

公路工程试验员 实用读本

GONGLU GONGCHENG SHIYANYUAN SHIYONG DUBEN

伍必庆 主编

田 伟 副主编



人民交通出版社

Gonglu Gongcheng Shiyanyuan Shiyong Duben

公路工程试验员实用读本

伍兴庆 主 编

田 伟 副主编

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

公路工程试验员实用读本 / 伍必庆主编. —北京: 人民交通出版社, 2000
ISBN 7-114-03579-9

I. 公... II. 伍... III. 道路工程-建筑材料-试验-基本知识 IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 10215 号

公路工程试验员实用读本

伍必庆 主 编

田 伟 副主编

正文设计: 王秋红 责任校对: 刘高彤 责任印制: 张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 - 64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.125 字数: 240 千

2000 年 5 月 第 1 版

2000 年 5 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—4000 册 定价: 16.50 元

ISBN 7-114-03579-9

U · 02581

内 容 提 要

全书共分八章,分别参照现有的规范、规程及标准阐述了土的物理力学性质试验,砂石材料试验,水泥混凝土、稳定土、建筑砂浆试验,沥青材料试验,沥青混合料试验及钢材试验的试验设备、试验条件、试验方法、试验要求及试验中应注意的问题。内容简明实用,操作性强。

本书适用于公路工程试验员,同时也适用于相关专业在校师生及有关工程技术人员参阅。

前 言

为进一步提高公路工程质量,加强试验员规范化操作,使材料试验工作更好地为施工生产服务,准确及时地提供施工中所需要的试验数据,我们编写了这本试验员培训教材。材料试验是一项比较精密的工作,试验设备、试验条件及试验方法是否符合试验规程要求,都会引起试验结果的差异。试验工作人员要做好材料的检验工作,必须熟悉各种材料的技术性能和质量标准,正确处理试验数据,严格按照标准规定进行操作,并且不断提高操作技术的熟练程度。

培训教材主要参照有关新规范及试验规程编写。本书第一章由邹豪斯编写,第二章由谷端炜编写,第三章、第四章由田伟、何万利编写,第五章至第八章由伍必庆编写,全书由伍必庆主编,田伟副主编。在编写过程中,任少英、杨兴葆、阎金萍提供了大量试验数据,特此表示感谢。

编 者

2000年2月

目 录

第一章 概论	1
第一节 常用试验仪器的操作及使用方法.....	1
第二节 数据测量和分类及质量控制常用方法.....	9
第三节 试验数据的数理统计方法简介	19
第四节 常用质量评定标准介绍	32
第五节 级配范围曲线的绘制和试验数据修约	37
第二章 土的物理力学性质试验	40
第一节 概述	40
第二节 土的物理性质试验	50
第三节 土的力学性质试验	80
第三章 砂石材料试验	102
第一节 概述	102
第二节 石料试验	106
第三节 细集料试验	112
第四节 粗集料试验	122
第四章 石灰与水泥试验	134
第一节 概述	134
第二节 石灰试验	140
第三节 水泥试验	147
第五章 水泥混凝土、稳定土、建筑砂浆试验	159
第一节 概述	159
第二节 普通水泥混凝土配合比设计	170
第三节 水泥混凝土试验	186
第四节 稳定土组成设计方法及试验	198

第五节	建筑砂浆配合比设计及试验	208
第六章	沥青材料试验	217
第一节	概述	217
第二节	沥青试验	224
第七章	沥青混合料试验	237
第一节	概述	237
第二节	沥青混合料配合比组成设计	249
第三节	沥青混合料试验	256
第八章	钢材试验	264
第一节	概述	264
第二节	钢筋试验	268
第三节	冷拉钢筋和预应力混凝土用钢丝试验	280

第一章 概 论

第一节 常用试验仪器的操作及使用方法

一、压力试验机的构造与操作

压力试验机有 500kN、1000kN 及 2000kN 等几种规格,主要用于测定石料、水泥及水泥混凝土等材料的抗压强度。

1. 压力机的构造

压力机由主体部分、油泵及分路阀、测力计三个部分组成。

(1)主体部分 机体是用球墨铸铁铸成的体架,机架上部装着螺母、螺杆。在螺杆末端有球座及上承压板,由于螺杆末端的凹球面和球座的作用,能使上承压板略作自由倾斜移动,在试样受压时,可紧压住试样(图 1-1-1)。

