

教学仪器维修大全

第三册

王兴乃 罗栋国等 编著



電子工業出版社

教学仪器维修大全

第 三 册

王兴乃 罗栋国 等编著

(京)新登字055号

内 容 提 要

该书共分四册,第一册:中学物理计量仪器、中学物理通用仪器;第二册:力学、振动和波、热学、静电和电流部分的物理专用仪器;第三册:电磁和电子、光学和原子物理部分的专用仪器;第四册:中学化学仪器、生物仪器、电教器材。

该书的主要特点是仪器的品种多,几乎覆盖了全部中学教学仪器。该书从仪器的结构、原理一直到维护与修理一一进行论述,提供了大量使用说明及有关技术资料、图文并茂、易看易懂、易学易会、是一本内容丰富、资料齐全,指导仪器维修的实用性工具书。

该书适用于从事教学仪器研究、生产、管理、经营、使用和维修的技术人员、管理人员、广大中、小学生教师,也可供专业技术人员阅读、参考。

教学仪器维修大全

第三册

王兴乃 罗栋国 等编著

责任编辑 孙延真

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

北京市顺义县李史山印刷厂印刷

开本: 850×1168 毫米1/32 印张: 26.75 插页33 字数: 780千字

1992年12月第1版1992年12月第1次印刷

印数: 31 500 册 定价: 19.5元(平)

24.00元(精)

ISBN 7-5053-1783-0/G·148

《教学仪器维修大全》第三册编委会

主 编 王兴乃

副主编

罗栋国	董服伺	何振华	张文卿	吴小千	孙德哲
蔡石坚	李伯明	段稼祥	姚文彬	王全心	瞿开习
刘彬生	康超层	贾松斌	刘成林	汪建新	欧阳绍庆
于长江	陶正强	王四明	田揽云	富林	王自强
程正达	段佩瑜	朱敬纯	高中声	韩练	徐胜成
吴聚法	新兴宇	黄本强	罗平国	赵得余	金明世
韩义华	王镔锡	吴敏	刘荣耀	陈万福	杨才

编 委

王庚	冯永泉	孙克文	王友仁	沈英琪	杨学明
高志英	梁春青	樊念增	傅光华	吴洪明	祝德光
陈金锐	徐鸣	吕涛	顾传书	梁嘉珍	巩兴超
陈维亮	李光中	权修德	梁天明	裴志强	高晓奎
单崇	张槐青	张子明	毋敬恩	刘保成	李家琪
杨兰芬	李纯洁	王银太	赵亮亭	李汉珍	袁泰
王玉英	辛智义	原振海	贺振龙	那音台	阿拉坦
郑龙	陶书砚	卜广元	吕裔顺	叶志鸿	樊国良
赵晶伟	周万德	孙景春	曾成升	卢忻	曾顺喜
杨雨德	高幼岩	王维民	冯耕	王维普	马建民
张旭	张发义	雷培礼	温正印	张建松	雷存
宋新生	姬传新	侯相阁	刘学庆	李晋卿	王新凯
周彬	段若义	李文学	任龙	杨念宇	霍守劳
张璧美	冷继鼎	汪达宇	翁华先	郭安民	喻崇喜

