



全国高等院校“十二五”规划教材

# 饲料分析与饲料 质量检测技术

---

宋金昌 牛一兵 主编

中国农业科学技术出版社



校“十二五”

# 饲料分析与饲料 质量检测技术

---

宋金昌 牛一兵 主编

中国农业科学技术出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

饲料分析与饲料质量检测技术 / 宋金昌, 牛一兵主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5116 - 0952 - 6

I. ①饲… II. ①宋…②牛… III. ①饲料分析②饲料 - 质量检验 IV. ①S816.15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 122057 号

责任编辑 闫庆健 胡晓蕾

责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106632(编辑室) (010)82109704(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010) 82106632

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 秦皇岛市昌黎文苑印刷有限公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 15.75

字 数 400 千字

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价 24.00 元

## 《饲料分析与饲料质量检测技术》编委会

主 编 宋金昌 牛一兵

副主编 李素芬 张春善

编 委 (按姓氏笔画为序排列)

马艳华 牛一兵 任铁艳 李素芬 吴建华

宋金昌 苏咏梅 张春善 范 莉 倪 静

董淑珍

主 审 郝正里 (甘肃农业大学)

# 前 言

畜禽营养与饲料学教材编写中，突出反映动物科学专业职业教育的特点，注重实用性和实践性，以利于学生综合素质的形成和科学思维方式、创新能力、敬业精神的培养。

本教材以提高学生的综合素质为宗旨，以培养学生的创新精神和实践能力为重点，优化内容体系，以必需、够用为度的原则，为后续课程的学习和终身从业学习打下坚实的基础。

本教材突出前后知识的连贯性、逻辑性，力求深入浅出，图文并茂，以利于学生对新知识的理解。

在教学内容方面插入与新技术、新工艺、新信息相关的知识点，丰富了教材广度，增进学生的学习兴趣和动手能力的培养和专业技能的训练。

畜禽营养与饲料学教材，由河北科技师范学院动物科技学院编写，参加编写人员均为从事畜禽营养与饲料教学和科研多年的教授、副教授，从事实验教学有丰富经验的教师。

本书图表、数据由宋金昌整理，有关饲料数据库各种动物的饲养标准和营养需要量由倪静、任铁燕、董淑珍老师校对、编排，全书由宋金昌统稿。

由于时间紧、任务重，全书编写过程中各参编教学部给予了极大支持，同行教师也提出了很多宝贵的建议，在此表示衷心感谢。

本书编写过程中各编者付出了极大的努力，但是由于笔者学识水平有限，教材中可能还存在诸多不协调或不妥的地方，望读者在使用过程中提出宝贵意见和建议，以便参考和修订。

编者

2012.6

## 一般饲料分析与检测实验室规则

一、每次实验前必须认真预习本次实验原理、实验方法、操作步骤及注意事项，各项程序清楚后方可进行操作。

二、实验中应认真仔细，严格按照操作规程进行，切勿随便修改操作方法。

三、实验室保持清洁整齐是进行实验的各项工作的必要条件，必须做到在饲料、营养分析各环节工作“清洁整齐”，任何疏忽都会造成试验结果的误差、甚至失败。

四、使用任何玻璃仪器都必须洁净，通常在使用前先用去污粉或相应洗液清洗→自来水冲洗干净→蒸馏水（或去离子水）冲洗3次，方可量取试剂、药品、（若量取标准溶液，须用少量的该标准液冲洗3次后，方可量取），各种玻璃仪器须轻拿轻放，妥善处理。

五、实验产生的各种废液应倒入水槽中放水冲走，强酸、强碱、腐蚀性废溶液须先用水稀释，然后倒入废液缸，切勿直接倒入水槽。固体物如滤纸、火柴梗、残渣及其他废物亦须倒入废液缸，不得直接投入水槽或随手乱扔。

六、凡发生烟雾或有毒、有味气体的操作，都必须在通风橱中进行，避免妨碍实验室其他工作。使用易燃药品，如乙醚、丙酮、石油醚、酒精等，应远离明火，以防着火；在使用煤气、电炉、酒精灯、石油液化气时，人不得远离，以防意外，用毕应及时灭火、关闭。使用高温炉时，除特殊情况外，一般不超过650℃，夜间使用须有人值班。

