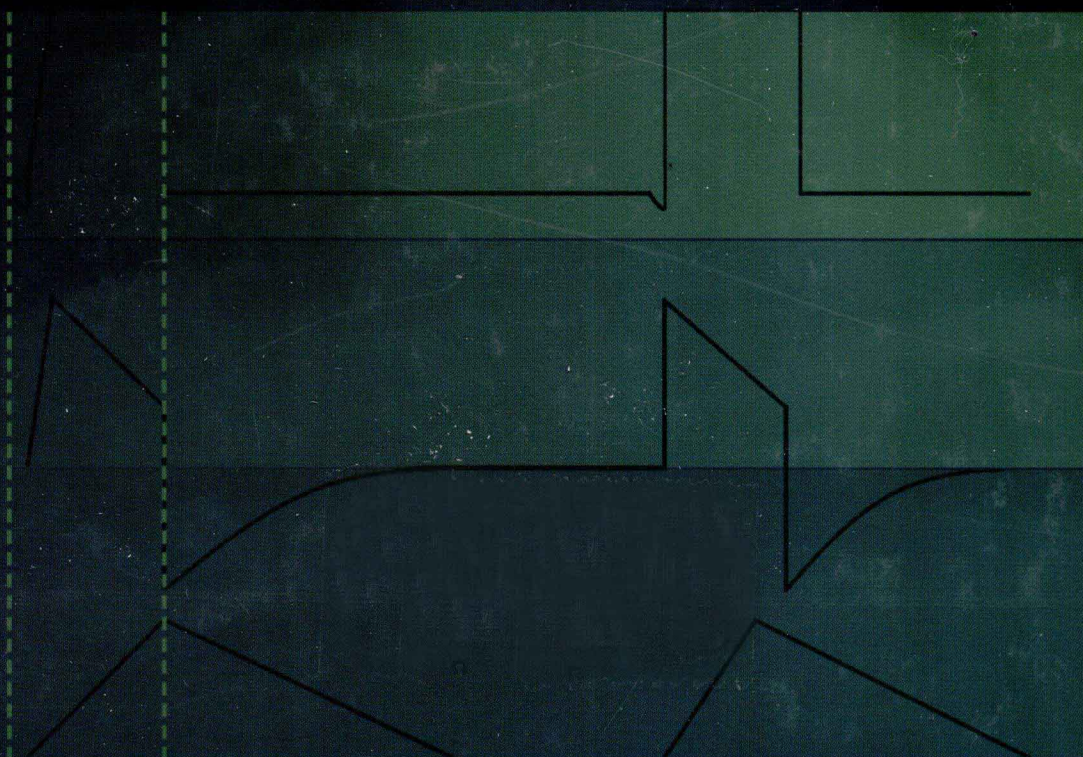


第3版

主编 朱 蕾 主审 钮善福

机械通气

Mechanical Ventilation



上海科学技术出版社

机 械 通 气

第 3 版

主 审 钮善福
主 编 朱 蕾

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械通气 / 朱蕾主编. —3 版. —上海: 上海科学技术出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-5478-1187-0

I. ①机… II. ①朱… III. ①呼吸器—基本知识
IV. ①R459.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 043082 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/16 印张 30.75 插页 4