桂尊三	张衡珊	朱遂根	赵彦龙	张双增	马瑞华
陈志明	鲍维奎	曹部堂	董序珍	夏焕泌	傅子林
王万正	李忠文	陈德喜	胡正国	夏福郎	吴长安
曾自林	罗镜明	冯训义	王锡林	石劲夫	余亮
袁醒华	夏威夷	陈大钧	谢定杰	陈锦芬	朱春添
李权光	周登昌	廖向东	韦瑞杰	隋志海	王新玲
常大为	张培元	冯兆岳	王重启	张耀海	程玉敏
任文斌	马山巍	孟庆均	傅吉孝	张洪亚	李安福
尤学贵	陈湘华	高翔德	施启林	沈霖	傅林男
于振	周明海	陆明德	朱立泉	潘慈同	张继迎
陈网元	顾广椿	吴纪顺	王金根	汪镜元	张冬明
周锦龙	张丽君	左侗	邢班龙	徐振才	张昌兴
汤继旺	任伟德	吴正	杨震安	曾子达	沈海祥
吴启勋	包秀益	郭玗	王悦勤	程长蒲	赵贤
吕洪春	杨子良	袁宝奎	彭小伟	杨文新	周惠生
方国器	骆凯声	方志毅	侯维放	朱文锦	董永斌
陈小林	赵天锡	刘小毛	谈维汉	张新	王勤前
周振鸿	方立湄	许义龙	郭永和	张美炎	许振声
李秀梅	林郁欣	吴柏健	郑星彬	李石年	卢志强
辛保林	牟毅伯	黄克艰	吴天禄	傅铭起	单德福
方自兴	石玉兰	林秀杰	王孝贤	刘云生	周永春
胡慧元	朱帜	刘希文	刘士杰	仇丽英	马丽
李丽娟	侯富光	解维善	李文章	王仁实	任新华
陈忠元	魏起章	邹世章	阎东章	王白娟	于庆源

前 言

教学仪器是实验教学的物质条件，实验教学能不能正常进行，在很大程度上取决于教学仪器的完善程度。教学仪器在存放保管中，需要经常检查和维护，在日常使用中，总会由于主观的或客观的原因而损坏，这就必然需要进行修理。

教学仪器维修是指为恢复教学仪器性能所进行的一切活动。开展维修，可以延长仪器的使用寿命，使仪器始终处于良好的工作状态，它是保证仪器的完好率和实验教学完成率的重要前提；开展维修，是清除隐患，排除故障因素，防止事故发生，保证实验安全和实验成功的重要关键；开展维修，是修旧利废，变废为宝，贯彻勤俭节约，充分发挥投资效益的重要内容；开展维修，是培养教师、管理人员的动手能力，提高他们的思想和业务素质的重要途径。对仪器进行维修，既是仪器自身运动的客观要求，又是技术装备工作的组成部分，是实验室管理的重要环节，是实验教学的重要保证。开展教学仪器维修是必需的、必要的。

近几年来，我国中小学校的实验室已经有了较大发展，每年数以万计的教学仪器不断装备各级各类学校，然而由于诸多历史原因，致使“重装备、轻管理”，“重实验、轻维修”、“重使用、轻保养”、“先使用、后维修”，甚至“只管用、不管修”等轻视维修的现象普遍存在。加上教学仪器分散在广大中、小学校里，学校从事仪器维修的专业人才很少，一般要由教师和实验人员自己来完成，而中、小学校的许多教师和教学仪器管理人员的管理意识不强，专业素质不高，特别是更缺乏维护修理技术。没有及时维修或不懂得维修，已经使大量仪器报废或损坏，不能在教学中发挥作用，造成人力、物力、财力的很大浪费，已经直接影响实

实验教学的效果。面对这一基本国情，一种强烈的紧迫感和使命感促使我们努力编写、并尽快提供一套内容丰富、资料齐全、方法较多的指导仪器维修的工具书已迫在眉睫，这就是我们编写这套《教学仪器维修大全》的动因和宗旨。

全书共分四册，第一册内容为：第一篇 中学物理计量仪器、第二篇 中学物理通用仪器；第二册内容为：第三篇 中学物理专用仪器（力学、振动和波、热学、静电和电流部分）；第三册内容为：第四篇 中学物理专用仪器（电磁和电子、光学和原子物理部分）；第四册内容为：第五篇 中学化学仪器、第六篇 中学生物仪器、第七篇 中学电教器材。

