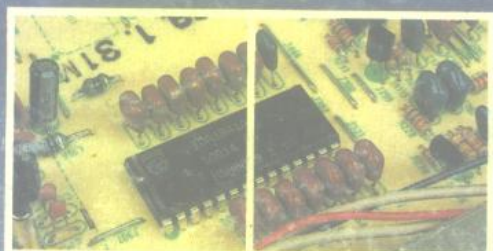


电子技术数学基础

张绍高 赵桂荣等 编著



● 电子技术教育丛书 ●



科学技术文献出版社

电子技术教育丛书

电子技术数学基础

张绍高 赵桂荣等 编著



科学技术文献出版社

9210096

(京)新登字130字

内 容 提 要

《电子技术数学基础》是电子技术教育丛书中的一本。全书共分十四章。内容包括基础知识复习、行列式、一元二次方程、不等式、指数与对数、函数和一些函数的图象、三角函数、一次函数和二次函数图象、数列、矢量和复数、微分学、积分学、微分方程、傅里叶级数及附录：有效数字和计算规则。

电子技术数学基础

张绍高 赵桂荣 编著

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

北京平谷华光印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 16开本 17.25印张 427千字

1991年8月北京第1版 第1次印刷

印数 1—5000册

科技新书目：242—097

ISBN 7-5023-1417-2/TN·80

定价：10.80元

序

电子技术教育丛书编委会组织了富有实践经验的教授、高级讲师、高级工程师们花了一年多的时间，编写了这套《电子技术教育》丛书，是非常可喜的。

这套丛书的出版，对电子技术人才的培训，职业技术人员的成长会起到一定的积极作用，它将成为广大电子技术爱好者的良师益友。

我希望这套丛书能得到社会各界的关心和支持，同时通过广泛的教学实践，再据以修改补充，使其更加充实完善。

中国电子学会理事长

A stylized, handwritten signature in black ink, likely belonging to Guo Juren, the President of the China Association of Electronics.

1990. 10. 18.

电子技术教育丛书编委会

顾问：邢纯洁 郭厚登 佟 力

主任委员：刘学达

副主任委员：游泽清 王明臣

委员：（按姓氏笔划）：

丁 新	卫功宜	王有春	王玉生
左万昌	宁云鹤	齐元昌	朱 毅
陈 忠	李 军	李兴民	陆如新
周贵存	张道远	张珍华	廖汇芳

前 言

为适应我国电子技术教育迅速发展的迫切需要,使教育更好地为四化建设服务,为电化教育服务,电子技术教育丛书编委会组织编写了这套《电子技术教育丛书》。

丛书包括,电子技术数学基础,电子技术电工基础,晶体管电路基础,脉冲与数学电路基础,模拟集成电路原理及应用,收录机和组合音响原理及电路解说,黑白电视机原理及电路解说,彩色电视机原理及电路解说,家用和专业用录像机原理及电路解说,卫星电视接收与转播,小型电视台转发设备,电子特技原理及应用,共用天线电视系统、摄像机与摄录放一体化机原理、操作和维护,小型电视台设备系统及其管理,实用无线电仪器与测量,微型计算机原理与应用,最新录像技术与设备,共十八册。

这套丛书是参照电子技术类职业教育的计划和大纲编写的。它包括了电子技术专业的基础课和专业课,具有较强的系统性,每册内容又具有一定的独立性。这套丛书可作为职业教育参考教材,也可供具有中等文化程度和电子技术爱好者自学时选用。

在编写丛书过程中,编者注意到理论与实践密切结合,硬件与软件相结合,并以小型电视台(站)所必须具备的配套设备作为专业课的基础。通过一定的理论分析和运用具体实例来加深对理论概念的理解,以简明分析问题的步骤和思路为线索,突出了物理概念。在文字上力求深入浅出和通俗易懂。每章后面一般都有一定数量的习题,帮助读者巩固所学的内容。书后还附有习题解答或提示,以便读者自我检查。