下承压座表面刻有若干方形槽,以便将试样放置于中心位置。下承压座放在活塞上。斜形遮屑板使试样被压碎后的碎块滑向两侧。在遮屑板下面,装有防尘罩,

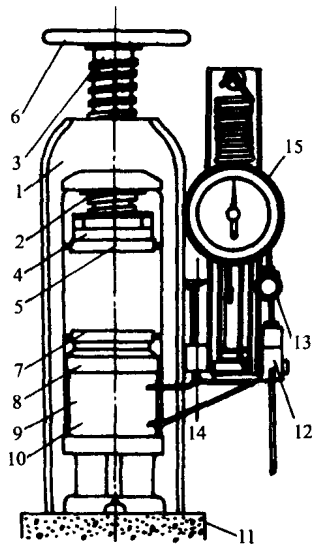


图 1-1-1 压力机

1-机体;2-螺母;3-螺杆;4-球座;5-上承压板;6-手轮;7-下承压座;8-活塞;9-支架;10-油缸;11-水泥基座;12-油泵;13-分路阀;14-贮油箱;15-测力计

防止细屑杂物侵入油缸及活塞间。当活塞受到油压上升时,推动下承压板向上顶压试样。

油缸固定在机架的下部,在油缸内壁的上部嵌 U 形皮圈,以防止在高压时,活塞和油缸间溢出过多的油量。

在油缸后部,有一突出弯管,压力机使用数日后,可旋出弯管末端的螺塞,放掉油缸溢出的机油,使机器四周保持洁净(图 1-1-2)。

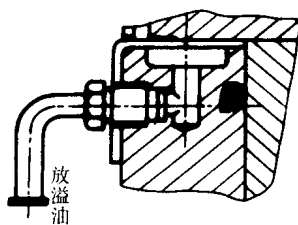


图 1-1-2 放溢油装置

(2)油泵及分路阀 油泵及分路阀用螺钉固定在测力计的槽钢上。

贮油箱连在油泵后侧,其底部装有滤油器,防止杂物侵入油内而损坏液压系统的零件。

油泵是手搬双向活塞式,操作时上下摇动手柄,用手柄座推动拉杆,带动油泵活塞作往复运动,油从贮油箱经滤油器吸入而输送至油缸,推动活塞上升。

开始试验时,可能由于油泵内部存有空气而打不出油,此时可将油泵前端的圆头螺钉松开,使内部的油阀开启,并继续搬动油泵手柄,使空气排出,直至螺钉顶部小孔内有油溢出为止,然后旋紧螺钉。

油泵上面的分路阀是控制油量的通道,在通至测力计的通道口,备有缓冲器,以防在试验完毕时,因开启回油阀的速度过快,或因试件被压碎时压力骤减产生振动而损坏测力计。

(3)测力计 弹簧测力计是利用弹簧来测定活塞上所承受压力的大小。油液自分路阀通至测力计,测力杆受压力而向下移动,拉动两吊杆,将力传至弹簧,因此测力杆的位移是根据弹簧受力的大小而确定的。

活塞受力的大小,经过测力杆、弹簧、齿轮等机构,由指针直接在指示板上指出。

加压时主动指针转动从而带动随动指针,除去压力后,主动指针开始回退,由于弹簧片的作用,随动指针仍停留在主动指针所达

到最高荷载时的位置,因而可以很容易地读出指示板上的读数。

在小吨位荷载情况下,应使用小弹簧,在需要大吨位荷载时,使用大弹簧,这样可以保证读数更为准确。指示板正面和反面表示两个不同的弹簧所代表的吨位。指示板和两侧铰有两个长圆槽,在微量调节指针的零点时,旋去两侧滚花螺帽,移动指示板,使指针恰好指在零点上。

2. 操作步骤

(1)在使用前必须检查贮油箱的油量是否加满,油管接头有无松动,以防漏油漏气。

(2)根据试样要求,更换需要的弹簧和指示板。

(3)转到手轮,将螺杆调节到适当位置。如试样过小,可加置垫板。如试验金属材料,须加一块经磨平的垫板,以免承压板受损。

(4)校正指针零点。

(5)旋紧回油阀。

(6)手扳油泵手柄,用力要均匀,加荷速度每秒不大于 $30\text{N}/\text{cm}^2$,约相当于油泵每分钟 20~25 次往复运动。

(7)如主动针开始退回,继续加压,指针读数不再增加时,表示试样已压至极限强度,这时应将回油阀慢慢地退出,使油缸内的油放回贮油箱内。

(8)随动指针随动读数,即为该试样的极限强度。试验完毕后将指针拨回零点。

二、油压万能材料试验机的构造与操作

万能试验机有 300kN、600kN、1000kN、2000kN 等多种规格,主要用于钢材及其它金属材料的拉伸、压缩、弯曲及剪切等试验,亦可做水泥混凝土的抗折强度试验。