字数: 850 千字

2001 年 5 月第 1 版

2007 年 2 月第 2 版

2012 年 6 月第 3 版 2012 年 6 月第 5 次印刷

ISBN 978-7-5478-1187-0/R · 390

定价: 118.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向印刷厂联系调换

内容提要

本书共三十章,分四篇。第一篇为机械通气相关基础知识,共六章,包括呼吸系统的解剖和生理学、血气分析、呼吸衰竭等,重点是氧疗。第二篇为机械通气的理论与技术,共十章,是本书的重点和难点。首先介绍呼吸机和机械通气的基本知识,机械通气的模式和参数,机械通气的生理学效应和负效应,重点是常用通气模式的特点、波形图变化、应用方法、常见问题和处理对策,以及呼吸机相关性肺炎和呼吸机相关性肺损伤。其次是对呼吸机的工作原理和新型通气模式、PEEP和内源性 PEEP 的详细介绍,重点阐述机械通气的目的、生理学基础和通气策略。再次是机械通气应用技术,包括适应证、禁忌证、上机、撤机、人机同步等的方法和要求,不同通气环节的常见问题及处理对策,肺大疱和低血压等特殊情况下的机械通气方法,无创正压通气和人工气道机械通气,机械通气患者的监测,特别是波形图的监测,这些都有完整、详细的内容。最后简单介绍非常规辅助呼吸支持技术。第三篇为机械通气在不同疾病中的应用,共八章,包括神经肌肉疾病、慢性阻塞性肺疾病、支气管哮喘、急性呼吸窘迫综合征、心源性肺水肿的机械通气治疗,以及机械通气在围手术期和儿科的应用。第四篇为机械通气相关综合治疗与管理,共六章,包括呼吸系统的引流、患者的营养支持和护理,镇静、镇痛、肌松药在 ICU 的应用,呼吸监护室和呼吸机的管理等内容。

本书编写人员皆为临床第一线工作人员,并有从事相关科研工作的经历,具有丰富的临床经验和扎实的基础理论知识;文字内容和插图主要是临床实践和科学实验的总结,科学性高;在写作方法上,强调根据生理学和物理学知识解释机械通气技术和解决临床问题,强调机械通气的生命支持作用和治疗作用的结合,避免空洞的理论阐述和单纯的指南堆积;在内容组织上,重点阐述机械通气和危重病治疗的基本知识,对临床较少应用的技术和知识点则简单描述,便于读者理解和掌握。

编写者

主 编

朱 蕾

编写者(按汉语拼音排序)

蔡映云 复旦大学附属中山医院

樊 嘉 复旦大学附属中山医院

何礼贤 复旦大学附属中山医院

侯静静 同济大学附属同济医院

胡莉娟 复旦大学附属中山医院

李善群 复旦大学附属中山医院

李燕芹 交通大学附属仁济医院

连宁方 福建医科大学附属第一医院

陆铸今 复旦大学附属儿科医院

钮善福 复旦大学附属中山医院

沈勤军 复旦大学附属中山医院

盛 华 复旦大学附属华东医院

王燕英 复旦大学附属中山医院

颜美琼 复旦大学附属中山医院

郑 峰 复旦大学附属中山医院

朱 蕾 复旦大学附属中山医院

诸杜明 复旦大学附属中山医院

秘 书

沈勤军

第3版序

《机械通气》一书,十年之间,二度版本更新,多次重印,说明广受欢迎,已成为该相关专题的主要参考书。随着时代的前进,科学必有发展,医学也是如此,对某一方面的进展进行综合介绍,可以让读者增加知识,对临床医学实践提出指导性意见。专门针对治疗的参考书,其价值在于指导读者解决临床问题,本书即属于这一类型。

机械通气是用于治疗严重呼吸功能衰竭的一套方法,近年来所使用的设备和技术不断改进。呼吸功能衰竭过去主要在呼吸专科内进行处理,原发病主要为呼吸系统病。但是,其他临床场合如外科手术前后、心功能不全等情况下也常出现呼吸功能衰竭,因此其他临床专业的医师也需要了解和掌握其处理。近年来,监护室治疗被提倡,呼吸功能衰竭又成为其重点任务之一,除非特殊情况,监护室医师应熟悉掌握机械通气的技术而不完全依赖于呼吸专科医师。

以上的背景使指导机械通气临床应用书籍的读者需求增多,《机械通气》应此而生而发展。《机械通气》的作者均为呼吸专科医师,并且专门从事呼吸功能衰竭诊治,多数来自复旦大学附属中山医院,还有数位外院的专家,他们老、中、青相结合,临床经验丰富。第3版的作者全部参加过第2版的编写,修订的连贯性很好。本书主编朱蕾教授从事呼吸功能衰竭的抢救工作二十余年,青春方殷,传承前辈,提携后进,潜心钻研,成绩斐然。此书不仅介绍当代学术潮流,还有作者的独创贡献,相信会赢得读者的赞赏。

复旦大学附属中山医院内科 诸骏仁

2011年岁末

第 1 版序

在刚刚过去的半个世纪中,临床医学对呼吸衰竭认识的提高和高科技的结合使呼吸衰竭的诊断治疗水平有了长足的进展,尤其是适宜的机械通气使许多危重病患者的生命得以挽救存活。这些都是大众瞩目的医学进展。面对即将来临的新世纪,回顾过去的成绩,提出存在的问题,努力将呼吸病学中这一课题推向新的阶段将是我们呼吸病专业工作者无法推托的责任。

