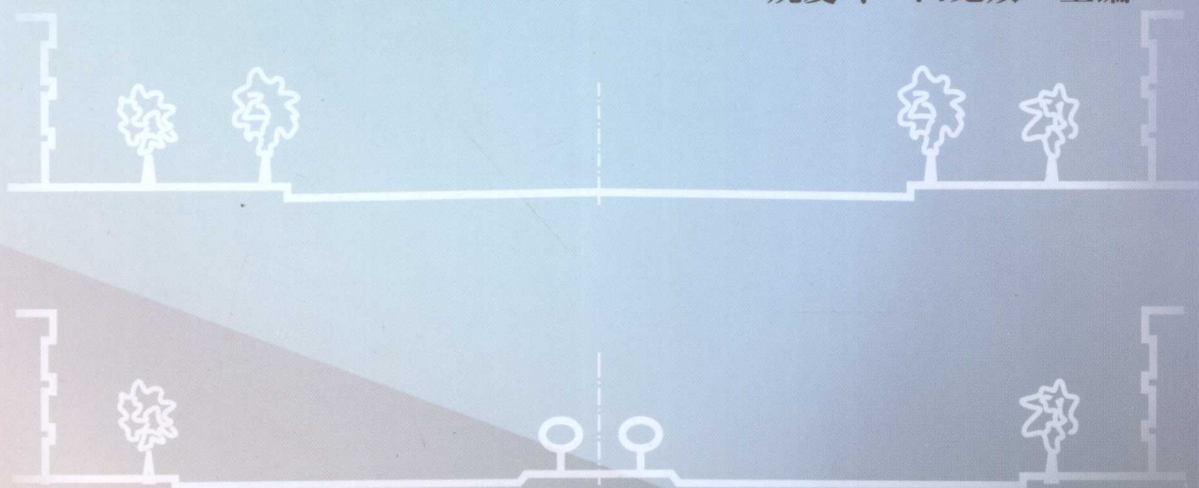


高等学校试用教材

道路桥梁与渡河工程专业 实验教学指导丛书

路基路面工程分册

姚爱玲 田见效 主编



人民交通出版社
China Communications Press

中国工程教育学会 中国公路学会

道路桥梁与隧道工程专业 实践教学指导丛书

路基路面工程分册

主编 王秉纲 副主编 王秉纲

王秉纲

王秉纲

王秉纲

王秉纲

王秉纲

中国工程教育学会 中国公路学会

高等学校试用教材

道路桥梁与渡河工程专业实验教学指导丛书

Luji Lumian Gongcheng Fence
路基路面工程分册

姚爱玲 田见效 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本分册共三章,第一章为路基路面现场试验检测常规方法,在每个方法中包含了基本概念、试验检测目的、试验检测原理、仪器与设备、检测方法与步骤、报告要求等内容。第二章为现场检测新技术相关内容。第三章为《路基路面工程》实验报告册。

本书可供道路桥梁与渡河工程、交通工程专业以及土木工程专业的本、专科路基路面工程实习教学使用,也可作为设计人员从事路基路面工程试验检测与设计参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

道路桥梁与渡河工程专业实验教学指导丛书. 路基路面工程分册/姚爱玲, 田见效主编. —北京: 人民交通出版社, 2008.11

ISBN 978-7-114-07269-7

I. 道... II. ①姚...②田... III. ①路基-道路工程-高等学校-教学参考资料②路面-道路工程-高等学校-教学参考资料③桥梁工程-高等学校-教学参考资料
IV. U41 U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 101931 号

书 名: 道路桥梁与渡河工程专业实验教学指导丛书
路基路面工程分册

著 作 者: 姚爱玲 田见效

责任编辑: 丁润铎

出版发行: 人民交通出版社

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)59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 5

字 数: 122 千

版 次: 2008 年 11 月 第 1 版

印 次: 2008 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07269-7

总 定 价: 36.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

为了配合《路基路面工程》教材,使学生对路基路面检测的知识有较系统地了解,同时提高学生的实际动手能力,结合教学大纲,为道路桥梁与渡河工程、交通工程与公路工程管理等专业的本、专科学生编写了实验教学指导丛书路基路面分册。

随着公路交通事业的快速发展,公路路基路面使用质量要求不断提高,利用快速、科学、先进的现场检测技术,以翔实可靠的检测数据,有效控制与评价路基路面施工质量与使用性能,引起了越来越多的重视。本指导书根据实验教学大纲要求,结合我国目前路基路面质量检测现状,介绍了压实度、回弹弯沉、回弹模量、平整度、抗滑性能、路面渗水、路面状况评价七个方面内容的常规试验检测方法;同时将实验教学大纲中未列出的国内外一些先进的检测手段汇编在一起,以便于拓展学生的知识面。

本书共三章,第一章为路基路面现场试验检测常规方法,在每个方法中包含了基本概念、试验检测目的、试验检测原理、仪器与设备、检测方法与步骤、报告要求等内容;第二章为现场检测新方法相关内容;第三章为《路基路面工程》实验报告册。