七、使用精密仪器，如分析天平、离心机、分光光度计、氧弹测热计、氨基酸分析仪、原子吸收分光光度计等必须熟读熟记使用方法，并在教师指导下严格按操作规程使用，严禁随手乱动，遇到问题应随时请教老师。

八、取用试剂或标准溶液，用毕须立即将原瓶塞盖紧，放回原处。取倒试剂或溶液应从贴标签的相反方向倒取，以免试剂或溶液流向标签致使其模糊不清；自瓶中取出的试剂或溶液未用尽时，切勿倒回原瓶，须用多少取多少，一切遵循节俭原则。在量取有毒、有害、腐蚀性试剂时切勿用口吸取，可用量筒，亦可用移液管、吸管借助吸气球吸取。配制的各种试剂，必须随时贴上标签，注明试剂的名称、浓度、配制日期。

九、配制强酸、强碱和腐蚀性试剂应手戴橡胶手套，并在教师的指导下严格按操作程序进行，以免发生事故。

十、在使用过程中，要始终保持实验室、工作服、抹布、实验台、地面等干净整洁，试剂药品如洒在实验台上要随时用抹布擦净，要养成抹布、蜡笔、钢笔随身携带的习惯。

十一、进行实验时必须注意节约电、水、试剂、药品、试纸等其他消耗品，爱护各种仪器、如遇损坏应立即报告老师，说明情况，并进行登记。

十二、实验室不准吸烟、不准吃任何食物。使用各种电器、仪器前应先检查线路是否正确、电压是否相符，用毕后即行关闭电源、拔下插头。

十三、每次实验应做好各项记录，实验完毕后应清理相应的实验用品，并检查核对记录，如有疑问，应仔细检查并设法补救，否则重做。

十四、实验室各种化学试剂一般分为优级纯、分析纯、化学纯、实验试剂四个等级，应

依据分析精度和实验目的选择使用。

十五、各种试剂贮存按照国家有毒、有害试剂，腐蚀性试剂，易燃性试剂的贮存要求和条件分别专人管理，严格执行国家安全标准。

十六、各种试验动物管理应按操作规程严格执行，按规定饲喂、取样、清扫等管理，按交接班制度严格执行。

# 目 录

一般饲料分析与检测实验室规则 .....	(1)
<b>第一章 饲料实验室常规试验技能 .....</b>	<b>(1)</b>
第一节 饲料分析与检验实验室常规仪器 .....	(1)
第二节 实验室经常性准备工作及技能 .....	(11)
<b>第二章 饲料检测常用化学试剂配制 .....</b>	<b>(21)</b>
第一节 摩尔浓度标准溶液的配制 .....	(21)
第二节 百分浓度溶液的配制 .....	(23)
第三节 容量比浓度溶液的配制 .....	(25)
<b>第三章 饲料常规分析方法 .....</b>	<b>(26)</b>
实验一 饲料分析样本的采样与制样 .....	(26)
实验二 饲料中水分的测定 .....	(29)
实验三 饲料中粗蛋白质的测定 .....	(30)
实验四 饲料中粗脂肪的测定 .....	(34)
实验五 饲料中粗纤维的测定 .....	(36)
实验六 饲料中中性洗涤纤维 (NDF) 和酸性洗涤纤维 (ADF) 的 (Van Soest) 范索埃斯特测定方法 .....	(38)
实验七 饲料中粗灰分的测定 .....	(41)
实验八 饲料中无氮浸出物的计算 .....	(42)
实验九 饲料中钙的测定 .....	(43)
实验十 饲料中总磷量的测定 .....	(45)
实验十一 饲料、饲粮中食盐的测定 .....	(47)
实验十二 饲料中胡萝卜素的测定 .....	(48)
实验十三 饲料能量的测定 .....	(52)
<b>第四章 饲料质量评价 .....</b>	<b>(58)</b>
实验一 饲料原料混杂度检验 .....	(58)
实验二 鱼粉掺假鉴别检验 .....	(59)
实验三 配合饲料混合均匀度的检测 .....	(61)
实验四 配合饲料粉碎粒度的检验 .....	(62)
实验五 饲料原料用显微镜检验 .....	(63)
实验六 大豆制品中尿素酶活性的定量测定 .....	(66)
实验七 饲料蛋白质溶解度测定 .....	(67)
实验八 饲料中游离棉酚测定 .....	(70)
实验九 DL-蛋氨酸掺假鉴别 .....	(71)
实验十 L-赖氨酸盐酸盐掺假鉴别 .....	(72)



