

河南省机关事业单位
技术工人考核培训 教材

水工知识(一)

河南省机关事业单位技术工人
考核培训教材编委会



中国人事出版社

河南省机关事业单位
技术工人考核培训 教材

水工知识(一)

河南省机关事业单位技术工人
考核培训教材编委会

中国人事出版社

图书在版编目(CIP)数据

水工知识 / 《河南省机关事业单位技术工人考核培训教材》编委会组织编写. - 北京: 中国人事出版社, 2006. 5

河南省机关事业单位技术工人考核培训教材

ISBN 7 - 80189 - 506 - 1

I. 水… II. 河… III. 给排水系统—技术培训—教材
IV. TU991

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 052949 号

中国人事出版社出版

(邮编 100101 北京市朝阳区育慧里 5 号)

新华书店经销

河南省郑州市运通印刷有限公司印刷

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

开本: 850mm × 1168mm 1/32 印张: 30(一、二)

字数: 779.52 千字(一、二) 印数: 1 000 册

定价: 50.00 元(一、二)

河南省机关事业单位技术工人考核 培训教材《水工知识(一)》编写委员会

主 任:王 平

副主任:陈根明

委 员:	胡绍敏	闫英鸾	李保华
	刘永银	关磊落	李宏武
	郭中森	黄国强	朱立奎
	胡国全	何 伟	刘 睿
	沈怀勇	师 帅	

主 编:李守明

编 者:张国路 罗 涛 李智君

编写说明

为了加强机关事业单位技术工人考核培训工作,进一步提高技术工人的理论水平和业务素质,结合机关事业单位技术工人特点和岗位要求,我们受编委会委托,组织编写了《水工知识(一)》一书。

本书内容既包括应知的理论知识,还包括应会的操作技能指导,同时列出了工种岗位等级规范,晋升等级的技术工人,可根据列出的工种岗位相应等级规范学习本教材内容。为指导技术工人培训学习,保证培训效果,编者在教材内容上作了精心安排,每章前编写了内容要点、学习目标,在每章内容结束后,还附有一定数量的复习题。

本书的编写人员有:李守明、张国路、罗涛、李智君等同志。在编写过程中,编委会的有关领导对该书编者提出了具体要求,要求编写人员务必做到内容准确,不存在政策性、技术性的错误;务必做到认真审核校对,杜绝错误现象的发生。另外,编写过程中参阅借鉴了一些有关著作和研究成果,受到了有关部门和同志们给予的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

编写机关事业单位技术工人考核培训教材,由于任务重,加之编者自身水平有限,书中难免有疏漏、错误和不足之处,敬请专家、从事培训考核工作的同志及使用本书的同志不吝赐教,提出宝贵意见,以便日后进一步完善。

编者

2006年4月

目 录

第一章 水工结构实验工	(1)
第一节 水工结构模型测试设备和测试仪器	(1)
第二节 水工结构模型加载系统和加载方法	(19)
第三节 试验成果的整理	(25)
第二章 坝工钢筋工	(29)
第一节 钢筋的配料和代换	(29)
第二节 钢筋加工	(35)
第三节 钢筋的冷处理	(38)
第四节 钢筋的焊接	(41)
第五节 钢筋的绑扎与安装	(55)
第三章 水工泥沙实验工	(61)
第一节 模型试验仪器及测量技术	(61)
第二节 水工泥沙模型设计概述与模型制造	(68)
第三节 定床模型试验	(81)
第四节 动床模型试验	(84)
第五节 泥沙的整理分析	(85)
第四章 防渗墙工	(99)
第一节 防渗墙及其施工工艺流程	(99)
第二节 护壁泥浆	(108)
第三节 施工机械	(113)
第四节 造孔	(121)
第五节 成墙	(137)
第五章 开挖钻工	(147)

