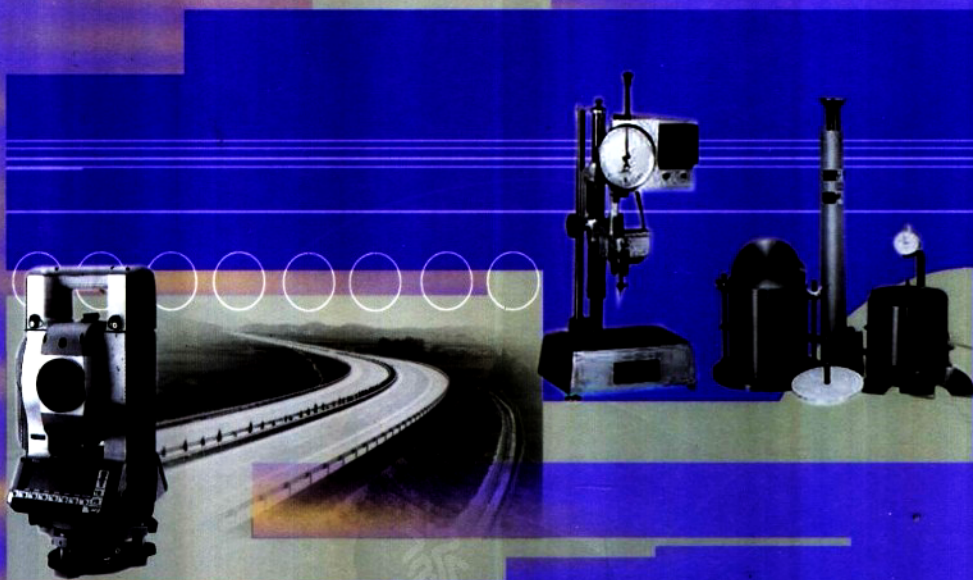




交通高等职业技术教育教材

公路工程 试验仪器 使用与维护

李玉珍 编著
余素萍 主审
张翠玉



人民交通出版社
China Communications Press

交通高等职业技术教育教材

Gonglu Gongcheng Shiyun Yiqi Shiyong Yu Weihu

公路工程试验仪器使用与维护

李玉珍	编著
余素萍	
张翠玉	主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为面向 21 世纪交通版高等职业技术教育教材。本书从提高试验检测质量出发,对公路工程试验检测常用仪器的原理、构造、检校、使用、维护方法及仪器的选择作了系统介绍。全书分为十章,分别介绍了土工、砂石材料、水泥、水泥混凝土、沥青、沥青混合料类试验仪器,还介绍了天平、压力机、工程测量仪器、道路和桥梁工程质量检测等仪器。全书内容简明扼要、深入浅出、注重实用。

本书可作为公路与桥梁专业及监理与检测专业教材,以及试验检测培训用书,也可供土建类相关专业师生和从事试验室建设的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程试验仪器使用与维护 / 李玉珍,余素萍编著.

北京:人民交通出版社,2004.8

ISBN 7-114-05141-7

I.公... II.①李...②余... III.道路工程-试验
-仪器-高等学校:技术学校-教材 IV.U416.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 064616 号

书 名: 交通高等职业技术教育教材
公路工程施工仪器使用与维护

著 者: 李玉珍 余素萍

主 审: 张翠玉

责任编辑: 卢仲贤 王霞

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安远门大街 14 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285656, 85285838, 85285995

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: 北京凯通印刷厂

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 17.25

字 数: 422 千

版 次: 2004 年 8 月第 1 版

印 次: 2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05141-7

印 数: 0001—3000 册

定 价: 30.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

随着我国公路建设事业的迅速发展,对工程质量管理、监督检测工作提出了高要求,对试验检测人员的业务素质与技术水平也提出了更高的要求。为满足路桥专业实用型人才对试验检测仪器的基本知识和基本操作技能的需要,根据交通职教路桥工程学科委员会高职教材联络组 2002 年 8 月西宁会议的决议,编写了本书。本书注意到职业教育的特点,内容以“实用、实际、实效”为原则,重点突出,主次分明,同时紧密追随公路工程检测技术的发展,具有很强的针对性与先进性。同时也充分考虑到教学规律,以方便作为教材使用。

本书由南京交通职业技术学院李玉珍、广东交通职业技术学院余素萍编著,湖北交通职业技术学院张翠玉主审,第七、八章由湖北交通职业技术学院田文审。第一、二、五、六、十章由李玉珍编写;第三、四、七、八章由余素萍编写;第九章由南京交通职业技术学院王道峰编写。

