



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等医药院校药学类规划教材

QUANGUO GAODENG YIYAO YUANXIAO

YAOXUELEI GUIHUA JIAOCAI

本书荣获首届全国高等医药院校药学类规划教材编委会三等奖

无机化学 (第二版)

WUJI HUAXUE
DIERBAN

主编 王国清



中国医药科技出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等医药院校药学类规划教材

无机化学

(第二版)

主 编 王国清
副主编 秦元满 刘新泳
编 者 (以姓氏笔画为序)

王宝珍 (吉林大学新民校区基础医学院)

王国清 (沈阳药科大学制药工程学院)

刘新泳 (山东大学药学院)

毕小平 (山西医科大学药学院)

赵 兵 (沈阳药科大学制药工程学院)

秦元满 (延边大学药学院)

梅文杰 (广东药学院)

董顺福 (吉林医药学院)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书是药学专业的基础课教材，主要介绍无机原理和元素性质两部分内容。

无机原理部分包括：物质结构（原子结构、分子结构、配合物结构）理论、化学平衡（酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡和配位平衡）理论、化学反应速率理论以及化学热力学的基础知识。

元素性质部分以元素周期律为主线，对主族元素做了比较详细的论述，副族元素则选择了与药学专业关系密切的重要元素加以介绍。考虑到药学专业的需要，在各族元素后还适当介绍了常用药物和离子鉴定知识。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/王国清主编. —2版. —北京: 中国医药科技出版社, 2008.8

全国高等医药院校药学类规划教材. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5067-3788-3

I. 无… II. 王… III. 无机化学-医学院校-教材 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 130699 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 责编: 010-62278402 发行: 010-62227427

网址 www.cspyp.cn

规格 787 × 1092mm $\frac{1}{16}$

印张 30 $\frac{1}{2}$

字数 688 千字

印数 22001—27000

初版 2002 年 8 月第 1 版

版次 2008 年 8 月第 2 版

印次 2008 年 8 月第 2 版第 5 次印刷

印刷 北京昌平百善印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-3788-3

定价 49.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国高等医药院校药理学类规划教材常务编委会

名誉主任委员 吴阶平 蒋正华 卢嘉锡

名誉副主任委员 邵明立 林蕙青

主任委员 吴晓明 (中国药科大学)

副主任委员 吴春福 (沈阳药科大学)

姚文兵 (中国药科大学)

吴少祯 (中国医药科技出版社)

刘俊义 (北京大学药学院)

朱依淳 (复旦大学药学院)

张志荣 (四川大学华西药学院)

朱家勇 (广东药学院)

委 员 (按姓氏笔画排列)

王应泉 (中国医药科技出版社)

叶德泳 (复旦大学药学院)

毕开顺 (沈阳药科大学)

吴 勇 (四川大学华西药学院)

吴继洲 (华中科技大学同济药学院)

李元建 (中南大学药学院)

杨世民 (西安交通大学药学院)

陈思东 (广东药学院)

姜远英 (第二军医大学药学院)

娄红祥 (山东大学药学院)

曾 苏 (浙江大学药学院)

秘 书 罗向红 (沈阳药科大学)

徐晓媛 (中国药科大学)

浩云涛 (中国医药科技出版社)

高鹏来 (中国医药科技出版社)

编写说明

经教育部和全国高等医学教育学会批准，全国高等医学教育学会药学教育研究会于2004年4月正式成立，全国高等医药院校药学类规划教材编委会归属于药学教育研究会。为适应我国高等医药教育的改革和发展、满足市场竞争和医药管理体制对药学教育的要求，教材编委会组织编写了“全国高等医药院校药学类规划教材”。

本系列教材是在充分向各医药院校调研、总结归纳当前药学教育迫切需要补充一些教学内容的基础上提出编写宗旨的。本系列教材的编写宗旨是：药学特色鲜明、具有前瞻性、能体现现代医药科技水平的高质量的药学教材。也希望通过教材的编写帮助各院校培养和推出一批优秀的中青年业务骨干，促进药学院校之间的校际间的业务交流。

参加本系列教材的编写单位有：中国药科大学、沈阳药科大学、北京大学药学院、广东药学院、四川大学华西药学院、山西医科大学、华中科技大学同济药学院、复旦大学药学院、西安交通大学药学院、山东大学药学院、浙江大学药学院、北京中医药大学等几十所药学院校。

教材的编写尚存在一些不足，请各院校师生提出指正。

全国高等医药院校药学类
规划教材编写办公室

2004年4月16日

第二版前言

《无机化学》自2002年出版以来，发行量达2万余册，被全国10余所院校使用。该书获全国高等医药院校药学类规划教材编委会优秀教材三等奖和沈阳药科大学第三届优秀教材三等奖。《无机化学》(第二版)于2006年入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本教材修订所遵循的原则是：根据药学专业本科教育的培养目标，注重“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)、“三基”(基本理论、基本知识和基本技能)，使本学科知识与药学实际紧密联系，反映学科的前沿内容和发展趋势。同时，还力求具有以下特色。

1. 处理好与中学化学知识内容上的衔接

近年来，中学化学教学内容进行了较大的调整。本书编者认真研读中学化学教材，减少了过多的、不必要的重复，使学生体会到化学知识的连续性和阶段性。

2. 处理好与后续课程在知识内容上的衔接

为了和后续课程《有机化学》相衔接，增加了乙烯、乙炔、 CH_3^+ 的结构及杂化轨道理论的应用，苯的大 π 键、有机物的分子间和分子内氢键等内容。

为了和后续课程《分析化学》相衔接，酸碱平衡内容以酸碱质子理论为主线，计算公式数量大为减少，只分为一元弱酸、一元弱碱、多元弱酸、多元弱碱及两性物质。国外教材称为单(多)质酸、单(多)质碱。氧化还原一章的习题均与《分析化学》中的碘量法、高锰酸钾法和重铬酸钾法相对应。介绍了乙二胺四乙(醋)酸二钠与金属离子形成配合物的相关知识。

为了和后续课程《分析化学》中氧化还原滴定法及《物理化学》中电化学相衔接，在沉淀的生成对电极电势的影响中增加了还原型形成沉淀及氧化型和还原型均形成沉淀对电极电势的影响等内容，相应地把配位平衡与氧化还原平衡内容也改为氧化型形成配离子、还原型形成配离子(略)及氧化型和还原型均形成配离子对电极电势的影响等内容。

氧化还原一章引入了有机物氧化还原反应的配平，有多套配平系数的氧化还原反应。化学平衡一章引入了“相”的概念，这样把反应分为气相反应、液相反应和多(复)相反应。关于反应商有的教材用 J 表示，为方便初学者学习，我们把气相反应的 J 改用 Q_p 表示，称为压力商；液相反应的 J

改为 Q_c 表示, 称为浓度商; 多相反应的 J 改为 Q 表示, 称为反应商。在此基础上, 把非标准状态时反应自发性的判据 $\Delta_r G$ 再次升华, 提出了 $\Delta_r G^\ominus < 40.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 反应有可能自发进行的判据, 即在 298K 时 $K^\ominus > 1 \times 10^{-7}$ 作为反应自发性的判据。它是一个定性的非常适用的判据。

3. 教学内容紧密联系药学实际

化学反应的速率一章中的部分例题和习题均与药学知识相关。部分习题来自日文版《物理化学习题》; 溶液一章介绍了等渗、高渗和低渗溶液的概念以及渗透压在医学上的意义; 溶液酸碱性一章的部分例题和习题取自于《中国药典》的内容, 如纯化水的酸碱度检查; 沉淀-溶解平衡一章介绍了诊断用药 BaSO_4 和制酸药 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的合成工艺; 对《药物分析》中氯化物的检查法做了介绍; 在配位化合物一章中介绍了抗癌药顺铂的有关知识, 在元素化学中介绍了无机药物的鉴定知识并依据现行版药典作了较详尽的说明。

本书采用国家法定计量单位, 遵守《中华人民共和国标准 3102. 8-93》所规定的符号及化学名词和术语。

本书的修订工作由以下人员完成: 王国清(第一、二、五、七章), 董顺福(第三章), 毕小平(第四章), 梅文杰(第六章), 刘新泳(第八、九章), 赵兵(第十章), 秦元满(第十一章及附录), 王宝珍(第十二、十三章)。全书由王国清统一整理、补充、修改。

本书由沈阳药科大学李惠芝教授、吉林大学王宝珍教授主审, 她们认真阅读全书并提出了重要的修改意见。沈阳药科大学教务处、教务科给予大力支持, 硕士生王洋、史济月、王谦协助主编进行文字编辑、制图等工作, 在此一并表示感谢。

为方便师生教和学, 我们同时出版了配套辅助教材《无机化学学习指导》。

因编者水平有限, 书中难免会有不妥和错误之处, 敬请各位读者指正。

编者

2008年3月

目 录

(25 )	.....
(36 )	.....
(47 )	.....
(74 )	.....
(84 )	.....
(94 )	.....
(102 )	.....
(102 )	.....
第一章 化学热力学基础		(1)
第一节 热力学第一定律		(2)
一、基本概念和常用术语.....		(2)
二、热力学第一定律.....		(3)
第二节 化学反应的热效应		(5)
一、反应热.....		(5)
二、Hess 定律.....		(10)
三、生成焓.....		(11)
四、燃烧焓.....		(14)
第三节 化学反应的方向性		(15)
一、自发过程.....		(15)
二、熵与熵变.....		(16)
三、Gibbs 自由能与自发过程.....		(19)
习题.....		(23)
第二章 化学平衡		(25)
第一节 化学反应的可逆性和化学平衡		(25)
一、化学反应的可逆性.....		(25)
二、化学平衡.....		(26)
第二节 平衡常数		(26)
一、经验平衡常数.....		(26)
二、标准平衡常数和吉布斯自由能变化.....		(31)
三、多重平衡及其应用.....		(35)
第三节 化学平衡的移动		(37)
一、浓度对化学平衡的影响.....		(37)
二、压力对化学平衡的影响.....		(38)
三、温度对化学平衡的影响.....		(40)
四、选择合理生产条件的一般原则.....		(41)
习题.....		(42)
第三章 化学反应速率		(45)
第一节 反应速率的定义		(45)

一、平均速率	(45)
二、瞬时速率	(46)
第二节 反应速率与反应物浓度的关系	(47)
一、速率方程	(47)
二、反应级数	(48)
三、速率常数	(49)
第三节 反应机理	(50)
一、基元反应	(50)
二、反应机理的探讨	(51)
第四节 反应物浓度与时间的关系	(52)
一、零级反应	(52)
二、一级反应	(53)
第五节 反应速率理论简介	(54)
一、碰撞理论	(54)
二、过渡状态理论	(57)
第六节 温度对化学反应速率的影响	(58)
一、阿仑尼乌斯经验方程	(58)
二、阿仑尼乌斯经验方程应用	(59)
第七节 催化剂对反应速率的影响	(61)
一、催化剂和催化作用	(61)
二、酶催化	(62)
习题	(62)
第四章 溶液	(65)
第一节 溶液的浓度	(66)
一、浓度的表示方法	(66)
二、浓度之间的换算关系	(66)
第二节 稀溶液的依数性	(67)
一、溶液的蒸气压下降	(68)
二、溶液的沸点升高	(70)
三、溶液的凝固点下降	(73)
四、溶液的渗透压	(75)
第三节 电解质溶液	(78)
一、电解质溶液的特殊性	(78)
二、电离度和强弱电解质	(80)
三、强电解质溶液理论	(82)
习题	(85)
第五章 溶液的酸碱性	(88)
第一节 酸碱理论	(88)

一、酸碱质子理论	(88)
二、酸碱的电子理论简介	(89)
第二节 酸碱的分类	(90)
一、水的质子自递平衡	(90)
二、标准平衡常数	(90)
三、酸碱的分类	(92)
四、共轭酸碱对 K_a 与 K_b 的关系	(94)
五、酸碱的强度	(95)
第三节 弱酸弱碱的质子传递平衡	(95)
一、一元弱酸、弱碱的质子传递平衡	(95)
二、多元弱酸、弱碱的质子传递平衡	(99)
三、两性物质的质子传递平衡	(101)
第四节 酸碱质子传递平衡的移动	(105)
一、同离子效应	(105)
二、盐效应	(107)
第五节 缓冲溶液	(108)
一、缓冲溶液的定义	(108)
二、缓冲作用原理	(109)
三、缓冲溶液 pH 计算	(109)
四、缓冲溶液的选择和配制	(112)
第六节 酸碱指示剂	(115)
习题	(116)
第六章 沉淀 - 溶解平衡	(120)
第一节 溶度积原理	(120)
一、溶度积	(120)
二、溶度积与溶解度的关系	(122)
三、溶度积规则	(124)
第二节 难溶电解质的沉淀和溶解	(124)
一、沉淀的生成	(124)
二、同离子效应和盐效应	(125)
三、沉淀的溶解	(127)
四、酸度对沉淀反应的影响	(129)
五、分步沉淀	(132)
六、沉淀的转化	(134)
第三节 沉淀反应的某些应用	(135)
一、在药物生产上的应用	(135)
二、在药物质量控制上的应用	(135)
习题	(137)

第七章 氧化 - 还原	(140)
第一节 基本概念和氧化还原方程式的配平	(140)
一、基本概念	(140)
二、氧化还原方程式的配平	(141)
第二节 电极电势和电池电动势	(146)
一、原电池	(146)
二、电极电势	(149)
三、氧化还原反应的方向与限度	(154)
四、影响电极电势的因素	(157)
五、电极电势的应用	(162)
第三节 电势图及其应用	(165)
一、元素电势图	(165)
二、电势 - pH 图	(168)
习题	(170)
第八章 原子结构	(174)
第一节 玻尔的氢原子模型	(174)
一、玻尔模型建立的基础	(175)
二、玻尔氢原子模型	(176)
第二节 原子的量子力学模型	(178)
一、微观粒子的波粒二象性	(178)
二、核外电子运动状态的近代描述	(180)
三、波函数和电子云的有关图形表示	(183)
第三节 原子的电子结构与元素周期系	(189)
一、多电子原子的能级	(189)
二、核外电子排布规则	(193)
三、原子的电子结构和元素周期系	(196)
第四节 元素基本性质的周期性	(198)
一、原子半径	(198)
二、原子的电离能	(200)
三、原子的电子亲和能	(202)
四、电负性	(203)
习题	(204)
第九章 分子结构	(206)
第一节 离子键	(206)
一、离子键的形成	(206)
二、离子的特征	(207)
三、离子晶体	(209)
第二节 共价键	(214)

一、价键理论 (电子配对理论)	(214)
二、共价键的类型 (σ 键和 π 键)	(216)
三、杂化轨道理论	(217)
四、价层电子对互斥理论	(221)
五、分子轨道理论	(225)
六、键参数	(235)
第三节 分子间作用力	(237)
一、分子的极性	(237)
二、分子间作用力 (范德华力)	(238)
三、氢键	(241)
第四节 离子的极化	(243)
一、离子极化的概念	(243)
二、离子极化主要规律	(244)
三、离子极化对物质结构和性质的影响	(245)
第五节 原子晶体和分子晶体	(247)
一、原子晶体	(247)
二、分子晶体	(248)
习题	(249)
第十章 配位化合物	(252)
第一节 配合物组成、命名和异构现象	(252)
一、配合物的组成	(252)
二、配合物的命名	(255)
三、配合物的异构	(257)
第二节 配合物的化学键理论	(259)
一、价键理论	(259)
二、晶体场理论	(264)
第三节 配位平衡	(271)
一、配合物的稳定常数	(271)
二、影响配合物稳定性的因素	(274)
三、配位平衡的移动	(277)
第四节 螯合物	(283)
第五节 配合物的应用	(285)
一、在生物无机化学方面的应用	(285)
二、在分析化学方面的应用	(286)
三、在医药方面的应用	(286)
习题	(287)
第十一章 p 区元素	(290)
第一节 卤素	(290)

一、卤素的通性	(290)
二、卤素单质的性质	(293)
三、卤化氢和卤化物	(296)
四、卤素的含氧酸及其盐	(300)
五、类卤化合物	(309)
六、常见卤素离子的鉴定和常用药物	(312)
第二节 氧族元素	(315)
一、氧族元素的通性	(315)
二、过氧化氢	(316)
三、硫及其重要化合物	(319)
四、硫的含氧化合物	(324)
五、离子鉴定和常用药物	(332)
第三节 氮族元素	(336)
一、氮族元素的通性	(336)
二、单质氮	(337)
三、氮的氢化物	(338)
四、氮的含氧酸及其盐	(343)
五、磷与磷的含氧化合物	(347)
六、砷、锑、铋的化合物	(352)
七、离子鉴定和常用药物	(356)
第四节 碳族和硼族元素	(360)
一、碳族和硼族元素的通性	(361)
二、碳及其重要化合物	(364)
三、硅、硼的含氧化合物	(369)
四、铝、锡、铅	(374)
五、离子鉴定和常用药物	(381)
习题	(386)
第十二章 s 区元素	(393)
第一节 碱金属和碱土金属的通性	(393)
第二节 单质	(395)
一、物理性质	(395)
二、化学性质	(396)
第三节 重要化合物	(398)
一、氧化物	(398)
二、氢氧化物	(399)
三、重要盐类	(402)
第四节 硬水及其软化	(404)
第五节 离子鉴定和常用药物	(405)

(014) 一、离子鉴定	(405)
(014) 二、常用药物	(406)
(014) 习题	(407)
第十三章 d 区和 ds 区元素	(409)
(021) 第一节 d 区和 ds 区元素的通性	(410)
(021) 一、d 区和 ds 区元素的原子结构特征	(410)
(021) 二、d 区和 ds 区元素的基本性质变化特征	(410)
(021) 三、d 区和 ds 区元素的原子半径	(411)
(021) 四、单质的物理性质	(412)
(021) 五、单质的化学性质	(413)
(021) 六、氧化数	(414)
七、氧化物和氢氧化物的酸碱性	(414)
八、水合离子的颜色	(415)
九、过渡元素的配位性	(415)
(021) 第二节 铬与锰	(415)
一、铬、锰单质的性质	(416)
二、铬的重要化合物	(417)
三、锰的重要化合物	(421)
四、离子鉴定和常用药物	(424)
(021) 第三节 铁、钴、镍、铂系	(425)
一、铁系元素的通性	(425)
二、铁的重要化合物	(426)
三、钴、镍的重要化合物	(429)
四、铂系元素简介	(431)
五、常用药物	(433)
(021) 第四节 铜和银	(433)
一、通性	(433)
二、单质	(434)
三、铜的重要化合物	(435)
四、银的重要化合物	(438)
五、离子鉴定	(439)
(021) 第五节 锌和汞	(439)
一、通性	(439)
二、单质	(440)
三、锌的重要化合物	(441)
四、汞的重要化合物	(442)
五、常用药物	(445)
习题	(446)

附录	(449)
一、国际单位制 (SI) 基本单位	(449)
二、SI 导出单位及常用常数	(449)
三、一些物质的热力学性质 (298.15K)	(452)
四、无机酸 (碱) 在水中的酸 (碱) 度常数	(456)
五、一些难溶化合物的溶度积 (298K)	(457)
六、标准电极电势 (298.15K、100kPa)	(460)
七、一些金属配合物的累积稳定常数	(467)
八、元素的相对原子质量 (1997) ($A_r(^{12}\text{C}) = 12$)	(469)
参考文献	(471)

(414)	.....
(414)	.....
(416)	.....
(417)	.....
(421)	.....
(424)	.....
(425)	.....
(427)	.....
(428)	.....
(429)	.....
(431)	.....
(433)	.....
(433)	.....
(434)	.....
(432)	.....
(438)	.....
(439)	.....
(439)	.....
(439)	.....
(440)	.....
(441)	.....
(444)	.....
(442)	.....
(449)	.....

第一章

化学热力学基础

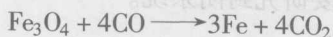
研究化学反应，关键的两个问题是：①化学反应能否发生（即化学反应进行的方向）及进行的限度（化学平衡）；②化学反应进行的快慢（即化学反应速率的大小）。前者属于化学热力学研究的范畴（化学平衡的大部分内容将在第二章中讨论）；后者属于化学动力学研究的范畴。

热力学（thermodynamics）是在研究提高热机效率的实践中发展起来的，19世纪建立的热力学第一、第二两个定律奠定了热力学的基础，20世纪初建立的热力学第三定律使得热力学臻于完善。

将热力学中的基本原理和方法用来研究化学现象以及和化学有关的物理现象，就称为化学热力学。化学热力学可以解决化学反应中能量变化问题，同时也可以解决化学反应的方向和限度等问题。这些问题正是化学工作者极其关注的问题。