第一节	凿岩	(147)
第二节	水工建筑物基础开挖	(172)
第三节	地下工程开挖	(179)
第六章	钻探灌浆工	(201)
第一节	钻探灌浆设备	(201)
第二节	制浆与储浆设备	(205)
第三节	钻探工艺	(206)
第四节	工程施工技术	(226)
第五节	灌浆材料与灌注浆液	(236)
第六节	岩石基础帷幕灌浆	(240)
第七节	固结灌浆与回填灌浆	(253)
第八节	钻探灌浆施工质量	(262)
第七章	锻钎工	(264)
第一节	凿岩钻具	(264)
第二节	凿岩钻具修制设备	(283)
第八章	喷护工	(291)
第一节	水工建筑物地下洞室支护基本知识	(291)
第二节	喷射混凝土的性能	(298)
第三节	喷射混凝土的材料及施工机具	(310)
第四节	喷射混凝土施工工艺	(322)
第五节	锚喷支护施工工艺	(338)
第九章	坝工土料实验工	(358)
第一节	土的物理性质与工程分类	(358)
第二节	土的渗透性	(371)
第三节	土的压缩与地基变形计算	(375)
第四节	土的抗剪强度	(378)
第五节	土压力	(380)

第十章 水工爆破工	(385)
第一节 爆破基本理论	(385)
第二节 爆破材料	(390)
第三节 起爆方法	(394)
第四节 爆破基本方法	(398)
第五节 隧洞开挖爆破	(401)
第六节 隧洞光面爆破	(405)
水工结构实验工技术等级标准	(410)
坝工钢筋工技术等级标准	(414)
水工泥沙实验工技术等级标准	(420)
防渗墙工技术等级标准	(424)
开挖钻工技术等级标准	(430)
钻探灌浆工技术等级标准	(435)
锻钎工技术等级标准	(442)
喷护工技术等级标准	(446)
坝工土料实验工技术等级标准	(451)
水工爆破工技术等级标准	(455)
参考文献	(461)
后 记	(462)

第一章 水工结构实验工

内容要点:

通过对本章的学习,主要掌握水工结构模型材料的性能;水工结构模型的制作工艺及水工结构测试设备和测试仪器的使用、维修保养等。

学习目标:

通过对水利水电行业水工结构实验工各工种技术等级工人的培训,提高他们的技术素质,分别达到劳动部、水利部颁发的《水利技术等级标准》中水工结构实验工初、中、高、技师和高级技师的专业知识和技能要求。

第一节 水工结构模型测试设备和测试仪器

一、光弹仪

现在以 409-2 型光弹仪为例,介绍光弹仪的原理、构造、使用方法和注意事项。

一)基本原理及构造

1. 用途

409-2 型光弹仪是在光弹性试验中使用比较普遍的大型仪器。在该仪器上可以进行平面受力模型和三向冻结模型切片的光弹性试验和观测。它应用平面偏振光或圆偏振光,照射处于应力状态下的光弹性材料所做的模型(或切片),即可获得清晰的与应

力大小和方向有关的条纹。通过对这些条纹的分析计算,可以求得模型上任意点的应力大小和方向。

2. 工作原理

由光源发出的光经过偏振片成为平面偏振光,它通过在应力状态下的用光弹性材料制成的模型(或应力冻结切片)后,则会产生光学物理现象——双折射,使光沿着两个主应力方向分解为两个折射率不同的平面偏振光,并产生光程差。光程差的数值与两个主应力之差成正比。从模型中通过的光,再经过检偏振片就产生了光的干涉现象,经过光学系统就可以在屏幕上得到清晰的模型应力条纹。其中在平面偏振光场中得到的应力条纹,由等色线和等倾线组成。等色线条纹的阶数表示主应力(或次主应力)差的大小。等倾线指示的这些条纹处主应力(或次主应力)方向与偏振片光轴方向一致,即提示出主应力方向。在圆偏振光场中只能得到等色线条纹,而不能得到等倾线条纹。

3. 光弹仪的构造

1) 光学系统

光学系统由照明部分、偏振光部分、照相及投影成像部分组成。

(1) 照明部分:由光源灯、隔热玻璃、聚光镜、可变光栏、干涉滤光片、准光镜等部分组成,这部分的功能主要是产生平行光。

(2) 偏振光部分:由起偏振片、检偏振片和两个 $1/4$ 波片组成。通过这四片相对角度的变化进行不同的组合,可以获得平面偏振光场、圆偏振光的暗场和亮场。

(3) 照相和投影部分:照相部分由场镜和相机组成,它可以将应力条纹图拍成照片。投影部分由场镜、物镜组成,它的作用是将模型(或切片)的应力条纹成像在投影屏上,便于描绘和观测。