本书的特点，集中反映在书名“大全”上，当然“大”和“全”都是相对的。我们在编写中力求：

在内容上：《教学仪器维修大全》是我们编著版的《初中物理实验大全》、《高中物理实验大全》等书的姊妹篇，它们共同组成系列的配套丛书，反映了我国中学实验室管理与实验教学的特点，构成了我国中学实验室管理和实验教学的较为完整的管理体系。凡在“实验大全”中介绍过的，一般不在“维修大全”中陈述，请读者注意配套使用。

在仪器品种上：凡属于国家教委一九八五年十月公布的《中学理科教学仪器和电教器材配备目录》内的，中学物理、化学、生物仪器和电教器材，几乎全有。并且每一种仪器的规格型号也是多种多样的，既有原型号的，也有改进型的，还有未定标前生产的。

在维修方法上：既有例行保养（日常维护保养）方法，又有定期检查和修理的方法。

在适用对象上：既适用于从事教学仪器研究、生产、经营、管理、使用和维修的实验技术人员、实验管理人员，也适用广大中学教师。既可供专业技术人员阅读，也能让没有维修经验的广大中学教师、实验管理人员看懂学会。既可作为指导管理、维修

的工具书、参考书，又可作为实验技术培训教材。

这套书如能使不同的学校，广大教师，从事教学仪器的专业技术人员、管理人员都能从中得到启示与收益、学习维修知识，掌握维修技术，从而维护好、修理好、管理好、使用好教学仪器，发挥出好的教学效益和经济效益，就是我们最大的企望与欣慰。

本书在编写过程中，参阅了许多有关书籍和国内外最新资料，并吸取了有关研究成果，在此对所有著作者一并表示感谢！

本书在编写过程中，考虑到便于读者参阅相应仪器的说明书及已出版的有关技术资料，故对电子仪器电原理图中的元、器件符号、标志，未强行按新的符号、标志来统一。故早期设计的仪器，在其电原理图中仍沿用原符号、标志。

由于水平所限，时间仓促，难免有不当和错误之处，恳请广大读者批评指正。

《教学仪器维修大全》编委会

一九九一年五月一日于北京

目 录

第三篇 中学物理专用仪器

第四章 电磁和电子

一、条形磁铁·····	(1)
二、蹄形磁铁·····	(19)
三、磁力线演示器·····	(22)
四、电流磁场演示器·····	(25)
五、磁针·····	(29)
六、小磁针·····	(34)
七、磁分子模型·····	(35)
八、电流天平·····	(40)
九、演示原、副线圈·····	(46)
十、原、副线圈·····	(47)
十一、蹄形电磁铁·····	(48)
十二、电铃·····	(59)
十三、演示电磁继电器·····	(61)
十四、电磁继电器·····	(66)
十五、左、右手定则演示器·····	(69)
十六、电机原理说明器·····	(70)
十七、手摇交、直流发电机·····	(73)
十八、小型电动机模型·····	(77)
十九、手摇三相交流发电机·····	(81)
二十、三相电机原理演示器·····	(86)
二十一、三相感应电动机模型·····	(89)
二十二、可拆变压器·····	(91)

二十三、楞次定律演示器·····	(95)
二十四、变压器原理说明器·····	(97)
二十五、小型变压器·····	(104)
二十六、电磁学组合教具·····	(107)
二十七、电话原理说明器·····	(115)
二十八、电磁感应演示器·····	(119)
二十九、交流电路特性演示器·····	(131)
三十、洛仑兹力演示器·····	(141)
三十一、电磁振荡演示仪·····	(168)
三十二、电磁波的发送和接收演示器·····	(185)
三十三、电磁波的干涉、衍射、偏振演示器·····	(207)
三十四、电子荷质比实验装置·····	(229)
三十五、密立根油滴仪·····	(251)
三十六、低气压放电管组·····	(261)
三十七、低气压放电管·····	(269)
三十八、示磁效应阴极射线管·····	(272)
三十九、示直进阴极射线管·····	(275)
四十、示机械效应阴极射线管·····	(276)
四十一、示静电偏转阴极射线管·····	(278)
四十二、真空二极管·····	(280)
四十三、教学示波器·····	(282)
四十四、学生示波器·····	(314)
四十五、电子开关·····	(351)
四十六、晶体管特性图示仪·····	(369)
四十七、低频信号发生器·····	(400)
四十八、高频信号发生器·····	(416)
四十九、教学信号源·····	(426)
五十、学生信号源·····	(453)
五十一、无线电组合教具·····	(473)

