

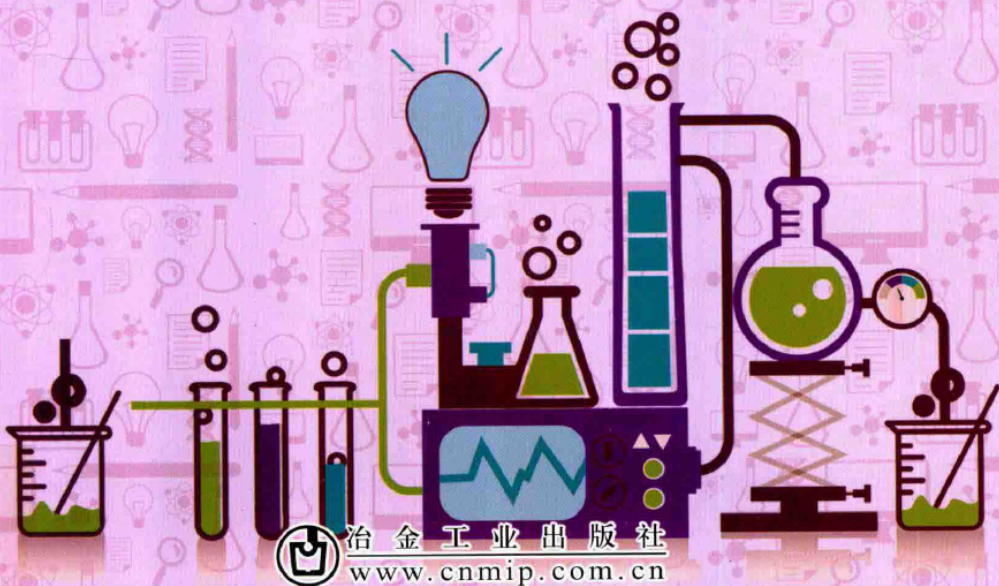


普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

基于手持技术的中学化学 实验案例

吴晓红 刘万毅 任 斌 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

基于手持技术的 中学化学实验案例

吴晓红 刘万毅 任斌 主编

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2016

内 容 提 要

本书是依据我国基础教育课程改革的需要及化学实验数字化的趋势,根据教育部对高等院校化学教育专业师范生的基本实验操作能力训练要求而编写的教材。全书分为六个部分,围绕化学能与热能、化学能与电能、溶液中的离子行为、化学反应速率与平衡移动、化学与生活、化学与健康等六个主题提供了共二十个手持技术实验案例。

本书可作为高等师范院校化学(师范)专业和普通高中选修课教材,也可作为普通高中、职业高中等化学教育工作者、中等化学教育与教学研究人员的参考书和继续教育(培训)教材。

图书在版编目(CIP)数据

基于手持技术的中学化学实验案例/吴晓红,刘万毅,任斌
主编. —北京:冶金工业出版社,2016.2

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7119-4

I. ①基… II. ①吴… ②刘… ③任… III. ①中学化学课—
化学实验—教学研究—高等学校—教材 IV. ①G633.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第003336号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 李 臻 于昕蕾 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7119-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2016年2月第1版,2016年2月第1次印刷

169mm×239mm;10.25印张;201千字;158页

25.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

本书是以教育学、心理学理论及化学学科知识为基础，为适应师范生职业技能需求，将手持技术应用于教学实践的一本实用性较强的教材。

本教材精心挑选了中学 20 个化学实验，进行了基于手持技术的实验设计与开发。这 20 个实验与传统实验相比，在融合传统实验的同时，更从实验设计、实验表征等多个方面尝试全新的突破。本书主要有以下特点：第一，编写体例创新。本书从课本核心知识入手，进行了 20 个实验案例的开发，每个实验内容都设计了“原理微析”“实验微探”“结果微评”“精题微考”“百科微赏”等栏目，力求对选取的实验案例进行剖析、发散、拓展。第二，案例内容丰富。本书所选取的 20 个实验内容覆盖的知识点较多，如第三章，知识点包括强弱电解质的概念、离子反应的条件等；内容选取上具有特色，如将宁夏特产枸杞作为实验对象，测定了其铁含量。第三，案例实用性强。书中所开发的案例适用于教学实践中，如实验十三就可应用于探究影响化学平衡因素的教学中，该实验借助于色度计使实验效果更直观。另外，书中的实验案例都给出了实验参考数据，以期鼓励一线教师推广应用手持技术。