由于时间仓促,书中错误与疏漏在所难免,烦请各位老师与同学发现后及时与我们取得联系,以便再次修订。

编者

2008年6月

目 录

第一章 路基路面现场试验检测常规方法	1
第一节 压实度试验检测	1
第二节 回弹弯沉测试	14
第三节 刚性承载板测土基回弹模量	18
第四节 平整度试验检测	21
第五节 路面抗滑性能检测	24
第六节 沥青路面渗水性检测	31
第七节 路面技术状况评价	33
第二章 路基路面现场检测新方法	38
第一节 压实度检测新方法	38
第二节 回弹弯沉测试新方法	39
第三节 平整度检测新方法	45
第四节 抗滑性能检测新方法	49
第三章 《路基路面工程》实验报告册	54
第一节 路基路面压实度检测	55
第二节 路基路面回弹弯沉检测	59
第三节 刚性承载板法测土基回弹模量	61
第四节 路面抗滑性测试	63
第五节 路基路面平整度检测	67
第六节 沥青路面渗水性检测	71
附表	73
参考文献	74

第一章 路基路面现场试验检测常规方法

第一节 压实度试验检测

压实度是路基路面施工质量检测的关键指标之一,表征现场压实后的密实状况。压实度越高,密实度越大,材料整体性能越好。因此,路基路面施工中,碾压工艺成为施工质量控制的关键工序。

对于路基土、路面半刚性基层及粒料类柔性基层而言,压实度是指工地实际达到的干密度与室内标准击实试验所得的最大干密度的比值;对沥青面层、沥青稳定基层而言,压实度是指现场实际达到的密度与室内标准密度的比值。因此,压实度的测定主要包括室内标准密度(最大干密度)确定和现场密度试验。

一、标准密度(最大干密度)的确定

室内试验得出的标准密度(最大干密度)是压实度评定的基准值,直接决定着评定结果的可靠性。因此,标准密度(最大干密度)的室内试验确定方法应原理科学、数据重视性高、操作简便,且试验条件应与实际压实条件相接近。近年来,逐渐被重视的振动击实、大型马歇尔击实等,均是考虑到目前施工中广泛使用振动压路机进行碾压成型而对试验条件进行改进的结果。

由于筑路材料类型不同,标准密度(最大干密度)的室内确定试验方法也有所不同。

(一)路基土最大干密度确定试验方法

根据路基土类别与性质的不同,路基土最大干密度试验方法主要有击实法、振动台法和表面振动压实仪法,适用范围如表 1-1 所示。

路基土最大干密度确定方法比较 表 1-1

试 验 方 法	适 用 范 围	土的粒组
轻型、重型击实法	①小试筒适用于粒径不大于 25mm 的土; ②大试筒适用于粒径不大于 25mm 的土	细粒土 粗粒土
振动台法	①本试验规定采用振动台法测定无黏性自由排水粗粒土和巨粒土(包括堆石料)的最大干密度; ②本试验方法适用于通过 0.074mm 标准筛的干颗粒质量百分数不大于 15% 的无黏性自由排水粗粒土和巨粒土; ③对于最大颗粒大于 60mm 的巨粒土,因受试筒允许最大粒径的限制,宜按相似级配法的规定处理	粗粒土 巨粒土
表面振动压实仪法	同上	粗粒土 巨粒土

击实试验是我国路基土最大干密度确定的主要方法,通过试验得出击实曲线,以确定最佳含水率和最大干密度。根据击实功的不同,试验可分为重型和轻型击实。两个试验的原理和

基本规律相似,但重型击实试验的击实功提高了4.5倍。按采集土样的含水率,又分湿土法和干土法;按土能否重复使用,也分为两种,即土能重复使用和不能重复使用。根据工程的具体要求,按击实试验方法的规定,选择轻型或重型试验方法;根据土的性质选用干土法或湿土法,对于高含水率土宜选用湿土法,对于非高含水率土则选用干土法;除易击碎的试样外,试样可以重复使用。

振动台法与表面振动压实仪法,均是采用振动方法测定土的最大干密度。前者是整个土样同时受到垂直方向的振动作用,而后者是振动作用自土体表面垂直向下传递。研究表明,对于无黏聚性自由排水土,这两种方法最大干密度试验的测定结果基本一致,但前者试验设备及操作较复杂,后者相对容易,且更接近于现场振动碾压的实际状况。因此,使用时可根据试验设备拥有情况择其一即可,但推荐优先采用表面振动压实仪法。

据国内外已有的研究表明,对于砂、卵、漂石及堆石料等无黏聚性自由排水土而言,一致公认采用振动方法而不是普通击实法。因此,建议采用振动方法测定无黏聚性自由排水土的最大干密度。

各试验方法的仪器设备、试验步骤等详见《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)。

(二) 确定路面基层材料标准密度(最大干密度)的试验方法

路面基层主要包括半刚性基层和柔性基层两类,其中柔性基层主要有级配碎石为代表的粒料类基层和沥青稳定碎石为代表的沥青稳定类基层。

1. 半刚性基层材料

半刚性基层材料最大干密度目前主要按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ 057—94)标准击实法确定,但当粒料含量高时(50%以上),由于击实筒空间的限制,现行方法就不能得出真正的最大干密度。若以此为准,按施工规范要求的压实度成型,所测得的强度和有关参数偏小,据此进行设计,势必造成浪费。同样,如以此为准进行施工质量控制,容易使控制要求偏低,不能保证施工质量。同时,随着振动碾压的大面积应用,标准击实试验无法反映实际施工中的振动压实状态。因此,理论计算法、振动击实法等更为科学的最大干密度确定方法已被研究应用。