1. 万能机的构造

(1)主体部分 主体部分(图 1-1-3)的两根工作油缸固定在上端大横梁的中央。当油泵输来的油使工作活塞上升时,试台亦随

之上升。试台前后两侧面装有刻度尺,以指示弯曲支座间距离。下钳口座装在机座中心的丝杆上端,丝杆受蜗轮螺母控制。当开动下钳口座升降电动机时,蜗杆带动蜗轮旋转,使丝杆带动下钳口座升降,可按试验要求把钳口座迅速升降到需要位置。下钳口座的升降距离由超程电钮控制升降距离。支柱上装有刻度尺,可指示升降距离和试样变形长度。

油缸和活塞试验机主体的主要部分保持一定间隙,可使活塞自由移动而将摩擦减到最低限度。使用时应注意油的清洁,不要使油内的杂质、铁屑等随油通过油泵、油管进入油缸内,否则会损坏油缸和活塞的接触表面光洁度。

(2)测力计部分 测力系统由荷载指示机构、自动描绘器、高压油泵及电动机、缓冲阀、液压传动系统、电开关及送回油阀门等组成。为避免与灰尘接触及受外界影响,这些机构被封闭在钢板外壳内,因此轴承及各精密部件,经常保持清洁并具有良好的工作条件。

2. 试验机操作方法

(1)度盘的选用 在试验前应估计出所试验的最大荷载,以便选用相应的测量范围。同时调整缓冲阀的手柄,以使相应的测量范围对准标线。

(2)摆锤的悬挂 一般试验机有三个测量范围(见表 1-1-1),因此共有三个摆砵,分别刻有 A、B、C 字样,A 砵固定在摆锤上,

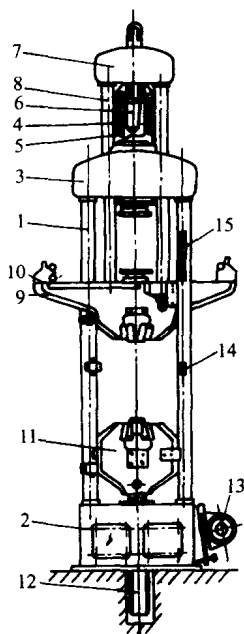


图 1-1-3 主体部分

1-支柱;2-机座;3-大横梁;4-工作油缸;5-工作活塞;6-防震调整球端轴;7-小横梁;8-拉杆;9-试台;10-刻度尺;11-下钳口座;12-丝杆;13-电动机;14-操纵电钮;15-刻度尺

试验时按规定加上其它摆砵即可。

表 1-1-1

试 验 机	摆 砵		
	A	A + B	A + B + C
	测 量 范 围, kN		
300kN	0 ~ 60	0 ~ 150	0 ~ 300
600kN	0 ~ 120	0 ~ 300	0 ~ 600
1000kN	0 ~ 200	0 ~ 500	0 ~ 1000

(3)指针零点的调整 试验前,当试样的上端已被夹住,下端尚未夹住时,开动油泵将指针调整到零点位置。

(4)平衡锤的调节 试验时,先将需要的摆锤挂好,打开送油阀,调节平衡锤,使摆杆上的刻线与标定的刻线重合。此时如果指针不对零,则可调整推杆,使指针对准度盘零点。

(5)送油阀及回油阀的操作 在试台升起时送油阀可开大一些。为使油泵输出的油能进入油缸内,使试台以最快的速度上升,以减少试验的辅助时间。手轮可转到四圈。试验时,须平稳地作增减负荷操作。试样断裂后,将送油阀关闭,然后慢慢打开回油阀以卸除荷载,并使试验机活塞落回到原来位置,使油回到油箱。当试样加荷时,必须将回油阀关紧,不许有油漏回。送油阀手轮不要拧得过紧,以免损伤油针的尖梢。回油阀手轮必须拧紧,因油针端为较大钝角,所以不易损伤。

(6)试样的装夹 作拉伸试验时,先开动油泵,再拧开送油阀,使工作活塞升起一小段距离,然后关闭送油阀。将试样一端夹于上钳口,对准指针零点,再调整下钳口,夹住试样下端,开始试验。