五十二、学生电子实验箱	(516)
五十三、音频功率放大器	(531)
五十四、教学扫频仪	(542)
五十五、三线电子开关	(566)
五十六、大屏幕示波器	(583)
五十七、双踪教学示波器	(595)
五十八、简易教学信号源	(629)
五十九、简易学生信号源	(633)
六十、热阴极射线管演示器	(641)
六十一、电子束演示器	(654)

第五章 光学和原子物理

一、光具盘	(662)
二、凹面镜、凸面镜	(676)
三、玻璃砖	(678)
四、光具座	(680)
五、光的干涉、衍射、偏振演示器	(687)
六、紫外线灯	(693)
七、红外线灯	(699)
八、三棱镜	(700)
九、X射线管	(703)
十、激光光学演示仪	(707)
十一、光学组合教具	(717)
十二、双缝干涉实验仪	(726)
十三、光导纤维应用演示器	(735)
十四、光电效应演示器	(740)
十五、白光的色散与合成演示器	(762)
十六、太阳能电池演示器	(772)
十七、光具组	(775)
十八、双缝干涉、单缝衍射观察仪	(776)

十九、分光镜.....	(781)
二十、光谱管组.....	(789)
二十一、威尔逊云雾室.....	(792)
二十二、盖革计数器.....	(798)
二十三、钠的吸收光谱演示器.....	(806)
二十四、钠的吸收光谱投影器.....	(809)
二十五、扩散云室.....	(812)
二十六、夫兰克-赫兹实验装置	(818)
二十七、普朗克常数测定器.....	(832)

第三篇 中学物理专用仪器

第四章 电磁和电子

一 条形磁铁

(一) 结构和原理

1. 结构

磁铁在工业上一般叫做磁钢。教学中所使用的 J2401 型条形磁铁 (工业的产品规格代号为 T054), 其外形如图 4-1-1 所示。条形磁铁常见的规格, 见表 4-1-1。

目前教学中所用的条形磁铁, 均由铁铝碳 (FeAlC) 磁性材料铸成。它的成份比为, 铝占 8%, 碳占 1.7%, 其余均为铁。将其两个端面磨光, 经充磁后便成为永久磁铁。

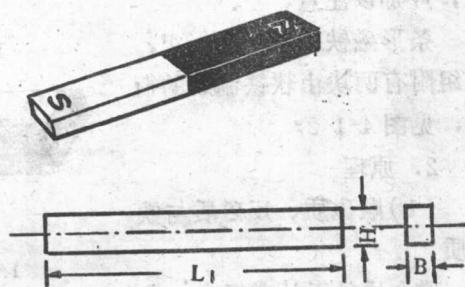


图 4-1-1

虽然铁铝碳永磁材料与现有的其他永磁材料相比有其缺点, 但价格便宜, 宜于在学校中普遍使用。

每根条形磁铁的两个磁极都有标志记号，用英文字母“N”表示北极，“S”表示南极。

表4-1-1

产品规格代号	各 部 分 尺 寸 (mm)		
	长 (L)	宽 (H)	厚 (B)
T053	190 ± 2.0	27 ± 1.0	15 ± 1.0
T054	170 ± 2.0	20 ± 1.0	10 ± 1.0
T055	115 ± 1.0	15 ± 0.5	9 ± 0.5
T056	75 ± 0.5	15 ± 0.3	10 ± 0.3
T057	55 ± 0.5	14 ± 0.3	10 ± 0.3