理论计算法主要根据半刚性基层材料的体积组成,利用结合料和粒料级配组成与密度综合确定混合料最大干密度,主要用于无机结合料稳定粒料类材料。

(1) 石灰土、二灰稳定粒料

根据室内试验测得结合料的最大干密度 ρ_1 和集料的相对密度 γ ,把已确定的结合料与集料的质量比换算为体积比 $V_1:V_2$,则混合料的最大干密度 ρ_0 为:

$$\rho_0 = V_1\rho_1 + V_2\gamma \quad (1-1)$$

石灰土、二灰稳定粒料的最佳含水率 w_0 是结合料的最佳含水率 w_1 和集料饱水裹覆含水率 w_2 的加权值,可按式(1-2)计算:

$$w_0 = w_1A + w_2B \quad (1-2)$$

式中: A 、 B ——分别为结合料和集料的质量百分比,以小数计。

饱水裹覆含水率是指把集料浸水饱和后取出,不擦去表面裹覆水时的含水率。除吸水率特大的集料外,此值对于砾石可取3%,碎石可取4%。

(2) 水泥稳定粒料

此类材料的最大干密度 ρ_0 与集料的最大干密度 ρ_c 和水泥硬化后的水泥质量有关,即:

$$\rho_0 = \frac{\rho_G}{\left[1 - \frac{(1+k)a}{100}\right]} \quad (1-3)$$

式中: ρ_G ——集料在振动台上加载振动而得到的最大干密度, g/cm^3 ;

a ——水泥含量, %;

k ——水泥水化时水的增量, 视水泥品种不同而异, 一般为水泥质量的 10% ~ 25%, 以小数计。

水泥加水拌匀后, 在 105℃ 烘箱中烘干, 称试验前水泥质量和烘干后硬化的水泥质量, 即可求得水泥水化的水增量。

因水泥中含有水化水, 故用烘箱法不能正确测出水泥稳定粒料的最佳含水率。根据对比试验, 水泥稳定粒料的最佳含水率 ω_0 由水泥的水化水、集料的饱水裹覆含水率和拌和水泥所需要的水(水灰比为 0.5)三者组成, 即:

$$w_0 = (0.5 + k)a + w_2 \left(1 - \frac{a}{100}\right) \quad (1-4)$$

式中: a ——水泥含量, %;

w_2 ——集料饱水裹覆含水率, 同式(1-2)中规定, %;

k ——水泥水化水增量, 同式(1-3)中规定, 以小数计。

2. 级配碎石为代表的粒料类基层

确定粒料类基层材料最大干密度的试验方法, 有重型击实法和振动法两种。重型击实参照《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)击实试验, 对于大于 40mm 的颗粒进行筛除, 利用公式校正计算最大干密度。振动法参考粗粒土、巨粒土的振动法, 以振动台法或表面振动压实法确定最大干密度。

目前, 国内外对级配碎石等粒料类材料重型击实法和振动法开展了许多对比研究, 表明振动法与重型击实法具有很好的相关性, 都能够很好地反映级配碎石的密实度。但考虑到目前振动试验尚未形成标准, 振动参数不是很统一, 且重型击实设备一般施工单位都有, 试验方法简单易操作, 因此, 国内外仍以重型击实试验为主。

3. 沥青稳定碎石基层

确定沥青稳定碎石基层材料标准密度的试验方法, 主要有标准马歇尔击实法、大型马歇尔击实法、旋转压实法和振动法。我国主要采用马歇尔击实法, 对于公称最大粒径等于或大于 31.5mm 的混合料采用大型马歇尔击实法。

标准密度取值有三种情况可以选择: 以沥青拌和厂每天取样实测的马歇尔试件密度, 取平均值作为该批混合料铺筑路段压实度的标准密度; 以每天真空法实测的最大理论密度作为标准密度; 以试验路密度作为标准密度。实际工作中, 可以根据工程需要与实际情况, 选择其中一个或两个作为标准密度。