2) 附件

包括加载架、支承光学系统构件的前、后仪器桌和同步操纵箱。其中同步操纵箱用来操作两偏振片的同步回转。

二)使用方法和注意事项

1. 使用方法

(1)首先打开光源,调整前、后仪器桌子,使得光线通过各个光学构件的中心位置。

(2)将被测试件安装在加荷架上使得成像大小和清晰度达到要求。

(3)调整所需要的偏振光场。

(4)如果需要一系列的等倾线条纹,则可通过操作同步回转箱实现。

2. 维护保养

(1)聚光镜、增距镜、相机镜头等光学构件,表面镀有膜层,不能用手触摸,如有灰尘,应用“皮老虎”吹除。

(2)场镜、偏振片、干涉滤光片等光学元件,如果表面有污物时,可滴少许酒精或乙醚,再用绸布擦去。

(3)1/4波片表面的污物,应用脱脂棉、汽油擦洗,不允许用酒精或乙醚。由于1/4波片表面面质较软,使用时要特别注意保持清洁。

(4)所有光学元件都应注意防霉、防潮,避免灰尘和含有酸、碱蒸气的侵蚀,并要防止过冷过热。

(5)光源不允许在无风机冷却情况下使用。

二、电阻应变仪

应变片粘贴在待测的模型或构件上,并将应变片接成一定的电路形式,当模型或构件受力产生应变,引起应变片阻值的相对变化时,这个变化可转换为电压或电流的变化,再经过放大,并用应变的标度指示出来,这个应变量的转换、放大以及用应变标度指示

的过程由专门的电子仪器来完成,这类仪器称为电阻应变仪。

电阻应变仪一般是用电桥将应变片的电阻变化转换为电压或电流的变化。

电阻应变仪作为测量应变的仪器,按其频率相应范围可以分为两大类:静态电阻应变仪和动态电阻应变仪。

动态应变仪是用来测量随时间而变化的应变。

三、切片机

一)基本原理及组成

光弹切片机主要是用于三维光弹性冻结试验的模型切片。它由气动部分、冷却系统、锯弓总成、纵向进给机构、横向进合系统、锯条等组成。其工作原理是:通过空压机将压缩空气送到换相阀,然后到达气缸并推动气缸中的活塞做往复运动,而活塞带动装有锯条的锯弓总成往复运动;与此同时,纵向进给系统将工件向前推进,从而达到切片的目的。在切片的同时,为了保证工件不受热,冷却系统通过有一定压力的压缩空气对工件进行冷却。

二)使用方法和保养

1. 使用方法

(1)将模型固定在工作台上(纵、横向进给机构),对好轴线等;

(2)打开空压机,使压力达到要求,一般压强在 $0.4 \sim 0.8$ MPa 之间;

(3)打开空压机的出气阀和切片机上的气功开关控制阀;

(4)手动进给工件,当工件被切一个锯条宽后,将进给转换手柄打到手动进给位置,则进入自动进刀加工。

2. 保养和注意事项

(1)空气压缩机要保证有足够的冷却用油,无油时不能开机。

(2)在加工切片过程中,注意进刀量不能过大,否则,切出的

片将是凸凹不平的。

(3) 由于切片机工作环境较差, 因此, 要求在切片前对活塞轴等运动部件加油。加工完毕后, 应及时打扫清洁。

四、斜射仪

一) 工作原理和构造

斜射仪是对光弹切片进行斜射观测, 为光弹模型内部六个方向的主应力计算提供必要资料的有效观测设备。它作为光弹仪的一种补充仪器, 可将切片放置在与光轴不垂直的位置而不改变折射方向, 并能得到一定范围内整个切片比较清晰的图像。斜射仪是由斜射盒、夹片架和与环氧树脂模型材料折射率相同的硅油以及增加成像景深的光学系统所组成。它的工作原理是: 当光线通过斜射盒进入浸泡在硅油中的切片时, 由于切片材料与硅油的折射率相同, 因此, 不论切片是否与光轴垂直, 光线方向将不会受到影响。但是, 由于切片不与光轴垂直, 当物镜的景深不大时, 很难得到整个切片在同一成像面上清晰的图像。因此, 当光穿过斜射盒, 进入景深比较大的光学系统后, 在同一平面上可以获得较为清晰的整体切片图像。