本教材在编写过程中，参考了部分院校的教材和专著，以及国内外相关资料和文献，在此表示诚挚的谢意。另外，在编写过程中，宁

夏大学化学化工学院杨文远老师对实验内容进行了指导，部分实验工作由2012级化学师范专业本科生徐建菊、蒋思雪同学完成，一并表示感谢。

由于时间和水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大师生给予批评指正。

作 者

2015年10月于银川

目 录

第一章 手持技术简介	1
第一节 手持技术的原理	1
第二节 手持技术的特点	3
第三节 手持技术在国内外的的发展情况	4
第二章 化学能与热能	5
实验一 酒精灯火焰温度的测定	6
实验二 中和热的测定	11
实验三 碳酸钠和碳酸氢钠与盐酸反应的热效应	17
第三章 化学能与电能	24
实验四 简易原电池	25
实验五 制作水果电池	29
实验六 探究影响铁电化学腐蚀速率的因素	32
第四章 溶液中的离子行为	40
实验七 强弱电解质的判断	41
实验八 探究离子反应发生的条件	48
实验九 碳酸钠和碳酸氢钠与稀盐酸的反应本质	53
实验十 二氧化碳与饱和石灰水反应的探究	58
第五章 化学反应速率与平衡移动	63
实验十一 镁与稀盐酸反应速率的测定	64
实验十二 探究水泥负载二氧化锰催化分解过氧化氢的最佳条件	71
实验十三 化学平衡移动	79
实验十四 化学平衡常数的测定	87
第六章 化学与生活	93
实验十五 二氧化碳与温室效应的受控关系	94

实验十六 明矾净水实验的探究	100
实验十七 探究 84 消毒液的漂白性	108
第七章 化学与健康	116
实验十八 饮用水 pH 值和电导率的测定	117
实验十九 枸杞中铁元素含量的测定	123
实验二十 维生素 C 泡腾片中维 C 含量的测定	130
第八章 教学案例	137
教学案例 1: 走进 84 消毒液	137
教学案例 2: 酸和碱的反应	148
参考文献	156

第一章 手持技术简介

手持技术，又称掌上技术，是由数据采集器、传感器（probe）和配套的软件（probe software）组成的定量采集数据（包括物理、化学和生物数据等）并能与计算机连接的实验技术系统。它是利用传感器、数据采集器、电脑（已安装相应软件）这三者进行连接，把温度、色度等连续变化的物理量转化为电信号，从而对化学实验进行定量研究的装置。

手持技术具有两层含义，即“手持+技术”。前者表现为便携与实时两大特点——数据采集器与各类传感器都很小，实验操作可以在手掌上进行，有利于师生随时随地进行探究活动，且数据变化过程与实验过程同步进行，再与计算机连接，便能将变化过程以各种形式（如图像、表格和指针等）动态演示出来；后者表现为准确与综合两大特点——实验数据可以达到相对误差为 0.05% 的准确度，基本符合中学对实验数据准确度的要求。

第一节 手持技术的原理

应用手持技术的具体过程是用传感器（探头）进行测量，用数据采集器进行数据的收集、处理并传输给电脑，再由相应的软件进行数据分析、绘制图像，并直接展现在电脑屏幕上。

一、传感器

传感器顾名思义是具有“传”与“感”功能的一种仪器。首先它起到的作用是“感”，即感受和识别所处环境中相应的信号，“传”即将感受到的信号传递给数据采集器或者是与计算机相配套的软件。不同的传感器能够感受不同的物理量，其中包括温度、气压、溶解氧、电导率、pH 值、气体浓度、离子浓度、溶液色度、溶液浊度等，常用的传感器参数如表 1-1 所示。

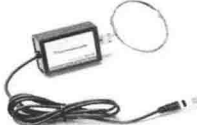
二、数据采集器

数据采集器的功能是接受传感器传输过来的电信号，并且将这些电信号进行存储，最终将存储的电信号转换成数字信号传输给计算机，它在传感器和计算机及其配套软件中间起衔接作用。