密度可以采用蜡封法、体积法和表干法进行测定。

(三) 沥青面层混合料

确定沥青面层混合料标准密度的试验方法与沥青稳定碎石基层相同, 我国仍以马歇尔击实法为主, 有 3 个标准密度可供选择。

具体密度测定, 根据混合料本身的特点, 可采用下列方法之一。

(1) 水中重法: 本法仅适用于密实的 I 型沥青混凝土试件, 不适用于采用了吸水性大的集

料的沥青混合料试件。

(2) 表干法: 本法适用于测定吸水率不大于 2% 的各种沥青混合料试件。

(3) 蜡封法: 本法适用于吸水率大于 2% 的沥青混凝土试件以及沥青碎石混合料试件。

(4) 体积法: 本法适用于空隙率较大的沥青碎石混合料及大空隙透水性开级配沥青混合料试件。

具体的试验方法见《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—2000)。

二、现场密度试验检测方法

现场密度主要检测方法及各方法的适用范围见表 1-2。

现场密度检测方法及适用范围比较

表 1-2

试 验 方 法	适 用 范 围
灌砂法	适用于在现场测定基层(或底基层)、砂石路面及路基土的各种材料压实层的密度和压实度,也适用于沥青表面处治、沥青贯入式面层的密度和压实度检测;但不适用于填石路堤等有大孔洞或大孔隙材料压实层的压实度检测
环刀法	适用于细粒土及无机结合料稳定细粒土的密度测试;但对无机结合料稳定细粒土,其龄期不宜超过 2d,且宜用于施工过程中的压实度检验
核子法	适用于现场用核子密湿度仪以散射法或直接透射法测定路基或路面材料的密度和含水率,并计算施工压实度;适用于施工质量的现场快速评定,不宜用作仲裁试验或评定验收试验
钻芯法	适用于检验从压实的沥青路面上钻取的沥青混合料芯样试件的密度,以评定沥青面层的施工压实度;同时适用于龄期较长的无机结合料稳定类基层和底基层的密度检测

(一) 灌砂法

灌砂法是当前最通用的方法,很多工程都把灌砂法列为现场测定密度的主要方法。该方法可用于测试各种土或路面材料的密度,它的缺点是:需要携带较多的量砂,而且称量次数较多,因此测试速度较慢。测试原理是利用均匀颗粒的砂去置换试洞的体积,测出试洞内单位体积的材料干密度。

采用此方法时,应符合下列规定:

(1) 当集料的最大粒径小于 13.2mm、测定层的厚度不超过 150mm 时,宜采用 $\phi 100\text{mm}$ 的小型灌砂筒测试。

(2) 当集料的粒径等于或大于 13.2mm,但不大于 31.5mm,测定层的厚度超过 150mm,但不超过 200mm 时,应用 $\phi 150\text{mm}$ 的大型灌砂筒测试。

1. 仪器与材料

(1) 灌砂筒:有大小两种,根据需要采用。形式和主要尺寸见图 1-1 及表 1-3。储砂筒筒底中心有一个圆孔,下部装一倒置的圆锥形漏斗,漏斗上端开口,直接与储砂筒的圆孔相通。漏斗焊接在一块铁板上,铁板中心有一圆孔与漏斗上开口相接。储砂筒筒底与漏斗之间设有开关。开关铁板上也有一个相同直径的圆孔。

(2) 金属标定罐:用薄铁板制作的金属罐,上端周围有一罐缘。

(3) 基板:用薄铁板制作的金属方盘,盘的中心有一圆孔。

(4) 玻璃板:边长约 500 ~ 600mm 的方形板。

(5) 试样盘:小筒挖出的试样可用铝盒存放,大筒挖出的试样可用 300mm × 500mm × 40mm 的搪瓷盘存放。

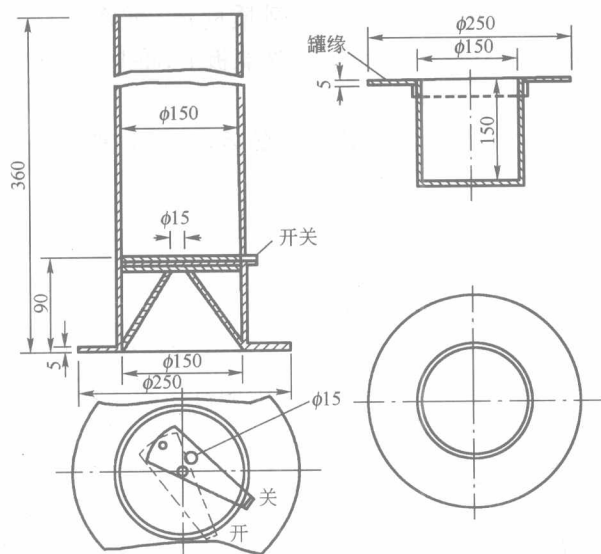


图 1-1 灌砂筒和标定罐(尺寸单位:mm)

灌砂仪的主要尺寸要求

表 1-3

结 构		小型灌砂筒	大型灌砂筒
储砂筒	直径(mm)	100	150
	容积(cm^3)	2 120	4 600
流砂孔	直径(mm)	10	15
金属标定罐	内径(mm)	100	150
	外径(mm)	150	200
金属方盘基板	边长(mm)	350	400
	深(mm)	40	50
中孔	直径(mm)	100	150

注:如集料的最大粒径超过 31.5mm,则应相应地增大灌砂筒和标定罐的尺寸;如集料的最大粒径超过 53mm,灌砂筒和现场试洞的直径应为 200mm。

(6)天平或台秤:称量 10 ~ 15kg,感量不大于 1g。用于含水率测定的天平精度,对细粒土、中粒土、粗粒土宜分别为 0.01g、0.1g、1.0g。

(7)含水率测定器具:如铝盒、烘箱等。

(8)量砂:粒径 0.30 ~ 0.60mm 及 0.25 ~ 0.50mm 清洁干燥的均匀砂,约 20 ~ 40kg,使用前须洗净、烘干,并放置足够的时间,使其与空气的湿度达到平衡。