作压缩或弯曲试验时,将试样放置在试台的压板或弯曲支承滚上,即可间隙试验。压板和支承滚与试样的接触面应经过热处理硬化,以免试验时出现压痕而损伤试样表面。

3. 试验操作规程

(1)接通总开关电源。根据试样选用测量范围,将摆砵挂在摆杆上,调整缓冲阀手柄对准标线。

(2)根据试样形状及尺寸,把相应的夹头装入上下钳口座内。
在描绘器的筒上,卷压好记录纸。

(3)开动油泵电动机,拧开送油阀,使试台上升约 10mm,然后关闭油阀。如果试台已在升起位置时,则不必先开动油泵送油,只要将送油阀关好即可。

(4)将试样一端装夹于上钳口中,开动油泵调整指针对准度盘零点。开动下钳口电动机,将下钳口升降到适当高度,将试样另一端夹在下钳口中,须注意使试样垂直。将推杆上的描绘笔放下,进入描绘准备状态。

(5)按试验要求的加荷速度,缓慢拧开送油阀进行加荷试验。试样断裂后关闭送油阀,停止油泵电动机。

(6)记录需要数值,将描绘笔抬起。打开回油阀,卸荷后将随动针拨回零点,取下断裂后的试样。

(7)压缩和弯曲试验可参照上述各项进行操作。

三、材料试验机的故障分析及处理方法

1. 试验机的正误差

试验机的正误差表现在试验结果往往比实际值大,产生的原因有下列几种情况:

(1)试验机的主体部分安装不平,使工作油缸与活塞间产生摩擦而引起的正误差。

处理方法:安装试验机时,用精度为 $0.1/1000$ 的方框式水平仪校正水平,万能机主体部分的水平应在工作油缸外表面无油漆处的两个相互垂直方向上校正;压力机的水平应在下压板上两个相互垂直的方向上校正。万能试验机主体部分不水平度应小于 $0.2/1000$,测力部分不水平度应小于 $0.5/1000$ 。测力部分前后的水平是将水平仪放在摆杆宽面靠近摆轴的地方校正,左右的水平是将水平仪放在摆杆上进行校正。如果水平度不合要求则需调整。调整时要用楔形垫铁衬垫,边垫边拧紧底脚螺旋,反复校对使之符合要求。然后用水泥砂浆将主体和测力计底边周围塞满,以

免垫铁被振动而影响水平。

(2)机器在搬动过程中因主体部分产生变形,从而影响机件升降,增加摩擦引起正误差。

处理方法:机器在搬动时要放稳放正,衬垫要牢固可靠,防止机器产生变形。

(3)当把试验机使用粘度小的油更换为粘度大的油时,如果测力油缸内原有的油未排除干净,则会造成两种油的压缩比不等而引起正误差。

处理方法:测力油缸里原有的油不易排尽时,换油后可将测力活塞从下面抽出,开动油泵,稍加压力待测力油缸里有新油流出时再装上活塞,误差即可消除。

2. 试验机的负误差

试验机的负误差表现在试验结果比实际值小,产生的原因有下列几种情况:

(1)测力油缸太脏,使活塞升降不灵而引起负误差。处理时可拆洗测力活塞。

(2)荷载指示机构及推杆、滑轨、导向轴承等因太脏或锈蚀,产生摩擦而引起负误差。

处理时可清洗荷载指示机构、推杆、滑轨、导向轴承,然后调整误差。

(3)压力机拆洗安装后,如果测力计齿轮间衔接太松,万能机推杆丝扣被磨损,加荷后易产生跳齿而引起负误差。

处理方法:安装时应使齿轮间衔接合适。

(4)摆锤轴承太脏、锈蚀或安装位置不对,产生摩擦而引起负误差。

处理方法:拆洗摆锤轴承,正确安装轴承后误差即可消除。

(5)当试件被破坏产生剧烈振动时,由于盖板螺母松动,导致万能机测力系统的刀口跳开,改变杠杆比,使机器产生误差。由于刀口跳开时可能向左也可能向右,所以有时也造成正误差。

处理方法:先检查测力杠杆系统有无受阻碍,然后再找其它原

因,发现后及时进行调整。

(6)压力机上压板球座脏或失灵,平面调整困难,使试件偏心受压而引起负误差。

处理方法:应经常保持球座洁净,并涂上少量机油,使球座运转灵活。

四、分析天平的使用与保养

分析天平的主要部件为天平梁(梁上装有三把玛瑙制成的刀口及天平盘)、支柱、梁升降钮等。

1.天平的调节

(1)水平调节 天平安置是否水平直接影响到使用,调节方法是旋动天平座下的螺旋足,当天平上的圆水准泡在正中时即为调节水平。

(2)零点调节 标尺指针应对准刻度牌的“0”点,如偏差在左右1格范围时,可不作调整;如偏差较大,则应进行调节。旋动天平梁左右两端的调节螺旋,往外旋使被旋方加重,反之则减轻,直至指针指示平衡为止。光学分析天平除进行上述调节外,还可利用光学系统调节零点,使反射标尺的零度线与幕上游标尺上的零线相合即可。

