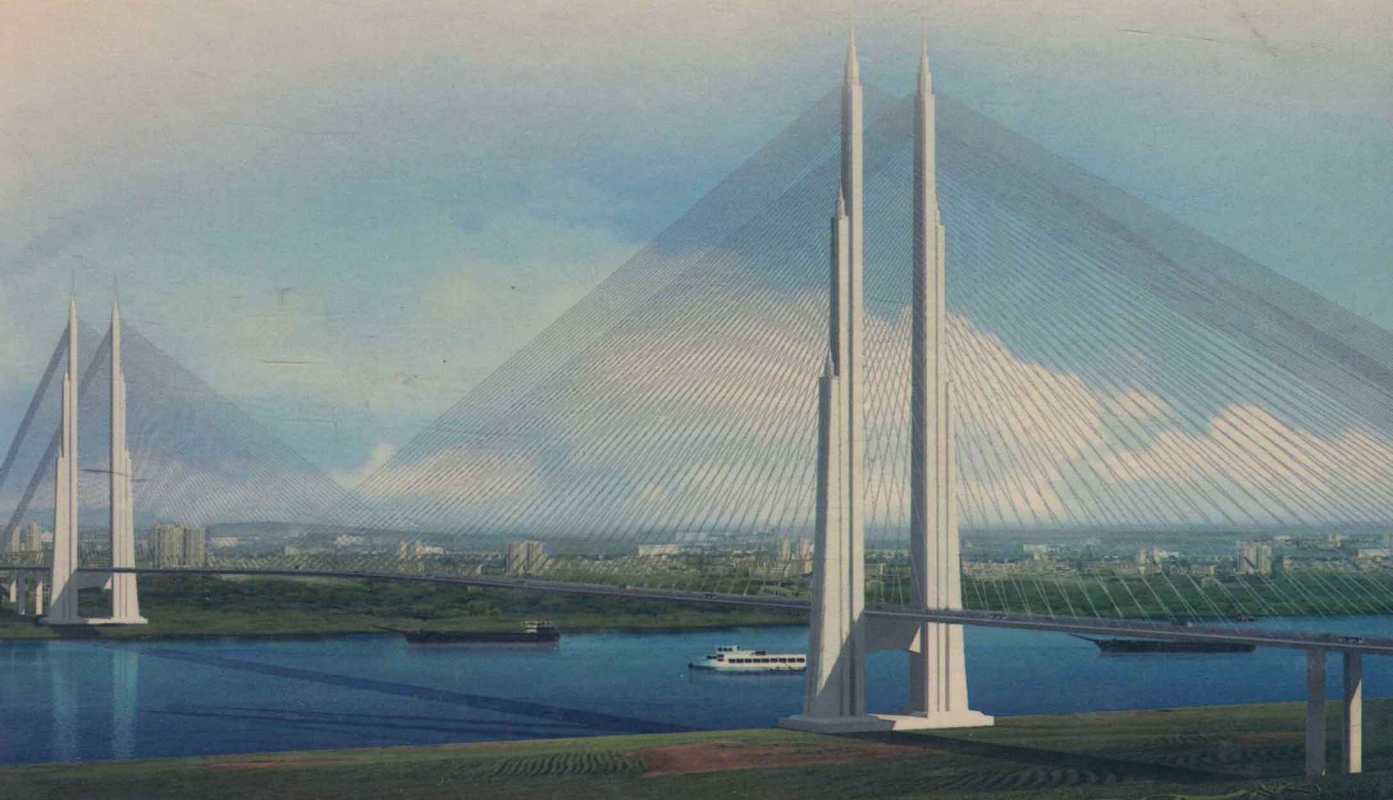


Bridge Design & Computation

桥梁设计与计算

(第二版)

邵旭东 程翔云 李立峰 编著



人民交通出版社
China Communications Press

桥梁设计与计算

(第二版)

邵旭东 程翔云 李立峰 编著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书共分六篇,详细介绍了公路桥梁设计中涉及的基本计算公式、梁式桥、刚构桥、拱桥、斜拉桥与悬索桥,是桥梁设计人员必备的手册工具书,内容全面、翔实,具有较强的针对性及可操作性。

本书可供大专院校相关专业师生学习参考,同时也可作为注册结构工程师(桥梁工程)考试辅导教材。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁设计与计算/邵旭东,程翔云,李立峰编著