复旦大学附属中山医院朱蕾、钮善福教授及时撰写《机械通气》一书,把他们丰富的临床经验,在扎实的理论基础上加以归纳提高,因此这本书适应了广大医务工作者迫切希望获得呼吸衰竭机械通气新知识的需要,同时也为今后进一步提高这一领域的水平打下良好基础。

我本人有幸先睹此书,读后感到收益颇丰。此书具有知识性、实用性的特点,因为它用了 5 章多的篇幅介绍呼吸衰竭相关的基础理论,而以其余章节详尽地介绍了呼吸衰竭机械通气治疗的各个侧面以及不同疾病应用机械通气的特点,内容翔实全面。更为突出的特点是实用性,诸如通气机的结构特性、装置联接、不同通气模式、应用中常见问题和处理等,均是可借鉴应用的临床经验。另一值得推荐的方面是他们介绍了近年来十分被重视的通气策略的调整、保护性通气和自主性通气的重要性,以及如何避免机械通气的负面作用等问题。此外他们也注意到各种非常规通气技术和手段以及它们已经和可能发挥的作用。由之,也可以反映出在呼吸衰竭的治疗上还有许多值得研究和提高的重要课题。

读后深感作者们在极繁忙的临床医疗工作的压力之下,完成如此沉重的撰写任务,付出了十分辛勤的劳动,特此向他们表示深深的敬意和由衷的感谢。得一本好书是不容易的。希望在呼吸病学的专业领域中,好书能层出不穷,这是我们大家的幸事。

北京协和医院呼吸科 朱元珩

2000年11月

第 2 版序

《机械通气》自 2001 年问世以来,呼吸系统疾病的诊治又取得了不少进展,机械通气的使用指征也有所扩大,遍及临床各科。尽管在某些方面还存在着一定的争议,一些实质性进展多有扎实的实践经验及符合循证医学要求的观点作为基础。为此,将该书再版,内容予以充实更新,实有必要,也将能更好地指导临床,造福患者。

在第 2 版中,作者们保持了原有格式,但增添了一些章节,并对编写人员作了适当调整和增加。

对作者们的辛勤努力,深表敬意。同时,希望对一些尚有争议的问题能促进深入的研究,并在不断实践中逐渐取得共识,为医学的发展做出贡献。

复旦大学附属中山医院外科 吴肇光

2006 年 7 月 26 日于上海

第 3 版前言

《机械通气》出版已经 10 年,第 2 版出版也已经超过 4 年,并多次重印。为更好地满足临床需求,我们完成了第 3 版的编写。

与第 2 版相比,新版仍为三十章,但内容及编排有较大幅度的变化。首先,根据内容特点,将全书分为四部分,对各章节的顺序也进行了适当调整。其次,根据临床需求,对实用性强的内容进一步丰富,如常用机械通气模式的特点、波形变化、应用方法、常见问题和处理对策,不同条件下 PEEP 的效应特点和应用方法,内源性 PEEP 的原因、产生机制、问题和处理对策;对临床上应用较少的内容则进一步简化,如非常规呼吸支持技术,呼吸系统的解剖和生理。根据现代危重病救治技术和呼吸支持技术的发展补充了部分新内容,主要有危重患者急性期和缓解期的营养支持,神经调节通气辅助模式,呼吸波形图的监测,肺大疱和低血压患者的机械通气特点,自主呼吸试验等。结合生理学进展和作者的临床经验对部分章节的内容进行了较大幅度的改写,如呼吸机相关性肺炎、呼吸机相关性肺损伤、机械通气的生理学基础、无创通气、人机同步等。对机械通气和危重病领域的热门问题进行了客观评价,如新型通气模式、液体复苏、镇静剂的应用。在写作方法上也有较大改变,大幅度增加了插图和必要的说明,对文字内容进行了删减;对常用名词同时给出标准化和习惯性用语,并给予必要的解释;加强了重点内容的生理学分析;加强了机械通气的治疗作用和个体化应用的分析。希望第 3 版能更好地为临床服务。

