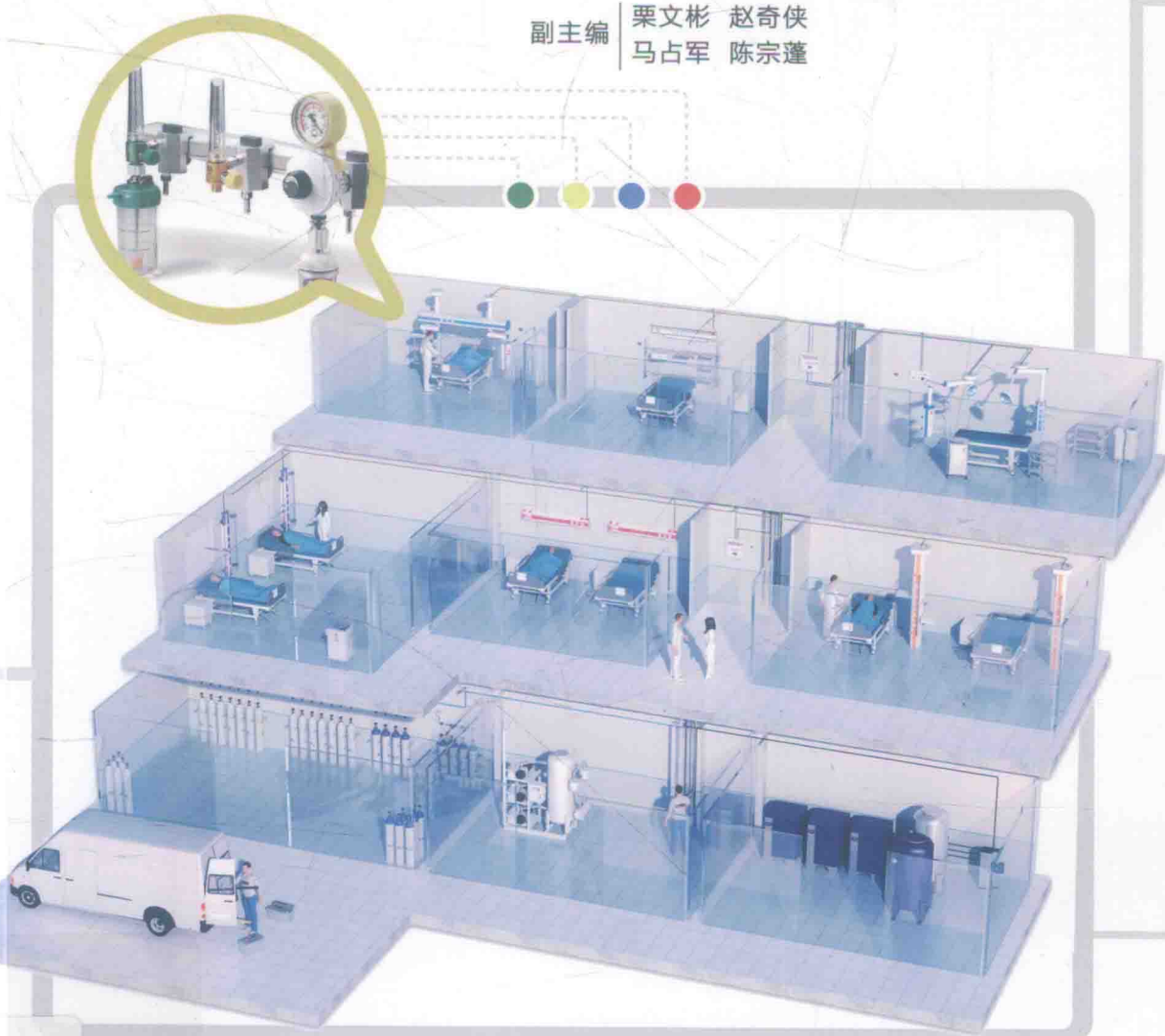


Medical Gas System
Theory and Equipment Operation Guide

医用气体系统 理论与设备操作指南

主 编 | 李国平

副主编 | 栗文彬 赵奇侠
马占军 陈宗蓬



 中国质检出版社
中国标准出版社

医用气体系统 理论与设备操作指南

主 编 李国平

副主编 栗文彬 赵奇侠
马占军 陈宗蓬

中国质检出版社

中国标准出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

医用气体系统理论与设备操作指南/李国平主编. —北京:中国标准出版社,2016.10
ISBN 978-7-5066-8445-3

I. ①医… II. ①李… III. ①气体—医用物理学—医疗器械—使用方法—指南
IV. ①R312-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 233102 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 16.25 字数 331 千字
2016 年 10 月第一版 2016 年 10 月第一次印刷