本书审稿会于 2004 年 4 月 21 日~4 月 23 日在南京交通职业技术学院举行,参加审稿会的有:浙江交通职业技术学院金仲秋,安徽交通职业技术学院俞高明,人民交通出版社卢仲贤、王霞,南京交通职业技术学院陆春其,山西交通职业技术学院张美珍,贵州交通职业技术学院金桃,宁夏交通学校孙元桃。

本教材配合教学总课时数约 64 学时,其中技能性实训不少于 32 学时,附录给出了本课程的教学大纲,供读者参考。

该教材从无到有,填补了交通高等职业技术教育公路与桥梁专业教材之空白,亦可用于土建类高等职业教育教学,同时满足了全国各相关专业试验室建设和相关人员培训的需要。

值本书出版之际,向关心、帮助本书编写的有关领导和专家、附于本书末的主要参考文献作者们致以最诚挚的感谢!

由于作者水平有限,书中谬误和疏漏之处在所难免,敬请读者给予批评指正。

编者

2004 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 研究试验检测仪器的目的和意义.....	1
第二节 公路工程试验检测仪器的分类与组成.....	1
第三节 公路工程试验室仪器配置.....	2
复习思考题	11
第二章 量具和天平	12
第一节 游标类量具	12
第二节 百分表	19
第三节 机械双盘杠杆式天平	20
第四节 电子天平	32
复习思考题	36
第三章 土工材料试验仪器	37
第一节 光电式液塑限联合测定仪	37
第二节 电动击实仪	40
第三节 直剪仪	46
第四节 固结仪	54
第五节 自动液压脱模器	58
第六节 烘箱	60
复习思考题	62
第四章 砂石材料试验仪器	63
第一节 YS-3 型摇筛机	63
第二节 洛杉矶磨耗试验机	65
第三节 SD—1 型砂当量试验仪	67
第四节 HJG—150 切割机	71
复习思考题	73
第五章 液压式压力机、万能试验机	74
第一节 液压千斤顶	74
第二节 2000kN 压力试验机	77
第三节 300kN 压力机	82
第四节 WE—1000 型液压万能试验机.....	88
复习思考题	96
第六章 水泥试验检测仪器	97
第一节 水泥净浆标准稠度及凝结时间测定仪	97
第二节 水泥净浆搅拌机、水泥胶砂搅拌机.....	99

第三节 水泥胶砂振实台、水泥胶砂抗折试验机	107
第四节 负压筛析仪、沸煮箱	112
复习思考题	116
第七章 沥青材料试验仪器	117
第一节 数显式沥青针入度仪	117
第二节 低温双数显沥青延度仪	122
第三节 全自动沥青软化点试验仪	126
第四节 沥青含蜡量测定仪	131
第五节 离心沉淀机	134
第六节 沥青薄膜烘箱	137
第七节 沥青旋转薄膜烘箱	140
第八节 沥青闪燃点测定仪	143
复习思考题	146
第八章 沥青混合料试验仪器	147
第一节 沥青混合料搅拌机	147
第二节 马歇尔电动击实仪	150
第三节 自动马歇尔稳定度试验仪	152
第四节 沥青混合料车辙试验机	157
复习思考题	160
第九章 基本测量仪器	161
第一节 水准仪	161
第二节 经纬仪	171
第三节 光电测距仪	184
第四节 全站仪	191
复习思考题	202
第十章 路基路面和桥梁工程质量检测仪器	203
第一节 路面平整度仪	203
第二节 贝克曼梁式弯沉仪	209
第三节 摆式摩擦仪	214
第四节 回弹仪	218
第五节 CBR 测定仪	229
第六节 HZ—15 型混凝土钻孔取芯机	233
第七节 桩基 P.I.T 检测仪	236
第八节 HF—D 超声波检测仪	245
复习思考题	257
附录 教学大纲参考意见	259
参考文献	264

第一章 绪 论

〔重点内容和学习要求〕

本章重点讲述研究试验检测仪器的目的和意义、仪器的分类和组成;公路工程各种资质等级试验室的仪器配置、工地试验室的仪器配置、试验室衡器和力计两类通用设备的选择。

通过学习,要求学生理解研究试验检测仪器的的重要性,了解仪器的分类和组成,根据试验要求和精度,掌握选择通用衡器和力计的方法。

第一节 研究试验检测仪器的目的和意义

在公路工程建设中,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率。因此,加强公路工程试验检测工作,是公路工程质量管理工作的重要内容。它不仅是质量监督的重要手段,而且也是控制工程质量的重要技术保证。客观、准确的试验检测数据,是公路工程实践的真实记录,是指导、控制和评定工程质量的科学依据。