下面的两个典型例子，可以说明热力学在化学中的应用。

(1) 氧化铁在熔炉中还原过程为：



但在出口气体中还有很多CO，以前推想还原反应不完全，可能是CO与矿石接触的时间不够。为此，曾花费了大量资金修建高炉，但出口气体中CO的含量并未减少。以后根据热力学的计算知道，在高炉中这个反应不能进行到底，会有很多CO是不可避免的。

(2) 在20世纪末进行了用石墨制造金刚石的尝试，所有的试验均以失败告终。以后通过热力学的计算知道，只有当压强超过 1.5×10^6 kPa时，石墨才有可能转变成金刚石。现在已经成功地实现了这个转变过程。

热力学的是一种演绎的方法，它结合经验得到的几个基本定律，讨论具体对象的宏观性质。热力学研究对象是大量分子的集合体，因此所得到的结论具有统计意义，而不适用于个别分子、原子等微观粒子。热力学方法的特点是，不考虑物质的微观结构和反应进行的机理。这两个特点决定了它的优点和局限性。热力学只能告诉我们，在某种条件下，变化能否发生，进行到什么程度；但不能告诉我们变化所需要的时间，变化发生的根本原因以及变化所经过的历程。这些问题要靠化学动力学解决。

化学热力学涉及的内容既广又深，在无机化学中只介绍化学热力学的最基本概念、理论、方法和应用。

第一节 热力学第一定律

一、基本概念和常用术语

(一) 系统和环境

在热力学中把所研究的对象称作系统 (system), 而环境 (surroundings) 则指系统以外密切相关的部分。

例如, 我们要研究杯中的水, 则水是系统; 水面以上的空气, 盛水的杯子, 乃至放杯子的桌子等都是环境。

按照系统与环境之间的物质和能量的交换关系, 通常将系统分为三类:

(1) 敞开系统 (open system) 系统与环境之间既有物质交换又有能量交换。

(2) 封闭系统 (closed system) 系统与环境之间没有物质交换只有能量交换。

(3) 孤立系统 (isolated system) 亦称隔离系统, 系统与环境之间既没有物质交换也没有能量交换。

例如, 有一敞口杯中盛满热水, 杯内的水与它周围的环境有热的交换, 又有杯内的水汽向杯外蒸发和空气溶解于水, 既有能量交换, 也有物质交换。如果选杯内的水为系统, 这个系统就是敞开系统。如果将水放在一个密闭的容器里, 容器的水与周围环境间就只有热的交换, 而没有物质交换, 于是得到一个封闭系统。若将水放在一个理想的保温瓶中, 这个瓶的绝热性能很好, 又很密闭, 保温瓶中的水与其周围环境间既没有物质的交换, 也没有热量的交换, 则保温瓶中的水就是个孤立系统。

在化学热力学中, 我们主要研究封闭系统。

(二) 状态和状态函数

由一系列表征系统性质的物理量所确定下来的系统的存在形式称作系统的状态 (state)。用以确定系统状态的物理量称作系统的状态函数 (state function)。

把某理想气体当作系统, 其物质的量 $n = 1\text{ mol}$, 压力 $p = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 体积 $V = 22.4 \text{ L}$, 温度 $T = 273 \text{ K}$, 这就是一种状态, n 、 p 、 V 和 T 就是系统的状态函数。

系统的状态是由若干状态函数确定下来的。对于确定的状态, 系统的各状态函数都有确定的数值。如果系统的一个或几个状态函数发生变化, 系统的状态就会改变。

系统发生变化前的状态称作始态, 变化后的状态称作终态。显然, 系统变化的始态和终态一经确定, 各状态函数的改变量也确定了。状态函数的改变量经常用希腊字母 Δ 表示, 如始态的温度为 T_1 , 终态的温度为 T_2 , 则状态函数 T 的改变量 $\Delta T = T_2 - T_1$ 。

根据描述系统性质的物理量与系统中物质数量的关系, 可将系统的性质分为两类:

(1) 广度性质 (extensive property) 这种性质的数值与系统中所含该物质的量成正比, 是系统中各部分该性质的总和, 如体积、质量, 物质的量等。广度性质的特点是具有加和性。

(2) 强度性质 (intensive property) 这种性质的数值不随系统中物质的数量而变化, 如温度、压力、密度等。强度性质的特点是不必指定物质的数量就可确定, 不具有加和