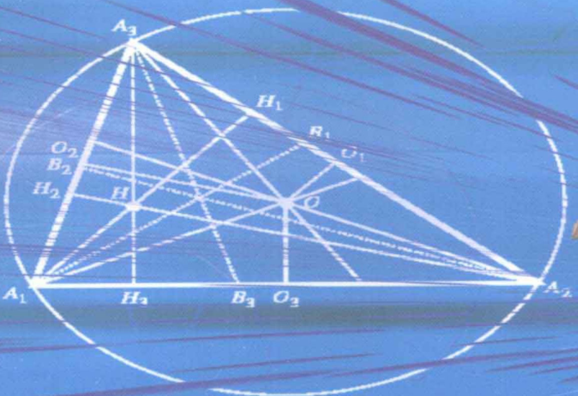
新世纪普通高等教育规划教材

新世纪

新编高等数学

（上）

主编　万阿英



大连理工大学出版社

新世纪普通高等教育规划教材

新世纪

新编高等数学

(上)

主　编　万阿英　　副主编　丽　娜　王建芳

XINBIAN GAODENG SHUXUE

大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

新编高等数学. 上/万阿英主编. 一大连:大连理工大学出版社,2009.1

新世纪普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5611-4535-7

Ⅰ.新… Ⅱ.万… Ⅲ.高等数学一高等学校一教材 Ⅳ.O13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 170386 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:14.25 字数:319 千字

印数:1～3000

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑:杨 云 责任校对:周双双

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-4535-7 定 价:23.00 元

前言

高等数学是非数学理工科各专业重要的数学基础课程，对培养学生的思维能力、数学应用能力和分析判断能力有着非常重要的作用。随着数学在各个学科专业中的应用越来越多，高等数学教学受重视程度也在日益增加。针对地方类院校学生认知能力及知识结构的实际情况，结合课程总课时较少的特点，编者从实际情况出发，有针对性的编写了本教材。与以往编写的《高等数学》内容多、难度大相比，本教材内容有所减少、难度适中。

本书积极吸收当前国际上高等数学的教学改革成果，按照我国教学基本要求，推进素质教育，培养学生的创新精神、应用意识、获取新知识的能力、分析和解决问题的能力。适应分层次教学需求，做到突出重点、详略得当、通俗易懂，便于自学。本书的几个主要特点是：

(1)在内容处理上尽量符合学生思维的发展规律，尽可能反映人类认识数学的思维发展规律，尽可能地与中学数学教学相衔接，增加了应用性的例题和习题，适当地精简和合并了一些内容，使内容和系统更加完整，也更加便于教学与自学；

(2)在概念处理上尽可能使用直观的例子加深理解，并且重视数学概念和实际问题的联系；

(3)习题由浅入深，并为每章配备了典型题、测试题，用来帮助学生检查学习效果；

(4)每个数学概念都有英文表达；

(5)本教材渗透现代数学思想、概念、语言和方法，引进当今世界上极为流行的 Matlab 软件，以提高学生结合计算机及数学软件求解数学模型的能力。为方便教学每章提供了一个基于 Matlab 软件的数学实验例子；

(6)降低理论难度，重视实践；

(7)本教材体系科学，结构严谨，叙述详细，通俗易懂，例题较多，逻辑性强。

本书上册内容包括极限、一元微分和积分。建议教学时数为 108 学时左右。

本书由呼伦贝尔学院的万阿英担任主编，由呼伦贝尔学院的丽娜、王建芳担任副主编。

本书的编写工作由万阿英主持，第 1、2、3 章由呼伦贝尔学院的杨金英编写，第 4、5 章和第 6 章前 5 节由呼伦贝尔学院的

孔德宝编写,第 6 章第 6 节以后的部分及第 7 章、第 9 章由呼伦贝尔学院的王建芳编写,第 8、13 章由万阿英编写,第 10、11、12 章由丽娜编写。

呼伦贝尔学院数学系的教师:林洪燕、石磊、白红梅、包淑华、张丽娟、长林、王英英、佟丽艳、孙明稳做了大量的习题演算工作,在此表示感谢。

本书的出版得到了呼伦贝尔学院教材建设基金的资助。呼伦贝尔学院数学系对本书的编写和出版给予了大力支持,在此表示感谢。

本书可供普通高等学院理工科各专业作为数学教材,也可作为高职高专的数学教材。

限于编者水平,教材中可能存在一些不妥之处,希望广大读者提出批评和指正。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com
欢迎访问我们的网站:http://www.dutpgz.cn
联系电话:0411—84707492　84706104

编　者

2009 年 1 月

目 录

第 1 章　预备知识
(Preliminaries)

1.1　集合与运算
(Set and Operators)

1.1.1　集合概念

“集合”是数学中一个重要的概念,它在现代数学中起着非常重要的作用.

所谓**集合(set)**(简称**集**)就是具有某种属性的事物的总体,其中各个事物称为这个集合的**元素(element)**(简称**元**).通常用大写字母 $A,B,C\cdots$ 表示集合,用小写字母 $a,b,c\cdots$ 表示集合中的元素.如果 a 是集合 A 的元素,则称 **a 属于 A**,记作 $a\in A$,反之就称 a 不属于 A,记作 $a\notin A$.

表示集合的方法通常有以下两种:一是列举法,就是用列举集合中的元素来表示集合.例如含元素 a,b,c 的集合可表示为 $\{a,b,c\}$.另一种是描述法,就是用描述集合中元素的特征性质来表示集合.例如 $\{0, 1, 2, 3\}$ 可以表示为 $\{n \mid n$ 是整数,$0\leqslant n\leqslant 3\}$.

数学中常见的一些集及其记号如下:

全体自然数组成的集 $\{0, 1, 2, 3\cdots\}$ 称为自然数集,记作 $\mathbf{N}$;全体整数组成的集 $\{0,\pm 1,\pm 2,\pm 3\cdots\}$ 称为整数集,记作 $\mathbf{Z}$;全体有理数组成的集 $\{\frac{p}{q} \mid p\in\mathbf{Z},q\in\mathbf{N}$, 且 $q\neq 0\}$ 称为有理数集,记作 $\mathbf{Q}$;全体实数组成的集称为实数集,记作 $\mathbf{R}$.

对于数集,有时我们在表示数集的字母的右上角标上“$*$”号来表示该数集为排除 0 的集,标上“$+$”号来表示该数集为排除 0 与负数的集.

例如 $\mathbf{R}^*$ 为排除数 0 的实数集,$\mathbf{R}^+$ 为全体正实数的集,$\mathbf{N}^+$ 为全体正整数的集.

如果集合 A 的元素只有有限个,则称 A 为**有限集**;不含任何元素的集称为**空集**,记作 $\varnothing$;一个非空集,如果不是有限集,就称为**无限集**.

由所研究对象的全体形成的集合,称为**全集**,通常用 I 表示.

设 A、B 是两个集合,如果集 A 中的元素都是集 B 中的元素,则称 A 是 B 的**子集**,记作 $B\supset A$ 或 $A\subset B$,读作 **B 包含 A** 或 **A 包含于 B**.

如果集 A 与集 B 中的元素相同,即 $A\supset B$ 且 $B\supset A$,则称 A 与 B **相等**,记作 $A=B$.例如,设 $A=\{0,\pm 2\}$,$B=\{x \mid x^3-4x=0\}$,则 $A=B$.

若 $A\subset B$ 且 $A\neq B$,则称 A 是 B 的**真子集**,记作 $A\subseteq B$.

1.1.2 集合的运算

集合的基本运算有以下几种:并、交、差.

设 A、B 是两个集合.由所有属于 A 或属于 B 的元素组成的集合,称为 A 与 B 的**并集**(简称**并**)(如图 1-1),记作 $A\cup B$,即

$$A\cup B=\{x\mid x\in A \text{ 或 } x\in B\}.$$

集合的并有下列性质:

(1) $A\subset A\cup B, B\subset A\cup B$;

(2) 对任意集合 A,有

$$A\cup\varnothing=A,\quad A\cup I=I,\quad A\cup A=A.$$

由所有既属于 A 又属于 B 的元素组成的集合,称为 A 与 B 的**交集**(简称**交**)(如图 1-2),记作$A\cap B$,即

$$A\cap B=\{x\mid x\in A \text{ 且 } x\in B\}.$$

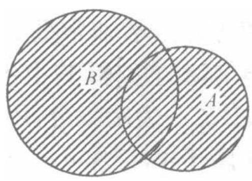


图 1-1 $A\cup B$

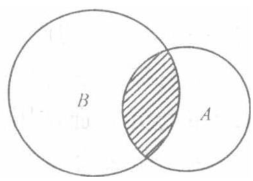


图 1-2 $A\cap B$

集合的交有下列的性质:

(1) $A\cap B\subset A, A\cap B\subset B$;

(2) 对任意集合 A,有

$$A\cap\varnothing=\varnothing,\quad A\cap I=A,\quad A\cap A=A.$$

由所有属于 A 但不属于 B 的元素组成的集合,称为 A 与 B 的**差集**(简称**差**)(如图 1-3),记作$A-B$,即

$$A-B=\{x\mid x\in A \text{ 且 } x\notin B\}.$$

称 I 与 A 的差集为集合 A 的**余集**(或**补集**)(如图 1-4),记作 A^c,即

$$A^c=\{x\mid x\in I \text{ 且 } x\notin A\}.$$

余集有下列性质:

$$A\cup A^c=I,\quad A\cap A^c=\varnothing.$$

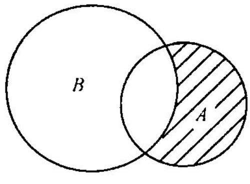


图 1-3 $A-B$

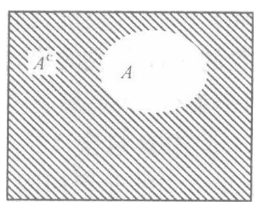


图 1-4 A^c

设 A、B、C 为任意三个集合，则集合有下列运算律成立：

(1)交换律　$A\cup B=B\cup A$，　$A\cap B=B\cap A$；

(2)结合律　$(A\cup B)\cup C=A\cup(B\cup C)$，$(A\cap B)\cap C=A\cap(B\cap C)$；

(3)分配律　$(A\cup B)\cap C=(A\cap C)\cup(B\cap C)$；

$(A\cap B)\cup C=(A\cup C)\cap(B\cup C)$；

(4)对偶律　$(A\cup B)^c=A^c\cap B^c$，$(A\cap B)^c=A^c\cup B^c$.

以上这些运算规律都可以根据集合相等的定义证明. 现就分配律的第一个结论及对偶律中的第二个结论给出证明.

分配律 $(A\cup B)\cap C=(A\cap C)\cup(B\cap C)$ 的证明.

证明　如果 $x\in(A\cup B)\cap C\Rightarrow x\in A\cup B$ 且 $x\in C\Rightarrow(x\in A$ 且 $x\in C)$

或

$$(x\in B \text{ 且 } x\in C)$$

即

$$x\in(A\cap C)\cup(B\cap C)$$

则

$$(A\cup B)\cap C\subset(A\cap C)\cup(B\cap C)$$

反之

如果 $x\in(A\cap C)\cup(B\cap C)\Rightarrow x\in A\cap C$ 或 $x\in B\cap C\Rightarrow(x\in A$ 或 $x\in B)$ 且 $x\in C$

即

$$x\in(A\cup B)\cap C$$

则

$$(A\cap C)\cup(B\cap C)\subset(A\cup B)\cap C$$

从而

$$(A\cup B)\cap C=(A\cap C)\cup(B\cap C).$$

对偶律 $(A\cap B)^c=A^c\cup B^c$ 的证明.

证明　如果

$$x\in(A\cap B)^c\Rightarrow x\notin A\cap B\Rightarrow x\notin A \text{ 且 } x\notin B\Rightarrow x\in A^c \text{ 或 } x\in B^c\Rightarrow x\in A^c\cup B^c$$

则

$$(A\cap B)^c\subset A^c\cup B^c$$

反之，如果

$$x\in A^c\cup B^c\Rightarrow x\in A^c \text{ 或 } x\in B^c\Rightarrow x\notin A\cap B\Rightarrow x\in(A\cap B)^c$$

则

$$A^c\cup B^c\subset(A\cap B)^c$$

从而

$$(A\cap B)^c=A^c\cup B^c.$$

1.1.3　集合的笛卡尔(Descartes)乘积(直积(Direct Product))

集合的元素是不涉及顺序问题的，例如 $\{a,b\}$ 与 $\{b,a\}$ 是指同一集合. 但有时需要研究

元素必须按某种规定顺序排列的问题,从而引出了直积的概念.

定义 1.1.1 设 A、B 是任意两个集合,在集合 A 中任意取一个元素 x,在集合 B 中任意取一个元素 y,组成一个有序对(x,y),把这样的有序对作为新元素,它们的全体组成的集合称为集合 A 与 B 的直积,记为 $A\times B$,即

$$A\times B=\{(x,y)\mid x\in A\text{且 } y\in B\}$$

例 1 设 $A=\{1,2,3,4\}$,$B=\{2,3\}$,则

$$A\times B=\{(1,2),(1,3),(2,2),(2,3),(3,2),(3,3),(4,2),(4,3)\}.$$

例 2 $\mathrm{R}\times\mathrm{R}=\{(x,y)\mid x\in\mathrm{R},y\in\mathrm{R}\}$,即为 xOy 面上全体点的集合,$\mathrm{R}\times\mathrm{R}$ 常记作 R^2.

习题 1-1

1. 设 $A=\{1,2,3\}$,$B=\{1,3,5\}$,$C=\{2,4,6\}$,求

(1)$A\cup B$; (2)$A\cap B$; (3)$A\cup B\cup C$; (4)$A\cap B\cap C$; (5)$A-B$.

2. 如果 $A=\{(x,y)\mid x-y+2\geqslant 0\}$, $B=\{(x,y)\mid 2x+3y-6\geqslant 0\}$, $C=\{(x,y)\mid x-4\leqslant 0\}$,在坐标平面上标出 $A\cap B\cap C$ 的区域.

3. 写出集合 $A=\{a,b,c,d\}$的一切子集.

4. 用集合的运算律证明 $A\cup(A\cap B)^c\cup B=I$.

5. 如果集合 $A=\{a,b,c,d\}$,$B=\{a,b,c\}$,求 $A\times B$.

6. 如果集合 $A=B=\{5,0,4\}$,求 $A\times B$.

1.2 区间与邻域

(Interval and Neighbourhood)

本节将重点研究实数集 $\mathbf{R}$ 的两类特殊子集——区间(interval)与邻域(neighbourhood).

1.2.1 区间

设 $a,b\in\mathbf{R}$,且 $a<b$ 我们把 $\mathbf{R}$ 的两个子集$\{x\mid a<x<b\}$和$\{x\mid a\leqslant x\leqslant b\}$分别称为以 a、b 为端点的开区间和闭区间,并分别记作(a,b)和$[a,b]$,即

$$(a,b)=\{x\mid a<x<b\}$$

$$[a,b]=\{x\mid a\leqslant x\leqslant b\}$$

这里 $a,b\notin(a,b)$,但 $a,b\in[a,b]$.

从几何上看,开区间(a,b)表示数轴上以 a 为端点的线段上点的全体,而闭区间$[a、b]$则表示数轴上以 a、b 为端点且包括 a、b 两端点的线段上点的全体. 如图 1-5.

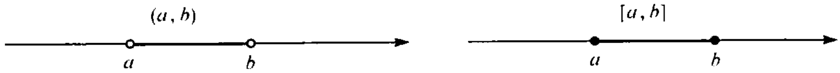


图 1-5

在图 1-5 中，当区间的端点不包括在内时，把端点画成空点，包括在内时，把端点画成实点.

类似地，可以定义**左开右闭区间**

$$(a,b]=\{x|a<x\leqslant b\}$$

和**左闭右开区间**

$$[a,b)=\{x|a\leqslant x<b\}$$

上述四种区间统称为**有限区间**，此外还有五种**无限区间**：

$$(-\infty,a)=\{x|-\infty<x<a\},$$
$$(-\infty,a]=\{x|-\infty<x\leqslant a\},$$
$$(a,+\infty)=\{x|a<x<+\infty\},$$
$$[a,+\infty)=\{x|a\leqslant x<+\infty\},$$
$$(-\infty,+\infty)=\{x|-\infty<x<+\infty\}=\mathbf{R}.$$

这里 $-\infty$ 和 $+\infty$ 只是一个记号，分别读作**负无穷大**和**正无穷大**.

上述各种区间统称为区间，且常用字母 I 来表示某个给定的区间.

1.2.2 邻 域

设 $a,\delta\in\mathbf{R}$，且 $\delta>0$. 我们把以 $a-\delta,a+\delta$ 为端点的开区间 $(a-\delta,a+\delta)$ 特别称为 a 的 δ 邻域，记作 $U(a,\delta)$. 即

$$U(a,\delta)=\{x\,|\,|x-a|<\delta\}$$

a 和 δ 分别称为这邻域的中心和半径(如图 1-6).

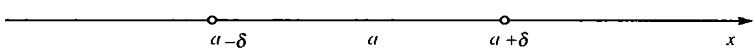


图 1-6

如果再把这邻域的中心 a 去掉，就称它为 a 的去心 δ 邻域，记作 $\mathring{U}(a,\delta)$，即

$$\mathring{U}(a,\delta)=\{x|0<|x-a|<\delta\}.$$

这里邻域的半径 δ 虽然没有规定其大小，但在使用中一般总是取为很小的正数. 并且大多数情形下并不一定要指明 δ 的大小，这时我们往往把 a 的邻域和 a 的去心邻域分别简化为 $U(a)$ 和 $\mathring{U}(a)$.

习题 1-2

解下列不等式(用区间表示)：

1. $|2x-7|<1$；

2. $|x-2|\geqslant 1$；

3. $(x-1)(x+2)<0$；

4. $-3<\frac{1}{x+3}<3$；

5. $2<\frac{1}{|x|}<4$；

6. $|x^2-3x+2|>x^2-3x+2$.

第 2 章　函数与极限
(Function and Limit)

2.1　函数的定义与性质
(Definition and Properties of Function)

2.1.1　函数的定义

在具体研究某一自然现象或实际问题的过程中，我们还会发现问题中的变量并不是独立变化的，它们之间往往存在着相互依赖的关系.

例 1　自由落体问题.

一个自由落体，从开始下落时算起经过的时间设为 t(秒)，在这段时间中落体的路程设为 s(米). 由于只考虑重力对落体的作用，而忽略空气阻力等其他外力的影响，故从物理学知道 s 与 t 之间有如下的依赖关系

$$s=\frac{1}{2}gt^2 \tag{1}$$

其中 g 为重力加速度(在地面附近它近似于常数，通常取 $g=9.8$ 米/秒^2).

如果落体从开始到着地所需的时间为 T，则变量 t 的变化范围(或称变域)为

$$0\leqslant t\leqslant T$$

当 t 在变域内任取一值时，由(1)可求出 s 的对应值. 例如

$$t=1(\text{秒})\text{时},s=\frac{1}{2}\times 9.8\times 1^2=4.9(\text{米})$$

$$t=2(\text{秒})\text{时},s=\frac{1}{2}\times 9.8\times 2^2=19.6(\text{米}).$$

例 2　某化工公司统计去年农用化肥月生产量如下表所示：

月　份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月产量(万吨)	5.1	5.2	5.6	6.2	5.9	5.5	5.8	5.0	6.1	5.4	4.2	4.1

从上表可以看出过去一年该公司月产量 x(万吨)与月份 t 之间有着确定的对应关系. 当月份 t 在 1 至 12 之间每取一整数值时，从表中便可得出月产量 x 的唯一确定的对应值.

例 3　图 2-1 是气温自动记录仪描出的某一天的温度变化曲线，它给出了时间 t 与气温 T 之间的依赖关系. 时间 t(小时)的变域是 $0\leqslant t\leqslant 24$，当 t 在这范围内任取一值时，从图 2-1 的曲线中可找出气温的对应值. 例如 $t=14$ 时，$T=25$℃，为一天中的最高温度.

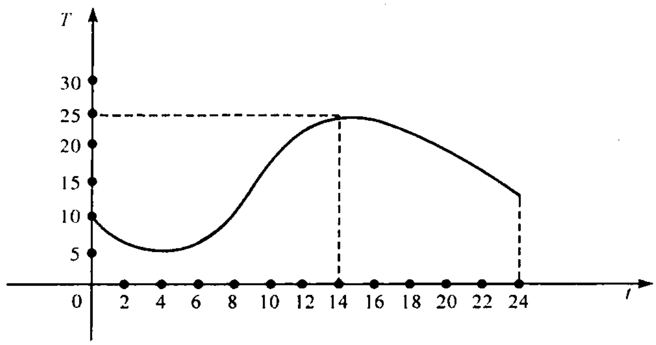


图 2-1

以上的例子所描述的问题虽各不相同，但却有共同的特征：它们都表达了两个变量之间的相互依赖关系，当一个变量在它的定义域中任取一定值时，另一个变量按一定法则就有一个确定的值与之对应. 把这种确定的依赖关系抽象出来，就是函数的概念.

定义 2.1.1 设 D 是实数集 $\mathbf{R}$ 的子集，f 是一个对应法则. 如果对于 D 中的每一个 x，按照对应法则 f，都有确定的实数 y 与之对应，则称 f 为定义在 D 上的函数(function). 集 D 称为函数 f 的**定义域**(domain)，与 D 中的 x 相对应的 y 称为 f 在 x 处的函数值，记作 $y=f(x)$. 全体函数值的集：

$$W=\{y \mid y=f(x),x\in D\}$$

称为函数 f 的**值域**(rang).

如果把 x、y 分别看作 D、W 中的变量，则称 x 为自变量，y 为因变量.

关于函数概念，我们作以下几点补充说明：

(1)函数 f 与函数值 $f(x)$ 是两个截然不同的概念. 前者是确定自变量 x 与因变量 y 之间数值对应的一个法则，后者表示函数 f 在 x 的值. 从定义 2.1.1 可知，决定一个函数必须知道它的定义域 D、对应法则 f 和值域 W. 但当 D 与 f 确定之后，W 也就随之确定. 因此定义域 D 和对应法则 f 是决定函数的两个要素. 在高等数学中，为了突出表现函数的这两个要素，我们习惯于用

$$y=f(x),x\in D$$

来表示一个函数. 函数的这种表示使得 x 与 y 这两个变量之间的对应关系简明，运算方便. 熟练之后也不致引起函数与函数值之间的混淆；

(2)我们知道，表示一个函数，除了给出对应法则外，还应标明它的定义域. 今后如果提出一个函数，它的对应法则由数学式子给出，且未标明定义域时，其含义就是它的定义域是使得这个式子有意义的自变量 x 的全体，这样的定义域称为自然定义域，可以省略不写. 例如，如果我们给出函数 $y=\dfrac{1}{x}$，它的定义域显然是指 $x\neq 0$ 的一切实数. 又如给出函数 $y=\sqrt{1-x^2}$，它定义在闭区间 $[-1,1]$ 上.