.—2版.—北京:人民交通出版社,2012.11

ISBN 978-7-114-10159-5

I. ①桥… II. ①邵…②程…③李… III. ①公路桥—桥梁设计②公路桥—桥梁工程—计算方法 IV. ①U448.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 250282 号

书 名:桥梁设计与计算(第二版)

著 作 者:邵旭东 程翔云 李立峰

责任编辑:吴有铭 李 农

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:55.75

字 数:1417千

版 次:2007年2月 第1版

2012年11月 第2版

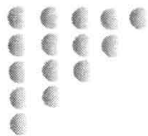
印 次:2012年11月 第2版第1次印刷 总第4次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10159-5

定 价:180.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

第二版 前言 QIANYAN



本书是《桥梁设计与计算》的第二版，在第一版的基础上，作了如下修改和补充：

(1) 根据近6年来桥梁技术的发展，更新了相关内容。

(2) 对薄壁箱梁的理论计算公式、非等长桩承台的计算方法等作了补充和完善。

(3) 在第2~6篇的末尾，分别增加了梁式桥、刚构桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥的有限元电算方法。

(4) 补充了部分热点问题的分析和阐述，如大跨度预应力混凝土箱梁桥的开裂与下挠问题、钢桥面铺装问题、千米级斜拉桥的新结构体系等。

曹君辉、胡佳、詹豪、何东升、雷徽、刘汉彪、周捷、刘伟伟、王文前、周环宇、陈飞、张策参与了本书的修订工作。

编著者

2012年10月

第一版 前言 QIANYAN



《桥梁设计与计算》编写的宗旨是希望为广大的桥梁设计人员提供一本实用的工具书，借助这本书，设计人员不仅能够快速查阅各种桥梁信息，也能得心应手地解决各类复杂的桥梁结构计算问题。

本书的主要特点如下：

(1) 为方便读者日常查阅，提供了杆件静力计算基本公式、结构初拟尺寸的经验公式及各种桥型最基本的结构构造。

(2) 提供了各类桥梁的计算理论、方法及相应的计算模型，并尽可能多附算例，读者可按照算例的步骤进行计算。对部分疑难问题还提供了简化算法，如徐变内力计算，斜、弯简支和连续梁桥的横向分布计算，顶推过程中控制截面内力计算，群桩等代结构计算，高墩非线性效应计算和箱梁畸变计算等。

(3) 为满足程序计算的需要，提供了将空间问题转化为平面杆系问题的部分计算模型，如斜拉桥和悬索桥横向抗风静力稳定计算等。

(4) 涉及桥梁方面相关设计规范的内容，主要以2004年及以后颁布规范为准，部分算例同时附有原有规范的计算结果以资对比。

全书共六篇，第一篇为基本计算公式，内容包括相关数学公式及梁、拱、板、刚架、弹性地基梁、结构稳定、薄壁结构扭转的计算公式；第二篇为梁式桥，包括各种截面简支梁和连续梁的内力计算；第三篇为刚构桥，包括连续刚构、T形刚构、斜腿刚架桥的内力计算；第四篇为拱桥，包括各种截面形式的上承式、中承式拱，普通拱和系杆拱桥的内力计算；第五篇为斜拉桥，包括总体布局、调索计算、施工计算、稳定计算、抗风和抗震计算；第六篇为悬索桥，内容包括主要构件设计、内力计算方法、代换梁法、横向静风计算、自振频率计算。

本书由湖南大学桥梁工程研究所编写，主要编写人员如下：第一篇由程翔云、李立峰编写，第二篇由程翔云、邵旭东、金晓勤编写，第三篇由程翔云、邵旭东、张阳编写，第四篇由程翔云、晏班夫、李立峰编写，第五篇由邵旭东、祝志文、程翔云、彭益华编写，第六篇由邵旭东、邓军、程翔云编写；另外，李立峰编写了部分算例，彭旺虎、王浩磊、易笃韬、邹娟、刘春、赵怡彬、王莉、王金磊、彤辉、陈志新等校订了部分书稿。

王伯惠、楼庄鸿、谭昌富等诸位先生提供了很多宝贵的资料，在此表示衷心感谢。

书中若有差错和疏漏之处，敬请读者指正。同时，欢迎登陆湖南大学桥梁工程研究所网站(<http://www.hnubridge.com>)!