实验十一	饲料中霉菌的检验 .....	(73)
实验十二	饲料中细菌总数的检验 .....	(74)
实验十三	饲料中沙门氏菌的测定 .....	(76)
实验十四	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> 检验 .....	(83)
实验十五	饲料中氟含量的定量测定 .....	(85)
实验十六	饲料中铅含量的测定 .....	(87)
实验十七	饲料中砷含量的测定 .....	(90)
实验十八	饲料中汞含量的测定 .....	(92)
实验十九	有机磷农药残留的测定 .....	(94)
实验二十	饲料中亚硝酸盐的测定 .....	(96)
实验二十一	饲料中氰化物的测定 .....	(98)
试验二十二	常用饲料原料掺杂鉴别 .....	(100)
实验二十三	维生素添加剂掺假鉴别 .....	(107)
试验二十四	微量元素添加剂快速鉴别 .....	(111)
<b>第五章</b>	<b>配合饲料配方设计 .....</b>	<b>(114)</b>
<b>第六章</b>	<b>动物学试验方法 .....</b>	<b>(136)</b>
第一节	家畜消化试验 .....	(136)
第二节	畜禽代谢试验 .....	(141)
第三节	比较屠宰试验 .....	(143)
第四节	畜禽饲养试验 .....	(148)
<b>附录：畜禽饲养标准 .....</b>		<b>(156)</b>
附录一	猪饲养标准 .....	(156)
附录二	中国鸡饲养标准 .....	(169)
附录三	羊饲养标准 .....	(178)
附录四	牛饲养标准 .....	(192)
附录五	中国饲料数据库 .....	(207)

# 第一章 饲料实验室常规试验技能

## 第一节 饲料分析与检验实验室常规仪器

饲料分析实验室是进行饲料营养成分分析和饲料质量检测的重要地方，在饲料科学的研究中占有重要地位。掌握常用仪器的原理、使用方法和维修维护，是保证实验分析顺利进行的基础条件，是提高实验精确性和准确性的关键。

### 一、分析天平

分析天平是测量物体质量的仪器，其种类繁多，名称各异。其称重的基本原理都是相同的，都是应用杠杆原理。通常使用的天平有空气阻尼天平、半自动电子天平、全自动电子天平、单盘电子天平等。这些天平的使用方法都基本相同，这里仅以半自动电子天平为例，说明天平的结构和使用方法。

#### (一) 分析天平的构造

现以目前国内广泛使用的 TG-328B 型天平为例，简单介绍分析天平的构造（图 1-1、图 1-2）。

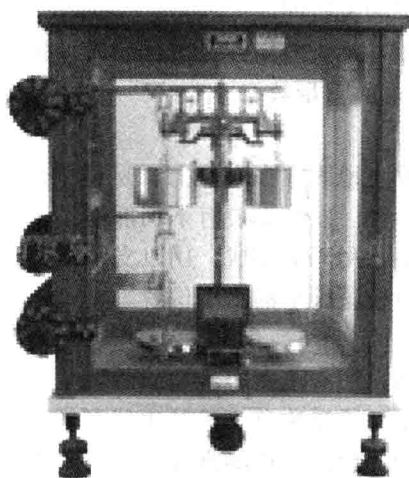


图 1-1 TG-328B 电子分析天平

分析天平由横梁、立柱、悬挂系统、制动系统、读数系统和机械加码装置所组成。

#### 1. 横梁

横梁是天平最重要的部件，它是两臂等长的杠杆，起着衡量物体与砝码重量是否相等的作用。它由铝合金制成，上装有 3 个三棱柱形的玛瑙刀，两个分别装在梁的两端，刀刃向上，称为重力刀。铰形吊耳上有玛瑙平板，称量时平板搁置在重力刀口上。天平称盘就挂在



图 1-2 单盘电子分析天平

吊耳上面。另一个刀口装在横梁中间，刀刃向下，称为支点刀。称量时，支点刀搁置在天平梁上的玛瑙平板上，起杠杆支点的作用。这 3 把刀的刀刃必须平行，且处在同一水平线上，使用天平时必须注意保护好刀口，否则影响天平的灵敏度。