(9)盛砂的容器:塑料桶等。

(10)其他:凿子、改锥、铁锤、长把勺、长把小簸箕、毛刷等。

2. 试验方法与步骤

(1)标定灌砂筒下部圆锥体内砂的质量

①在灌砂筒筒口高度上,向灌砂筒内装砂至距筒顶 15mm 左右为止。称取装入筒内砂的质量 m_1 ,准确至 1g。以后每次标定及试验都应该维持装砂高度与质量不变。

②将开关打开,让砂自由流出,并使流出砂的体积与工地所挖试坑内的体积相当(或等于

标定灌的容积),然后关上开关,称灌砂筒内剩余砂质量 m_5 ,准确至 1g。

③不晃动储砂筒的砂,轻轻地将灌砂筒移至玻璃板上,将开关打开,让砂流出,直到筒内砂不再下流时,将开关关上,并细心地取走灌砂筒。

④收集并称量留在板上的砂或称量筒内的砂的质量 m_2 ,准确至 1g。玻璃板上的砂就是填满筒下部锥体的砂。

⑤重复上述测量三次,取其平均值。

(2) 标定量砂的松方密度 ρ_s 。

①用水确定标定罐的容积 V ,准确至 1mL。

②在储砂筒中装入质量为 m_1 的砂,并将灌砂筒放在标定罐上,将开关打开,让砂流出。在整个流砂过程中,不要碰动灌砂筒,直到储砂筒内的砂不再下流时,将开关关闭。取下灌砂筒,称取筒内剩余砂的质量 m_3 ,准确至 1g。

③按式(1-5)计算填满标定罐所需砂的质量 m_a :

$$m_a = m_1 - m_2 - m_3 \quad (1-5)$$

式中: m_a ——标定罐中砂的质量,g;

m_1 ——装入灌砂筒内的砂的总质量,g;

m_2 ——灌砂筒下部圆锥体内砂的质量,g;

m_3 ——灌砂入标定罐后,筒内剩余砂的质量,g。

④重复上述测量三次,取其平均值。

⑤按式(1-6)计算量砂的松方密度 ρ_s :

$$\rho_s = \frac{m_a}{V} \quad (1-6)$$

式中: ρ_s ——量砂的松方密度,g/cm³;

V ——标定罐的体积,cm³。

(3) 试验步骤

①在试验地点,选一块平坦表面,并将其清扫干净,其面积不得小于基板面积。

②将基板放在平坦表面上。当表面的粗糙度较大时,则将盛有量砂(m_5)的灌砂筒放在基板中间的圆孔上,将灌砂筒的开关打开,让砂流入基板的中孔内,直到储砂筒内的砂不再下流时关闭开关。取下灌砂筒,并称量筒内砂的质量 m_6 ,准确至 1g。当需要检测厚度时,应先测量厚度后再进行这一步骤。

③取走基板,并将留在试验地点的量砂收回,重新将表面清扫干净。

④将基板放回清扫干净的表面上(尽量放在原处),沿基板中孔凿洞(洞的直径与灌砂筒一致)。在凿洞过程中,应注意勿使凿出的材料丢失,并随时将凿松的材料取出装入塑料袋中,不使水分蒸发,也可放在大试样盒内。试洞的深度应等于测定层厚度,但不得有下层材料混入,最后将洞内的全部凿松材料取出。对土基或基层,为防止试样盘内材料的水分蒸发,可分几次称取材料的质量。全部取出材料的总质量为 m_w ,准确至 1g。

⑤从挖出的全部材料中取出有代表性的样品,放在铝盒或洁净的搪瓷盘中,测定其含水率(w ,以%计)。样品的数量如下:用小灌砂筒测定时,对于细粒土,不少于 100g;对于各种中粒土,不少于 500g。用大灌砂筒测定时,对于细粒土,不少于 200g;对于各种中粒土,不少于 1000g;对于粗粒土或水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定材料,宜将取出的全部材料烘干,且不少于 2000g,称其质量 m_d ,准确至 1g。当为沥青表面处治或沥青贯入结构类材料时,该试

验则省去测定含水率步骤。

⑥将基板安放在试坑上,将灌砂筒安放在基板中间(储砂筒内放满砂到要求质量 m_1),使灌砂筒的下口对准基板的中孔及试洞,打开灌砂筒的开关,让砂流入试坑内。在此期间,应注意勿碰动灌砂筒。直到储砂筒内的砂不再下流时,关闭开关。小心取走灌砂筒,并称量筒内剩余砂的质量 m_4 ,准确到 1g。

⑦如清扫干净的平坦表面的粗糙度不大,也可省去上述②和③的操作。在试洞挖好后,将灌砂筒直接对准放在试坑上,中间不需要放基板。打开筒的开关,让砂流入试坑内。在此期间,应注意勿碰动灌砂筒。直到储砂筒内的砂不再下流时,关闭开关。小心取走灌砂筒,并称量剩余砂的质量 m'_4 ,准确至 1g。