随着我国公路建设事业的迅速发展,我国高等级公路建设技术的不断发展以及相应标准规范体系的不断完善,试验检测技术也在不断向前发展,试验检测仪器不仅品种多,而且越来越先进,使用频率也越来越高。

对公路工程建设中使用的原材料、半成品、构配件的性能及工程的结构质量进行控制,要保证检测结果的准确性和一致性,除检测人员的素质、环境条件、检测方法等应符合有关规定外,正确地选择、使用、调整和校核仪器,对提高试验数据的准确性、试验检测精度、工作效率及降低建设成本,有着至关重要的作用。

通过本课程的学习,可以了解和掌握一些机械、电子、液压传动、光学等方面的基本知识。熟悉公路工程常用仪器的构造、性能,能更好地使用仪器、保养仪器、延长仪器的使用寿命,有助于正确地判断和排除仪器的故障,确保提供准确与可靠的数据,力争消除人为误差,切实提高试验检测工作的质量和水平。及时提供真实可靠的检测数据,为指导、控制和评定公路工程质量提供科学的检测结论,以促进公路工程试验检测技术迈上新台阶。

第二节 公路工程试验检测仪器的分类与组成

一、仪器的分类

(一)按试验检测方法分类

1.无损类试验检测仪器:如全站仪、回弹仪、核子密度仪、连续式平整度仪、非金属超声波检测仪等。

2.有损类试验检测仪器:如压力机、沥青延度仪、取芯机、马歇尔仪、含蜡量测定仪、水泥净

浆搅拌机等。

(二)按试验检测对象分类

1. 土工类:如土的液塑限测定仪、电动击实仪、土的直剪仪和固结仪。
2. 砂石类:摇筛机、磨耗机、砂当量测定仪、切割机等。
3. 水泥、水泥混凝土类:如水泥净浆搅拌机、水泥胶砂振实台、水泥混凝土振动台、水泥胶砂抗折试验机等。
4. 沥青、沥青混合料类:针入度仪、软化点仪、马歇尔击实仪、沥青混合料搅拌机、含蜡量测定仪等。
5. 测量类:水准仪、光学经纬仪、全站仪等。
6. 检测类:回弹仪、弯沉仪、摩擦系数测定仪、核子密度仪、连续式平整度仪、非金属超声波检测仪等。
7. 钢材类:压力机、万能压力机等。

二、仪器的组成

试验检测仪器虽然品种繁多、形式多样、用途各异,但都可以归纳为由三个主要部分组成,即控制部分、显示部分和工作装置。

1. 控制部分:是仪器设备动力的来源,由它进行能量转换。如电机接通电源,将电能转换为旋转的机械能,再由链条、齿条、连杆等使试验检测设备的某个部分实现旋转、直线运动或往复运动。

2. 显示部分:由它将数据显示在荧光屏上或度盘上。例如烘箱上显示器,能将要设置的温度或箱内的当前温度显示出来;压力机工作时,刻度盘上能将试件所受的荷载显示出来;马歇尔击实仪工作时,显示器能将当前的击实次数显示出来。

3. 工作装置:例如水泥胶砂振实台的偏心夹紧机构、土工电动击实仪试模定位机构、水准仪的望远镜、钻孔取芯机的钻头等,这一部分的结构形式完全取决于仪器设备的本身用途。

第三节 公路工程试验室仪器配置

一、公路工程试验检测机构资质等级条件

为加强对公路工程试验检测机构资质的管理,规范公路工程试验检测工作,提高试验检测工作质量,交通部公路司公监字[1997]162号文件,发布了《公路工程试验检测机构资质管理暂行办法》。在该办法中,主要对不同等级资质试验室的试验检测人员资历和人员配备、主要试验检测项目、与之相配套的仪器设备等内容提出了具体的要求,详细内容见表 1-1。

二、公路工程工地试验室应配备的仪器设备

为确保公路工程试验检测的质量,工地试验室不仅应当具备相应的技术力量、环境状况和管理水平,仪器设备也要满足与之承担工程相适应的试验检测项目的需要。下面为各种工地试验室所配备的仪器设备。

