,包括非整体性材料,应按表 11-14 所列的试验项目和要求检测评定。

基层和底基层混合料试验项目和要求(JTG/T F20—2015)

表 11-14

项次	试验项目	目 的	频 度	试验方法
1	重型击实试验	最佳含水率和最大干密度	材料发生变化时	T 0804
2	承载比	确定非整体性材料是否适宜做基层和底基层	材料发生变化时	T 0134
3	抗压强度	整体性材料配合比试验及施工期间质量评定	每次配合比试验	T 0805
4	延迟时间	确定延迟时间对混合料密度和抗压强度的影响,确定施工允许的延迟时间	水泥品种变化时	T 0805
5	绘制 EDTA 标准曲线	对施工过程中水泥、石灰剂量有效控制	水泥、石灰品种变化时	T 0809

二、施工过程检查

施工过程中的质量控制包括外形尺寸检查和内在质量检验两部分。

(一)外形尺寸

外形尺寸检查的项目、频度和质量标准见表 11-15。

外形尺寸检查的项目、频度和质量标准(JTG/T F20—2015)

表 11-15

工程类别	项 目		频 度	质 量 标 准	
				高速公路和一级公路	二级及二级以下公路
基层	纵断高程(mm)		二级及二级以下公路每 20m 1 点;高速公路和一级公路每 20m 1 个断面,每个断面 3~5 个点	-10~+5	-15~+5
	厚度(mm)	均值	每 1 500~2 000m ² 6 个点	≥-8	≥-10
		单个值		≥-10	≥-20
	宽度(mm)		每 40m 1 处	>0	>0
	横坡度(%)		每 100m 3 处	±0.3	±0.5
	平整度(mm)		每 200m 2 处,每处连续 10 尺(三米直尺)	≤8	≤12
底基层	纵断高程(mm)		二级及二级以下公路每 20m 1 点;高速公路和一级公路每 20m 1 个断面,每个断面 3~5 个点	-15~+5	-20~+5
	厚度(mm)	均值	≥-8 ≥-10	≥-10	≥-12
		单个值		≥-25	≥-30
	宽度(mm)		每 40m 1 处	>0	>0
	横坡度(%)		每 100m 3 处	±0.3	±0.5
	平整度(mm)		每 200m 2 处,每处连续 10 尺(三米直尺)	≤12	≤15

(二)内在质量检验

施工过程中的内在质量范围:原材料质量控制、拌和质量控制、摊铺和碾压质量控制四部分。对集中厂拌、摊铺机摊铺的施工工艺,应按后场和前场划分。

1. 后场

后场质量控制的项目、内容应符合表 11-16 的规定,实际检测频率应不低于表中要求,检测结果应满足本细则或具体工程的技术要求。

施工过程中后场质量控制的项目、内容、频度(JTG/T F20—2015) 表 11-16

项次	项 目	项 目	频 度
1	原材料抽检	结合料质量	每批次
		粗、细集料品种	异常时,随时试验
		级配、规格	异常时,随时试验
2	混合料抽检	混合料级配	每 2 000m ² 1 次
		结合料剂量	每 2 000m ² 1 次
		混合料最大干密度	每个工日
		含水率	每 2 000m ² 1 次

2. 前场

前场质量控制的项目、内容应符合表 11-17 的规定,实际检测频率应不低于表中要求,检测结果应满足本细则或具体工程的技术要求。

施工过程中前场质量控制的项目、内容、频度(JTG/T F20—2015) 表 11-17

项次	项 目	项 目	频 度
1	摊铺目测	是否离析	随时
		粗估含水率状态	随时
2	碾压目测	压实机械是否满足	随时
		碾压组合、次数是否合理	随时
3	压实度检测	含水率	每一作业段检查 6 次以上
		压实度	每一作业段检查 6 次以上
4	强度检测	在前场取样成型试件	每一作业段检查 6 次以上
5	钻芯检测	—	每一作业段不少于 9 个
6	弯沉检测	—	每一评定段(不超过 1km)每车道 40 ~ 50 个点
7	承载比	—	每 2 000m ² 1 次,异常时随时增加试验