本套丛书前10本自1986年出版以来,已作了三次印刷,部分内容曾作为中国电子学会举办了“全国电子技术自修班”教材使用过,充分听取了广大教师、学员对本书的意见。这次出版,对书中的遗误和不要之处进行了必要的修改;对部分内容也作了适当的调整和增删。例如“数字电路原理及应用”、“盒式收录机原理与电路解说”、“黑白彩色电视机原理与电路解说(上下册)”、“模拟低频电子电路”和“模拟高频电子电路”进行了改写,并增加了最新的机型和机种;“无线电数学”(现改为“电子技术数学基础”)、“微型计算机原理和应用”进行了重写;同时又增添了“模拟集成电路原理及应用”,“卫星电视接收与转播”,“小型电视台转发设备”,“电子特技原理及应用”,“共用天线电视系统”,“摄像机与摄录放一体化机原理、操作和原理”,“小型电视台设备系统及其管理”,“实用无线电仪器与测量”,“最新录像技术与设备”等新书。

原电子工业部副部长,现中国电子学会理事长孙俊人同志亲自为本套丛书写了“序”,国家教育有关司局领导,对丛书的出版工作给予大力支持,并直接组织指导了全套丛书的选题、编写、定稿和印刷出版全过程;有关工作人员和编辑也为全套丛书尽早与读者见面做出了很大努力。尽管如此,在较短时间里,组织出版这样一套职业教育系列丛书,难度是很大的。因此,书中的错误与不当之处在所难免,尤其是这套丛书是否能满足职业教育的要求,更有待于广大读者通过学习实践提出宝贵意见,以便在此基础上编出更适合我国职业技术教育丛书。

最后,我们还应向为这套丛书及时出版而付出辛勤劳动的出版、印刷等部门,以及所有参与此项工作的同志表示衷心的感谢。

丛书编辑委员会
1990年8月于北京

编 者 的 话

《电子技术数学基础》是电子技术教育丛书中的一本。全书共分十四章。内容包括基础知识复习、行列式、一元二次方程、不等式、指数与对数、函数和一些函数的图象、三角函数、一次函数和二次函数图象、数列、矢量和复数、微分学、积分学、微分方程、傅里叶级数及附录：有效数字和计算规则。

数学是学习电子技术不可缺少的重要工具。为了使读者能顺利地进行电子技术的学习，本书以比较为浅显的手法。将读者可能遇到的有关数学方面的内容做了较为详尽的叙述，以期对读者今后的学习有所帮助。

本书在编写过程中，参考了有关的一些书籍，讲义（见书末的参考书目），在此对这些书籍和讲义的编著者表示衷心地感谢。中央音像教材出版社陆如新同志对本书初稿进行了认真细致的审阅，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬希广大读者指正。

编著者

一九九零年五月于北京

目 录

第一章 基础知识复习

1-1 实数	(1)
一、 整数	(1)
二、 数轴	(2)
三、 绝对值	(2)
1-2 代数式	(3)
一、 用字母表示数	(3)
二、 代数式	(3)
三、 运算规则	(4)
1-3 整式	(5)
一、 整式的概念	(5)
二、 多项式的加减运算	(6)
三、 多项式乘法	(6)
四、 乘法公式	(7)
1-4 因式分解	(7)
一、 因式分解的概念	(7)
二、 因式分解的方法	(7)
1-5 分式	(9)
一、 分式的基本性质	(9)
二、 分式的乘除运算	(10)
三、 分式的加减运算	(10)
1-6 比例	(11)
一、 比和比例	(11)
二、 正比例和反比例	(12)
1-7 根式	(13)
1-8 一次方程和一次方程组	(13)
一、 方程	(13)
二、 解方程	(14)
三、 列方程解应用题	(14)
四、 二元一次方程组	(15)

第二章 行列式

2-1 二阶行列式	(19)
2-2 三阶行列式	(22)