不同等级资质试验室的配置要求

表 1-1

	交通部甲级	交通部乙级	交通部丙级
资历和试验检测人员配备	1. 熟悉掌握公路工程试验检测的标准、规范、规程及仪器设备的原理、性能和操作等,具有多年的从事公路工程综合试验检测工作经历和良好的工作业绩; 2. 有各类专业技术人员 20 名以上,其中高级技术职称不少于 3 人,中级技术职称不少于 6 人,从事试验检测工作 5 年以上者不少于 10 人; 3. 技术负责人和质量负责人应具有高级技术职称,熟悉试验检测工作,具有 10 年以上负责试验检测工作的经历; 4. 试验检测人员持证上岗率达到 90%	1. 熟悉掌握公路工程试验检测的标准、规范、规程及仪器设备的原理、性能和操作等,具有一定的从事公路工程综合试验检测工作经历和良好的工作业绩; 2. 有各类专业技术人员 10 名以上,其中高级技术职称不少于 1 人,中级技术职称不少于 3 人,从事试验检测工作 5 年以上者不少于 5 人; 3. 技术负责人具有高级技术职称,熟悉试验检测工作,有 10 年以上负责试验检测工作的经历; 4. 试验检测人员持证上岗率达到 85%	1. 熟悉掌握公路工程试验检测的标准、规范、规程及仪器设备的原理、性能和操作等,具有一定的从事公路工程综合试验检测工作经历和良好的工作业绩; 2. 专业技术人员 5 人以上,中级以上技术职称者不少于 2 人; 3. 技术负责人具有中级以上技术职称,试验检测人员持证上岗率达到 75%
主要试验检测项目	1. 土工试验(筛分、容重、含水量、液塑限、击实、颗粒分析、三轴试验); 2. 集料、石料(筛分、压碎值、磨耗、石料硬度、加速磨光); 3. 水泥软炼试验、石灰试验(有效钙镁含量)、粉煤灰试验; 4. 水泥混凝土(稠度、坍落度、抗压强度、抗折强度、劈裂试验、抗冻、抗渗)、砂浆强度试验、配合比设计; 5. 沥青指标试验(针入度、延度、软化点、粘附性、薄膜烘箱和老化试验); 6. 沥青混合料试验(抽提试验、马歇尔试验、劈裂、抗压)、沥青混合料配合比设计; 7. 路面基础材料试验(击实、无侧限抗压强度、灰剂量、配合比设计); 8. 路基、路面、构造物几何尺寸; 9. 路基路面(压实度、厚度、平整度、弯沉、路面构造深度、摩擦系数、路基 CBR、回弹模量); 10. 砌石工程常规试验检测; 11. 地基承载力; 12. 钢材物理、力学性能、焊接; 13. 桥梁构件强度、桩基完整性、桩基承载力; 14. 混凝土无破损检测; 15. 岩土工程(地基、基础); 16. 桥梁荷载试验; 17. 外加剂; 18. 钢绞线、预应力锚具、橡胶支座	1. 土工试验(筛分、容重、含水量、液塑限、击实、颗粒分析); 2. 集料、石料(筛分、压碎值、磨耗); 3. 水泥软炼试验、石灰试验(有效钙镁含量); 4. 水泥混凝土(稠度、坍落度、抗压强度、抗折强度、劈裂试验、抗冻、抗渗)、砂浆强度试验、配合比设计; 5. 沥青指标试验(针入度、延度、软化点、粘附性、薄膜烘箱和老化试验); 6. 沥青混合料试验(抽提试验、马歇尔试验、劈裂、抗压)、沥青混合料配合比设计; 7. 路面基础材料试验(击实、无侧限抗压强度、灰剂量、配合比设计); 8. 路基、路面、构造物几何尺寸; 9. 路基路面(压实度、厚度、平整度、弯沉、路面构造深度、摩擦系数、路基 CBR、回弹模量); 10. 砌石工程常规试验检测; 11. 地基承载力; 12. 钢材、焊接; 13. 桥梁构件强度、桩基完整性; 14. 混凝土无破损检测	1. 土工试验(筛分、容重、含水量、液塑限、击实); 2. 集料、石料(筛分、压碎值); 3. 水泥混凝土(稠度、坍落度、抗压强度、抗折强度、劈裂试验、抗冻、抗渗)、砂浆强度试验、配合比设计; 4. 沥青指标试验(针入度、延度、软化点); 5. 沥青混合料试验(抽提试验、马歇尔试验)、沥青混合料配合比设计; 6. 路面基础材料试验(击实、无侧限抗压强度、灰剂量); 7. 路基、路面、构造物几何尺寸; 8. 路基路面(压实度、厚度、平整度、弯沉); 9. 砌石工程常规试验检测; 10. 地基承载力