表 1-1 常用的传感器参数

传 感 器	技 术 参 数	实 物
氧气传感器	范围: 0 ~ 27% (0 ~ 270ppt); 分辨率: 0.01%; 运行温度要求: 5 ~ 40℃	
气体压力传感器	范围: 0 ~ 210kPa (0 ~ 2.1atm 或 0 ~ 1600mmHg); 最大压力: 400kPa (4atm); 分辨率: 0.05kPa (0.0005atm 或 0.40mmHg); 反应时间: 100μs	
混浊度传感器	范围: 0 ~ 200NTU; 精确度: 读取数据 25NTU 内 $\pm 2\text{NTU}$, 读取数据 25NTU 以上 $\pm 5\%$; 分辨率: 0.25NTU	
pH 传感器	测量范围: pH 值 0 ~ 14pH 单位; 自动温度补偿范围: 5 ~ 80℃; 分辨率: 0.005pH 单位; 反应时间: 1s 内读取全部数据的 90%	
电压传感器	范围: $\pm 6\text{V}$; 分辨率: 3.1mV; 传感器电阻: 10MΩ	
滴定计数传感器	技术参数: 精确控制体积, 每滴 0.05mL; 可配合 pH 传感器, 导电率传感器, 搅拌站等一起使用	
色度计	透明度百分比: 28% ~ 90%; 吸光率: 0.05 ~ 1.00; 波长: 430nm, 470nm, 565nm, 635nm	
导电率传感器	三个范围: 0 ~ 100mg/L TDS 或 0 ~ 200μS/cm; 0 ~ 1000mg/L TDS 或 0 ~ 2000μS/cm; 0 ~ 10000mg/L TDS 或 0 ~ 20000μS/cm; 分辨率: 0.1μS/cm, 1μS/cm, 10μS/cm; 温度范围: 0 ~ 80℃; 精确度: 各范围全面读数的 $\pm 1\%$; 尺寸: 外径 12mm, 长 150mm	

续表 1-1

传 感 器	技 术 参 数	实 物
电流传感器	范围: $\pm 0.6\text{ A}$; 分辨率: 0.3 mA ; 传感器电阻: 0.1Ω	
氧化还原电位计	测量范围: $-450 \sim 1100\text{ mV}$; 分辨率: 0.5 mV ; 电源: 7 mA 、 5 V 直流电	
高温传感器	测量范围: $-200 \sim 1400^\circ\text{C}$; 精度: $\pm 5^\circ\text{C}$; 分辨率: 0.7°C ; 电源: 0.05 mA 、 5 V 直流电	

三、计算机及配套软件

计算机及配套软件被称作数字化实验的翅膀,它们能够将数据采集器传输来的实验数据进行统计与分析处理,并通过计算机完成对实验数据的分析、存储以及显示,将巨大的信息量以简单易懂图表形式显示出来,实现了信息技术在学科教学中的运用。Vernier Lab Pro 的 Logger Pro 软件系统就是较为常用的数据分析配套软件,它具有多种功能,并可以对实验数据进行多种处理,能够直观地反映出实验数据的特点,为实验者找出数据间的规律提供了极大的方便。

第二节 手持技术的特点

传统实验方法经过很多专家和学者的研究和实践证明,有其独特的优势,但是对某些问题却很难通过简单的实验改进就能弥补,而且对于有些实验只是给学生以表面的感性认识而已,不能很好地帮助学生由感性认识上升为理性认识。传感器技术主要是使传统实验的过程更精确化,能够借助其他物理量或化学量来反映实验结果,直观地观察到反应进行的整个过程,让学生更清晰地掌握和理解知识,提高教学效果。

(1) 揭示化学实验现象的本质。由于中学化学内容的难易程度是面向大多数学生的,从学生的接受程度出发,教材设置的化学内容一般都具有普适性,但是对于化学这门自然科学来说,它所隐含的化学奥秘却并不是如此简单。因此,对具体的教学内容,结合手持技术能够综合灵活地运用科学探究的方法开展研究性活动,从而为学有所长的学生提供多元的学习机会和体验。

(2) 使实验变化过程“可视化”。传统实验的表现形式一般都是通过学生观察实验现象,而基于手持技术的实验可以将整个化学反应过程以数字化、图像、

表格、刻度计、视频等多种形式动态实时地显示出来,这种方式不仅利于学生对现象的观察,还利于对实验结果的处理。因此,传感器技术可以将一些微观现象或者不明显现象的化学反应变化过程清晰地呈现出来,利于学生的观察和思考。

(3) 使定性实验定量化。定量实验是指要求给出实验中的数值或者各因素间数量的具体关系的实验,因此是一类较高层次的问题,它更能培养学生分析问题和解决问题的能力。手持技术实验最大的特点就是将实验结果数字化,引入大量的定量实验,因此它不仅能从量的角度说明传统定性实验的结论,也可以利用数据处理向导使定量实验得到比较精确的结果。