*

定价 128.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



主编

医用气体系统理论与设备操作指南



李国平

首都医科大学附属北京中医医院医疗设备部原主任、教授；参与国家中医药管理局医院分级管理标准的制定；北京市政府采购评标专家；中华医学会医学工程分会委员；中国医学装备协会委员；《医疗装备》编委；北京生物医学工程学会委员；北京地区中医医院等级评审委员会委员；原电子工业部879厂、770厂和航天工业部634所顾问；北京中医协会专家；中国工业气体协会医用气体及工程分会培训专家委员会委员。

受原卫生部人事司聘请，参加全国卫生行业工人技术等级考核培训教材的编写。在国家一级杂志发表医学工程方面论文，代表作有《关于用于SARS病人呼吸机消毒问题的探讨》《大型生化分析仪选型的研讨》《中医系统医疗设备管理工作的研究》等20余篇。参与出版的图书有：《医用气体工》主编、《中医医院管理学》编者、《中国医院管理大辞典》编者、《医用电子仪器分论》编者、《医用气体系统规划建设与运行管理指南》审稿委员。



副主编

医用气体系统理论与设备操作指南



粟文彬

中国人民解放军第四军医大学第一附属医院（西京医院）副院长、教授，博士生导师，大校军衔。兼任中国工业气体协会医用气体及工程分会会长、中国医学装备协会医学装备与技术教育分会副主委、全军卫生装备学专业委员会副主委、全军医学计量科学委员会常务委员、军队院校实验室管理联席会议委员会委员等职务。

在源期刊和核心期刊上发表论文30余篇，主编出版专著、全军规划教材6部，副主编16部；主持负责国家、军队和省部级各类教学科研重点课题11项，获国家级优秀教学成果一等奖1项，军队级优秀教学成果一、二等奖各1项，校级优秀教学成果一等奖3项，军队科技进步三等奖1项等。



副主编

医用气体系统理论与设备操作指南

赵奇侠



北京大学第三医院基建处处长，高级工程师。中国林业与环境促进会副秘书长，中国工业气体协会医用气体及工程分会副会长；中国医学装备协会医院建筑与装备分会副秘书长兼医院停车学组组长；北京建筑大学经济与工程管理学院硕士研究生导师；北京建工建筑设计研究院医院规划高级顾问；国家卫计委部门预算评审专家。主持完成了眼科中心楼、药学楼、外科病房楼、教学科研楼、门急诊医技楼6项15万平方米改扩建工程。发表论文40余篇，主编出版园林绿化论著1部，《中国医院建设指南》（2008版、2012版、2015版）专家委员、《医用气体系统规划建设与运行管理指南》副主编；《中国医院建筑与装备》杂志编委，卫生部医院管理研究所/住建部科技发展中心《绿色医院建筑评价技术细则》国家标准编写人。北京卫生法学会《医疗机构患者活动场所及坐卧设施安全基本要求》卫计委行业标准编写人。2014年首届“全国十佳医院基建管理（科）处长”获奖者。

马占军



北京东方医用气体有限公司董事长，高级工程师，工业工程硕士，从事医用气体生产经营约20年，在国内享有较高的知名度，医用气体及工程协会副理事长，国家级气体充装站、检验站评审员，北京特种设备行业协会特聘专家。为北京市通州区危化行业副理事长。获得学院优秀论文《医用氧气产品实现工艺技术研究》。

陈宗蓬



上海穗杉实业有限公司、陕西莫格医用设备有限公司董事长，毕业于南京化工学院材料工程与材料科学专业，主要从事气体分离材料及特种气体分离技术的研究，中国工业气体协会医用气体工程分会副理事长，中国人民解放军第四军医大学客座教授，南京工业大学、天津工业大学全日制研究生指导教师，先后承担国家自然科学基金项目、国家863科技计划项目、国家科技支撑计划项目和国家及国防重点工程项目气体分离材料的开发、工艺设计、系统设计、系统装备集成技术等方面的研究任务多项，公开发表文献多篇，个人参与项目署名申报的主要技术专利56项，曾获浙江省科技进步二等奖1项、军内科技进步二等奖1项、三等奖1项。