由于笔者水平所限,不足及错误之处难免,望同道指正。

复旦大学附属中山医院 朱 蕾

2011 年 11 月于上海

第 1 版前言

20 世纪 50 年代后期,上海中山医院肺科在吴绍青教授、李华德教授等前辈带领下建立了呼吸监护室,并将机械通气应用于临床。1979 年出版的《机械呼吸器的临床应用》一书,对推动机械通气的应用发挥了很大的作用。

近 10 年来,机械通气的理论和技术发生了巨大变化,呼吸机的性能不断提高,功能日趋增多,机械通气的策略也进一步调整,如强调保护性通气和自主性通气,其他辅助机械通气技术,如液体通气、体外膜肺、表面活性物质吸入疗法也逐渐成熟。机械通气及相关技术作为通气功能的替代手段和积极的治疗措施越来越广泛地应用于各种呼吸衰竭,包括心功能不全的治疗,手术前后的预防和呼吸支持,慢性呼吸功能不全的康复。我们出版此书希望能更好地满足广大医务人员对现代机械通气知识的需求。

基础物理学、机械工程的基本原理和呼吸生理学是掌握和应用呼吸机及机械通气的基础,本书力求在讲清道理的基础上结合临床实践对机械通气的有关方面进行阐述,希望对读者有所启迪和帮助。

由于机械通气技术的发展非常迅速,加上笔者水平有限,时间仓促,不足及错误之处难免,望同道指正。

复旦大学附属中山医院 朱 蕾 钮善福

2000 年 11 月于上海

第 2 版前言

《机械通气》出版已经 5 年了,获得了较好的反响,也收到了许多宝贵意见,为此我们决定再版该书。

总体上近几年机械通气的理论和技术进展相对有限,主要处于完善和成熟阶段,相应也出现一些新的问题。从呼吸机方面讲,电子部件更多地取代机械部件;微电脑控制更为广泛,自动化程度进一步提高,但部分呼吸机的稳定性有所下降,特别是电脑软件的问题表现更突出,呼吸机运转过程中突然停机的情况时有发生;新型通气模式的调节也更趋复杂,要求临床医生及相关人员更加重视基本模式的特点以及基本模式和新型模式之间的关系。从通气策略和技术来讲,强调保护性通气已成为主流,比如所谓“小潮气量和允许性高碳酸血症”治疗急性呼吸窘迫综合征的有效性已在多中心、前瞻性的研究中获得肯定,但其中的问题也引起更多的争议,随之而来的是与此相“对立”的采用高压、大潮气量的所谓“肺开放通气”治疗急性呼吸窘迫综合征的情况逐渐增多;对机械通气“正性肌力作用”的认识也逐渐一致,机械通气在心源性肺水肿的应用经验也更加成熟,应用范围逐渐扩大,包括急性心肌梗死、心外科手术后及某些低血压患者。

第 2 版基本采用第一版的编写内容和方法,但更强调基本理论和基本知识的掌握,某些方面的文字内容有所删减,图片量有所增加;相关应用技术的内容也有所增加。机械通气不仅应强调应用技术,还应考虑应用艺术;不仅考虑机械通气的生命支持作用,还要考虑其治疗不同疾病的作用,使其更符合呼吸生理的要求,第 2 版对这些方面皆作了进一步的研究和阐述。机械通气患

者多为危重病患者,且外科患者增加的趋势更明显,故又增加了围手术期的呼吸管理、呼吸道和肺泡的引流等内容,这样再版的内容涉及机械通气及管理、某些特殊问题、相关感染的诊治、营养支持等方面。与机械通气有关的基本知识及其他辅助机械通气技术,如液体通气、体外膜肺、表面活性物质吸入疗法基本维持原状。我们再版该书希望能更好地为临床服务。