三、交、竣工验收质量标准

(一)外形尺寸

交、竣工验收包括完工后的外形尺寸和内在质量两部分。外形检查的质量要求见表 11-15。

(二)内在质量

内在质量一般以 1km 长的路段为单位评定路面结构层质量,采用大流水作业施工时,以每天完成的路段为评定单位。检查的项目、频度和质量标准见表 11-18 规定。

交、竣工工程质量检查项目、频度和质量标准 (JTG/T F20—2015) 表 11-18

工程类别	检查项目	检查数量 ^b	标准值	极限低值
无结合料底基层	压实度	6 ~ 10 处	96%	92%
	弯沉值 ^a	每车道 40 ~ 50 个测点	按附录 C 所得的弯沉标准值	—
级配碎石 (或砾石)	压实度	6 ~ 10 处	基层 98%	94%
			底基层 96%	92%
	颗粒组成	2 ~ 3	规定级配范围	
	弯沉值 ^a	每车道 40 ~ 50 个测点	按附录 C 所得的弯沉标准值	—
填隙碎石	压实度 (固体体积率)	6 ~ 10 处	基层 98%	82%
			底基层 96%	80%
	弯沉值 ^a	每车道 40 ~ 50 个测点	按附录 C 所得的弯沉标准值	—
水泥土、石灰土、石灰粉煤灰、石灰粉煤灰土	压实度	6 ~ 10 处	93% (95%)	89% (91%)
	水泥或石灰剂量 (%)	3 ~ 6 处	设计值	水泥 1.0% 石灰 2.0%
水泥稳定材料、石灰稳定材料、石灰粉煤灰稳定材料、水泥粉煤灰稳定材料	压实度	6 ~ 10 处	基层 98% (97%)	94% (93%)
			底基层 96% (95%)	92% (91%)
	颗粒组成	2 ~ 3	规定级配范围	
	水泥或石灰剂量 (%)	3 ~ 6 处	设计值	设计值 - 1.0%

注:a 按本细则附录 C 计算得的弯沉值即是极限高值。
b 以每天完成段落为评定单位时,检查数量可取低值;以 1km 为评定单位时,检查数量应取高值。

回弹弯沉值的计算
(JTG/T F20—2015 附录 C)

C.0.1 路基顶面的回弹弯沉值应按式 (C.0.1) 计算:

$$l_0 = 930.8 E_0^{-0.938} \tag{C.0.1}$$

式中: E_0 ——路基回弹模量,MPa;
 l_0 ——路基顶面的回弹弯沉计算值,0.01mm。

C.0.2 底基层顶面回弹弯沉计算值应按下列步骤计算:

- 1 利用路基和底基层材料的回弹弯沉计算值 E_0 和 E_1 以及底基层的厚度 h_1 (cm),计算底基层表面弯沉系数 α_1 。
- 2 弯沉综合修正系数 F 按式 (C.0.2-1) 计算:
$$F = 3.643 \alpha_1^{1.8519} \tag{C.0.2-1}$$
- 3 底基层顶面的回弹弯沉计算值 l_1 ,即标准值按式 (C.0.2-2) 计算:

$$l_1 = \frac{2p\delta}{E_0 K_1} \alpha'_L F \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中: p ——后轴重 100kN 货车轮胎的单位压力,对黄河货车,可取 0.7MPa;

δ ——荷载圆半径;

K_1 ——季节影响系数,不同地区取值范围为 1.2~1.4。

C.0.3 基层顶面弯沉计算应按下列步骤计算:

1 利用路基、底基层和基层材料的回弹模量计算值 E_0 、 E_1 、 E_2 以及底基层和基层厚度 h_1 和 h_2 (cm),按弹性层状体系模型,计算基层顶面的弯沉系数 α'_L 。

2 基层顶面应有的回弹弯沉计算值 l_2 ,即标准值按式(C.0.3)计算:

$$l_2 = \frac{2p\delta}{E_0 K_1} \alpha'_L F \quad (\text{C.0.3})$$

四、基层混合料抽检试验方法

(一)无机结合料的取样

取样是试验工作的一个重要环节,尤其是对非均质材料,试样是否有代表性,直接关系到试验结果是否可信,试样不能代表母体,再严谨的试验操作也是毫无意义的。《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51—2009)对无机结合料的取样方法作了详细的规定。

无机结合料稳定材料取样方法 (JTG E51—2009 T 0841—2009)

1 适用范围

本规程适用于无机结合料稳定材料室内试验、配合比设计以及施工过程中的质量抽检等。本方法规范了无机结合料稳定材料的现场取样操作。

2 分料

可用下列方法之一将整个样品缩小到每个试验所需要的合适质量。

2.1 四分法

2.1.1 需要时应加清水使主样品变湿。充分拌和主样品:在一块清洁、平整、坚硬的表面上将试料堆成一个圆锥体,用铲翻动此锥体并形成一个新锥体,这样重复进行 3 次。在形成每一个锥体堆时,铲中的料要放在锥顶,使滑到边部的那部分料尽可能分布均匀,使锥体的中心不移动。

2.1.2 将平头铲反复交错垂直插入最后一个锥体的顶部,使锥体顶变平,每次插入后提起铲时不要带有试料。沿两个垂直的直径,将已变成平顶的锥体料堆分成四部分,尽可能使这四部分料的质量相同。

2.1.3 将对角的一对料(如一、三象限为一对,二、四象限为另一对)铲到一边,将剩余的一对料铲到一块。重复上述拌和以及缩小的过程,直到达到要求的样品质量。

2.2 分料器法

如果集料中含有粒径 2.36mm 以下的细料,材料应该是表面干燥的。将材料充分拌和后通过分料器,保留一部分,将另一部分再次通过分料器。这样重复进行,直到将原样品缩小到需要的质量。

3 料堆取料

在料堆的上部、中部和下部各取一份试样,混合后按四分法分料取样。

4 试验室分料

4.1 目标配合比阶段各种集料应逐级筛分,然后按设定级配进行配料。