《医用气体系统理论与设备操作指南》

编 撰 委 员 会

主 编：李国平

副主编：栗文彬 赵奇侠 马占军 陈宗蓬

编写委员会：

罗二平	李 坚	申广浩	付 欣	何哈娜	温荣民
李小金	吴春生	任 鹏	周卫兵	姜元增	蒋 勇
石廷刚	云庆辉	黄 盛	王军学	赵晓余	张德云
王延辉	张 鹏	张 健	李信政	查灿新	刘军航
仝青英	孟晓东	范清刚	吴向阳	王增强	许 刚
赵宏伟	王 晨	康 瑞	张全刚	李向东	高万华

审稿委员会：

于宗河	漆家学	洪 宓	湫春干	李宝山	谭西平
马 戊	李立荣	李德令	杜和诗	郑 毅	肖伟智
任 宁	谢 磊	徐瑞红	徐 虹	陈仲英	张太海
李卫兵	孙俊宝	姬 军	李 琦	马琪伟	张永寿
刘光荣	宁占国	潘玮华	张 欣	赵文杰	王 捷
朱小旺	王 睿	龚晓青	张燕生	张建新	周雅文

组织编撰单位：

中国工业气体工业协会医用气体及工程分会
北京冠泽管理咨询有限公司

编委会秘书处：梁 菊 赵立民 姬朝阳

参编单位：

- | | |
|---------------------|----------------|
| 首都医科大学附属北京中医医院 | 北京东方医用气体有限公司 |
| 第四军医大学西京医院 | 上海穗杉实业有限公司 |
| 北京大学第三医院 | 沈阳天航电气设备工程有限公司 |
| 中国工业气体工业协会医用气体及工程分会 | 太原市欣易得医疗设备有限公司 |
| 中国医学装备协会医院建筑与装备分会 | 捷工气体技术（深圳）有限公司 |
| 中日友好医院 | 解放军第四五一医院 |
| 中国人民解放军总医院 | 解放军第四五二医院 |
| 北京大学人民医院 | 解放军第三〇七医院 |
| 中国解放军陆军总医院 | 解放军第一五三医院 |
| 四川大学华西医院 | 解放军第三〇五医院 |
| 华中科技大学同济医学院附属协和医院 | 白求恩国际和平医院 |
| 西安交通大学第一附属医院 | 张家港市中医医院 |
| 中南大学湘雅二医院 | 济南军区总医院 |
| 中山大学孙逸仙纪念医院 | 成都军区总医院 |
| 中国武警总医院 | 首都医科大学附属北京朝阳医院 |
| 中国人民解放军火箭军总医院 | 《医用气体工程》杂志社 |
| 北京大学国际医院 | 北京冠泽管理咨询有限公司 |
| 第四军医大学唐都医院 | |

医院医用气体供应系统被称为生命支持系统，它在整个医用专项系统中的位置举足轻重，其作用不言而喻。同时，它也是关乎医院、医疗安全的要害设施。

目前，国内医用气体系统领域关于工程设计、建设和管理等宏观方面的标准、规范比较健全，发展较为成熟，但在医用气体设备操作方面，细化成度却远远不够，也缺少相应的理论支持，而医用气体设备，特别是其中的特种设备，对操作的技术性、规范性要求却很高。

多年来，通过与各大医院、医用气体供应企业的一线从业人员实际接触发现，关于气体的制备、使用、管理以及气体设备的运输、保养维护、安全监控等一些细节的操作，急需要加强规范，因为这些细节直接关乎人民生命安全。近年来，国内外医用气体事故时有发生，安全操作警钟长鸣。因此，提高医用气体从业人员及管理者的技能和管理水平，已经成为医院建设的一个重要组成部分，也契合了党中央、国务院关于“建设高素质卫生工作队伍”的要求。

令人遗憾的是，目前国内关于医用气体设备操作领域，几乎没有专业性、实用性、系统性、可操作性兼具的完整资料可以参考借鉴。这种状况亟待补白。

现欣闻李国平教授主编的《医用气体系统理论与设备操作指南》即将出版。我有幸第一时间拜读了书稿。这本书给人以惊

喜：是一本真正理论结合实践的心血之作！它的出版完全弥补了国内医用气体设备操作领域文献上的不足。扎实全面的理论基础、专业规范的操作指导，科学前卫的监控管理……真正做到了理论与实操完美结合，让操作者有法可依、有据可查、有章可循。