在横梁的两侧装有对称的平衡螺丝，也称零点调节螺丝，用以调节天平空载时的平衡位置。在天平梁的下面还有细调零点的拨杆，可以细调零点的位置。

在横梁背后上部设有由上、下两个半球形螺母构成的重心锤。上下旋转重心可以改变横梁重心的位置，用来调节天平的灵敏度。

横梁的下部装有与横梁相互垂直的指针，指针的末端附有微分标牌，通过投影屏上的光学读数装置，可以读到 0.1 mg 的重量数据。

## 2. 主柱

主柱是一空心金属柱，垂直地固定在底座上，是横梁的支架。柱内有制动器的升降杆，带动梁托架和盘托翼板上下运动。立柱上装有下列部件：

中刀承则安装在主柱顶端，用玛瑙制成，用以支承横梁中刀。

水准器装在主柱上，用以校正天平的水平位置。

## 3. 悬挂系统

包括称盘、吊耳、阻尼器，用来承受和传递载荷。

横梁两端的重力刀通过吊耳承受称盘。吊耳由吊耳钩、吊耳环、吊耳背和十字架组成。吊耳上一般都有区分左、右的标记，左边的常标有“1”、“·”或“L”，右边的标有“2”、“· · ·”或“R”。右吊耳上还装有一条圈码承受片，供承受圈码用。

阻尼器的外筒固定在主柱上，而内筒则挂在吊耳钩下钩槽上，有与吊耳相同的左右标记。

称盘悬挂在吊耳钩的上构槽内，供放置砝码和被称量物体。称盘上也有与吊耳相同的左右区分标记，注意不要左右颠倒。

## 4. 制动系统

制动系统是控制天平工作和制止横梁及悬挂系统摆动的装置，包括开关旋钮、开关轴、升降杆、梁托架、盘托等部件。

旋转开关旋钮时，与旋钮相连的开关轴使升降杆上升，带动梁托架和盘托翼板同时下降，天平梁的支点刀落在主柱的刀承上，左右吊耳背落在天平梁的两只重力刀上。同时，因盘托翼板一下降，盘托与称盘分开，称盘可自由摆动，天平便进入工作状态。关闭天平时，长降杆下降，梁托架和盘托翼板都上升，盘托将秤盘托住，天平进入休止状态。

为保护刀口，取放砝码和称量物时，应关闭开关旋钮，使刀口与刀承分开。

### 5. 读数系统

由指针和光学读数装置组成。装在横梁下的指针通过光学读数系统放大后，可提高称重速度和精度。光学读数系统由9个部分组成。

①变压器将220V电源降至6~8V，作为灯泡电源；

②灯泡6~8V，作为读数系统的光源；

③灯罩，保护灯泡和聚光用；

④聚光管，将光源发出的光变为平行光束；

⑤微分标牌；

⑥物镜，将微分标牌放大10~20倍；

⑦一次反射镜；

⑧二次反射镜，将微分标牌上的影像反射到投影屏上；

⑨投影屏，显示放大后的微分标牌的影像，屏上刻一条标线，与微分标牌上的刻度取得读数。投影屏与底板下的“零点细调拨杆”相连，左右拨动拨杆可细调零点。零点调整后，在称量过程中切莫拨动拨杆。

### 6. 外框

用来保护天平，防止灰尘、潮湿、气流等外界条件的影响。天平有三个门，前面的门只有在必要时，如拆装、修理天平时才打开。取放砝码和取被称物体时从左右两个侧门出入，并随时关好。

天平外框和立柱都固定在用大理石或厚玻璃制成的底座或底板上。底板下有三只底脚，前面两只为调水平底脚，供调水平用，后一只是固定的不可调。每只底脚下垫一只脚垫，以保护桌面。

加码指数盘安装在框罩前右侧的门框上，有二层或三层，用来控制加码杆加减圈码。有内外两圈，上面刻有所加圈码的质量值。

#### (二) 天平的使用

(1) 检查 揭开天平罩，称量前应检查天平是否呈水平位置，天平称盘是否清洁，圈码是否齐全，圈码指数盘是否在“000”位置。

(2) 启动 接通电源，慢慢转动开关旋钮，开动天平，此时在投影屏上看到微分标牌的投影，如果微分标牌上的零线与投影屏上的标线重合，零点即为调准，可以进行称量。如标线不重合，可拨动底板下的零点细调拨杆，挪动投影屏的位置，直到二者重合。如投影屏的位置已经移动到尽头仍不能与微分标牌上的零线重合，可移动横梁上左右调节螺丝以调节零点。