⑧仔细取出试筒内的量砂,以备下次试验时再用。若量砂的湿度已发生变化或量砂中混有杂质,则应该重新烘干、过筛,并放置一段时间,使其与空气的温度达到平衡后再用。

3. 计算

(1)按式(1-7)或式(1-8)计算填满试坑所用的砂的质量 m_b :

灌砂时,试坑上放有基板时

$$m_b = m_1 - m_4 - (m_5 - m_6) \quad (1-7)$$

灌砂时,试坑上不放基板时

$$m_b = m_1 - m'_4 - m_2 \quad (1-8)$$

式中: m_b ——填满试坑的砂的质量, g;

m_1 ——灌砂前灌砂筒内砂的质量, g;

m_2 ——灌砂筒下部圆锥体内砂的质量, g;

m_4 、 m'_4 ——灌砂后,灌砂筒内剩余砂的质量, g;

$m_5 - m_6$ ——灌砂筒下部圆锥体内及基板和粗糙表面间砂的合计质量, g。

(2)按下式计算试坑材料的湿密度 ρ_w :

$$\rho_w = \frac{m_w}{m_b} \times \rho_s \quad (1-9)$$

式中: m_w ——试坑中取出的全部材料的质量, g;

ρ_s ——量砂的松方密度, g/cm³。

(3)按下式计算试坑材料的干密度 ρ_d :

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{1 + 0.01w} \quad (1-10)$$

式中: w ——试坑材料的含水率, %。

(4)水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定土,可按下式计算干密度 ρ_d :

$$\rho_d = \frac{m_d}{m_b} \times \rho_s \quad (1-11)$$

式中: m_d ——试坑中取出的稳定土的烘干质量, g。

当试坑材料组成与击实试验的材料有较大差异时,可以试坑材料作标准击实,求取实际的最大干密度。

4. 试验中应注意的问题

灌砂法是施工过程中最常用的试验方法之一。此方法表面上看起来较为简单,但实际操作时经常掌握不好,引起较大误差;又因为它是测定压实度的依据,故经常是质量检测监督部门与施工单位之间发生矛盾或纠纷的环节,因此应严格遵循试验规程的每个细节,以提高试验精度。为使试验做得准确,应注意以下几个环节:

(1) 量砂要规则。量砂如果重复使用,一定要注意晾干,处理一致,否则影响量砂的松方密度。

(2) 每换一次量砂,都必须测定松方密度,灌砂筒下部圆锥体内砂的数量也应该每次重新标定。因此,量砂宜事先准备较多数量的。切勿到试验时临时找砂,又不进行标定,仅使用以前的数据。

(3) 地表面处理要平整,只要表面凸出一点(即使 1mm),使整个表面高出一薄层,其体积便算到试坑中去了,会影响试验结果。因此,本方法一般宜采用放在基板先测定一次粗糙表面消耗的量砂,按式(1-7)计算填坑的砂量。只有在非常光滑的情况下方可省去此操作步骤。

(4) 在挖坑时试坑周壁应笔直,避免出现上大下小或上小下大的情形,这样就会使检测密度偏大或偏小。

(5) 灌砂时检测厚度应为整个碾压层厚,不能只取上部或者取到下一个碾压层中。

(二) 环刀法

环刀法是测量现场密度的传统方法。国内习惯采用的环刀容积通常为 200cm^3 ,环刀高度通常约 5cm。用环刀法测得的密度是环刀内土样所在深度范围内的平均密度。它不能代表整个碾压层的平均密度。由于碾压土层的密度一般是从上到下减小的,若环刀取在碾压层的上部,则得到的数值往往偏大;若环刀取的是碾压层的底部,则所得的数值将明显偏小。就检查路基土和路面结构层的压实度而言,我们需要的是整个碾压层的平均压实度,而不是碾压层中某一部分的压实度。因此,在用环刀法测定土的密度时,应使所得密度能代表整个碾压层的平均密度。然而,这在实际检测中是比较困难的,只有使环刀所取的土恰好是碾压层中间部分,环刀法所得的结果才可能与灌砂法的结果大致相同。另外,环刀法适用面较窄,对于含有粒料的稳定土及松散性材料无法使用。

1. 仪器与材料

(1) 人工取土器(图 1-2)或电动取土器(图 1-3):

人工取土器包括环刀、环盖、定向筒和击实锤系统(导杆、落锤、手柄)。环刀内径 6~8cm,高 2~3cm,壁厚 1.5~2mm。

电动取土器由底座、行走轮、立柱、齿轮箱、升降机构、取芯头等组成。

电动取土器主要技术参数为:

工作电压 DC24V(36A·h);

转速 50~70r/min,无级调速;