第三节 手持技术在国内外的的发展情况

手持技术作为新型数字化实验的代表,从20世纪80年代开始就在一些发达国家的教学中得到了应用。直到进入21世纪后,沿海发达地区的学校引入了手持技术实验系统,并在广州、上海的一些重点中学进行了尝试。2004年1月天津市第一中学在国内率先建立了第一个中学手持技术实验室。随后,江苏、浙江、广东、福建等几个经济发达省份依托发达的经济基础,也在本省中学建立了基于手持技术的数字化实验室。这些地区的学校开始将这项技术应用在研究性学习中,并开设了有关的校本实验探究课程。

与此同时,我国学者也对这一新型的教学工具产生了兴趣,对其进行了相关研究。其中华南师范大学钱扬义教授对于“手持技术实验”的研究得到了一些较为实用的理论成果,出版了《手持技术在理科实验中的应用研究》和《手持技术在研究性学习中的应用及其心理学基础——信息技术研究性学习整合的实践研究》两本专著,这两本专著从不同层面对手持技术进行了阐述。第一本专著详细介绍了手持技术这一新型的教学工具,探讨了如何发挥其优势并运用于研究性学习中;第二本属于认知层面的研究,主要运用概念图针对中小学科学课程中的“疑难实验”“科学核心概念”“定量研究”等设计开发了一些研究性学习案例。此外,北京师范大学、华东师范大学、南京师范大学等一线的师范类院校的教授以及部分中学教师也对手持技术的探索与研究做出了很大的贡献,其中北京师范大学王磊教授等编著的《传感技术——化学实验探究手册》、四川南充高级中学白涛等编著的《化学:为什么是这样》也都取得了不错的研究成果。从目前现状来看,我国手持技术的应用研究并不均衡。发达地区的一些中学已经将手持技术实验运用于课堂,但依然有一些地域不发达的学生依然没见过甚至没听过手持技术实验。手持技术实验在不同的学科上发展程度也不尽相同,涉及手持技术实验较早的学科是物理和数学,后来才逐渐被引入到化学和生物学科,因此,我国对于手持技术的研究及应用较发达国家尚处于初步阶段,发展还不是很成熟。

第二章 化学能与热能



阿基米德说过：“给我一个支点和足够长的杠杆，我可以撬动地球。”如果把人类社会看作是一个庞大的地球，那么推动人类社会进步的支点和杠杆就是能量。能量使人类脱离了“茹毛饮血”的野蛮，进入繁华多姿的文明时代，而化学反应所释放的能量是现代能量的主要来源。通常情况，化学反应中能量的变化主要表现为热量的变化，几乎所有的化学反应都伴随着能量的释放和吸收。下面，让我们一起感受化学反应中能量的变化。

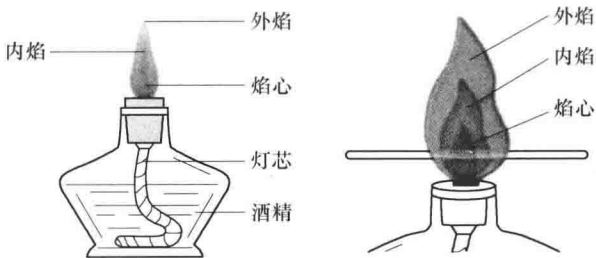
实验一 酒精灯火焰温度的测定

酒精灯是化学实验中经常使用的加热仪器，其火焰分为焰心、内焰和外焰三部分。通过观察，会发现酒精灯火焰焰心比较暗，内焰最明亮，外焰次之。在人教版九年级上册教材中，“取一根火柴梗，拿住一端迅速平放入火焰中，约1~2秒后取出”，通过观察火柴梗在酒精灯火焰上的碳化程度，从而比较酒精灯火焰的各层温度，并得出结论：外焰温度 > 内焰温度 > 焰心温度。因此用酒精灯加热时，都会强调要用外焰加热。酒精灯三层火焰的温度各有多高？三层火焰的温度大小关系究竟如何？为了解决上述问题，可利用手持技术中的高温传感器对酒精灯火焰温度进行测定。

词源微说

酒 精 灯

酒精灯是以酒精为燃料的加热工具，广泛用于实验室、医疗、科研等。由于其燃烧过程中不会产生烟雾，因此也可以通过对器械的灼烧达到灭菌的目的。另外酒精灯燃烧过程中产生的热量，可以对其他实验材料加热。酒精灯分为挂式酒精喷灯和坐式酒精喷灯以及常规酒精灯，实验室等一般以玻璃材质最多。其主要由灯体、棉灯绳（棉灯芯）、瓷灯芯、灯帽和酒精构成。