编著者

2006年10月

目录 MULU



第一篇 基本计算公式

第一章 数学公式	3
第一节 代数.....	3
第二节 平面三角函数.....	8
第三节 双曲三角函数.....	9
第四节 微分	10
第五节 积分	11
第六节 若干近似公式	15
第七节 拉格朗日插值公式	16
第二章 几何特性计算	17
第一节 计量单位及换算	17
第二节 常用立体的计算公式	21
第三节 截面力学特性	23
第四节 计算受弯构件变形的图乘法用表	33
第三章 等截面梁计算公式	37
第一节 单跨梁	37
第二节 连续梁	53
第四章 等截面拱计算用表	61
第一节 拱轴几何尺寸	61
第二节 拱截面内力	63
第五章 板	68
第一节 说明	68
第二节 四边简支板	69
第三节 四边嵌固板	71
第四节 不同支承条件下的板	72
第五节 肋板	75
第六章 刚架	76
第一节 “Π”形刚架计算公式	76

第二节	斜腿刚架计算公式	79
第七章	弹性地基梁	83
第一节	基本微分方程	83
第二节	无限长梁和半无限长梁	84
第三节	短梁	85
第四节	其他地基梁	86
第八章	结构的稳定计算	89
第一节	压杆的稳定计算	89
第二节	梁平面弯曲的稳定计算	90
第三节	拱的稳定计算	91
第四节	拉(压)弯杆件	92
第九章	薄壁杆约束扭转的内力计算公式	95
第一节	开口截面薄壁梁	95
第二节	箱形截面薄壁梁	103

第二篇 梁 式 桥

第一章	板桥	123
第一节	整体式简支板桥	123
第二节	装配式简支板桥	129
第三节	整体式连续板桥	137
第四节	简支斜板桥	148
附表 I	铰接(梁)桥荷载横向分布影响线表	159
第二章	装配式 T 形、工形简支梁桥	170
第一节	标准图设计基本尺寸	170
第二节	装配式钢筋混凝土及预应力混凝土简支梁桥的计算内容	172
第三节	荷载横向分布系数计算	173
第四节	横隔梁内力计算	183
第五节	桥面板内力计算	191
第六节	桥面连续桥梁柔性排架桥墩的计算	194
第七节	简支斜肋梁桥的荷载横向分布系数计算	210
第八节	简支弯肋梁桥荷载横向分布计算	218
第三章	箱形截面连续梁桥	225
第一节	基本尺寸的拟定	225
第二节	内力计算步骤	229
第三节	恒载内力计算	230
第四节	汽车荷载内力计算	237
第五节	预应力作用下的次内力计算——等效荷载法	242
第六节	混凝土徐变次内力计算——换算弹性模量法	245
第七节	基础沉降次内力计算	256

第八节	温度应力计算	258
第九节	悬臂法施工时的挠度计算和预拱度设置	264
第四章	箱形截面梁的受力分析	267
第一节	概述	267
第二节	对称荷载下的箱梁翼缘正应力分布	269
第三节	箱形截面梁在畸变荷载作用下产生的横向内力	275
第四节	箱梁因局部集中荷载产生的横向内力	292
第五章	斜支承的连续箱梁桥	295
第一节	支座布置	295
第二节	受力特点	296
第三节	等斜交角、等截面连续梁恒载内力计算	297
第四节	汽车荷载内力计算	308
第五节	预加力作用下的次内力计算	314
第六节	基础沉降引起的次内力计算	319
第七节	温差引起的次内力计算	323
第八节	混凝土徐变次内力近似计算	332
附表 II	连续斜梁桥的计算用表	334
第六章	箱形截面连续弯梁桥	341
第一节	连续弯梁桥的一般特点与结构布置	341
第二节	连续弯梁桥的计算特点	344
第三节	恒载内力计算	348
第四节	汽车荷载内力计算	353
第五节	应用平面杆系有限元法程序近似分析法	359
第六节	连续弯箱梁桥设计中的其他问题	365
第七章	连续梁桥的电算方法	370
第一节	建模要点	370
第二节	变截面连续梁桥分析实例	372
第三节	曲线梁桥建模要点	375
第四节	曲线梁桥建模分析实例	376
附表 III	弯梁桥的计算用表	380