(3) 检查灵敏度和变动性 灵敏度是指天平的一个称盘上增加1.0 mg重量时，所引起指针偏斜的程度。半自动电光天平左盘上加一个校准过的10.0 mg圈码，若微分标牌在 $10.0 \pm 2$ 范围内则符合要求。如果超出这个范围，则需上下移动重心螺丝，上移时灵敏度提

高，下移则灵敏度下降。

一台天平的准确度除与灵敏度有关外，还与变动性有关。只有在保证变动性不超过允许范围的前提下，提高灵敏度才有意义。变动性是指天平载重前后几次零点变化的最大差值，测定时是在不改变天平平衡状态下，多次开关天平进行称量，一般允许范围为 0.1 ~ 0.2 mg，超过这一范围说明天平重复性差，应检查刀口是否磨损及其他部件是否位置正常。

(4) 称量 在分析天平称量前，先将称量物在粗天平上粗称，而后放在分析天平的左盘中心，然后由大至小在右盘中加砝码，直到增加 1.0 g 太重，取出 1.0 g 又太轻时，关上天平边门。转动圈码指数盘，直到微分标牌在投影屏上均匀移动时，开足旋鈕，读取物体的重量。先读投影屏上数字，关上旋鈕再读指数盘的数，最后读取称盘中砝码数，即为物体的重量。

被称物重 = 砝码总重量 (克码 + 圈码 + 标尺读数)。

(5) 称量完毕后 关好开关旋鈕，取出称量物及砝码，把指数盘转动至零位，用软毛刷清理天平箱，关上天平门，罩上天平罩，切断电源。

### (三) 使用天平的注意事项

①使用天平要细心，轻拿轻放，轻开轻关，天平不能称热的物体。称量化学试剂时不能直接放在天平盘上。为保证天平盘的垂直和稳定，物体和砝码应尽量放在盘的中央，大的砝码放在中央，小的砝码放在周围。取放物体和砝码时，先关闭天平。打开天平时要小心缓慢，如发现指针位置已摆出光屏之外，应立即托起天平梁。

②称量时应遵循“最少砝码数”的原则，加减圈码应一档一档地慢慢加减，以防圈码相互碰撞或跳落。绝不能使天平载重超过限度，以免损坏天平。

③砝码应放在砝码匣内固定位置上。取用砝码时，用带有骨质或塑料护头的镊子夹取，不能用手直接拿取，以免污染砝码，使重量不准。称量读数，先根据盒内空位读一次，记录下来，然后取下砝码逐个放回盒时再核对一次。

④同一个试样分析中，所有称量应使用同一台天平和同盒砝码，以减少称量的系统误差。

⑤称量所得数据，应立即记在实验报告上，不得记在纸片上或其他地方，以免遗失。

### (四) 分析天平的维护及故障排除

经常使用天平者应该学会天平的日常维护和故障排除，保证天平正常工作。

①天平应安放在牢固平稳的台面上，避免震动、潮湿、阳光照射和腐蚀性气体。

②天平箱内应放有变色硅胶等干燥剂，并将干燥剂定期烘干，以保持天平干燥。

③经常保持天平的清洁，定期清除各部件上的灰尘。刀口和刀承可用浸过无水酒精的绸布擦拭，其他部件用软毛刷、麂皮和绸布擦拭。但反射镜和微分标牌不能擦拭，只能用软毛刷轻拂，以免破坏镀银面和溴化银感光刻度。

④天平使用一段时间后应作全面检查，看各部件是否齐全，天平灵敏度是否符合要求等。

### (五) 电子天平

电子天平是天平中称量速度最快的一种，是根据电磁力补偿工作原理制造的。由于采用了石英管梁，天平的机械稳定性和热稳定性都大大提高。称量时，横梁上所受的力经传感器输出电信号，经整流放大后用模拟重量数字显示。