第三章 一元二次方程

3-1 一元二次方程的解法	(27)
---------------	--------

3—2 可以化为二次方程的方程·····	(30)
第四章 不等式	
4—1 不等式的概念·····	(34)
4—2 不等式的变形·····	(34)
4—3 不等式的解法·····	(36)
4—4 含有绝对值的不等式·····	(40)
第五章 指数与对数	
5—1 指数·····	(42)
一、 整数指数·····	(42)
二、 分数指数·····	(46)
三、 有理数指数幂的运算·····	(47)
5—2 对数·····	(49)
一、 对数的概念·····	(49)
二、 对数运算法则·····	(50)
5—3 常用对数·····	(53)
一、 定义·····	(53)
二、 对数的首数和尾数·····	(53)
三、 常用对数表·····	(54)
四、 反对数表·····	(55)
五、 利用对数进行计算·····	(56)
5—4 自然对数·····	(58)
一、 自然对数的意义·····	(58)
二、 对数的换底公式·····	(59)
5—5 对数在电子技术中的应用·····	(60)
第六章 函数和一些函数的图象	
6—1 函数的概念及其定义域·····	(65)
一、 函数的概念·····	(65)
二、 函数的定义域·····	(66)
6—2 平面直角坐标系及函数表示法·····	(68)
一、 平面直角坐标系·····	(68)
二、 函数的表示法·····	(69)
6—3 正比函数与反比函数图象·····	(70)
一、 正比函数 $y = kx$ ·····	(70)
二、 反比函数 $y = \frac{k}{x}$ ·····	(72)
6—4 指数函数图象·····	(73)
6—5 对数函数图象·····	(77)
6—6 幂函数·····	(78)

第七章 三角函数

7-1 角和角的单位	(83)
一、任意角的意义	(83)
二、角的单位	(84)
7-2 锐角三角函数	(86)
一、直角三角形及其三个角的关系	(86)
二、直角三角形三条边的关系 (勾股定理)	(86)
三、直角三角形中边与角的关系	(86)
四、锐角三角函数	(87)
五、锐角的三角函数值	(89)
六、已知一个三角函数求其它函数	(92)
七、恒等式的证明	(95)
八、直角三角形的解法	(96)
7-3 任意角的三角函数	(97)
7-4 三角函数表	(102)
7-5 三角函数的周期性	(104)
7-6 三角函数的图象	(106)
一、 $y = \sin x$ 的图象	(106)
二、 $y = A \sin x$ 的图象	(107)
三、 $y = \sin \omega x$ 的图象	(107)
四、 $y = \sin(x + \alpha)$ 的图象	(108)
五、 $y = A \sin(\omega t + \alpha)$ 的图象	(109)
六、 $y = \cos x$ 的图象	(109)
七、 $y = \operatorname{tg} x$ 的图象	(109)
八、 $y = \operatorname{ctg} x$ 的图象	(110)
7-7 三角恒等式	(111)
一、和角的三角函数	(111)
二、倍角的三角函数	(114)
三、三倍角的正弦、余弦函数	(115)
四、半角的三角函数	(115)
五、化正弦或余弦的和或差为乘积	(117)
7-8 三角形的性质	(119)
一、正弦定理	(119)
二、余弦定理	(120)
三、正切定理	(121)
四、半角的正弦、余弦及正切	(121)
五、三角形的面积	(122)
7-9 反三角函数	(124)
一、反正弦函数	(124)

二、反余弦函数	(126)
三、反正切函数	(127)
四、反余切函数	(127)

第八章 一次函数和二次函数图象

8—1 两点间的距离与直线方程	(131)
一、两点间的距离	(131)
二、直线方程	(132)
8—2 圆锥曲线	(139)
一、三角形	(139)
二、圆	(140)
三、抛物线	(140)
四、双曲线	(140)
五、椭圆	(140)
8—3 圆	(140)
一、圆的方程	(140)
二、圆的方程的一般形式	(141)
8—4 椭圆	(142)
一、椭圆的定义和它的标准方程	(142)
二、椭圆的性质	(144)
8—5 双曲线	(147)
一、双曲线的定义和它的标准方程	(147)
二、双曲线的性质	(146)
8—6 抛物线	(154)
一、抛物线的定义和它的标准方程	(154)
二、抛物线的性质	(155)
8—7 坐标变换	(159)

第九章 数例

9—1 数列的概念	(165)
9—2 等差数列	(165)
9—3 等比数列	(167)
9—4 无穷级数	(169)

第十章 矢量和复数

10—1 矢量	(172)
一、矢量与标量	(172)
二、矢量的合成	(172)
三、矢量的积	(174)
四、矢量的分解	(175)
10—2 复数	(178)
一、虚数	(178)