第三篇 刚 构 桥

第一章	连续刚构桥	387
第一节	总体布置及结构构造	387
第二节	连续刚构桥的计算特点	390
第三节	群桩基础的简化模拟	398
第四节	高桥墩的稳定分析	411
第五节	桥墩的撞击分析	416
第六节	主梁下挠、开裂的原因和对策	421

第二章 T形刚构桥	425
第一节 总体布置及构造	425
第二节 内力计算	427
第三节 并联两箱间桥面板横向内力计算	432
第四节 牛腿的计算	438
第三章 斜腿刚架桥	443
第一节 结构类型与布置	443
第二节 内力计算	445
第三节 次内力计算	447
第四章 连续刚构桥的电算方法	454
第一节 建模要点	454
第二节 变截面连续刚构桥分析实例	457

第四篇 拱 桥

第一章 空腹式钢筋混凝土拱桥	465
第一节 总体布置及尺寸拟定	465
第二节 恒载内力计算	473
第三节 汽车荷载内力计算	482
第四节 其他因素产生的内力计算	486
第五节 稳定性验算	489
第六节 拱桥计算中的其他问题	493
第二章 中承式钢筋混凝土拱桥	496
第一节 总体布置及结构构造	496
第二节 中承式拱桥内力计算	502
第三节 中承式拱桥的稳定性计算	507
第三章 中承式钢管混凝土拱桥	509
第一节 总体布置及结构构造	509
第二节 主拱拱肋恒载内力计算	514
第三节 汽车荷载的内力计算要点	519
第四节 徐变次内力的近似计算	520
第五节 其他计算问题	526
第四章 简支混凝土系杆拱桥	527
第一节 结构构造及尺寸拟定	527
第二节 内力计算的要点	531
第五章 拱桥的电算方法	534
第一节 建模要点	534
第二节 主要分析内容	538
第三节 计算实例	538

第五篇 斜拉桥

第一章 总体布置及尺寸拟定	549
第一节 跨径和分孔	549
第二节 结构体系	555
第三节 主梁	560
第四节 索塔	574
第五节 拉索	579
第六节 千米级斜拉桥	589
第二章 索力调整计算	593
第一节 索力优化方法简介	593
第二节 索力的初拟和调整	600
第三节 前进和倒退分析法	607
第三章 斜拉桥的有限位移分析法	610
第一节 斜拉桥的受力性能	610
第二节 斜拉桥的施工模拟计算	613
第三节 拉索初张力和主梁预拱度计算	620
第四节 次内力计算	623
第四章 空间稳定计算	632
第一节 主梁稳定性计算	632
第二节 主塔稳定性计算	634
第三节 静风荷载下横向稳定性计算	639
第五章 抗风和抗震	643
第一节 自然风及特性	643
第二节 静风荷载	646
第三节 斜拉桥的动力特性	653
第四节 颤振稳定性分析	659
第五节 抖振和涡激共振分析	662
第六节 桥梁抗风风洞试验	669
第七节 斜拉桥抗风概念设计	676
第八节 单索面斜拉桥索塔受横向风载时的静力稳定性简化算法	678
第九节 桥梁抗震计算的反应谱法	689
第十节 有限元时程分析法	694
第六章 混凝土斜拉桥的徐变分析	696
第一节 关于徐变系数中加载龄期 τ_0 的确定	696
第二节 徐变分析的计算模型	697
第三节 徐变次内力及徐变变形计算	700
第四节 示例	701
第七章 斜拉桥的电算方法	706

第一节	建模要点	706
第二节	主要分析内容	708
第三节	计算实例	709

第六篇 悬索桥

第一章	悬索桥的设计	719
第一节	总体布置	719
第二节	桥塔的设计	720
第三节	主缆的设计	727
第四节	加劲梁的设计	729
第五节	吊索的设计	735
第六节	锚碇的设计	739
第七节	鞍座与支座的设计	743
第八节	正交异性钢桥面及铺装的设计	746
第二章	悬索桥的内力计算内容及计算方法	752
第一节	计算基本步骤	752
第二节	结构平面分析的内容	752
第三节	计算方法简介	753
第四节	悬索桥主缆系统计算	770
第五节	加劲梁的截面力学特性公式	790
第六节	冲击系数及荷载增大系数	796
第三章	悬索桥平面整体分析的代换梁法	798
第一节	代换梁法原理简介	798
第二节	主缆水平拉力 H_p 的计算公式及其计算用表	799
第三节	代换梁法的具体应用	804
第四节	单跨双铰钢桁梁悬索桥计算示例	806
第五节	三跨连续钢筋箱加劲梁悬索桥计算示例	813
第四章	横桥向静风荷载计算	821
第一节	单跨简支(双铰)悬索桥	821
第二节	三跨连续悬索桥	825
第五章	悬索桥的振动频率	834
第一节	常用符号	834
第二节	单跨简支(双铰)悬索桥的振动频率	835
第三节	三跨等刚度简支(双铰)悬索桥的振动频率	836
第四节	三跨等刚度连续悬索桥的振动频率	838
第五节	示例	839
第六章	自锚式悬索桥	845
第一节	跨径布置与加劲梁截面形式	845
第二节	锚固系统	850