原理微析

酒精灯的三层火焰常有跳动，故本实验测量的是火焰各部位的平均温度。测量时通过改变高温传感器探针顶端与灯芯的距离，从而依次测量酒精灯火焰各部位的温度。



实验微探

我需要

仪器：高温传感器、数据采集器、尺子、酒精灯、铁架台。

我要做

如图 2-1 所示，组装实验装置。参照直尺的刻度，通过调节高温传感器的高度来调节酒精灯灯芯与高温传感器探针顶端的距离，每次调节距离 0.5cm，每个位置测量时间为 60s，并重复操作 3 次。

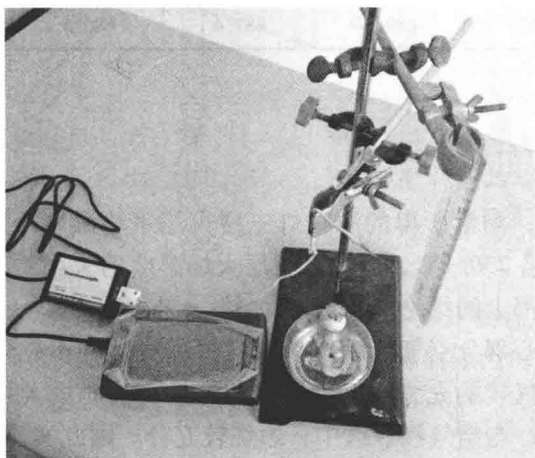


图 2-1 测量酒精灯火焰温度实验装置

会怎样

酒精灯火焰温度实验结果记录如表 2-1 所示。

表 2-1 酒精灯火焰温度实验结果记录

火焰位置	相对灯芯高度/cm	各温度点平均温度/℃			平均值/℃
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	
焰 心	0	373.4	374.4	375.6	562.8
	0.5	498.4	494.1	491.0	
	1.0	523.6	521.6	521.4	
	1.5	574.0	572.9	576.1	
	2.0	617.0	623.1	623.7	
	2.5	654.7	657.4	657.9	
	3.0	693.2	694.4	700.2	

续表 2-1

火焰位置	相对灯芯 高度/cm	各温度点平均温度/℃			平均值/℃
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	
内 焰	3.5	727.4	728.8	728.1	777.4
	4.0	765.0	780.0	771.6	
	4.5	795.4	799.7	799.9	
	5.0	810.2	810.4	812.6	
外 焰	5.5	779.0	775.5	771.1	730.1
	6.0	743.1	740.3	746.8	
	6.5	716.0	712.5	713.2	
	7.0	689.3	687.4	686.6	



结果微评

由表 2-1 可知, 测量所得的酒精灯三层火焰平均温度分别为焰心 562.8°C , 内焰 777.4°C , 外焰 730.1°C 。酒精灯三层火焰温度的大小关系为: 焰心 $<$ 外焰 $<$ 内焰, 这与教科书上的结论“焰心 $<$ 内焰 $<$ 外焰”并不一致。

究其原因: 焰心部分空气接触不够, 酒精蒸气燃烧不充分, 焰心温度最低; 外焰虽然和外界空气接触充分, 但燃烧时和外界交换能量太多, 导致热量散失; 内焰酒精蒸气稳定, 与空气接触适中, 燃烧较充分。因此实验数据测得的酒精灯火焰温度最高的一层是内焰而不是外焰。



精题微考

酒精灯是实验室中常用的加热仪器, 某小组同学对酒精灯火焰温度进行如下探究。

(1) 定性研究: 甲同学取一根火柴梗, 拿住一端迅速平放入酒精灯火焰中, $1 \sim 2\text{s}$ 后取出, 观察到位于外焰的部分明显碳化。

1) 写出碳完全燃烧的化学方程式: _____。

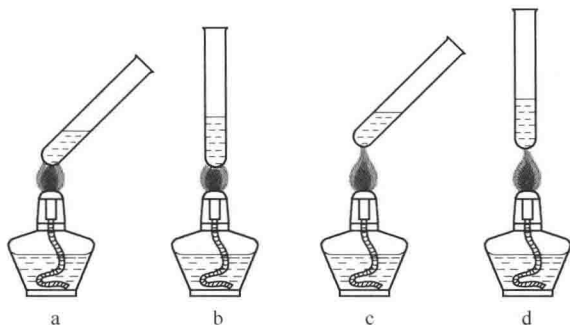
2) 由上述现象得出结论: 外焰温度最高, 你认为原因是外焰与空气 (氧气) 接触更充分_____。