整机质量约 35kg。

(2) 天平:感量 0.1g(用于取芯头内径小于 70mm 样品的称量),或 1.0g(用于取芯头内径 100mm 样品的称量)。

(3) 其他:镐、小铁锹、修土刀、毛刷、直尺、钢丝锯、凡士林、木板及测定含水率设备等。

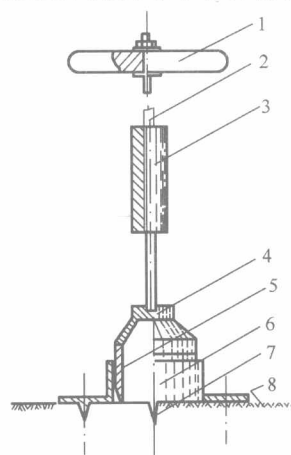


图 1-2 人工取土器

1-手柄;2-导杆;3-落锤;4-环盖;5-环刀;6-定向筒;7-定向筒齿钉;8-试验地面

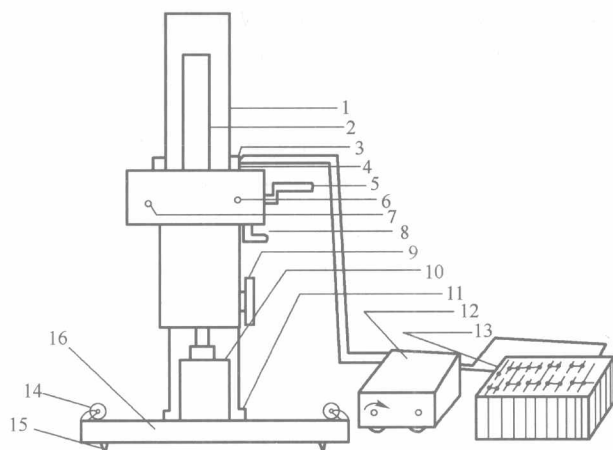


图 1-3 电动取土器

1-立柱;2-升降轴;3-电源输入;4-直流电机;5-升降手柄;6-电源指示;7-电源指示;8-锁紧手柄;9-升降手轮;10-取芯头;11-立柱套;12-调速器;13-电瓶;14-行走轮;15-定位销;16-底座平台

2. 试验方法与步骤

(1) 用人工取土器(图 1-2)测定黏性土及无机结合料稳定细粒土密度

- ①擦净环刀,称取环刀质量 m_2 ,准确至 0.1g。
- ②在试验地点,将面积约 30cm × 30cm 的地面清扫干净;并将压实层铲去表面浮动及不平整的部分,达到一定深度,使环刀打下后,能达到要求的取土深度,但不得扰动下层。
- ③将定向筒齿钉固定于铲平的地面上,顺次将环刀、环盖放入定向筒内与地面垂直。
- ④将导杆保持垂直状态,用取土器落锤将环刀打入压实层中,至环盖顶面与定向筒上口齐平为止。

⑤去掉击实锤和定向筒,用镐将环刀及试样挖出。

⑥轻轻取下环盖,用修土刀自边至中削去环刀两端余土,用直尺检测直至修平为止。

⑦擦净环刀外壁,用天平称取环刀及试样合计质量 m_1 ,准确至 0.1g。

⑧自环刀中取出试样,取具有代表性的试样,测定其含水率。

(2) 用人工取土器测定砂性土或砂层密度

①如为湿润的砂土,试验时不需要使用击实锤和定向筒。在铲平的地面上,细心挖出一个直径较环刀外径略大的砂土柱,将环刀刃口向下,平置于砂土柱上,用两手平稳地将环刀垂直压下,直到砂土柱突出环刀上端约 2cm 时为止。

②削掉环刀口上的多余砂土,并用直尺刮平。

③在环刀上口盖一块平滑的木板,一手按住木板,另一只手用小铁锹将试样从环刀底部切断,然后将装满试样的环刀反转过来,削去环刀刃口上部的多余砂土,并用直尺刮平。

④擦净环刀外壁,称环刀与试样合计质量 m_1 ,精确至 0.1g。

⑤自环刀中取具有代表性的试样测定其含水率。

⑥干燥的砂土不能挖成砂土柱时,可直接将环刀压入或打入土中。

(3) 用电动取土器(图 1-3)测定无机结合料细粒土和硬塑土密度

①装上所需规格的取芯头。在施工现场取芯前,选择一块平整的路段,将四只行走轮打起,四根定位销钉采用人工加压的方法,压入路基土层中。松开锁紧手柄,旋动升降手轮,使取芯头刚好与土层接触,锁紧手柄。

②将电瓶与调速器接通,调速器的输出端接入取芯机电源插口。指示灯亮,显示电路已通;启动开关,电动机工作,带动取芯机构转动。根据土层含水率调节转速,操作升降手柄,上提取芯机构,停机,移开机器。由于取芯头圆筒外表有几条螺旋状突起,切下的土屑排在筒外顺螺纹上旋抛出地表,因此,将取芯套筒套在切削好的土芯立柱上,摇动即可取出样品。

③取出样品,立即按取芯套筒长度用修土刀或钢丝锯修平两端,制成所需规格土芯,如拟进行其他试验项目,装入铝盒,送试验室备用。

④用天平称量土芯带套筒质 m_1 ,从土芯中心部分取试样测定含水率。

3. 计算

按式(1-12)、式(1-13)分别计算试样的湿密度 ρ 及干密度 ρ_d :

$$\rho = \frac{4 \times (m_1 - m_2)}{\pi d^2 h} \quad (1-12)$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01w} \quad (1-13)$$

式中: ρ ——试样的湿密度, g/cm^3 ;

