交通电视中等专业学校试用教材

道路与桥梁专业实验教程

Daolu Yu Qiaoliang
Zhuanye Shiyan Jiaocheng

交通部电视中专教材编审委员会　编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书可作为交通电视中等专业学校道路与桥梁专业实验教材使用。书中分为五章,介绍了 41 个试验:第一章物理实验,第二章工程力学实验,第三章地质与土质实验,第四章道路建筑材料实验,第五章土的力学性质实验。其中第四章因试验较多(27 个),又分为砂石材料试验、石灰与水泥试验、水泥混凝土及建筑砂浆试验、沥青材料试验和沥青混合料试验等 5 节。本书根据以上各类课程的要求,以不同形式讲解了试验的仪器设备、原理、做法和数据整理方法,并附有试验报告或试验记录表。

交通电视中等专业学校试用教材
道路与桥梁专业实验教程
交通部电视中专教材编审委员会　编
插图设计:　　版式设计:崔凤莲　责任校对:刘高彤
人民交通出版社出版发行
(100013 北京和平里东街 10 号)
各地新华书店经销
人民交通出版社印刷厂印刷
开本:　　印张:　　字数:　　千
1999 年 1 月　第 1 版
1999 年 1 月　第 1 版　第 1 次印刷
印数:0001～5500　册　定价:　　元
ISBN 7-114--

交通部电视中专教材编审委员会

主 任 委 员　李作敏
副主任委员　王文标　黄志平
委　　员　(以姓氏笔画为序)
　　王锦俞　田津麒　向传祖　李卫平
　　周青国　顾　锴　麻勋海　韩　敏

本 书 主 编　田津麒
本书副主编　伍必庆
本 书 主 审　钱　嵩

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

序

在交通部教育司的关怀领导下,交通部电视中等专业教育走过了十年的历程。它主要利用远距离教学手段开展教学,属于成人中等职业教育范畴,最显著的特点是能够大规模培养交通事业急需的中等专业人才。十年来,毕业生已逾三万人,他们大都成为生产和管理工作的骨干。与此同步,教材建设也取得了很大成绩,组织编写了大量教材和教学辅导材料,制做了许多教学录像带,连同选用其他院校编录的教材,较好地满足了各专业教学的需要。但是,随着我国社会主义市场经济体制逐步建立,交通事业的发展对人才培养提出了新的要求,各种法规、制度、规范和标准也有很大的变化,原有教材有许多已不相适应,为了跟上交通事业发展的步伐,加快教材改革进度,编写出版适合电视中专使用的新教材,成为交通电视中专教育改革的当务之急。

电视中专的教材改革,首先要改革某些传统观念,克服造成电视中专教育普通中专化的思路,摆脱传统中专模式的影响,积极探索融成人教育和职业教育为一体的电视中专教育规律,才能建设具有交通电视中专特色的教材体系。

编写新一轮电视中专教材,要求内容与培养目标相适应。培养目标是应用型中等人才,具有一定的专业或工种技能、较强的动手能力和岗位工作所需的文化基础。应突出教材内容的职业性、实用性和应用性。此外,还要求具有行业性,即与当前交通行业的生产实际密切结合,把行业生产实际所急需的内容编进去,生产实际处于不断进步的动态变化中,一劳永逸的教材是不存在的,紧密联系生产实际,对生产实际的新要求能做出灵活反应,是我们编写教材的努力方向,电视中专利用远距离教学手段,编写教材还要考虑适应于它所特有的教学方法,尽可能使教材的结构形式与教学方法相辅相成,才有利于取得良好的教学效果。

交通部电视中专教材编审委员会

一九九五年四月

前　言

加强实践性教学环节，提高学生的实验动手能力，是近年来交通中等专业学校道路与桥梁专业教学改革的方向之一。为了做好这一工作，我们根据交通部电视中等专业学校道路与桥梁专业的教学计划与教学大纲，编写了这本实验教程。本书在选题上突出实用性，注重与工程实际挂勾；在叙述上突出重点，便于自学。

“实验”和“试验”两词的用法有差异，本书定义验证某方面的结论为“实验”，求取某项具体结果为“试验”。将“实验”用于书名和章名，而将“试验”用于每个具体项目的名称。用法妥否，待专家指正。