## 1. 电子天平的使用

电子天平的种类很多, 现仅以 MA110 型电子分析天平为例, 简要介绍电子天平的使用及注意事项。

(1) 校准 天平开机预热后, 在进行首次称量前应对天平进行校准。以后定期用标准砝码进行检查, 如有误差立即进行校准。

内校准: 打开天平开关至“ON”, 按去皮键, 使天平显示值为 0.0000 g。将开关旋至“CAL”位置, 天平显示“E”和占用符号“0”(如果此时显示“E”, 表示出错, 应将开关回旋至“ON”, 并按去皮键重新开始校准), 当天平显示“0”时, 则表示校准完毕, 将开关回旋至“ON”位置, 即可进行称量。

外校准: 取下校准键帽, 清盘, 按去皮键使天平显示为 0.0000 g。用小螺丝刀压校准键, 天平显示“□”和占用符“0”(如果显示“□”则按去皮键重新进行校准), 此时将 100.0 g 标准砝码置于称盘上, 待显示 100.0000 g, 并发出“嘟”声, 天平校准完毕, 并自动回复至称量状态, 可以进行称量。

(2) 去皮、称量 按去皮键, 将物品放在称盘中央, 待稳定指示信号“g”出现时, 天平即显示被称物的重量。每次称重前按去皮键回零, 即可连续称量。

## 2. 电子天平的维护与保养

(1) 经常使用天平时, 应使天平连续通电, 以减少预热时间, 使天平处于相对稳定状态。如果天平长期不用, 则需关闭电源。

(2) 天平应保持清洁, 并定期进行检查、校准。

(3) 在搬动天平前一定要将操作开关转到“OFF”位置, 而在搬动、安装和拆卸外围设备前, 一定要把电源插头先拔掉。

## 二、干燥箱

电热恒温干燥箱简称烘箱或干燥箱, 用来烘干玻璃仪器及固体样品, 包括普通干燥箱和鼓风干燥箱(图 1-3)两种, 鼓风干燥箱内装有鼓风机, 可促进箱内空气对流, 温度均匀, 适用于烘焙、干燥、热处理和其他加热。干燥箱有 3 种规格, 按其工作温度表示, 分别为 10.0~200.0℃、10.0~250.0℃和 10.0~300.0℃。在此范围内可任意选定工作温度, 选定后借助箱内自动控制系统使温度恒定, 恒温灵敏度通常为 $\pm 1.0$ ℃。

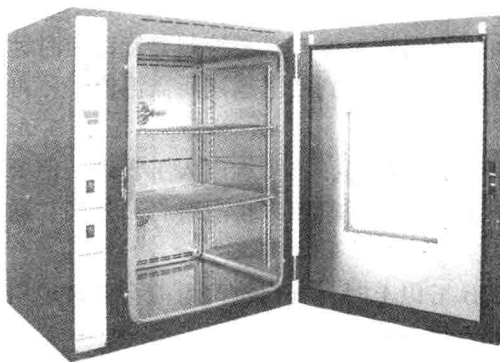


图 1-3 鼓风干燥箱

### (一) 干燥箱的构造

干燥箱一般由箱体、电热系统和自动控温系统三部分组成。

箱体由角钢、钢板制成，外壳与工作室之间填充玻璃纤维做保温材料，用以隔热保温。工作室内有2~3层网状搁板，用以搁放物品。箱顶有排气孔，排气孔中央备有温度计插孔，用来指示箱内温度。箱门为两道，里门为耐热的玻璃门，可以观察工作室内的工作情况，外门是装有绝热层的金属隔热门。箱底层有进气孔，箱的侧面装有指示灯，鼓风机干燥箱的鼓风机也装在箱侧室内，侧室装有带散热孔的侧门，便于卸下检修。

电热系统装在工作室下面，大型干燥箱具有恒温电热丝和辅助电热丝两组，用来加快加热速度。

自动控温系统有差动棒式温度控制器和导电温度计式控制器两种。差动棒式温度控制器由一支热膨胀系数很大的黄铜管和一支热膨胀系数很小的玻璃棒组成，借助二者对热的敏感性控制电热系统。导电温度计式温度控制器借助导电温度计与电子继电器配合控温。