注：根据徐州磁性材料厂和浙江义乌磁钢厂，稍有出入。

磁极的颜色标志，在中华人民共和国行业标准 ZBYS1001-88《教学仪器产品一般质量要求》中，已有明确规定。N极用红色表示，S极用白色或蓝色表示。但早期生产的磁铁，其颜色标志与此不同，有的将N极涂为白色，S极涂为红色。为此在使用时，应加以注意。

条形磁铁每两个为一组，每组附有两块由软铁制成的衔铁，见图 4-1-2。

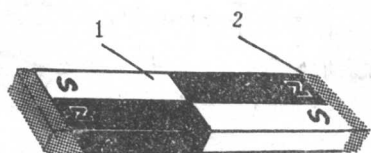
2. 原理

(1) 顺磁质、反磁质与铁

磁质

磁介质处于外磁场中，产生的附加磁场情况是不同的。

一类物质，当它们处于外磁场中时，呈现十分微弱的磁性。磁化后，具有方向与外磁场方向相同的附加磁场，这类物质称为顺磁质。绝大部分物质如氧、锰、铬等，属于这一类。



1. 条形磁铁 2. 衔铁

图 4-1-2

另一类物质，当它们处于外磁场中时，也呈现微弱的磁性。但它们产生的附加磁场与外磁场的方向相反，这类物质为反磁质。如铜、铋、锑及惰性气体等，属于这一类。

还有一类物质，当它们处于外磁场中时，能产生很强的与外磁场方向相同的附加磁场，这类物质称为铁磁质。如铁、镍、钴及某些合金等，属于这一类。

制作永久磁铁所用的永磁材料，就是铁磁质物质。

(2) 永磁材料的主要参数

磁性材料的磁化强度 M 或磁感应强度 B 与外磁场 H 的函数关系，是比较复杂的。一般来说， M 或 B 的变化总是落后于 H 的变化，称为磁滞。常用磁滞回线来表示。永磁材料，就是具有较大磁滞的材料（也称为硬磁材料）。

如图 4-1-3 所示，从原点出发，当 H 增加时，得到的曲线为 $OACD$ （自 A 点起曲线变得平坦，表示开始进入饱和），这是初始磁化曲线。在同一点 A 使磁场逐渐减小到零，并反向增大到绝对值等于 A 点的磁场强度，再减小

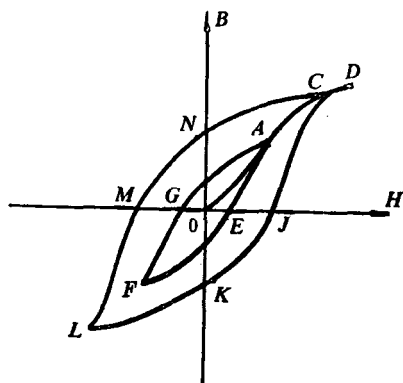


图 4-1-3

到零，然后再恢复到 A 点，就得曲线 $AEFGA$ 。从初始磁化曲线上不同的点出发，有无数个这样的回线。当外磁场增强时，得到相应的曲线面积就增大，并最终将渐近于达到一个最大值。这个面积最大的回线，就是所谓的正常磁滞回线，简称磁滞回线。该回线在第二象限部分称为退磁曲线，与 H 轴截距 OM 就是矫顽力 H_c ，与 B 轴截距 ON 就是剩磁 B_r 。从永磁材料的实用性考虑，总是希望 H_c 和 B_r 越大越好。习惯上用这个乘积 $(BH)_{max}$ 作为