本书第一章由管兰编写，第二章由田津麒编写，第三章由陈世英编写，第四章由伍必庆编写，第五章由谷端伟编写。全书由田津麒主编，伍必庆副主编，钱嵩主审。

由于编者水平有限，书中缺点、错误在所难免，恳请读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

编　者

1998 年 7 月

目　　录

第一章　物理实验 …… 1
实验一　气轨上测滑块的速度和加速度 …… 1
实验二　研究单摆的振动周期,用单摆测定重力加速度 …… 6
实验三　研究电源的输出功率与负载电阻的关系 …… 9
实验四　测定电源的电动势和内电阻 …… 11
第二章　工程力学实验 …… 15
实验一　拉伸试验 …… 15
实验二　用电测法测定梁的弯曲正应力 …… 21
第三章　地质与土质实验 …… 30
实验一　矿物肉眼鉴定 …… 30
实验二　常用石料岩石学简易鉴定方法 …… 31
实验三　土的工程分类及野外鉴别 …… 32
实验四　土的物理、水理性质各项指标的测定 …… 35
I　土的相对密度 G(比重)试验 …… 35
II　土的密度试验(环刀法) …… 37
III　土的含水量试验(烘干法) …… 39
IV　用酒精燃烧法测定细粒土的含水量 …… 40
第四章　道路建筑材料实验 …… 42
§4-1　砂石材料实验 …… 42
实验一　石料的密度试验(李氏比重瓶法) …… 44
实验二　石料毛体积密度试验(静水称量法) …… 46
实验三　石料毛体积密度试验(蜡封法) …… 48
实验四　石料单轴抗压强度试验 …… 51
实验五　石料磨耗试验(洛杉矶法) …… 53
实验六　细集料的表观密度试验(标准法) …… 54
实验七　细集料的堆积密度及紧装密度试验 …… 56
实验八　细集料的筛分试验 …… 58
实验九　粗集料表观密度试验 …… 61
实验十　粗集料堆积密度、振实密度试验 …… 62
实验十一　粗集料的筛分试验 …… 65
实验十二　水泥混凝土粗集料压碎指标试验(演示) …… 67
§4-2　石灰与水泥实验 …… 68
实验十三　有效氧化钙的测定 …… 70
实验十四　氧化镁测定 …… 72

实验十五　水泥标准稠度用水量、凝结时间、体积安定性试验 …… 75
实验十六　水泥胶砂强度和抗折强度试验 …… 78
§4-3　水泥混凝土及建筑砂浆实验 …… 81
实验十七　混凝土拌和物坍落度试验 …… 84
实验十八　毛体积密度试验 …… 86
实验十九　混凝土拌和物维勃稠度试验 …… 87
实验二十　混凝土抗压强度试验 …… 88
实验二十一　混凝土抗折强度试验 …… 90
§4-4　沥青材料实验 …… 92
实验二十二　沥青针入度试验 …… 95
实验二十三　沥青的标准粘度试验 …… 97
实验二十四　沥青延度试验 …… 99
实验二十五　沥青软化点试验 …… 101
§4-5　沥青混合料实验 …… 102
实验二十六　沥青混合料试件密度试验(水中重法、蜡封法) …… 106
实验二十七　沥青混合料马歇尔稳定度试验 …… 109
第五章　土的力学性质实验 …… 112
实验一　土的压缩试验 …… 114
实验二　现场荷载试验 …… 117
实验三　直接剪切试验 …… 120
实验四　三轴剪切试验 …… 122
主要参考书目 …… 128

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

第一章　物 理 实 验

实验一　气轨上测滑块的速度和加速度

一、实 验 仪 器

1. 导轨

导轨由一根长 2m 的三角形铝合金管做成,它的一端用堵头封死,另一端装有进气嘴,可用气源向管腔送入压缩空气(如图 1-1 所示)。铝管向上的两个轨道面成 90°角,轨面经过精密加工,十分平整光滑,在轨面上有两排分布均匀对称的喷气小孔。当压缩空气进入管腔后所有小孔都喷出气流,使导轨上表面与滑块内表面之间形成一层厚 度约为 10μm～100μm 的薄气膜;这就是气垫。气垫的压强大于大气压,使滑块始终漂浮在导轨上。这样把滑块与导轨之间的接触摩擦变成空气层间的内摩擦,而空气层间的内摩擦较之接触摩擦是非常小的,这样就极大地减少了力学实验中难于克服的摩擦力的影响,使实验效果有很大的提高。

图 1-1　实验仪器简图

1-导轨;2-导轨堵头;3-进气嘴;4-喷气小孔;5-滑块;6-碰簧;7-标尺;8-压力测定孔;9-调整螺杆;10-口字形铸铝梁;11-支脚;12-底脚螺丝;13-座垫;14-垫块;15-挡光刀片;16-滑块上的碰簧;17-聚光小灯泡;18-光电二极管;19-数字频率计