### (二) 干燥箱的使用及注意事项

①干燥箱必须安放在干燥及水平处，防止震动和腐蚀。

②注意安全用电。在供电线路中安装闸刀开关，并用比电源线粗一倍的导线作接地线，仔细检查是否漏电。

③准备工作妥当后关上箱门，在箱顶排气孔中插入一温度计，同时将排气孔旋开。使用导电温度计或温度控制器的干燥箱应先将导电温度计和温度计插入表孔中，把导电温度计接线夹接在控制盒接线柱上，旋转导电温度计胶木帽，使导电指针到所需温度刻度上，打开电源开关，当温度调节旋钮在“0”位置时，电源指示灯（绿色）亮表示电源已接通。将旋钮按顺时针方向旋转，工作指示灯（绿色）亮，表示加热电线已通电加热。当温度加热至所需温度时工作指示灯（红灯）亮，反复检查几次，红绿灯交替变换时，说明电器工作正常，可以投入使用。

④洗净的仪器尽量把水沥干后放入箱中，并使口朝上，烘箱下层放一搪瓷盘承接从仪器上滴下的水，以免水滴到电热丝上。测试物品重量不能超过15.0 kg，测试物品排列不能过密，易爆、易燃、易挥发物不得进入烘箱，以免发生爆炸。散热板上不能放测试物品，否则影响热气流交换。

⑤当温度计所指示温度升至所需温度时，将控制器旋钮逆时针方向旋回，旋至红绿灯交替处即为恒温定点。如果温度稳定后达到或已超过所需温度，可再做微调，直到达到正确温度为止。

⑥恒温后，温度控制器会自动控温，不需加以人工管理，但要防止控制器失灵，仍需有人经常照看，不能长时间远离。如果观察箱内情况可打开外门，通过玻璃门观察，但应尽量减少开箱门，以免影响恒温。

⑦当箱内温度升至200.0℃以上时，开启箱门可能会使玻璃门骤然冷却而破裂，故需关闭电源，稍等片刻，使温度下降后再打开箱门。

⑧有鼓风机的干燥箱，在加热和恒温过程中必须将鼓风机打开，否则影响工作室温度的均匀性和损坏加热元件。

### 三、培养箱

普通电热恒温培养箱与干燥箱相同，可通过自动控温装置保证箱内温度恒定。

### 四、高温炉（茂福炉）

高温炉又称马福炉或茂福炉，常用于重量分析中灼烧、沉淀、坩埚及其他高温实验用。

#### （一）高温电炉的结构

常用的高温电炉炉体由角钢、薄钢板构成。炉膛采用碳化硅制成长方形，放于炉体内部。炉膛内外壁之间有空槽，电热丝制成螺旋形后穿绕于空槽中，炉膛四周都有电热丝。炉膛与炉壳之间用绝热保温材料填砌而成。炉门用耐火砖制成，借助压缩弹簧弹力紧密闭合，顺时针转动梅花钮后，可将炉门打开。

炉内温度控制普遍采用温度控制器。温度控制器主要由一块毫伏表和一个继电器组成，连接一支相匹配的热电偶进行温度控制。热电偶装在一根耐高温的瓷管中，从高温电炉后部的小孔伸进炉膛内，根据炉膛内的温度高低通过继电器控制电炉丝是否加热。实验室中常用温度控制器测温范围在 $0 \sim 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

#### （二）高温炉的使用及注意事项

①高温炉不需特殊安装，只需平放在室内平整的地面或搁架上。控制器应避免震动，放置位置与高温炉不宜太近，防止过热而使电器元件不能正常工作。

②将热电偶棒从高温炉背后的小孔插入炉膛内，孔与热电偶之间空隙用石棉绳填塞。将热电偶的连接导线接到控制器的接线柱上。注意正负极不要接反，以免温度指针反向而损坏。

③控制器在搬运时，需用导线将指示仪后端接线柱板上标有“短”与“短”的接线螺钉连接好，以防由于震动而损坏仪表。温度指示调节仪投入使用时，应将其后端的短路封线拆去，否则仪表指针不能工作。

④经检查确认线路无误后，将温度指示仪的设定指针调至（即旋动指示仪上右下角螺钉或调节温度设定旋钮）所需工作温度。然后接通电源，拨动控制电源开关，此时绿灯即亮，继电器开始工作，高温炉通电。电流表即有读数产生，温度指示仪指针也逐渐上升，说明高温炉、控制器均在正常工作。高温炉的升温恒温分别以红绿灯指示，绿灯表示升温，红灯表示恒温。