	交通部甲级	交通部乙级	交通部丙级
主要仪器设备	完成以上试验检测项目所需的各类仪器设备、主要应包括： 1. 万能试验机(1000kN、600kN)； 2. 压力机(2000kN)； 3. 三轴仪； 4. 全站仪； 5. 光电液塑限测定仪； 6. 金属探伤仪； 7. 加速磨耗机； 8. 取芯机、摆式摩擦仪； 9. 沥青试验设备； 10. 沥青混合料车辙试验机； 11. 沥青抽提仪、马歇尔试验仪、自动击实仪、沥青混合料自动搅拌机、成形机； 12. 水泥软炼试验设备； 13. 混凝土抗渗仪； 14. 洛氏硬度仪； 15. 超声波混凝土探伤仪； 16. 桩基完整性检测设备； 17. 桩基承载力检测设备； 18. 桥梁动、静载试验设备； 19. 公路几何线形检测设备； 20. 自动弯沉测试设备； 21. 养护箱、恒温箱、标养室； 22. 物理、化学试验设备	完成以上试验检测项目所需的各类仪器设备、主要应包括： 1. 万能试验机(1000kN、600kN)； 2. 压力机(2000kN)； 3. 石料磨耗机； 4. 沥青试验设备； 5. 水泥软炼试验设备； 6. 沥青抽提仪、马歇尔试验仪、电动击实仪、沥青混合料自动搅拌机、成形机； 7. 公路几何线形检测设备； 8. 取芯机、摆式摩擦仪； 9. 桩基完整性检测设备； 10. 超声波混凝土探伤仪； 11. 光电液塑限测定仪； 12. 弯沉测试设备； 13. 养护箱	完成以上试验检测项目所需的各类仪器设备、主要应包括： 1. 压力机或万能试验机； 2. 沥青抽提仪、马歇尔试验仪； 3. 经纬仪、水准仪； 4. 弯沉测试设备；

(一)路基工程

1. 土壤液塑限联合测定仪。
2. 标准击实仪。
3. 路基密实度检测设备(灌砂、环刀法)。
4. 简易化学分析设备(灰剂量测定、有效氧化钙及氧化镁含量测定等)。
5. 天平(万分之一、千分之一、百分之一)。
6. 烘箱。
7. 标准土工筛、摇筛机。
8. 三米直尺。
9. 弯沉仪。
10. 水准仪。
11. 经纬仪(或全站仪)。

(二)路面基层

- 1.土壤液塑限联合测定仪。
- 2.标准击实仪。
- 3.路基密实度检测设备(灌砂、环刀法)。
- 4.简易化学分析设备(灰剂量测定、有效氧化钙及氧化镁含量测定等)。
- 5.天平(万分之一、千分之一及相应托盘和台秤)。
- 6.烘箱。
- 7.标准土工筛、砂石筛、摇筛机。
- 8.三米直尺。
- 9.弯沉仪。
- 10.水准仪。
- 11.经纬仪(或全站仪)。
- 12.标准养护箱。
- 13.路面材料强度试验仪。

(三)水泥混凝土路面

- 1.水泥混凝土拌和物稠度、坍落度测定仪。
- 2.水泥混凝土标准养护设备。
- 3.水泥混凝土抗折试验机。
- 4.钻孔取芯机。
- 5.针片状规准仪。
- 6.集料压碎值试验仪。
- 7.标准砂石筛、摇筛机。
- 8.水泥净浆搅拌机、稠度仪、水泥砂浆搅拌机、胶砂抗折试验机及水泥其它相关项目试验

仪器设备。

- 9.烘箱。
- 10.路面纹理深度测试设备。
- 11.三米直尺。
- 12.水准仪。
- 13.经纬仪(或全站仪)。
- 14.压力机。

(四)沥青路面

- 1.沥青针入度、延度、软化点测定仪。
- 2.沥青混合料马歇尔试验仪。
- 3.沥青混合料抽提仪。
- 4.沥青路面抗滑性能测试设备。
- 5.标准筛(方孔)。
- 6.集料压碎值指标试验仪。
- 7.沥青混合料马歇尔试件击实仪。
- 8.沥青混合料拌和机。
- 9.烘箱。
- 10.连续式平整度仪。

11. 三米直尺。
12. 弯沉仪。
13. 水准仪。
14. 经纬仪(或全站仪)。
15. 电子天平。

(五) 桥梁工程

1. 万能试验机(1000kN 或 600kN)。
2. 压力机(2000kN)。
3. 水泥净浆搅拌机、稠度仪、水泥砂浆搅拌机、胶砂抗折试验机及水泥其它相关项目试验仪器设备。
4. 水泥混凝土振动台和搅拌设备。
5. 针片状规准仪。
6. 石料压碎值测定仪。
7. 标准筛(圆孔)。
8. 烘箱。
9. 标准养护箱。
10. 标准养护室。
11. 三米直尺。
12. 水准仪(或全站仪)。