导轨两端及滑块上都装有缓冲弹簧。整个导轨安装在工字梁上以防弯曲变形。导轨的一侧装有米尺,另一侧放置可左右移动的光电门,工字梁下面装有三个可调节水平用的底脚螺栓(见图 1-1)。利用气垫导轨及其附属设备可以研究力学中的许多规律,如匀速运动和匀加速运动;牛顿第二定律和动量守恒定律;简谐振动、阻尼振动和受迫振动等。

2. 滑块

滑块由长 10cm 至 30cm 的角铝做成,其内表面经过细磨,与导轨的两个侧面能很好地吻合。当导轨的喷气小孔喷气时,滑块就漂浮在气垫上,可沿着导轨自由地滑动。滑块上可以装上用来测量时间间隔的挡光片。根据实验需要,滑块上还可以装上碰簧、接合器、砝码等各种

附件。

二、光电测量系统

1. 光电门

在导轨的一侧安装两个可以移动的光电门,每个光电门有一个光电二极管,被一个聚光小灯泡照亮。光电二极管在光照时电阻约为几千欧～几十千欧,无光照时的电阻约在 1 MΩ 以上。利用光电二极管两种状态下的电阻变化可获得一个讯号电压,用来控制电脑通用计数器,使其开始计时或停止计时。

2 用电脑通用计数器计时的方法

MVJ - II 型电脑通用计数器是以 MCS - 51 单片机为核心的智能化数字测量仪器。利用该机可以测频、测周期、计时、计数等。下面简述用该机计时的方法和计时所用的按键的功能。电脑通用计数器前板如图 1-2 所示。

主要按键功能如下:

gate ,时标输出键/ 时标选择键。每按动本键一次,时标更换一档。

shift ,上下位功能选择键。在不按本键时各键执行下位功能,按下本键执行上位功能。

图 1-2　计数器前板

- 0 ,数字“0”输入键/ 光电门数输入键。按下 shift 键,再按此键,可向主机送入数字“0”。单独按下本键可预选光电门数和显示内容。

a⁷ ,数字“7”输入键/ 加速度测量键。按下 shift 键,再按此键,可向主机送入数字“7”,单独按下本键,可通过 2～4 个光电门,测量各光电门处的挡光时间及滑块在相邻两个光电门之间的运动时间。

Δt² ,数字“2”输入键/ 计时键。按下 shift 键,再按此键,可向主机送入数字“2”。单独按下本键主机执行光电计时功能。

操作顺序:

(1)根据实验需要将两个或者四个光电门接在电脑通用计数器上。本实验用两个光电门。

(2)按动 gate 键,选择时间的单位和数据的精度。

(3)按动 a⁷ 键,显示屏显示 - 4,说明用此键计时,最多可以安装四个光电门。

(4)按动 - 0 键,向主机输入光电门个数,如本实验气轨上装有两个光电门,则再按 Δt² 键,屏上显示 - 2,即可让滑块运动,并且计时。

屏上显示字符	含　义
1	第一个光电门计时
××.××	计时值(Δt_1)
2	第二个光电门计时

××.××	计时值(Δt_2)
1 - 2	第一和第二个光电门间的运动时间
××××.××	计时值(t)

显示屏数据循环显示,如需进行下一次计时,按[a°7]键复位,显示屏清零。

三、测量滑块的即时速度

在运动的滑块上装有挡光片,当滑块经过光电门时,挡光片 A 边挡住照在光电二极管上的光束,电脑通用计数器记时开始,在挡光片 B 边挡光时记时结束。电脑通用计数器显示的时间 Δt 就是滑块移动 Δx 距离所用的时间;Δx 是 A 边与 B 边之间的距离(见图 1-3)。如果

图 1-3

1-导轨;2-滑块;3-挡光片;4-光电门支架;5-聚光灯泡;6-光电二极管;7-光电门的固定螺丝

Δx 用游标卡尺测得,根据平均速度的公式,就可算出滑块通过光电门的平均速度,即

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

由于 Δx 比较小,在 Δx 范围内滑块的速度变化也较小,故可以把 $\bar{v}$ 看成是滑块经过光电门的即时速度。

四、测量滑块的加速度

将气垫导轨的一端用标准垫块垫高,使滑块在倾斜的导轨上作匀加速直线运动(如图 1-4)。

图 1-4

使两光电门相距 50cm～60cm。让滑块由某一固定位置从静止开始向下作匀加速直线运

动。据定义,加速度 $a=(V_2-V_1)/t$。式中 V_1、V_2 可以取滑块在光电门 I、II 处的即时速度,t 则取滑块在两光电门间运动的时间。我们可以这样测量:

$$V_1=\frac{\Delta x}{\Delta t_1}\qquad V_2=\frac{\Delta x}{\Delta t_2}$$

其中,Δx 是挡光片计时宽度,用游标卡尺测得,Δt_1、Δt_2 分别是滑块通过光电门 I、II 的时间;t 是滑块在两光电门间运动的时间;加速度 a 可由下式算出:

$$a=\frac{V_2-V_1}{t}$$

实验中注意:要先给导轨送气后才能放上滑块;拿下滑块后才能停止送气。

实验报告　用气垫导轨测加速度

一、实 验 目 的

1. 测量光滑斜面上运动物体的加速度;
2. 认识气垫导轨、电脑通用计数器,并练习使用。

二、实 验 原 理

1. 实验方案设计思想

2. 实验依据的物理公式

①加速度计算公式

②某处即时速度计算公式

三、实 验 仪 器

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

四、实验操作步骤

五、数据记录与计算

表 1-1

挡光片的计时宽度 $\Delta x =$ cm

项目 / 次数	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)	t (s)	a_1 (m/s^2)	Δa_1 (m/s^2)
1							
2							
3							
平均值							

测量结果表示

$$a = \text{填} \pm \Delta\text{填} =$$

$$\delta a = \frac{\Delta\text{填}}{\text{填}} \times 100\% =$$

六、分析和讨论

在同一次实验中,测量 Δt_1、Δt_2 和 t 时为什么必须将滑块从同一位置释放？

实验二　研究单摆的振动周期,用单摆测定重力加速度

一、实 验 原 理

把一个金属小球拴在一根细长线上,如果细线的质量比小球质量小很多,而球的直径又比细线的长度小很多,则此装置可看作是一个不计质量的细线系住一个质点。使它在重力作用下摆动就是单摆。

单摆往返摆动一次所需要的时间称为单摆的周期。可以证明,当摆幅很小时,单摆周期 T 满足下面公式。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

式中 L 是摆长,就是从悬点到小球球心的距离; g 是重力加速度。因而,单摆的周期只与摆长和重力加速度有关。如果我们测出单摆的摆长和周期,就可以计算出重力加速度 g。这是粗略测定重力加速度的一个简便方法。

二、仪器的调整方法

1. 调节立柱铅直:把摆放下作校准锤用,调节调平螺旋至在正前方看时整条摆线处于立柱正中;在侧面看时摆线与立柱平行时为止。

2. 调节摆幅度板的高度,至板上弧边中点离上座线夹的下平面间的距离为 50cm 时加以固定,摆幅度板平面应垂直于上座的前伸部分。

3. 镜平面与摆幅度板平行,镜的指标线如不在仪器的对称线上时,可在镜框中稍微左右移动镜片位置以达到中心位置。

4. 调节摆长:调节时,先松支紧螺旋,然后旋动绕线轴至摆长符合要求时再旋紧支紧螺丝。以上各步骤参见图 1-5。

三、实 验 内 容

多次改变摆长,用钢卷尺测量出摆线长 L′,再用游标卡尺测出摆球直径 d,摆长 $L = L' + \frac{d}{2}$。可用秒表测周期,当摆球通过指标线时,按动秒表同时数“0”,单摆完成一次全振动后数 1,2……,数到“10”时按停秒表,读出秒表示数,并除以 10,即得出周期值 T。记录数据,分

图　1-5

析 T 和 L 有怎样的关系,得出结论。

测量重力加速度时,摆线要取长些,取 1m 以上,在摆动摆球后,用秒表先测出单摆作 50 次全振动的时间,除以 50 算出周期 T,将摆长 L 和周期 T 的值代入公式: $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$,求出 g 值。

四、注 意 事 项

1. 使摆在平面内摆动,不要成为圆锥摆;
2. 使单摆作小振幅摆动(最大偏转角不超过 5°)。

实验报告　研究单摆的振动周期,用单摆测定重力加速度

一、实 验 目 的

1. 定量找出单摆振动周期与摆长 L 的关系;
2. 测出当地重力加速度 g 的值。

二、实 验 原 理

单摆摆动的摆角很小时,它的振动周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$。如果测出单摆的摆长 L 和周期 T,就可以计算出当地的重力加速度 g。