二) 使用方法和保养

(1) 将斜射盒放在普通光弹仪的偏振光场中, 再将景深光学系统的各元件放置在场镜后面;

(2) 打开斜射盒的盖板, 将被测片夹在夹片架上固定好, 再将其放入斜射盒内;

(3) 调整所需的斜射度;

(4) 调整景深光学系统各光学元件的相对位置, 使得整个切片在投影屏上具有清晰的图像。

(5) 开始观测, 观测步骤与光弹仪的使用方法相同。

对斜射仪中的光学系统元件的保养与光弹仪一样, 对斜射盒

内的硅油应经常过滤,保持清洁。

五、离心机测试仪器

离心机上使用的测试仪器和一般试验室或其他测试现场使用的同类测试仪器基本原理是一致的。但是离心机测试仪器的使用环境、使用条件不同于一般实验室或现场。第一,进行离心模型试验时,离心机在高速运转,模型上的各种传感元件、导线、测试仪器的前置部分都将受到离心力的作用。第二,各类传感器的工作环境恶劣。例如,环境温度难以控制,空气运动速度较大,振动、电磁场干扰等等。这对于各类传感器,特别是对电阻应变片在模型上的布置安装、贴片工艺、布线方式、测试仪前置部分设备及导线的安装紧固都有较高的要求。第三,采集到的数据信息需要从离心机运转的转斗中送到不转动的采集处理和接收设备中,数据和信息要通过离心机滑环(亦称集流环),那么就需要对滑环的接触电阻、信息的损失、数据的精度等统筹考虑分析。这些因素决定了离心机测试仪器的使用特点,增加了测试仪器在使用中的难度。

一)温度测试控制仪

离心机温度测试控制仪的主要用途是:当进行光弹离心模型试验时,用温度测试控制仪对模型在加温、恒温、降温的全过程进行温度调节和控制。光弹离心模型试验是将光背景性模型置于离心机转斗中,利用离心加载方法模拟结构模型的重力荷载、水荷载、泥沙荷载时,同时要对光弹模型进行加温、恒温和降温处理,使设计荷载下的应力冻结在模型内,使之产生光弹性条纹,然后再将模型在切片机上切片和将该切片在光弹仪上进行观测和应力分析。

当离心机转速达到光弹模型设计模化比对应的转速时,将自动控制的温度给定放在固结温度值上,将加温装置的电压调到额定电压,并经过滑环送至高速旋转的离心机转斗内,使电热丝发

热,并开始对光弹模型加温。当温度达到模型冻结温度后,就要将温度恒定在冻结温度上。这时温度控制测试仪根据温度传感器的反馈信号对加温电热丝的输入电压进行自动调节控制,或者根据温度反馈信号显示出的温度对电热丝输入电压进行手动温度调节控制。输入电压越高,转斗内温度就越高,反之亦然。数小时恒温后(根据模型厚薄不同而不同),开始降温,以冻结温度为 120°C 为例,一般从冻结温度到 90°C 的范围内,每小时降 3°C , 90°C 以下每小时降 5°C ,直至降到室温。整个降温过程都是通过自控或手控调节电热丝输入电压的高低,达到温度控制要求。自控时将每小时降温应达到的温度通过温度给定给出,当温度传感器信号反馈到温度控制器和温度调节器时,即可针对转斗内温度偏差,对电热丝的输入电压进行自动调节,以达到温控目的;而手控是根据传感器反馈显示的温度偏差,用手动对电热丝的输入电压进行调节,来控制转斗内温度的高低。