⑤在加热过程中，切勿打开炉门，使用时炉温不得超过最高温度，以免烧毁电热元件。并禁止向炉内灌注各种液体及溶解的金属。使用完毕后，切断电源，不能立即打开炉门。待温度降至 $200.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时，才能打开炉门，取出灼烧物品，放入干燥器内冷却至室温。

⑥高温炉第一次使用或长期停用后再次使用时，必须进行烘炉。烘炉时间需：室温至 $200.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为4h， $200.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $600.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为4h。不用时应将炉门关好，防止耐火材料受潮。

⑦为了保证安全操作，电炉与控制器外壳均须可靠接地。若晚上无人，切勿使用高温炉。

### 五、真空泵

真空泵是用一对密封容器抽除气体获得真空的基本设备，常用于抽滤、真空干燥箱的真



空处理。下面以普通的旋片式真空泵为例，介绍其结构及使用方法。

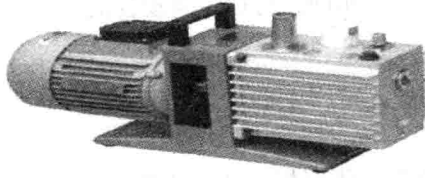


图 1-4 轴流式真空泵

### (一) 真空泵的结构

真空泵由定子、转子和旋片组成。在定子缸内偏心的装着转子，转子贴近缸壁，转子槽中装有两块径向滑片，借弹簧的张力作用将转子紧贴在缸壁，因此定子的进气口、排气口被转子和滑片分隔成两个部分。随转子在缸内旋转，周期性地使进气口处容积逐渐扩大而吸入气体，同时逐渐缩小排气口处容积，将已吸入气体压缩从排气阀排出，从而达到抽气的目的。

图 1-4 为轴流式真空泵，是以轴流方式实现吸气和排气。

### (二) 真空泵的使用与维护

真空泵内部结构极为精密，工作条件要求较严，若使用保养不当，不仅会大大降低使用寿命，使其工作效率迅速遭致破坏，甚至会在短期内即无法继续工作。为延长泵的使用年限，提高其工作效能，在操作过程中，必须经常注意保养与维护工作。

①真空泵应安装在清洁干燥的地方，环境温度在 15~40℃ 之间。安装前应将泵擦拭干净。与泵连接的管道不应小于泵的口径，管道长度应尽可能缩短，管道接头应尽可能减少。管道内壁应光滑清洁。

②被抽气体温度如果高于 40℃ 时，应把气体冷至常温，如气体含有灰尘则应有以过滤。吸入有腐蚀性或与油起化学变化的气体时，应有气体吸收与中和装置。如含水蒸气过多，则应有去湿装置，以防把泵油弄脏。

③泵在使用前，先由排气口灌入真空油，并按主轴带轮上所标箭头方向用手旋转之，待油液至油标直径的 3/4 以上为止。

④泵在使用时，其带轮的旋转方向与所示箭头方向必须一致，因此在使用前，必须先将三角皮带卸下，接通电源，视电动机的旋转方向是否一致，如不一致，可改变电动机的接线位置。开动前，必须先用手将主轴带轮按箭头方向转动带轮几次，以排出泵室中的存油。或断续启动电源开关，使泵起始缓慢回转，待泵腔内存油排出后，才可进行正式连续运转。

⑤运转中油温不能超过 75℃，也不能有异常的噪音及振动。在使用过程中应经常检查油液耗损情况，务须使油面经常保持在油标直径的 3/4 以上。

⑥泵在停转前，应先关闭通真空系统的阀门，或在进气口放入大气，以免泵内真空油在大气压力作用下倒吸进真空管道，造成不应有的损失。

⑦泵内真空油被灰尘或潮湿所污染，则必须更换新真空油。在一般情况下，每年更换一二次即可。换油时最好能进行一次真空泵清洗。

真空泵的清洗：旋开其放油螺丝，使污油放尽。从进气口注入一些清洁的煤油或汽油，同时用手将主轴带轮按箭头方向旋转数次，使泵体内零件得到一次清洗，然后放净污油，旋