三、试验室衡器、力计两类通用设备的配置

通用设备的配置要综合考虑经济性和适用性,下面就从衡器、力计两个方面来分析如何科学地选配通用设备。

(一) 衡器的配置

衡器是试验室中用得最为广泛的仪器,几乎每个试验都离不开,而且不同的试验对衡器都是有不同的称量和精度范围要求,为保证每个试验的精度要求,必须充分了解各个试验所规定的天平或台称的称量和感量,表 1-2 是现行规范对试验室常规检测项目的衡器技术指标要求汇总。

试验项目对衡器的技术指标要求汇总表

表 1-2

试 验 项 目		最大称量(kg)	感量(g)	采用标准
含水量	细粒土	> 0.1	0.01	T 0801—94/T 0103—93/T 0921—95
	粗粒土	> 2	1.0	T 0921—95
标准击实		10 ~ 15	5	T 0131—93/T 0804—94
无侧限强度		10	5	T 0805-94
		(0.2)	0.01	
EDTA		0.5	0.5	T 0809—94
		0.1	0.1	

续上表

试验项目		最大称量(kg)	感量(g)	采用标准
石灰钙镁含量		0.2	0.0001	T 080913—94
		(0.1)	0.1	
压实度	环刀	(1)	0.1	T 0923—95
	灌砂	10~15	1	T 0921—95
	钻芯	(2)	0.1	T 0924—95
粗集料	筛分	10	1	GB/T 14685—2001
	密度	1.5	≤ 0.75	T 0304—1994
		1	≤ 0.5	
	含水率	5	≤ 5	T 0305—1994
	压碎值	10	5	T 0315—1994
		2~3	1	T 0316—2000
	针片状		$\leq 0.1\%$ 称量值	T 0311—2000
			≤ 1	T 0312—2000
细集料	筛分	1	≤ 0.5	T 0327—2000
		1	1	GB/T 14684—2001
	密度	1	≤ 1	T 0328—2000
		1	0.1	GB/T 14684—2001
		0.1	≤ 0.1	T 0329—2000
		1	≤ 1	T 0330—2000
		1	≤ 1	T 0333—2000
	含泥量	1	≤ 1	T 0333—2000
		1	0.1	GB/T 14684—2001
	砂当量	1	≤ 1	T 0334—2000
水泥	细度	0.1	≤ 0.05	GB 1345—91
	安定性	≥ 1	≤ 1	GB/T 1346—2001
	胶砂强度	2	± 1	GB/T 17671—1999
沥青	试样准备	2	≤ 1	T 0602—1993
		0.1	≤ 0.1	
	密度	0.2	≤ 0.001	T 0603—1993
	薄膜加热	0.2	≤ 0.001	T 0609—1993

续上表

试验项目		最大称量(kg)	感量(g)	采用标准
沥青混合料	击实	(3)	≤ 0.5	T 0702-2000
		(1)	≤ 0.1	
	马歇尔稳定度	(2)	≤ 0.1	T 0709-2000
	最大理论密度	≥ 5	≤ 0.1	T 0711-93
		≤ 2	≤ 0.05	
	矿料级配	(2)	≤ 0.1	T 0725-2000
	沥青含量	(0.2)	≤ 0.01	T 0722-1993
		(0.2)	0.001	
		(2)	≤ 0.1	
	密度	≥ 10	5	T 0705-2000
		≥ 3 (5)	≤ 0.5	
		≤ 3	≤ 0.1	

注:①某一试验中包含另一试验时,如对仪器设备没有特殊要求的,不再在表中列出;

②()中数据为规范未明确规定,根据正常试验的经验值取定的适合称量范围;

③同一试验不同规范有不同要求时,取用较高要求,如灌砂法试验 T0921-95 规定用称量 10~15kg,感量不大于 1g 的天平或台称,而 T0111-93 规定采用称量 10~15kg,感量 5g 的台称;

④同一试验有多种方法时,采用常规试验方法的设备,如环刀法测量压实度有内径 70mm 和 100mm 两种环刀,取常用的 70mm。

从表 1-2 中可以看出,工地试验室中需要用到衡器的感量分别是 0.0001g、0.001g、0.01g、0.05g、0.1g、0.5g、1.5g,同一种感量要求的最大称量也存在差别,但由于感量要求具备向上兼容性,即可以用感量 0.1g 的衡器去称感量要求为 0.5g 甚至 1g 的质量,因此实际设备配置可以进行合并。为了保证试验检测工作的正常进行,最少应达到表 1-3 的配置要求。从表 1-3 中可以看出,0.01g、0.1g、1g 感量的衡器的使用范围和使用频率较高,因此在实际使用时,这一部分设备最好选择电子式的,称量起来比较方便快捷,同时还可以根据工程量和工程项目的具体情况,选配一些称量 10~15kg 感量 5g,称量 3~5kg 感量 1g 的台称以及称量 1~3kg 感量 0.1g、称量 200g 感量 0.01g 的架盘天平作为备用,这些价格相对比较便宜,但使用起来比较繁琐。