由于笔者水平有限,不足及错误之处难免,望同道指正。

复旦大学附属中山医院 朱 蕾 钮善福

2006年7月于上海

缩写词英汉对照

| | | |
|------------------|--|-----------|
| AB | actual bicarbonate | 实际碳酸氢盐 |
| ABE | actual bases excess | 实际碱剩余 |
| ACPE | acute cardiogenic pulmonary edema | 急性心源性肺水肿 |
| AMP | amplitude | 振幅 |
| APRV | airway pressure release ventilation | 气道压力释放通气 |
| ARDS | acute respiratory distress syndrome | 急性呼吸窘迫综合征 |
| ASV | adaptive support ventilation | 适应性支持通气 |
| ATC | automatic tube compensation | 自动导管补偿 |
| auto-CPAP | auto continuous positive airway pressure | 自动持续气道正压 |
| AV | assist ventilation | 辅助通气 |
| BAL | bronchial alveolar lavage | 支气管肺泡灌洗 |
| BB | buffer bases | 缓冲碱 |
| BBS | blinded bronchial sampling | 盲式支气管采样 |
| BE | bases excess | 碱剩余 |
| BiPAP | bilevel positive airway pressure | 双水平气道正压 |
| BIPAP | biphasic positive airway pressure | 双相气道正压 |
| BPSB | blinded sampling with PSB | 盲式 PSB 采样 |
| CaO ₂ | arterial oxygen content | 动脉血氧含量 |
| C | compliance | 顺应性 |
| C _{dyn} | dynamic compliance | 动态顺应性 |
| C _{eff} | effective compliance | 有效顺应性 |

| | | |
|-------------------|---|------------|
| CHF | chronic heart failure | 慢性心力衰竭 |
| CMV | continous mandatory ventilation | 持续指令通气 |
| CNEP | continuous negative external pressure | 胸廓外持续负压 |
| COPD | chronic obstructive pulmonary disease | 慢性阻塞性肺疾病 |
| CPAP | continuous possitive airway pressure | 持续气道正压 |
| CPIS | clinical pulmonary infection score | 临床肺部感染评分 |
| CPPV | continous positive pressure ventilation | 持续正压通气 |
| Crs | respiratory system compliance | 呼吸系统的顺应性 |
| Csp | specific compliance | 比顺应性 |
| CSR | Cheyne-Stokes respiration | 潮式呼吸 |
| Cst | static compliance | 静态顺应性 |
| CV | control ventilation | 控制通气 |
| CvO ₂ | venous oxygen content | 静脉血氧含量 |
| CVTP | central veinous transmural pressure | 中心静脉跨壁压 |
| DaO ₂ | arterial blood oxygen delivery | 动脉血氧运输量 |
| DH | dynamic pulmonary hyperinflation | 动态肺过度充气 |
| E | elastance | 弹性阻力 |
| ECMO | extracorporeal membrane oxygenation | 膜式氧合器,膜肺 |
| Edi | electrical activity of the diaphragm | 膈肌电活动 |
| EGDT | early goal-directed therapy | 早期目标指导治疗 |
| EIP | expiratory phase inflexion point | 呼气相拐点 |
| EN | enteral nutrition | 肠内营养 |
| EPAP | expiratory positive airway pressure | 呼气相压力 |
| f/V_T | respiratory index, spiro-index | 呼吸指数 |
| Fc | centroid frequency | 中位频率 |
| Fcv | compressible volume factor | 压缩容积指数 |
| FiO ₂ | fraction of inspired oxygen | 吸入气氧浓度 |
| FMMV | face mask mechanical ventilation | 经面(鼻)罩机械通气 |
| FPS | faces pain scale | 面部表情评分法 |
| FRC | functional residual capacity | 功能残气量 |
| FSpO ₂ | functional SpO ₂ | 功能性氧饱和度 |
| Gaw | airway conductance | 气道传导率 |
| HAP | hospital-acquired pneumonia | 医院获得性肺炎 |
| HFCWO | high frequency chestwall oscillation | 高频胸壁振荡 |