随着我国医疗卫生事业改革大刀阔斧地推进，医疗行业必将会迎来一个高速发展期，与此同时，医疗机构对卫生工作人员的要求也必将水涨船高。这本书的问世恰逢其时，必将起到强大的助推作用。

于宗河

2016 年 10 月

随着医院现代化建设的快速发展，我国越来越多的医院采用集中供应医用气体系统，而医用气体系统是医院的生命支持工程，其建设质量和使用安全直接关系到广大人民群众的生命安危和医院的医疗质量。

长期以来，国内各级医疗机构对该医用气体工程的重视程度不够，投资偏少，再加上国内企业研发水平不高，长期没有国家标准的统一指导。直到 2012 年，GB 50751《医用气体工程技术规范》才得以颁布。新国标的颁布与实施，标志着医用气体行业发展步入法制化时代。但是，国标和条例等也仅仅是为行业构筑了一个基本的框架，由于在人员培训、第三方验收、普法宣教、专业教材建设等诸多方面工作不到位、经验不足，与国外发达国家差距很大。因此，在实际运行和管理中存在很多问题，已经引起社会及各级政府监管部门的广泛关注。

基于此，中国气体协会医用气体及工程分会委托李国平教授领衔主编了《医用气体系统理论与设备操作指南》一书。该书知识面广、适用性强，涵盖了气体理论、设备操作、运行管理、使用维护等各个环节，理论联系实际，图文并茂，通俗实用，既具有专业性，又有科普性。难能可贵的是该书详细介绍了本行业近几年发展起来的新技术、新产品，与时俱进、内容具体，针对性强，让生产企业、施工企业和用气医疗机构有纲可循、有的放矢，有利于新国标的贯彻实施，促进企业技术改造及升级，规范

医院医用气体从业人员的行为，保障医院医患双方的人身安全以及相关医用设备的安全运行，推动行业的健康和谐发展。

再次感谢医用气体及工程协会秘书处及李国平教授为我国医用气体行业所作的无私奉献。

有感而发，语无伦次，权充为序。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '李国平' (Li Guoping).

2016 年 10 月

目前,我国公立医院有一万多家,还不包括卫生院,私立医院和使用医用气体的部门。每个医院都使用一种或多种医用气体,我国在医院从事医用气体操作和管理的人员有15万人左右,约占全国近千万医务人员的1.5%,他们作为医疗临床工作的辅助人员,长期承担着医院供气设备的操作、维护、保养和安全管理的工作。这部分人员,大多不是正规专业院校毕业生,掌握医用气体知识较少,缺乏医用气体操作的安全管理常识。因此,需要上岗前学习掌握医用气体性能和操作技能。

在全国第一次卫生工作会议上,中央提出要努力建设一支高素质的卫生工作队伍,不断提高卫生队伍的政治和业务素质。为了更适合医院从事医用气体人员的培训需要。会议后的1997年,我受卫生部人事司的聘请,主编了《医用气体工》一书。作为全国卫生行业工人技术等级考核培训教材,规范了全国卫生行业工人考核的标准和内容,相对统一了从事医院医用气体行业中工人的等级水平。此书编写至今已近20年,现代医疗卫生事业的发展对医用气体的使用 and 安全管理提出了新的要求,为此,将《医用气体工》一书修改补充,提升为《医用气体系统理论与设备操作指南》。

本书共分7章内容进行阐述,并有2个附录。7章内容分别为:气体的基本理论知识,医用气体的种类、特性及制备方法,医用气体的标准及用途,医用气体中心供应系统,医用气体系统主要设备与仪表,特种设备的安全操作与维护保养,特种设备的

操作规范与管理制度。2个附录分别为：医用气体安全管理技术说明，国家有关医用气体方面的法律法规、部门规章、国家标准和行业标准目录。

本书的面世，对长期从事医院供气设备的操作、维护、保养和安全管理工作的人员，提供一本系统学习医用气体管理用书，对医院医用气体管理水平的提高，培养一支适应医院现代化建设的高素质行业队伍，将起到很大的推动和促进作用。

由于医院的输气设备具有低温、高压、助燃、易爆等特性，《中华人民共和国特种设备安全法》已明确规定，医院的供气设备作为特种设备管理。操作管理人员上岗前须经培训考核合格后持证上岗。为此，在本书中增加了特种设备安全管理内容，以满足特种设备持证上岗人员学习、考核取证的需要。同样也可用作卫生行业工人职业技术等级考核的培训教材。

在编写过程中，我们认真听取和采纳了同行专家提出的很多很好的意见；还得到各地医用气体企业家的的大力支持。在此，对他们的严谨的科学态度和敬业爱业精神表示衷心的感谢，并且对于曾参与《医用气体工》一书的编者张建新、周雅文、张燕生和龚晓青等付出的辛劳表示感谢。

由于编写水平所限，恕有不妥之处，敬请提出指正。

李四平

2016年10月

第一章 气体的基本理论知识	1
第一节 热学基础知识	1
第二节 分子运动的规律	3
第三节 固体、液体、气体的性质	4
第四节 气体的状态变化规律	8
第五节 气体的三定律	13
第六节 气体的蒸发与冷凝	16
第七节 气体的节流与膨胀	21
第二章 医用气体种类、特性及制备方法	23
第一节 空气的成分	23
第二节 常见医用气体的种类和特性	24
第三节 医用真空	29
第四节 氧气的制备方法	30
第五节 空气中的有害气体	42
第三章 医用气体的标准及用途	45
第一节 医用气体的标准	45
第二节 医用气体的应用	49
第三节 常见医用混合气体的应用	73
第四章 医用气体中心供应系统	77
第一节 医用气体集中供应系统的发展	77
第二节 液态氧汽化系统	78
第三节 负压吸引系统	82
第四节 压缩空气系统	84
第五节 笑气集中供应系统	86

第六节	站房电气控制系统	86
第七节	集中输气管网系统	87
第八节	医用气体输出终端	91
第九节	医用气体管道工程安装管理	100
第十节	医用气体中心供应站的操作	110
第五章	医用气体系统主要设备与仪表	119
第一节	低温液体的贮存设备	119
第二节	医用气瓶	141
第三节	汽化器	153
第四节	压力表	155
第五节	调压器	165
第六节	液位计	172
第七节	流量计	177
第八节	温度计	180
第九节	湿度计	184
第六章	特种设备安全操作与维护保养	186
第一节	什么是特种设备	186
第二节	操作人员的基本要求	187
第三节	压力容器的安全附件	189
第四节	压力容器的维护保养与改造维修	197
第五节	压力容器事故与应急预案	202
第七章	特种设备的安全操作规范与管理制度	211
第一节	特种设备的安全管理规范	211
第二节	瓶装气体的安全管理	211
第三节	低温液体及贮存设备的安全管理	220
第四节	中心供气站的各项规章制度	225
第五节	中心供气站的检测与报警	233
附录一	医用气体安全管理技术说明	239
附录二	国家有关医用气体方面的法律法规、部门规章、国家标准和行业标准	
	目录	243
参考文献		245
广告明细		246

第一章 气体的基本理论知识

李国平 李小金 吴春生

物质是由分子、离子和原子构成。分子是原子通过共价键结合而形成的,离子是原子通过离子键结合而形成的。归根结底,物质是由原子构成的。通常情况下,我们周围的各种物质,即是以气体、液体、固体状态存在的(包括各种医用气体、液态氧等)。它们都是由各自的分子组成的,也有一些物质(如金属和盐类)是由原子或离子组成的,我们这里只讨论到分子。

第一节 热学基础知识

一、热现象

自然界中与物体冷热程度(温度)有关的现象称为热现象。热现象是物质中大量分子无规则的永不停息的运动(热运动)所产生的现象。这种热现象,也是大量分子运动的集体表现,而不是几个分子的行为。

分子是很小的,原子更小。用不同方法测量出的各种分子的直径,它们的数量级大都是 10^{-10} m。例如,水分子的直径大约是 4×10^{-10} m,氢(氢气)分子的直径大约是 2.30×10^{-10} m,也就是说,把一亿个分子排列成一排,也不过几厘米长。

分子的质量也是极其微小的,水分子的质量大约是 3×10^{-26} kg,氧(氧气)分子的质量大约是 5.30×10^{-26} kg,氢(氢气)分子的质量大约是 3.40×10^{-27} kg。