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

三、实 验 仪 器

四、实验操作步骤

五、数据记录与计算

表格 1-2 研究 T 与 L 的关系:

摆球直径 d = ____ m,偏角要小于 5°。 **表 1-2**

项目 / 次数	L′ (m)	L (m)	10 T (s)	T (s)	L	T/ L
1						
2						
3						

结论:

表格 1-3 测重力加速度 g 值:

摆球直径 d = ____ m,摆长 L 取大于 1 m。 **表 1-3**

项目 / 次数	L′ (m)	L (m)	50 T (s)	T (s)	g (m/s^2)	Δg
1						
2						
3						
平 均 值						

结果表示: $g = \bar{g} \pm \Delta\bar{g} =$

$$\delta g = \frac{\Delta\bar{g}}{\bar{g}} \times 100\% =$$

六、分析与讨论

1. 单摆的摆角为什么不能大于 5°?

2. 单摆若不在竖直平面内摆动,所测得的周期将变大还是变小?

实验三　研究电源的输出功率与负载电阻的关系

电源在外电路上释放出的功率称为电源的输出功率。本实验要求定量研究外电路电阻(称负载电阻)变化时,输出功率是怎样随之变化?

在一闭合电路中电源电动势为 ε、内电阻为 r,外电阻为 R,电流强度为 I。根据能量守恒定律,电源的总功率等于它消耗在内、外电路上的功率之和,即: $P_{总} = P_{内} + P_{出}$。电源产生的总功率为 $P_{总} = I\varepsilon$,电源内电阻上消耗的功率为 $P_{内} = I^2 r$,外电阻上消耗的功率,即电源的输出功率为 $P_{出} = I^2 R$。

当外电路为纯电阻电路时,

$$P_{出} = I^2 R = \left(\frac{\varepsilon}{R + r}\right)^2 R$$

$$= \frac{\varepsilon^2}{\frac{(R - r)^2 + 4Rr}{R}}$$

$$= \frac{\varepsilon^2}{\frac{(R - r)^2}{R} + 4r}$$

由上式可知,当 $R = r$ 时分母最小, $P_{出}$ 最大。可见,当负载电阻等于电源内电阻时,电源的输出功率最大。电源输出最大功率为:

$$P_{出\,max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

如图 1-6 所示,本实验中的电源为一节干电池,干电池的内电阻一般为 $r_0 = 1\Omega$,如果在实验中外电阻和内电阻大小接近,则电路中电流过强,将损坏电池,还可能超过电阻箱允许的电流或烧毁毫安表。因此,须用电阻箱给干电池串接一个电阻 R_0(设 $R_0 = 29.0\Omega$),并把整体(虚线框部分)作为电源,设此电源的内电阻为 r。闭合电键 K,使电阻箱 R 如表格中各数值,对应测出电流值,并计算出 $P_{出}$、$P_{内}$、$P_{总}$ 各值,验证: $P_{总} = P_{出} + P_{内}$。另外,在坐标纸上,以 R 为横坐标,以 $P_{出}$ 为纵坐标,绘出 $P_{出}$ -

图　1-6

R 曲线,找出 $P_{出}$ 为最大值时的 R 值,从而验证当 R = r 时输出功率最大。

实验报告　研究电源的输出功率与负载电阻的关系

一、实 验 目 的

1. 验证电源的总功率和输出功率、电源内部消耗的功率之间的关系;
2. 研究电源输出功率为最大的条件。

二、实 验 原 理

当负载电阻为纯电阻时,根据能量转换和守恒定律,电源的总功率等于它消耗在内、外电路上的功率之和。当电源的电动势和内电阻为定值时,电源供给负载电阻的功率 $P_{出} = I^2 R$,由 I、R 决定。根据全电路欧姆定律,I 也由 R 决定。按理论推导,当负载电阻等于电源内阻时,电源输出的功率最大。

三、实 验 仪 器

四、实验操作步骤

五、数据的记录与计算(表 1-4)

用电压表测得电源的电动势 $\varepsilon =$ ____ V。

设电源的内电阻 $r_0 = 1\Omega$,取电阻箱 $R_0 = 29.0\Omega$,则虚线框电源整体的内电阻 $r = r_0 + R_0 =$ ____ Ω。

表 1-4

次数	负载电阻 R(Ω)	电　流　I (A)	$P_{出} = I^2 R$ (W)	$P_{内} = I^2 r$ (W)	$P_{总} = I\varepsilon$ (W)
1	1.0				
2	10.0				
3	15.0				
4	20.0				

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com