ρ_d ——试样的干密度, g/cm^3 ;

m_1 ——环刀或取芯套筒与试样合计质量, g ;

m_2 ——环刀或取芯套筒质量, g ;

d ——环刀或取芯套筒直径, cm ;

h ——环刀或取芯套筒高度, cm ;

w ——试样的含水率, %。

(三) 核子密湿度仪法

该法是利用放射性元素(通常是 γ 射线和中子射线)测量土或路面材料的密度和含水率。这类仪器的特点是测量速度快,需要人员少。该方法适用于测量各种土或路面材料的密度和含水率,有些进口仪器还可储存打印测试结果。它的缺点是,放射性物质对人体有害,另外需要打洞的仪器,在打洞过程中洞壁附近的结构遭到破坏,影响测定的准确性。对于核子密湿度仪法,可作施工控制使用,但需与常规方法比较,以验证其可靠性。

1. 仪器与材料

(1)核子密湿度仪:符合国家规定的关于健康保护和安全使用标准,密度的测定范围为 $1.12 \sim 2.73 \text{g}/\text{cm}^3$,测定误差不大于 $\pm 0.03 \text{g}/\text{cm}^3$,含水率测量范围为 $0 \sim 0.64 \text{g}/\text{cm}^3$,测定误差不大于 $\pm 0.015 \text{g}/\text{cm}^3$ 。它主要包括下列部件:

① γ 射线源:双层密封的同位素放射源,如铯—137、钴—60 或镅—226 等。

②中子源:如镅(241)—铍等。

③探测器: γ 射线探测器或中子探测器等。

④读数显示设备:如液晶显示器、脉冲计数器、数率表或直接计数表。

⑤标准计数块:密度和含氢量都均匀不变的材料块,用于标验仪器运行状况和提供射线计数的参考标准。

⑥钻杆:用于打测试孔以便插入探测杆。

⑦安全防护设备:符合国家规定要求的设备。

⑧刮平板、钻杆、接线等。

(2)细砂: $0.15 \sim 0.3 \text{mm}$ 。

(3)天平或台秤。

(4)其他:毛刷等。

2. 试验方法与步骤

本方法用于测定沥青混合料面层的压实密度时,在表面用散射法测定,所测定沥青面层的层厚应不大于根据仪器性能决定的最大厚度。用于测定土基或基层材料的压实密度及含水率时,打洞后用直接透射法测定,测定层的厚度不宜大于30cm。

1) 准备工作

(1)每天使用前,按下列步骤用标准板测定仪器的标准值:

①进行标准值测定时的地点至少离开其他放射源10m的距离,地面必须经压实而且平整。

②接通电源,按照仪器使用说明书建议的预热时间,预热测定仪。

③在测定前,应检查仪器性能是否正常。在标准板上取34个读数的平均值建立原始标准值,并与使用说明书提供的标准值校对。如标准读数超过使用说明书规定的界限时,应重复此标准的测量,若第二次标准计数仍超出规定的界限时,需视作故障并进行仪器检查。

(2)在进行沥青混合料压实层密度测定前,应用核子密湿度仪法对钻孔取样的试件进行标定;测定其他材料密度时,宜与挖坑灌砂法的结果进行标定。标定的步骤如下:

①选择压实的路表面,按要求的测定步骤用核子仪测定密度,记录读数。

②在测定的同一位置用钻机钻孔法或挖坑灌砂法取样,量测厚度,按相关规范规定的标准方法测定材料的密度。

③对同一种路面厚度及材料类型,在使用前至少测定15处,求取两种不同方法测定的密度的相关关系,其相关系数 R 应不小于0.9。

(3) 测试位置的选择

①按照随机取样的方法确定测试位置,但与距路面边缘或其他物体的最小距离不得小于30cm。核子湿密度仪距其他放射源不得少于10m。

②当用散射法测定时,应用细砂填平测试位置路表结构凹凸不平的空隙,使路表面平整,能与仪器紧密接触。

③当使用直接透射法测定时,应在表面上用钻杆打孔,孔深略深于要求测定的深度,孔应竖直圆滑并稍大于射线源探头。

(4)按照规定的时间,预热仪器。

2) 测定步骤

(1)如用散射法测定时,应按图1-4的方法将核子仪平稳地置于测试位置上。

(2)如用直接透射法测定时,应按图1-5的方法将放射源棒放下插入已预先打好的孔内。

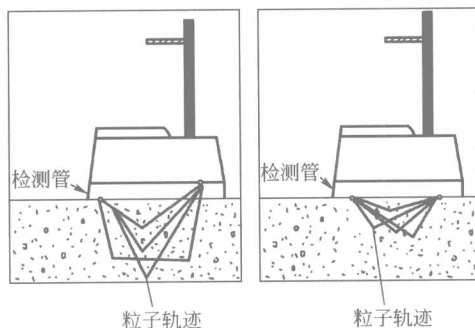


图1-4 用散射法测定的方法

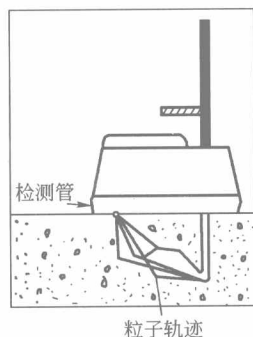


图1-5 用直接透射法测定的方法