我们可以认为,热能是物质内分子热运动的动能,是分子运动的结果。分子运动加快,热能就增加,分子运动变慢,热能就减少,物质的热能亦少。物质的冷热程度、温度的高低与物质内分子运动剧烈程度成正比。

二、分子的运动

分子是在不断运动的。把一瓶香水的盖打开,不一会,周围的人都可以闻到香味;把蓝色的墨水滴入一瓶清水中,过一会,一瓶无色透明的清水会渐渐地变成蓝色,最后容器中的液体会变得均匀一致,这些现象是由于分子不停地运动产生的扩散现象。

把一种物质的小颗粒放在不能溶解这种物质的液体里。如用显微镜观察悬浮在水中的花粉时,就可以看到这些小颗粒在不停地无规则运动着,这一现象是英国科学家布朗发现的,后来人们把这种小颗粒的运动叫布朗运动(见图1-1)。

产生布朗运动的原因,起初人们认为这是由外界影响造成的,如振动、液体的对流等,实验结果表明,这种运动不在液体外部,而在液体内部。液体内部的分子运动会使液体中的小颗粒相互碰撞。来自某一方向的撞击作用强,它就向这一方向改变其运动状态;下一瞬间,来自另一方向的撞击作用强,小颗粒就向另一方向改变其运动状态,图1-2描绘了一个小颗粒在液体中受到它周围水分子撞击的情景,这样就形成了小颗粒的无规则运动,所以小颗粒运动的无规则性说明液体分子对小颗粒的碰撞是无规则的,也就是液体分子运动是无规则的。可见,无规则运动着的液体分子对小颗粒的碰撞,是产生布朗运动的原因,永不停止的布朗运动,就成为分子永恒的无规则运动的证明。

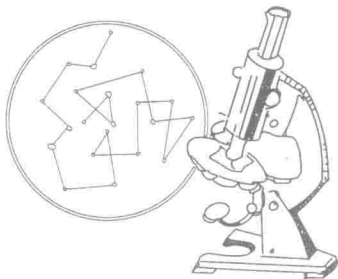


图1-1 布朗运动

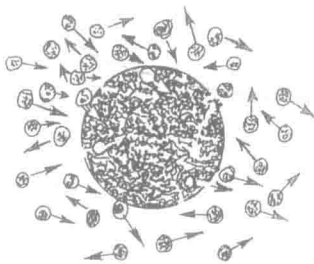


图1-2 水分子撞击情景

布朗运动跟液体的温度有关,液体温度越高,布朗运动越剧烈。这表明分子运动的速度与液体的温度有关,温度越高,分子运动的速度越大,分子不规则运动越剧烈。

三、分子间的相互作用

在观察扩散现象时,也可以看到滴进热水中的墨水比滴进冷水中的墨水扩散得快。这些现象表明,分子的无规则运动跟其所处的环境温度有关,温度越高,分子运动就越激烈。

分子间存在着相互作用的力。我们做这样一个实验,如果把一块玻璃板吊在测力计的下面,使玻璃板的下表面跟水面接触,如图1-3。向上提测力计时,会发现提起玻璃板的力要比玻璃板的重力大,当玻璃板离开水面时,玻璃板上沾有一层水,表明是从两层水分子之间发生分离的,可见,使两层水分子发生分离时,要用相当大的力克服它们间的分子引力。

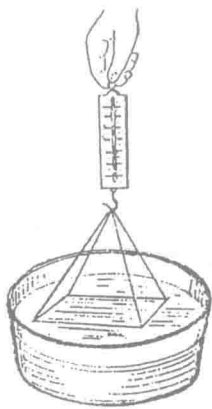


图1-3 玻璃板与水面测力

液体和固体的分子间既然有很大的引力,那么它们通常的体积是与给它们加的压力有关,如果给它们加很大的压力,它们的体积也会缩小,而当压力撤销时,它们的体积又会恢复原状,这表明,液体和固体的分子间还有排斥力。

物质分子间的引力和斥力是同时存在的,在通常情况下,液体和固体中分子间的引力和斥力相平衡,分子间保持一定的距离,这个距离叫做平衡距离,大约等于 10^{-10} m ,当分子间的距离缩小时,斥力大于引力,因此分子间的作用力表现为斥力,由于这个斥力很大,所以固体和液体很难被压缩,当分子间的距离增大时,引力和斥力都减小,但斥力减小得更