二)应变测试仪

应变量测技术是离心模型试验技术的一种重要测试手段。由于离心模型试验应变量测不同于一般试验室的量测,所以对测试仪器也就有特殊要求。

第一,应变仪至应变片间的连接导线不宜过多,而一个模型上的应变片往往有几十个,甚至上百个,若采用一般的应变仪,就需要很多应变仪和连接导线,这会给离心模型试验应变测量带来很大困难。

第二,由于试验时应变片多,故传输线也会很多,那么离心机集流环数量将达数百个才能满足需求。另外,对集流环的材质要求也很高,一般的铜质集流环接触电阻较大,作为信息传输通道不能满足信号传输的精度要求。若采用银质集流环,接触电阻很小,可以满足信号传输的精度要求,但数百个信号通道全采用银质集

流环,就会使设备费用大大增加。

第三,应变数据采集速度要求快,在某一荷载下,模型上的应变片都会有相应的应变值。若用一般的应变仪,就很难同时记录下所有应变片的应变值。

目前,离心机上一般都采用微机应变数据采集系统。它的优点是数据采集速度快、精度高、抗干扰能力强、传输导线少。

三)位移测试仪器

结构模型试验中,位移是一个很重要的测量参数。通过对位移的分析,可以为设计提供依据,对工程处理措施进行论证以及对处理方案进行优选。离心模型试验同样要对模型的位移量进行测量。离心机位移测试仪的使用环境条件和应变仪类似。在位移测点不多的情况下,可采用常用的位移测试仪,但其操作工艺讲究、复杂。随着计算机技术的发展,一般都采用微机数据采集系统对位移量的数据进行采集、记录。

目前各国离心机采用的位移测量仪大都不相同,但一般都采用微机位移测量采集系统。以长江科学院大型离心机为例,其位移量一般都采用微机数据采集系统完成。该系统 and 前面讲述的应变量测为同一系统,只是采用的传感器是位移传感器。位移传感器有电阻应变式、差动变压器式、电感式等等。对于位移传感器的安装,一定要注意安装工艺,传感器的安装方向、角度和部位不准确、不合适,都会对位移数据的测量结果带来很大影响。

离心模型试验中的位移测量还可采用光学云纹法。云纹法可对物体受力后产生的位移进行测量以及对应变场进行测量,是应用范围较广的一种试验应力分析方法。它的测量范围也很广,从弹性到塑性变形,从二维到三维以及稳定问题的研究方面都有广泛的应用。

云纹法测量的基本元件是栅板,它由透光和不透光的等距平

行线所组成。离心模型试验时可将试件栅粘在模型上,然后在紧靠试件栅处安放好基准栅。当物体在离心力或其他力作用下变形时,试件栅随之一起变形,而基准栅是不随模型变形的。这时用照相机记录下试件栅和基准栅的重叠栅线,然后再通过底片上记录的重叠栅线对其进行位移分析。

四) 图像采集设备

图像采集设备在离心模型试验中的主要作用是监测、记录模型变形以及超载至破坏的变化形态。图像采集设备由摄像机、照相机、视频电缆、快门控制线、录像机、电视机以及照相机快门控制器组成。

在离心模型试验时,为了对图像进行监测和记录,首先将电视摄像机或照相机安装在转斗中,连接好视频电缆和照相机快门控制线,将摄像机或照相机镜头对准模型。然后,接通转斗内照明灯,打开摄像机电源,从电视机中观察图像效果,反复调整摄像机焦距、光圈,直至图像效果最佳。照像机也同样调好焦距光圈。试验时,摄像机、照相机随转斗及模型一起旋转,图像信息通过摄影机视频输出线经由滑环送至录相机和电视机,即可完成图像监测和记录要求。另外,通过闭路电视监视模型的变形情况或根据原设计荷载,用照相机快门控制器开启照相机,将模型图像拍照在胶片上。

五) 测试仪器设备使用安装的注意事项

在离心模型试验中,仪器设备的安装,各种电源线和信号传输线的链接等一定要牢固,讲求工艺,接线正确。否则试验时会造成数据信息传输不畅,不能进行正常的数据采集,甚至中止试验。另外,若设备、仪器安装不牢固,会使安装在斗内或转臂上的仪器设备受离心力后脱出,致使仪器设备遭受毁灭性的破坏。所以,仪器设备安装使用中应注意: