

总主编 栗文彬 罗二平

医学计量实验大纲

主编 崔 骊 申广浩



第四军医大学出版社

医学计量学实验教程

医学计量实验大纲

主编 周 敏 副主编 李 强



● 北京协和医学院出版社

医学计量实验大纲

总主编 栗文彬 罗二平

主 编 崔 骊 申广浩

副主编 李向东 云庆辉 郭 伟 谢康宁

编 委 (按姓氏笔画排序)

卫 娜 田 越 刘 娟 刘莹灿

闫一力 汤 池 李秋娟 吴小明

张 戌 姜茂刚 徐小松 徐巧玲

黄 韬 黄殿忠 崔 怡 景 达

图书在版编目 (CIP) 数据

医学计量实验大纲/崔骊, 申广浩主编. —西安: 第四军医大学出版社, 2014. 4

ISBN 978 - 7 - 5662 - 0487 - 5

I. ①医… II. ①崔…②申… III. ①医学 - 计量学 - 实验 IV. ①R311 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 055588 号

yixue jiliang shiyan dagang

医学计量实验大纲

出版人: 富 明 责任编辑: 张永利

出版发行: 第四军医大学出版社

地址: 西安市长乐西路 17 号 邮编: 710032

电话: 029 - 84776765 传真: 029 - 84776764

网址: <http://press.fmmu.edu.cn>

制版: 绝色设计

印刷: 陕西奇彩印务有限责任公司

版次: 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 5.25 字数: 120 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 5662 - 0487 - 5 / R · 1324

定价: 15.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

前 言

医学计量是指对医疗卫生领域所涉及的仪器、设备、器械、量具等医疗设备进行的测量,是保证人体生命体征(化学、物理)参数测量、用药剂量等计量单位的统一和量值准确可靠的测量。医学计量所涵盖的是医学学科测量领域的整体,不仅是对医院的计量保证,也包括对医学科研、教学部门的计量保证。自1985年《中华人民共和国计量法》颁布以来,医学计量已成为强制检定的主要内容。1990年,军队开始开展医学计量工作,并建立了完善的医学计量管理与保障体系,为确保军队卫生装备的可靠和安全使用提供了有力保障。目前,各医院的医学计量三级站已经成为军队开展医学计量工作的核心力量。

通过全军广大卫生技术人员的不懈努力,军事医学计量工作从无到有、从小到大、从弱到强,已经取得了长足的进步,并纳入军队各级卫生工作的质量管理之中。但由于部队编制体制的调整,计量人才流失严重。目前,各医院从事医学计量工作的多为聘用人员,队伍知识结构、能力素质与计量要求不相适应。因此,总部领导非常重视医学计量管理和技术检定人员的技术培训,常年举办医学计量培训、技术交流会、专题讲座等学习班,并在开设有生物医学工程专业的医学院校设立医学计量相关课程,从学历教育、任职培训、岗前培训等多渠道来加强对中青年计量人员和科技人员的培养,造就了一批具有高素质的医学计量队伍。

为了解决军事医学计量人才培养及培训中教材紧缺的问题,我们组织军内外有关单位的专家编写了本套教材,包括《医学计量》《医学计量实验大纲》《医学计量检测与校准》三种,系统介绍了医学计量的基础知识和相关法律法规,结合三级站的职能和任务,介绍了常用卫生装备的计量检定规程和校准方法、基础知识、操作技能和管理方法。本套教材通俗易懂,实用性强,可作为军事医学计量专业学员和计量检定人员学习和培训的教材,也可作为广大卫生技术人员的参考用书。

《医学计量实验大纲》作为套书之一,共包括八个实验内容,分别为:血

压计/血压表计量检定、电子天平计量检定、注射泵/输液泵质量检测、呼吸机质量检测、多参数监护仪质量检测、医用超声诊断仪计量检定、心脏除颤器/除颤监护仪的计量检定、高频电刀质量检测。

鉴于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请各位同仁和读者批评指正。

编者

2014.2

目 录

实验一	血压计/血压表计量检定	(1)
实验二	电子天平计量检定	(7)
实验三	注射泵/输液泵质量检测	(15)
实验四	呼吸机质量检测	(23)
实验五	多参数监护仪质量检测	(32)
实验六	医用超声诊断仪计量检定	(44)
实验七	心脏除颤器/除颤监护仪的计量检定	(56)
实验八	高频电刀质量检测	(68)
参考文献		(78)

实验一 血压计/血压表计量检定

血压计和血压表是医院或家庭测量人体血压的计量仪器。通过本次实验，让学生了解血压计和血压计检定仪的基本工作原理，掌握血压计和血压表的检定处理方法，学会检定结果的处理方法。

【预习要点】

1. 血压计和血压表的原理。
2. 血压计和血压表的用途。

【实验目的】

1. 学习血压计和血压表的基本原理。
2. 掌握血压计和血压表的检定方法。
3. 学会血压计和血压表检定过程中的注意事项及处理方法。

【实验原理】

1. 被检仪器工作原理

血压计是根据流体静力平衡原理，由连通器把贮汞瓶与示值管连通，当贮汞瓶内水银表面受压后，迫使示值管内水银升高而指示出压力值。

血压表是基于胡克定律，在被测压力作用下，迫使弹性敏感元件产生了相应的弹性形变—位移，借助于连杆，通过齿轮轴传动机构传动并予以放大，由固定于齿轮轴上的指针逐渐将被测压力值在分度盘上指示出来。血压计和血压表是医院或家庭测量人体血压的计量仪器。水银血压计采取听诊法测量人体血压。在测定血压时，选取人体上臂肱动脉为统一的血压测量位置，放平血压计，排尽袖带内的气体，缠于上臂中部，松紧以放入一指为宜，并在靠肘窝内侧动脉搏动处放上听诊器，关闭气阀，用皮球向袖带内充气，使水银柱上升至190~200mmHg，此时肱动脉搏动消失。然后通过气阀缓慢放气，当听诊器中出现第一声搏动声，此时水银柱所指刻度即为收缩压；当搏动声突然变弱或消失，此时水银柱所指刻度即为舒张压。

2. 标准器工作原理

检定血压计/血压表使用的标准器是 YJS - D 型数字血压计检定仪, 辅助设备有三通管、胶管。

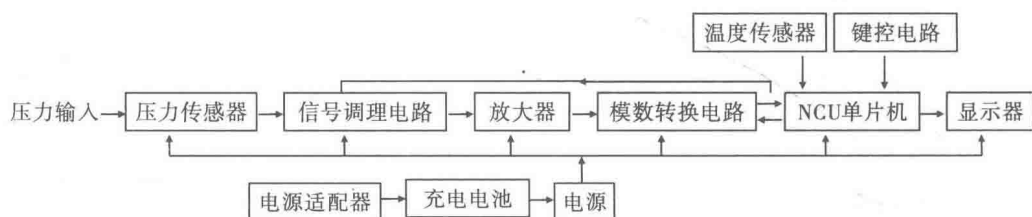
YJS - D 血压计检定仪主要有由两部分组成: 精密可控压力源和精密数字压力计。

压力源主要由压力泵、压力微调、放气阀、压力输出接口等组成。

精密数字压力计主要由压力传感器、信号调理电路、放大器、模数转换电路、显示电路、单片机、应用软件等组成, 如表 1 - 1 所示。

工作原理: 血压计检定仪的压力源产生稳定的压力, 一路到精密数字压力计, 另一路到被检血压计, 通过比对, 确定误差, 根据相关规程判断被检血压计是否合格。精密数字压力计电路原理是通过压力传感器感知气体压力, 将压力量转换成电信号, 再将此信号进行放大后送到 A/D 转换器转换成数字信号送到 CPU 进行处理, 处理后在显示器显示出所测量的压力值。

表 1 - 1 YJS - D 血压计检定仪电路原理



3. 计算公式

示值误差计算:

$$\Delta = p - p_0 \quad (1-1)$$

式中:

Δ —— 血压计或血压表的示值误差, 单位为 kPa (mmHg)

p —— 各检定点血压计或血压表的示值, 单位为 kPa (mmHg)

p_0 —— 各检定点标准器的示值, 单位为 kPa (mmHg)。

【实验仪器】

YJS - D 型数字血压计检定仪:

数字血压计检定仪及附件如图 1 - 1 和图 1 - 2 所示, 使用说明如下:

1. 仪器工作时, 应放在平整的水平台面上, 测量时请勿移动仪器。工作时应远离震动源和电磁场, 环境温度应保持稳定。

2. 仪器不得用于测量有腐蚀性的气体或液体压力。

3. 测量压力不得超过允许的压力范围。
4. 仪器中清零时必须通大气（打开放气阀）。若在系统封闭状态下仪器清零，则会严重影响仪器的准确度或不能正常工作。
5. 当仪器出现故障时，必须立即卸掉压力并切断电源。

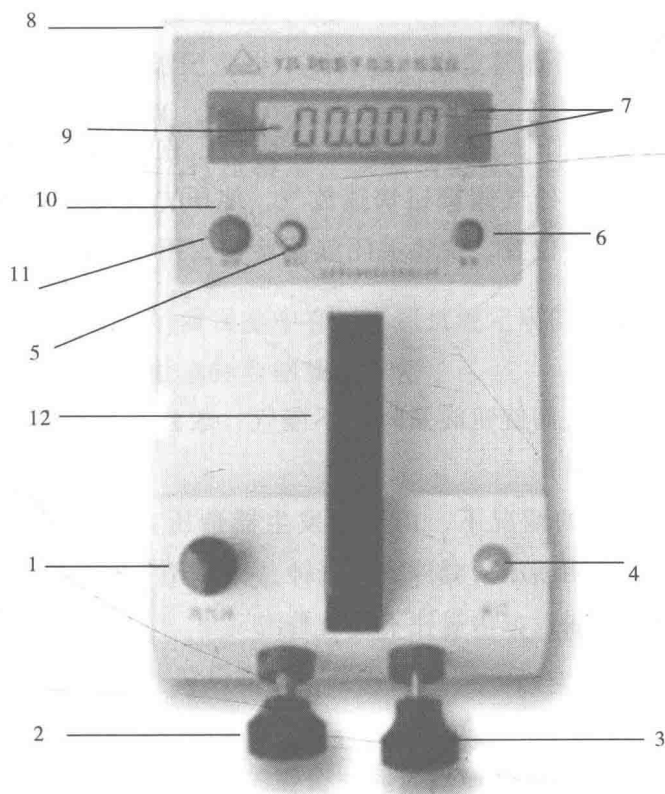


图 1-1 YJS-D 数字血压计检定仪

1. 放气阀；2. 微调器；3. 手动气泵；4. 压力输出接口；5. 清零按钮；6. 单位转换按钮；
7. 单位转换指示灯；8. 充电插座；9. 压力值显示器；10. 电源指示灯；11. 电源开关；12. 手柄



图 1-2 附件

【实验内容】

本实验按照 JJG270-2008《血压计和血压表检定规程》的要求对血压计和

血压表进行检定。规定检定环境：血压计在 $(20 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ 中检定，血压表在 $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 中检定。

1. 零位误差检查

在无臂带的条件下，使血压计、血压表与大气相通，用目力观察零位。零位误差范围： $-0.2 \sim 0.5\text{kPa}$ 。

2. 灵敏度检查

在无臂带的条件下，用压力发生器造压，使血压计示值升到 38kPa (285mmHg) 处，然后旋松气阀旋钮快速放气，使压力值降至 $26 \sim 32\text{kPa}$ ($196 \sim 240\text{mmHg}$) 范围内任意位置，快速关闭气阀旋钮，用目力观察汞柱波动值。血压计的灵敏度： 0.3kPa 。

3. 气密性检查

(1) 橡皮球上的气阀旋钮旋紧时应不漏气，放松时应不会脱落；回气阀应有止气作用（手感目测）。

(2) 在臂带扎圈的情况下，用压力发生器造压，使血压计或血压表升至 38kPa (285mmHg)，切断压力源停留 2 分钟，从第 3 分钟开始计算压力下降值。

(3) 贮汞瓶不得漏汞，水银柱不得有翻泡现象。

4. 示值误差的检定

(1) 检定设备的连接 用医用胶管和三通把被检血压计或血压表与压力标准器、压力发生器相连通，如图 1-3 所示。

(2) 检定点的选择和次数 检定点不得少于 5 个（不含零点），共进行两次降压检定，血压表以 40kPa 为起点，每隔 8kPa 作为一个检定点进行降压检定，血压计允许以 38kPa 为起始点进行降压检定，其他点与血压表相同。

(3) 检定步骤及方法

①第一次降压检定：用压力发生器平稳加压，使血压计或血压表和标准器的压力值升高到最高检定点，然



图 1-3 连接示意图

后以最高检定点为第一个检定点，依次逐点进行降压检定，检定时，先读取标

准器的示值，再读取血压计或血压表上的示值，读数应按分度值的 $1/5$ 估读。

②第二次降压检定：方法与①相同，但在第二次降压检定前，应在最高检定点的压力值上保压 1 分钟，然后按①的方法依次逐点进行降压检定。

【数据记录及处理】

1. 经过检查，在原始记录的外观检查、零位检查、气密性检查、灵敏度检查下面选择合格或不合格。

2. 用检定仪进行两次打压检定，在原始记录上填写血压计或血压表的示值。用式 1-1 分别计算 6 个设定点的示值误差，结果小于等于 $\pm 0.5\text{kPa}$ 为合格。

3. 如果检查项目和示值误差中有一项超过规定限值，则判为不合格。

4. 最后在检定结果处选择合格或不合格。

5. 原始记录附后。

【注意事项】

1. 检定血压计应在固定区域，并保持通风。

2. 要尽量避免汞泄漏，如果泄漏，应用针管吸入汞，收集到专用瓷瓶中，如果洒落到地上，要用硫黄粉覆盖，及时清理。

3. 要做好个人防护，避免身体部位及衣物沾染汞。

4. 要减少在汞泄漏环境里的滞留时间，以减少汞蒸气的吸入量。

【思考题】

1. 血压计示值误差检定中应该检测几个点，分别是什么？

2. 如果汞泄漏应采用什么方法处理？

【参考答案】

1. 示值误差检定中有 6 个点，分别是 38kPa 、 32kPa 、 24kPa 、 16kPa 、 8kPa 、 0kPa 。

2. 如果汞泄漏，用硫黄粉覆盖，及时清理。

附表：

血压计检定原始记录

送检科室		检定温度：℃		相对湿度：%		大气压力：kPa		
项目		被检器		标准器		检定依据		
名称				血压计标准器				
型号规格				YJS - D				
编号						JJG270 - 2008 《血压计和血压表检定规程》		
测量范围		0 ~ 40kPa		0 ~ 40kPa				
允许误差		- 0. 2kPa ≤ Po ≤ 0. 5kPa; - 0. 5kPa ≤ Pn ≤ 0. 5kPa (n > 0)		± 0. 08kPa				
序号	标准器示值 (kPa)	血压计/表示值 (kPa)		示值误差 (kPa)	外观检查	零位检查	气密性检查	灵敏度检查
		第一次降压	第二次降压					
1	38. 00				☐ 合格	☐ 合格	☐ 合格	☐ 合格
2	32. 00							
3	24. 00				☐ 不合格	☐ 不合格	☐ 不合格	☐ 不合格
4	16. 00							
5	8. 00							
6	0. 00							
偏离情况记录				检定结果： ☐ 合格 ☐ 不合格				

实验二 电子天平计量检定

天平是进行质量量值传递不可缺少的重要计量器具，其性能好坏直接影响质量量值传递的可靠性、准确性。电子天平因其具有体积小、功能齐全、操作简便等优点，广泛应用于医学领域的量值传递、科学检测、产品化验和分析工作中。通过本次实验，让学生了解电子天平的基本工作原理，掌握电子天平的检定方法，学会检定结果的处理方法。

【预习要点】

1. 电子天平的原理。
2. 电子天平的用途。

【实验目的】

1. 学习电子天平的基本原理。
2. 掌握电子天平的检定方法。
3. 掌握电子天平检定过程中的注意事项。
4. 学会电子天平检定结果的数据处理方法。

【实验原理】

1. 被检仪器工作原理

电子天平是采用电磁力平衡的原理，应用现代电子技术设计而成的，如图 2-1 所示。它是将称盘与通电线圈相连接，置于磁场中，当被称物置于称盘后，因重力向下，线圈上就会产生一个电磁力，与重力大小相等方向相反。这时传感器

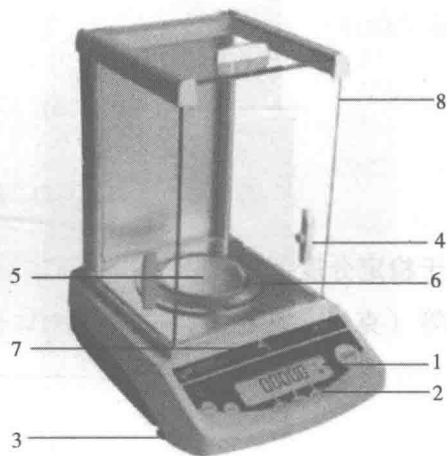


图 2-1 电子天平结构图

1. 显示屏；2. 操作键；3. 水平调节脚；4. 防风门手柄；
5. 称盘；6. 防风圈；7. 水平指示器；8. 玻璃防风罩

输出电信号，经整流放大，改变线圈上的电流，直至线圈回位，其电流强度与被称物体的重力成正比。而这个重力正是物质的质量所产生的，由此产生的电信号通过模拟系统后，将被称物品的质量显示出来。由于电子天平是利用电磁力平衡的原理，没有机械天平的横梁，没有升降枢装置，全量程不用砝码，直接在显示屏上读数，所以具有操作简单，性能稳定，称量速度快，灵敏度高等特点。

2. 计量标准的工作原理

二等（克组、毫克组）砝码标准装置利用电磁力平衡重力（由于被称物体的质量有大有小，使通过线圈的电流成正比变化。因此，线圈所产生的力与相应的被称物体的重力相平衡，这就是电磁力平衡重力原理）或杠杆原理对于检定分度值（ e ）大于或等于 0.1mg 的各级电子天平进行检定。

【实验仪器】

1. 二等（克组、毫克组）砝码标准装置，如图 2-2 所示。



图 2-2 二等（克组、毫克组）砝码标准装置

对于检定分度值（ e ）大于或等于 0.1mg 的各级电子天平进行检定，需要配备二等（克组、毫克组）砝码标准装置，其扩展不确定度（ $k=2$ ）不得大于被检天平在该载荷下最大允许误差绝对值的 $1/3$ ，而且该标准砝码的磁性不得超过相应要求。

2. 分度值不大于 0.2°C 的温度计。

3. 相对准确度不低于 5% 的干湿度计。

4. 标准砝码使用时的注意事项：

(1) 标准砝码不可放置于潮湿多灰的环境中，不可用手直接接触，应佩戴

一次性手套和专用工具提取砝码。

(2) 标准砝码在使用前,应先用软毛刷或专用棉布将砝码表面的灰尘除去。

(3) 在天平检定前,标准砝码都需要恒温以达到实验室的大气状况,砝码应轻拿轻放,使用过程避免沾上酸、碱、油脂等。

(4) 标准砝码使用后可用医用酒精擦拭清洁,自然风干后贮存在原包装盒内待用。

【实验内容】

依据 JJG998-1990《非自动天平试行检定规程》,检定应在稳定的环境温度下进行,除特殊情况外,一般为室内温度。稳定的环境条件是指:在检定期间所记录的最大温差,不超过天平温度范围的 $1/5$,相对湿度不大于 80%。

1. 外观检查

(1) 计量特征 查看铭牌,记录准确度等级、最小称量 (Min)、最大称量 (Max)、检定分度值 (e)、实际分度值 (d)。

(2) 标记 法制计量管理标志。

(3) 观察天平的使用条件和地点是否合适 安装平台应稳定、平坦,避免震动,不能受到阳光直射,不能在湿度大的环境工作,不能放置在空气直接流通的通道上。

(4) 调节水平 天平开机前,应观察天平的水平仪内的水泡是否位于圆环的中央,如图 2-3 所示,如果水泡偏离中心,可以通过调节天平的地脚螺栓使水泡回到圆心。注意:左旋天平升高,右旋天平下降。

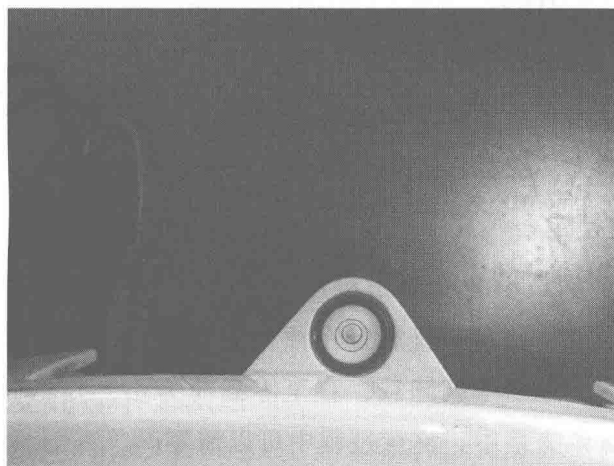


图 2-3 电子天平的水平调节

2. 预热

天平在初次接通电源或长时间断电后开机时,至少需要 30 分钟的预热时间。因此,在检定前,应确定电子天平开机超过 30 分钟。

3. 自校

校准方法分为内校准和外校准两种。德国的赛多利斯,瑞士的梅特勒,上海的“JA”系列电子天平均有校准装置。如果使用前不仔细阅读说明书,很容易忽略“校准”操作,造成称量误差偏大。

(1) 外校准 以上海天平仪器厂 JA1203 型电子天平为例说明。

方法:轻按“CAL”键,当显示器出现“CAL-”时,立即松手,显示器就出现“CAL-100”,其中“100”为闪烁码,表示校准砝码需用 100g 的标准砝码。此时把 100g 标准砝码放上电子天平的秤盘上,显示器即出现“- - -”等待状态,经过一段时间的等待后,显示器出现“100.000g”,表示校准完毕。然后拿去标准砝码,此时,显示器应出现 0.000g,若不为零,则需要清零,再重复以上校准操作(注意:为了得到准确的校准结果,最好重复校准操作两次)。

(2) 内校准 以瑞士 MettlerToledo AG 系列电子天平为例说明。

方法:先将天平置零位,然后持续按住“CAL”键,直到“CAL int”出现,表示校准完成。在校准过程中,显示器将依次显示:天平置零、内部校准砝码装载完毕、天平重新检查零位、天平报告校准过程、天平报告校准完毕、天平自动回复到称重状态。

4. 预压

天平在停止工作一段时间后,可能进入休眠状态,为使天平尽快进入工作状态,检定前选择接近最大称量值的砝码多次加载,否则天平进程示值与回程示值之差将明显增大。注意:加载时不必在意称量结果和回零情况。

5. 示值误差检定

(1) 检定时,从最小载荷开始检定,逐渐单调往上加载,为了零位修正,检测其他点时最小载荷砝码一直放置在秤盘上不必取出,直至加载到天平的最大称量砝码时,然后逐渐单调卸载,直至零载荷为止,并将被检天平各载荷点的示值填入原始记录表格中,称量过程中可以清零。

(2) 试验载荷必须包括下述载荷点 ①空载;②最小称量;③最大允许误差转换点所对应的载荷,如 $5 \times 10^4 e$ 、 $2 \times 10^5 e$;④最大称量。