(2) 定量研究: 乙和丙同学在老师指导下, 分别利用高温传感器测得酒精灯各层火焰平均温度如下表。

火 焰	平均温度/℃	
	乙	丙
焰 心	432	598
内 焰	666	783
外 焰	520	667

1) 由上表得出结论：_____（填“焰心”、“内焰”或“外焰”）温度最高。

2) 结合定量研究结论，下列图示中加热方法（试管夹未画出）最合理的是_____（填字母序号）。



(3) 交流反思：不仅酒精灯的各层火焰温度不同，而且相同火焰层温度也有差异。造成乙、丙两同学所测相同火焰层温度差异的原因可能是（写出两点即可）_____。



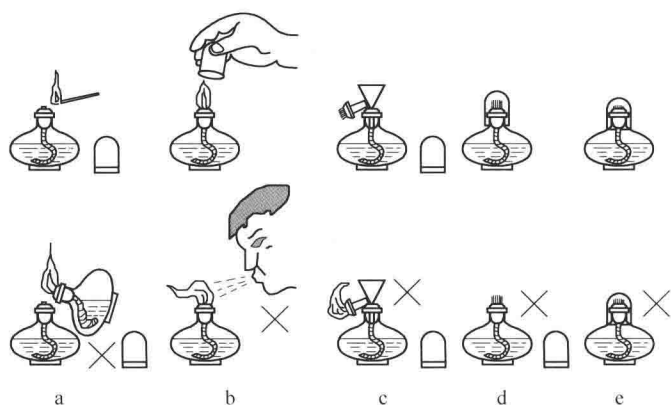
百科微赏

酒精灯知多少？

新购置的酒精灯应首先配置灯芯。灯芯通常是用多股棉纱线拧在一起，插进灯芯瓷套管中。灯芯不要太短，一般浸入酒精后还要长4~5cm。对于旧灯，特别是长时间未用的灯，在取下灯帽后，应提起灯芯瓷套管，用洗耳球或嘴轻轻地向灯内吹一下，以赶走其中聚集的酒精蒸气。再放下套管检查灯芯，若灯芯不齐或烧焦都应用剪刀修整为平头等长。

新灯或旧灯壶内酒精少于其容积 $\frac{1}{4}$ 的都应添加酒精。酒精不能装得太满，以不超过灯壶容积的 $\frac{2}{3}$ 为宜。酒精量太少则灯壶中酒精蒸气过多，易引起爆燃；酒精量太多则受热膨胀，易使酒精溢出，发生事故。添加酒精时一定要借助

小漏斗，以免酒精洒出。燃着的酒精灯，若需添加酒精，必须熄灭火焰。决不允许燃着时加酒精，否则，很易着火，造成事故。万一洒出的酒精在桌上燃烧起来，要立即用湿棉布盖灭。用完酒精灯，火焰必须用灯帽盖灭，不可用嘴吹灭，以免引起灯内酒精燃烧，发生危险。



新灯加完酒精后需将新灯芯放入酒精中浸泡，而且移动灯芯套管使每端灯芯都浸透，然后调好其长度，才能点燃。因为未浸过酒精的灯芯，一经点燃就会烧焦。

点燃酒精灯一定要用燃着的火柴，决不能用一盏酒精灯去点燃另一盏酒精灯。否则易将酒精洒出，引起火灾。

加热时若无特殊要求，一般用温度最高的外焰来加热器具。加热的器具与火焰的距离要合适，过高或过低都不正确。与火焰的距离通常用灯的垫木或铁环的高低来调节。被加热的器具必须放在支撑物（三脚架、铁环等）上或用坩埚钳、试管夹夹持，绝不允许手拿仪器加热。

加热完毕或要添加酒精需熄灭灯焰时，可用灯帽将其盖灭，如果是玻璃灯帽，盖灭后需再重盖一次，放走酒精蒸气，让空气进入，免得冷却后盖内造成负压使盖打不开；如果是塑料灯帽，则不用盖两次，因为塑料灯帽的密封性不好。决不允许用嘴吹灭。

不用的酒精灯必须将灯帽罩上，以免酒精挥发，因为酒精灯中的酒精，不是纯酒精，所以挥发后，会有水在灯芯上，致使酒精灯无法点燃。酒精灯如长期不用，灯内的酒精应倒出，以免挥发；同时在灯帽与灯颈之间应夹小纸条，以防粘连。