衡器最少配置表

表 1-3

最大称量(kg)	感量(g)	用 途
50	10	水泥混凝土配合比试拌
15	1	灌砂法测定压实度、粗粒土含水量、标准击实、粗粒土无侧限抗压强度以及除密度外的粗集料常规试验等
5	0.1	环刀法及钻芯法测定压实度、细粒土无侧限抗压强度、水泥试验(除理论密度和沥青混合料试验、集料试验)等
2	0.01	细粒土含水量、水泥细度、沥青混合料的沥青含量和最大理论密度试验等
0.2	0.001	沥青试验、测定石灰土的灰剂量试验
0.2	0.0001	石灰钙镁含量

(二)力计的配置

试验室使用的广义力计包含测力环、万能试验机、压力试验机等。力计的选用主要是考虑合适的量程,一般情况下,应使被测量值处于力计量程的 20% 到 80% 范围内,此时测量值的可靠性最高。因此在量程选择上,应根据测量值波动的上限来控制量程的下限,根据波动下限来控制量程的上限,即选定量程要满足两个条件:一是量程的 80% 值应大于测量值的上限,二是量程的 20% 值应小于测量值的下限。

(1)测力环

一般的试验室需要配置无侧限抗压强度试验用的测力环,专指为无侧限抗压强度仪(路面材料强度试验仪)而配置的测力环,而用于校准万能试验机的测力环不在此讨论之列。目前公路上应用较多的基层材料是二灰碎石和水泥稳定碎石,底基层材料是石灰、粉煤灰稳定土(二灰土)。根据力计量程选用的原则以及基层、底基层材料无侧限抗压强度的正常波动范围,具体的测力环量程计算及选用见表 1-4。从表中可以看出,一般情况下,工地试验室只需要选用两个测力环即可。

测力环选用配置表

表 1-4

试验项目	试件尺寸 (mm)	龄期	波动下限 (MPa)	波动上限 (MPa)	压力下限 (kN)	压力上限 (kN)	测力环最 大量值(kN)	测力环最小 量值(kN)	选用测力环 (kN)
二灰土	50	7	0.5	1.1	0.981	2.159	4.9	2.7	5
二灰碎石	150	7	0.8	1.6	14.130	28.260	7.8	3.9	8
水稳碎石	150	7	3	6	52.988	105.975	9.4	14.7	20
水泥土	50	7	1.5	3.5	2.944	6.869	14.7	8.6	10

(2)万能试验机的配置及量程选用

万能试验机主要用于普通钢筋的力学性能试验和水泥胶砂抗压强度试验以及砂浆抗压强度试验等。工地常用的普通钢筋主要有 $\phi 8$ 、 $\phi 10$ 的热轧盘圆条(Q235)和 $\phi 10 \sim \phi 36$ 的热轧带肋钢筋(HRB335),根据钢筋的截面积、强度波动的范围以及力计量程的选择原则。万能试验机选择组合见表 1-5。

万能试验机选用量程分析表

表 1-5

项目	直径 (mm)	面积 (mm ²)	下限强度 (MPa)	上限强度 (MPa)	荷载下限 (kN)	荷载上限 (kN)	量程下限 (kN)	量程上限 (kN)	选用量程 (kN)	选用试 验机器
普 通 钢 筋 拉 伸	8	50.27	410	480	20.6	24.1	103.1	30.2	60	300 型
	10	78.54	410	480	32.2	37.7	161.0	47.1	60/120/150	300 或
	10	78.54	490	530	38.5	41.6	192.4	52.0	60/120/150	600 型
	12	113.1	490	530	55.4	59.9	277.1	74.9	120/150/200	300 或 600 或 1000 型
	14	153.9	490	530	75.4	81.6	377.2	102.0	120/150/200/300	
	16	201.1	490	530	98.5	106.6	492.6	133.2	150/200/300	
	18	254.5	490	530	124.7	134.9	623.5	168.6	200/300/500/600	
	20	314.2	490	530	153.9	166.5	769.7	208.1	300/500/600	
	22	380.1	490	530	186.3	201.5	931.4	251.8	300/500/600	
	25	490.9	490	530	240.5	260.2	1202.65	325.2	500/600/1000	
	28	615.8	490	530	301.7	326.4	1508.6	407.9	500/600/1000	300 或 1000 型
	30	706.9	490	530	346.4	374.6	1731.8	468.3	500/600/1000	
	32	804.2	490	530	394.1	426.3	1970.4	532.8	600/1000	
	36	1018	490	530	498.8	539.5	2493.8	674.3	1000	