永磁材料的一个重要的品质参数，称为磁能积。因此， B_r 、 H_c 和 $(BH)_{\max}$ 是永磁材料的三个重要的品质参数。

要得到高的剩磁和高矫顽力，就要求一方面使单位体积永磁材料中的磁矩要尽可能地多，并且排列在某一特定的方向上，另一方面要使这些磁矩，即使处在相当大的反向磁场作用下也能保持原来的方向。前者涉及磁性来源问题，后者涉及矫顽力的机理问题。下面只对磁性来源作些简单介绍。对矫顽力机理，读者可查阅有关资料，这里就不作介绍了。

(3) 磁性来源及有关问题

a. 磁性来源

磁性与基本粒子的自旋有紧密联系，并有数学表达式：

$$\mu_s^z = \pm \frac{e}{mc} \sigma_z \quad (1)$$

式中： μ_s^z ——基本粒子的自旋磁矩在Z方向的投影； e ——基本粒子的电荷； m ——基本粒子的静止质量； c ——光速； σ_z ——基本粒子的自旋(机械)矩在Z方向的投影。

在物质的磁性来源中，最主要的是电子的自旋磁矩。原子的磁性包括三部分：电子的自旋磁矩、电子的轨道磁矩和原子核的磁矩。但原子核的磁矩数值太小，可忽略不计。为了获得磁性强的材料，要重视原子磁矩不为零的元素，即具有未填满电子壳层的元素。如Mn、Fe、Co、Ni等元素的3d层电子未填满，Al的2p层电子未填满、Pt的5d层电子未填满、Bi的6p层电子未填满等。但在一般材料中，只表现出极小的磁化率，即要用数量级为 $10^8 \sim 10^9 \text{ A/m}$ 的超强磁场才能使材料中的各原子磁矩整齐地排列在该外磁场方向上。只有少数元素如Fe、Co、Ni等，具有自发磁化特性，即在内部分子场(从量子力学上讲是一种电子的交换作用)作用下，相邻原子的磁矩趋向于互相平行的排列，同时由于退磁场的作用，这种自发磁化只能在小区域内实现，使整块材料的宏观磁矩为零。这种小区域称为“磁畴”。因此剩磁高的永

磁材料必须选择主要元素具有未填满的电子壳层，如Fe、Co、Ni铁族元素和Pr、Sm等稀土族元素就是3d层和4f层未填满的元素，它们都是永磁材料的主要元素。

对淬火硬化型磁铁，主要是通过热处理手段，将已经加工好的零件加热到高温，通过淬火或淬油使奥氏体组织转变为马氏体组织来获得永磁特性。教学上常用的FeAlC磁铁就是属于淬火硬化型的。

b. 永磁材料的分类

从元素构成上看，现有的永磁材料可以分为铁基永磁材料、钴基永磁材料、锰基永磁材料和氧化物永磁材料等四大系列。各系列永磁材料的主要特点，见表4-1-2。

表4-1-2

特 点 项 目	铁 基	钴 基	锰 基	氧 化 物
主要成份	铁 (Fe)	钴 (Co)	锰 (Mn)	CoFe ₂ O ₄ M型: BaO·6Fe ₂ O ₃ W型: BaMo ₂ Fe ₁₆ O ₂₇
加入元素	C、Cr、W、 Co、Mo、Cu、 Ni、Al 等一种或几种	R、Pt、Pd、 Cu、Fe、Mn、 Cr 等一种或几种	Al、Bi、C 等一种或几种	
剩 磁	高 (最高已 超过1.5T)	高 (已 达 1.3T)	较低 (最高 0.35T)	较低 (最高 0.44T)
矫 顽 力	不高 (最 高 未 超 过 159kA/m)	高 (最高 690kA/m)	高 (最高 528kA/m)	较高 (最高 280kA/m)
最大磁能积	不高 (最大 约76kJ/m ³)	很高 (接近 320kJ/m ³)	不高 (最高 73kJ/m ³)	偏低 (最高28.8 ~32kJ/m ³)
价 格	较 低	高	较 高	最 低
居 里 点	高 (具体范 围较宽)	高 (520~ 724℃)	稍低 (300℃ 左右)	高 (450℃)