| | | |
|------------------|---|----------------------|
| HFJV | high frequency jet ventilation | 高频喷射通气 |
| HFOV | high frequency oscillation ventilation | 高频振荡通气 |
| HFPPV | high frequency positive pressure ventilation | 高频正压通气 |
| HFV | high frequency ventilation | 高频通气 |
| HPV | hypoxic pulmonary vasoconstriction | 缺氧性肺血管收缩 |
| IMV | intermittent mandatory ventilation | 间歇指令通气 |
| INPV | intermittent negative pressure ventilation | 间歇负压通气 |
| IPAP | inspiratory positive airway pressure | 吸气相压力 |
| IPPV | intermittent positive pressure ventilation | 间歇正压通气 |
| IRV | inverse ratio ventilation | 反比通气 |
| I : E | I : E ratio | 吸呼气时间比(吸呼比) |
| LIP,e | LIP in expiratory phase | 呼气相低位拐点 |
| LIP | lower inflexion point | 低位拐点 |
| LV | liquid ventilation | 液体通气 |
| MAAS | motor activity assessment scale | 运动活动评分法 |
| MDR | multi-drug resistance | 多重耐药 |
| MEP | maximal expiratory pressure | 最大呼气压 |
| MMV | mandatory minute ventilation | 指令分钟通气 |
| MODS | multiple organ dysfunction syndrome | 多器官功能障碍综合征 |
| MV | mechanical ventilation | 机械通气 |
| NAVA | neurally adjusted ventilatory assist | 神经调节通气辅助 |
| NIPPV | non-invasive positive ventilation | 无创正压通气[经面(鼻)罩无创正压通气] |
| NO | nitric oxide | 一氧化氮 |
| NPO | noninvasive pulse oximetry | 无创脉搏氧饱和度法 |
| NPPV | non-invasive positive ventilation | 无创正压通气[经面(鼻)罩无创正压通气] |
| NPV | negative pressure ventilation | 负压通气 |
| NRS | numeric rating scale | 数字评分法 |
| OI | oxygenation index | 氧合指数 |
| OR | oxygen radicals | 氧自由基 |
| OSAHS | obstructive sleep apnea hypoventilation syndromes | 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征 |
| Pal | pulmonary alveolar pressure | 肺泡压 |
| PaO ₂ | partial pressure of oxygen in arterial blood | 动脉血氧分压 |

| | | |
|------------------------------------|--|-------------|
| PaO ₂ /FiO ₂ | oxygenation index | 氧合指数 |
| PAV | pressure assist ventilation | 压力辅助通气 |
| PAV | proportional assist ventilation | 成比例辅助通气 |
| Paw | airway pressure | 气道压 |
| PAWP | pulmonary artery wedge pressure | 肺动脉楔压 |
| PCEF | peak cough expiratory flow | 峰值咳嗽流量 |
| PC-IMV | pressure-controlled intermittent mandatory ventilation | 压力控制间歇指令通气 |
| PC-IRV | Pressure-controlled inverse ratio ventilation | 定压型反比通气 |
| PCV | pressure control ventilation | 压力控制通气 |
| Pdi _{max} | maximum transdiaphragmatic pressure | 最大经膈压 |
| PDR | pan-drug resistance | 泛耐药 |
| PEEPi, dyn | dynamic PEEPi | 动态 PEEPi |
| PEEPi, stat | static PEEPi | 静态 PEEPi |
| PEEPi | intrinsic PEEP | 内源性 PEEP |
| PEEP | positive end-expiratory pressure | 呼气末正压 |
| Pes | esophageal pressure | 食管内压 |
| PetCO ₂ | partial pressure of carbon dioxide in end expired gas | 呼气末二氧化碳分压 |
| PHC | permissive hypercapnia | 允许性高碳酸血症 |
| PImax | maximal inspiratory pressure | 最大吸气压 |
| Pin | pulmonary interstitial pressure | 肺间质压 |
| PLV | partial liquid ventilation | 部分液体通气 |
| PLV | pressure limited ventilation | 压力限制通气 |
| Pmean | mean airway pressure | 平均气道压 |
| Pmus | respiratory muscle pressure | 呼吸肌收缩力 |
| PN | parenteral nutrition | 肠外营养 |
| Ppeak | peak airway pressure | 气道峰压, 峰压 |
| PPHN | persistent pulmonary hypertension of the new-born | 新生儿持续性肺动脉高压 |
| Pplat _{max} | maximum plateau pressure | 最大平台压 |
| Pplat _{min} | minimal plateau pressure | 最小平台压 |
| Pplat | plateau pressure | 平台压 |
| Ppl | intrapleural pressure | 胸膜腔内压 |
| PRVCV | pressure-regulated volume control ventilation | 压力调节容积控制通气 |
| PS | pulmonary surfactant | 肺表面活性物质 |
| PSB | protected specimen brush | 防污染样本刷 |