从表 1-5 中看出,一般试验室用于钢筋力学性能试验用的万能试验机主要有三种型号两种组合,即 300 型(最大量程 300kN,通常还包含 150kN 和 60kN 两个量程)、600 型(最大量程 600kN,通常还包含 300kN 和 120kN 两个量程)以及 1000 型(最大量程 1000kN,通常还包含 500kN 和 200kN 两个量程)三种型号,300 型、1000 型以及 300 型、600 型两种组合,后一种组合仅适用于钢筋最大直径为 32mm 的试验室,或 32mm 以上钢筋用量不大,可以进行外委试验的试验室。

公路工程常用的水泥有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥,其 3 天和 28 天的胶砂抗压强度波动范围见表 1-6,根据试件受压面积以及力计量程选择原则,水泥胶砂抗压强度一般选择 300 型万能试验机就可以了。

万能试验机选用量程分析表 表 1-6

项目	龄期 (d)	强度等级	强度 (MPa)		荷载 (kN)		量程 (kN)		选用量程 (kN)	选 用
			下限	上限	下限	上限	下限	上限		试验机
水泥 胶 砂 抗 压	3	32.5	11	16	17.6	25.6	88	32	60	300 型
		42.5	16	21	25.6	33.6	128	42	60/120	300 或 600 型
		52.5	17	22	27.2	35.2	136	44	60/120	
		32.5R	21	26	33.6	41.6	168	52	60/120	
		42.5R	22	27	35.2	43.2	176	54	60/120	
		52.5	23	28	36.8	44.8	184	56	60/120	
		52.5R	26	31	41.6	49.6	208	62	120/150/200	300 或 600 型
		52.5R	27	32	43.2	51.2	216	64	120/150/200	
		62.5	28	33	44.8	52.8	224	66	120/150/200	
		62.5R	32	37	51.2	59.2	256	74	120/150/200	
	28	32.5	32.5	41	52.0	65.5	260	82	120/150/200	300 或 600 型
		42.5	42.5	51	68.0	81.6	340	102	120/150/200/300	
		52.5	52.5	61	84.0	97.6	420	122	150/200/300	
		62.5	62.5	68	100	108.8	500	136	105/200/300	
砂 浆	28	7.5	7	12	35.0	60.0	175	75	120/150	300 或 600 型
		10	10	16	50.0	80.0	250	100	120/150/200	300 或 600 型

注:表中水泥胶砂抗压强度以硅酸盐、普通硅酸盐以及复合硅酸盐水泥为计算基础,如需要采用矿渣、火山灰质或粉煤灰硅酸盐水泥,结果相差不大,对量程选择几乎没有影响。

公路工程常用的水泥砂浆为 M7.5 和 M10 的砌筑砂浆,根据其强度波动范围和受压面积以及量程选用原则,一般选用 300 型的万能试验机就可以满足要求。

综上所述,一般试验室运用最广泛的万能试验机是 300 型,胶砂抗压和水泥砂浆试件均只需要 300 型,用 300 型的万能试验机做钢筋拉伸试验,最大可以达到 22mm,因此在万能试验机的选择上,300 型的是必备的,辅以 600 型或 1000 型的就可以完成一般试验室几乎所有的常规力学性能试验。

(3)压力试验机

压力试验机主要用于混凝土试件的抗压试验、混凝土抗压弹性模量等试验,通常用的压力试验机为 2000 型(含 800kN 和 2000kN 两个档位),已经基本满足上述试验的要求。预应力混

凝土弹性模量试验要综合使用 800kN 和 2000kN 的量程;工程常用的混凝土立方体试件的强度在 15 ~ 50MPa 之间,选用 2000 型的压力试验机已经能够完全满足试验要求,一般设计强度在 20MPa 以下的混凝土试件可采用 800kN 的量程,20MPa 以上的需要采用 2000kN 的量程。

复习与思考题

1. 按试验检测对象,仪器分为哪几类?
2. 试验检测仪器主要由哪几部分组成?各部分的主要作用是什么?
3. 公路工程工地试验室,仅承担路基工程时至少要配哪几种天平?
4. 水泥胶砂抗压强度试验,宜选用何种型号的试验机?