二、虚数的意义	(178)
三、复数	(179)
四、复数的表示法	(180)
10-3 复数的运算	(183)
一、复数的加法和减法	(183)
二、复数的乘法及除法	(184)
三、复数的乘方	(187)
四、复数的开方	(188)
10-4 复数在交流电路中的应用	(191)
第十一章 微分学	
11-1 极限和连续	(197)
一、极限	(197)
二、连续	(204)
11-2 导数和微分	(208)
一、变化率问题	(208)
二、导数的概念	(210)
三、函数的和、差、积、商的求导法则	(215)
四、复合函数的求导	(220)
五、对数函数、指数函数和反三角函数的求导	(224)
六、基本初等函数求导公式和求导法则表	(230)
七、高阶导数	(231)
八、函数的微分	(233)
九、隐函数及其求导法	(238)
11-3 导数的应用	(239)
一、极大值和极小值问题	(239)
二、函数的幂级数展开式	(241)
第十二章 积分学	
12-1 不定积分	(250)
一、积分的概念	(250)
二、积分常数	(250)
三、积分基本公式	(251)
四、应用公式1~5的积分例题	(252)
五、应用公式6和7的积分例题	(253)
六、应用公式8到17的积分例题	(254)
七、置换变量的积分法	(255)
八、有理公式的积分	(259)
九、分部积分法	(261)
12-2 积分常数	(264)
一、积分常数的决定法	(264)

二、积分常数的几何意义	(264)
三、积分常数的物理意义	(265)
四、利用积分常数解题举例	(266)
12-3 定积分	(270)
一、用积分求面积	(270)
二、定积分	(271)
三、定积分的计算法	(272)
12-4 定积分的应用例题	(274)
第十三章 微分方程	
13-1 微分方程的基本概念	(281)
13-2 一阶一次微分方程的解法	(283)
一、形式1: 变量能分离的微分方程	(284)
二、形式2: 齐次微分方程	(290)
三、形式3: 一阶线性微分方程	(291)
13-3 n 阶一次微分方程的解法	(298)
一、形式1	(298)
二、形式2	(303)
三、形式3	(309)
四、形式4	(309)
第十四章 傅里叶级数	
14-1 函数的傅里叶展开	(319)
一、同频率两个简谐波的叠加	(319)
二、不同频率(成整数倍)简谐波的叠加	(320)
三、周期函数的分解	(321)
四、三角函数的正交性	(322)
五、计算系数 a_0 、 a_n 、 b_n ($n = 1, 2, 3 \dots$) 的公式	(324)
六、应用举例	(327)
14-2 奇函数和偶函数的傅氏级数	(335)
一、奇函数和偶函数	(335)
二、奇函数、偶函数的乘积	(335)
三、奇函数和偶函数在对称区间 $[-a, a]$ 上的积分性质 (a 为任意值)	(336)
四、周期奇函数的傅氏级数	(336)
五、周期偶函数的傅氏级数	(338)
六、奇谐函数的傅氏级数	(340)
七、偶谐函数的傅氏级数	(341)
14-3 傅氏级数的复数形式	(342)
附录 有效数字和计算规则	(348)
习题答案	(350)
参考书目	(375)

第一章 基础知识复习

目的和要求

为了更好地使读者学习《电子技术数学基础》这门课程，我们在这一章中扼要地复习一下基础的数学知识。通过这一章的复习，要求读者能够做到：

1. 掌握正整数、负整数、绝对值、数轴、以及无理数的概念；
2. 掌握代数式的加、减、乘法运算规则；
3. 掌握多项式的加、减、乘法运算和幂的概念；
4. 掌握因式分解的方法；
5. 掌握分式的四则运算；
6. 掌握正比和反比的概念；
7. 掌握根式的概念；
8. 掌握一次方程和二元一次方程组的解法。

1-1 实数

一、 整数

据记载，人类最先认识的数是**正整数**（自然数）。正整数按照它的大小顺序排列是

1, 2, 3, 4……

但是，我们常常还会遇到一些具有相反意义的量，例如：

电位上升5V与下降3V；

温度零上25°C与零下6°C；

功率增加10W与减少4W；

……

在数学中，是以一种简明的形式来表示上面意义相反的量，用带有“+”号的数（符号“+”读为正）来表示上升、零上、增加等类意义的量；而用带有“-”号的数（符号“-”读为负）来代表与上述相反意义的量，如下降、零下、减少等类的量。带有“+”号的数称为**正数**，带有“-”号的数称为**负数**。通常正数的“+”可以省略不写。