在实际问题中，函数的定义域往往要受到具体条件的限制. 例如函数 $y=cx^2$，如果变量 x 与 y 不受问题具体含义的限制，它的定义域应是无限区间 $(-\infty,+\infty)$. 但如果取

$c=\pi$，x 与 y 分别表示圆的半径与面积，则这个函数就是圆的面积公式，在 $x\leqslant 0$ 时不再有实际意义，因此函数的定义域就成为区间$(0,+\infty)$. 如果取 $c=\dfrac{1}{2}g$，这里 g 为重力加速度，而 x 与 y 分别表示自由落体所经过的时间 t 与路程 s，则这个函数就是前面例 1 中的公式(1)，其定义域就应为闭区间$[0,T]$，其中 T 为落体着地的时刻. 我们把这种由实际问题所确定的函数定义域也称为实际定义域；

(3)根据函数的定义，对于定义域中的任一 x 值，函数 $y=f(x)$ 仅有一个确定的值与之对应. 如果在函数定义中，允许同一个 x 值，可以有几个、甚至无穷多个 y 值与之相对应，则称它为多值函数. 而把仅有一个确定值与之对应的函数称为单值函数. 例如函数 $y=2x+1$ 是一个单值函数，而函数 $y=\pm\sqrt{1-x^2}$ 则是多(双)值函数.

在一定条件下，多值函数可以分裂为若干个单值支. 例如双值函数 $y=\pm\sqrt{1-x^2}$ 就可以分成两个单值支：$y=\sqrt{1-x^2}$ 和 $y=-\sqrt{1-x^2}$，从而把对多值函数的讨论转化为讨论它的各个单值支. 今后凡未作特别说明时，所讨论函数都是指单值函数.

还应指出，定义 2.1.1 中只提出因变量 y 与一个自变量 x 之间的关系. 但在实际问题中往往会遇到多个自变量的情形. 例如矩形的面积 A，由它的长 x 和宽 y 所决定，即 $A=xy$ 是两个自变量 x 和 y 的函数. 我们把只含一个自变量的函数称为一元函数(function of one variable)，含有两个或两个以上自变量的函数称为多元函数(function of many variables)；

(4)两个函数相同或相等，是指它们具有相同的定义域和对应法则(即在相同的定义域中，每个 x 所对应的函数值总相同). 例如 $y=x$ 与 $y=\sqrt{x^2}$ 是不相同的两个函数，因为它们的对应法则不相同. 又如 $y=1$ 与 $y=\dfrac{x}{x}$，虽然在它们共同有定义的范围内对应法则相同，但因为它们的定义域不同，所以也是两个不相同的函数. 两个相同的函数，其对应法则的表达形式也可能不同. 例如 $y=1$ 与 $y=\sin^2x+\cos^2x$，从表面形式上看不相同，但却是同一个函数.

2.1.2 函数的表示法

函数的表示法就是用来确定函数的对应法则的方法. 从上面所举的三个例子，我们看出：例 1 中函数的对应法则是用一个公式或者说解析式来表示，这种表示法称为**解析法**. 例 2 中函数的对应法则用一张表格来表示，这种表示法称为**表格法**. 例 3 中函数的对应法则是通过坐标平面上的一段曲线来表示，这种表示法称为**图形法**.

一般地，我们可以把函数 $y=f(x)$，$x\in D$，看作一个有序数对的集：

$$C=\{(x,y)\mid y=f(x),x\in D\}$$

集 C 中的每一个元素在坐标平面上表示一个点，从而点集 C 就描出这个函数的**图形**(functional graph)(或**图像**).

以上表示函数的三种方法各有其特点，表格法可以直接查用；图形法来得直观；而解析法形式简明，便于作理论研究和数学计算. 因此解析式理所当然成为我们今后表示函数