(3)重心调节 天平的灵敏度(每偏转一个分度所需的质量值),会因天平载重量的增加而稍有降低。一般希望天平的灵敏度在载重量改变1mg时,指示偏转2~5刻度,即标尺每一刻度相当于0.2~0.5mg。光电分析天平刻度,经光线投影到幕上与游标尺相遇,以指示天平梁偏转的读数。当加入10mg标准砝码时,光学标尺读数应为10mg,若灵敏度不符合上述要求,需要加以调节。把梁上重心螺旋或指针上的附重作上下调整,使天平梁重心改变,就可以改变天平的灵敏度。

(4)砝码校准 分析天平是分析工作中最主要而又常用的仪器,称量准确度对分析结果有重大影响。在普通的分析工作中,要求能准确称量到0.1mg。分析天平所用砝码,必须具有相当的准

确度,使用时应十分小心,防止损坏和玷污砝码,使它的重量产生误差。在使用过程中由于磨损、玷污、氧化等影响,砝码的重量略微有些改变,需要定期加以校正。

2. 使用分析天平的注意事项

(1)使用天平前必须检查天平是否处于正常状态,若不符合要求时,应进行调节和校正。

(2)开关天平时,要缓慢平稳,以免损坏刀口。

(3)当天平正在称量未关闭时,不得在秤盘上增减称量物和砝码,也不可在梁上移动游码,以防止受冲击或振动损坏天平。

(4)使用砝码要用镊子夹取,绝不能用手直接拿取。砝码匣应经常关闭,以免污损。

(5)称量任何物品,不要直接放在天平盘或一张纸上,应放在玻璃表面皿或一个称量盘上。

(6)凡吸湿性或易挥发腐蚀性的物品,必须放在密闭的容器内进行称量。

(7)称量过热或过冷的物体,应待其至室温后再行称量。

(8)天平匣内应放入硅胶或其它吸湿剂保持经常干燥。

(9)天平室内应保持干燥、清洁、无酸气及其它腐蚀性气体。天平台架应坚固,避免振动。

(10)称量完毕后应当检查天平是否关闭,取下砝码并将天平门关紧。如果使用电光天平应将电源拔下,盖上天平罩。

第二节 数据测量和分类及质量控制常用方法

一、数据测量方法

1. 直接测量法

用经过预先标定好的测量仪器去直接度量未知物理量的大小,这种方法就是直接测量法,其结果称为直接测量量,例如长度、质量、温度等,是实现物理测量的基础。

2. 间接测量法

把直接测量量代入某一特定函数关系式中,通过计算求出未知物理量的大小,这种方法就是间接测量法,其结果称为间接测量量。例如用固定水量法测定水泥标准稠度用水量等。

3. 组合测量法

将直接测量或间接测量的数值,代入确定的联立方程组或通过重复测量计算的方法求得未知量,这种方法称为组合测量法。

上述三种测量方法在材料检测和质量评定工作中被大量应用,不同测量方法得到的数据处理方法也不一样。一般直接测量数据的处理是在正态分布规律的基础上求出最可信赖值或其标准误差;间接测量数据的处理依据误差传递的基本原理;组合测量则普遍采用回归分析及统计检验的方法求出未知量及其误差。

4. 误差传递的数学理论及举例

设有函数 $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$; y 由各直接观测量所决定。令 $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ 分别代表测量 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 时的误差, Δy 代表由 $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ 对 y 引起的误差,则得:

$$y + \Delta y = f(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2, \dots, x_n + \Delta x_n)$$

将上式右端按泰勒(Taylor)级数展开,并略去高阶项,得:

$$\begin{aligned} & f(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2, \dots, x_n + \Delta x_n) \\ &= f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n \end{aligned}$$

如果各微分项取绝对值,则得:

$$\Delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \right| \Delta x_1 + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \right| \Delta x_2 + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \right| \Delta x_n \quad (1-2-1)$$

例题 1:对某粘性土样,用比重瓶法测得其含水量为 25%,试验时湿土重采用 10g,假定土粒密度为 2.70g/cm^3 ,试求含水量的最大误差。

解:用比重瓶法测得含水量的计算公式为:

$$w = \left[\frac{w_1(G-1)}{G(w_3-w_2)} - 1 \right] \times 100\% \quad (1-2-2)$$