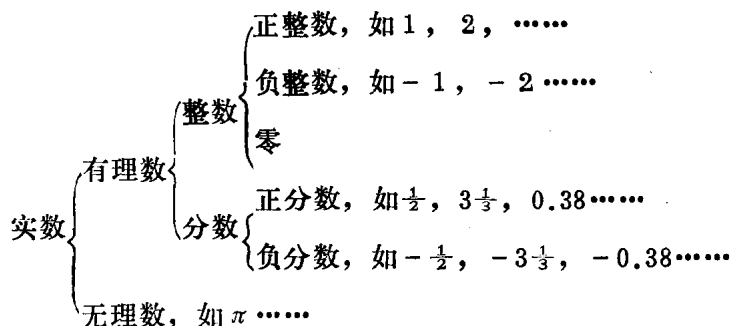
数“零”既不是正数，也不是负数。它是正数与负数的分界点，即介于正数与负数之间的数。

正数和负数的概念，在分析电路时是十分重要的。例如在分析电路中各点的电位时，人们常常假设某点电位为0，电位比这点高的那些点的电位是正值（高电位），电位比这点低的那些点的电位是负值（低电位）。所以，电位的正负是相对于零电位来说的。同样，当分析电路中电流的方向时，我们也常常假设一个电流的方向，然后将与这个方向相同的电流定为正值，与这个方向相反的电流定为负值。所以，电流的正负实际上是相对于假定的方向来

说的。

有了负数以后，使我们对数的认识大大扩展了。我们通常将整数（正整数、负整数、零）和分数（正分数、负分数）统称为有理数。另外，对于象 $\pi = 3.14159\cdots$ 等，既不是整数，又不是分数，而是无限不循环的小数，我们称它为无理数。有理数和无理数统称为实数。

上述各种数可列表如下：



二、数轴

在一条直线上取一点 0 作为“原点”，用它来表示零，规定直线从左到右的方向为正，用箭头表示出来，并取一定长度的线段作为单位长度，如图 1-1 所示。这种规定了方向、原点和长度单位的直线称为数轴。正数在数轴上的对应点在零点的右侧，负数在数轴上的对应点在零点的左侧。任何一个实数，都可以相应地用数轴上唯一确定的点来表示。反过来，对数轴上任何一个点，也可用一个唯一确定的实数来表示。即数轴上的点与实数之间有着一一对应的关系。

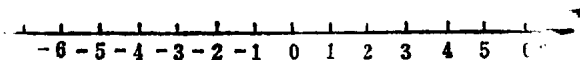


图 1-1

三、绝对值

在数轴上表示一个数的点，它离开原点 O 的距离，称为这个数的绝对值。例如，+3 和 -3 的绝对值都是 3，我们用符号 “| 3 |” 来表示数 3 的绝对值，即

$$| 3 | = 3, \quad | - 3 | = 3$$

绝对值相等而符号相反的两个数，互为相反数。即 3 是 -3 的相反数，-3 是 3 的相反数。

根据绝对值的意义可以知道：正数和零的绝对值是它们本身，负数的绝对值是它的相反数。

对于一个 1.5V 的干电池来说，1.5V 是指它的绝对值。因为当电池的正极接地时，负极电位为 -1.5V；当电池的负极接地时，正极的电位为 +1.5V。

由一个实数在数轴上所对应的点的位置，可以知道这个实数的大小。当数轴上的点从左到右（即沿正方向）移动时，它所表示的实数由小变大。所以，可以得出下述法则：

1. 对于正数，绝对值越大，数值也越大，如 4 大于 2；
2. 正数大于零，如 2 大于 0；
3. 零大于负数，如 0 大于 -2；

4. 对于负数, 绝对值越大, 数值越小, 如 -2 大于 -4 。

1-2 代数式

一、用字母表示数

在算术中, 我们知道:

$$2 \times 3 = 3 \times 2$$

这就是说, 在数的乘法中, 被乘数与乘数互换位置, 它们的乘积不变。这一法则称为**交换律**, 它不仅对于 2×3 适用, 而且对于任意两个数相乘都是运用的。如果我们用字母 a 表示被乘数, 字母 b 表示乘数, 那么, 上面的乘法法则就可写为

$$a \times b = b \times a$$

这里, 字母 a 和 b 可以表示任何数值, 它不像数字 “2” 和 “3” 只是一些特殊的数值。

另外, 在算术中, 我们还学过, 100 的 1% 是

$$100 \times 1\% = 1,$$

100 的 50% 是

$$100 \times 50\% = 50。$$

这种由已知百分率求任何数的百分数的运算, 也可以用字母来简单概括地表达。例如用 N_1 表示任何数, n 表示百分率, 并用字母 N_2 表示所求百分数, 那么就是

$$N_2 = N_1 \times n$$

可见, 用字母表示数, 可以表达数量间的一般规律。

二、代数式

用运算符号将数字和字母连接而成的式子, 称为**代数式**, 简称**式**或**式子**。例如 $a \times b$,

$\frac{U}{I}$, $2x + 1$ 等都是代数式。单独一个数字或字母, 如 a , 10 等, 也可以看作是代数式。

1. 代数式中的运算符号

代数式中的运算, 包括加、减、乘、除、乘方和开方共六种。其中加、减、乘、除四种运算符号与算术中相同。但是, 代数式中的乘法记号 “ $\times$ ” 也可写为 “ $\cdot$ ”, 在不引起误解的情况下, 乘号也可以省略不写。例如:

$a \times b$ 可写为 $a \cdot b$ 或 ab ;

$2 \times a$ 可以写为 $2 \cdot a$ 或 $2a$ 。

除号 “ $\div$ ” 在代数式中很少使用, 相除大多写成像分数那样的形式。例如

$$U \div R \text{ 一般写为 } \frac{U}{R}。$$

对于乘方和开方, 在后面再讨论。

代数式的运算, 是根据运算符号, 按照先乘方开方, 再乘除, 最后加减的顺序进行的。当代数式包含有括号时, 应先进行括号内的运算。先小括号 $()$ 、再中括号 $[]$ 、大括号 $\{\}$ 。

用符号“=”将两个代数式连接起来所成的式子，称为**等式**。例如

$$I = \frac{U}{R}, \quad \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

用不等号“>”（大于）或“<”（小于）将两个代数式连接起来所成的式子，称为**不等式**，如 $I_1 U_1 < I_2 U_2$ 、 $b^2 - 4ac > 0$ 等。

2. 代数式的值

将数值代替代数式中的字母，进行运算后所得的结果，就是这个**代数式的值**。

[例1] 已知 $I_2 = 1.4$ ， $U_1 = 8$ ，求代数式 $I_1 U_1$ 的值。

解：将 $I_1 = 1.4$ ， $U_1 = 8$ 代入代数式 $I_1 U_1$ 中，得

$$I_1 U_1 = 1.4 \times 8 = 11.2$$

[例2] 已知 $N_1 = 80$ ， $\eta = 80\%$ ，求代数式 $\frac{N_1}{\eta}$ 的值。

解：将 $N_1 = 80$ ， $\eta = 80\%$ 代入代数式 $\frac{N_1}{\eta}$ 中，得

$$\frac{N_1}{\eta} = \frac{80}{80\%} = 100。$$

[例3] 已知 $U = 220$ ， $P_1 = 40$ ， $P_2 = 25$ 。求代数式 $\frac{P_1}{U} + \frac{P_2}{U}$ 的值。

解： $\frac{P_1}{U} + \frac{P_2}{U} = \frac{40}{220} + \frac{25}{220} \approx 0.18 + 0.12 = 0.30。$

[例4] 已知 $R_0 = 4$ ， $\alpha = 0.004$ ， $T_1 = 80$ ， $T_2 = 20$ 。求代数式 $R_0[1 + \alpha(T_1 - T_2)]$ 的值。

解： $R_0[1 + \alpha(T_1 - T_2)] = 4[1 + 0.004(80 - 20)]$

$$= 4[1 + 0.004 \times 60] = 4[1 + 0.24]$$

$$= 4 \times 1.24 = 4.96$$

三、运算规则

1. 加法

同号两数相加，取它们原来的符号，并将它们的绝对值相加。例如

$$(+2) + (+3) = +(|2| + |3|) = 2 + 3 = 5$$

$$(-2) + (-3) = -(|-2| + |-3|) = -(2 + 3) = -5$$

异号两数相加，取绝对值较大的那个加数的符号，并以较大的绝对值减去较小的绝对值。例如 $(+8) + (-4)$ ，因为 $|+8| > |-4|$ ，所以

$$(+8) + (-4) = +(|+8| - |-4|) = 8 - 4 = 4$$

对于 $(-8) + (+4)$ ，则

$$(-8) + (+4) = -(|-8| - |+4|) = -(8 - 4) = -4$$

2. 减法

减法是加法的逆运算。减去一个数，等于加上它的相反数。即