第三节	自锚式悬索桥的索力及加劲梁内力近似计算.....	854
第七章	悬索桥的电算方法.....	862
第一节	建模要点.....	862
第二节	主要分析内容.....	865
第三节	计算实例.....	865
参考文献	872

第一篇

基本计算公式 Basic Calculation Formula

第一章 数学公式

DIYIZHANG



第一节 代 数

一、恒等式及因式分解

- $a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$
- $a^3 - b^3 = (a - b)(a^2 + ab + b^2)$
- $a^3 + b^3 = (a + b)(a^2 - ab + b^2)$
- $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
- $(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$
- $(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$
- $(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$
- $(a + b + c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2(ab + bc + ca)$
- $(a + b + c)^3 = a^3 + b^3 + c^3 + 3(b^2c + bc^2 + c^2a + ca^2 + a^2b + ab^2) + 6abc$
- $a^n - b^n = (a - b)(a^{n-1} + a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 + \cdots + ab^{n-2} + b^{n-1})$ ($n =$ 正整数)
- $a^n - b^n = (a + b)(a^{n-1} - a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 - \cdots + ab^{n-2} - b^{n-1})$ ($n =$ 偶数)
- $a^n + b^n = (a + b)(a^{n-1} - a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 - \cdots - ab^{n-2} + b^{n-1})$ ($n =$ 奇数)

二、指 数

- $a^m a^n = a^{m+n}$
- $a^m \div a^n = a^{m-n}$
- $(a^m)^n = a^{mn}$
- $\sqrt[m]{a} = a^{\frac{1}{m}}$
- $\sqrt[m]{\frac{1}{a}} = a^{-\frac{1}{m}}$
- $\sqrt[m]{a} \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[mn]{a^{m+n}}$
- $a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m$
- $\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[mn]{a}$
- $a^{-m} = \frac{1}{a^m}$
- $\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$

$$11. \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$$

$$12. a^{-\frac{m}{n}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a^m}}$$

$$13. (ab)^m = a^m b^m$$

$$14. \left(\frac{a}{b}\right)^m = \frac{a^m}{b^m}$$

$$15. a^0 = 1 \quad (\text{但 } a \neq 0)$$

三、对 数

1. 若 $a^x = M$, 则 $\log_a M = x$ ($a > 0, a \neq 1$)

2. 恒等式 $a^{\log_a M} = M, \log_a 1 = 0, \log_a a = 1$

3. 对数运算

$$\log_a (MN) = \log_a M + \log_a N$$

$$\log_a \left(\frac{M}{N}\right) = \log_a M - \log_a N$$

$$\log_a (M^n) = n \log_a M$$

$$\log_a (\sqrt[n]{M}) = \frac{1}{n} \log_a M$$

4. 换底公式

$$\log_a M = \frac{\log_b M}{\log_b a}, \log_a b \cdot \log_b a = 1$$

5. 与自然对数的关系

$$\lg M \text{ (以 } 10 \text{ 为底)} = 0.4343 \ln M$$

$$\ln M \text{ (以 } e \text{ 为底)} = 2.3026 \lg M$$

$$\lg e \cdot \ln 10 = 1 \quad (e = 2.7182818)$$

四、方 程

1. 二次方程

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

2. 三次方程

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$$

设 $z = x - \frac{b}{3a}$, 则可化为:

$$x^3 + 3px + 2q = 0$$

$$\text{式中: } 2q = \frac{2b^3}{27a^3} - \frac{bc}{3a^2} + \frac{d}{a};$$

$$3p = \frac{3ac - b^2}{3a^2}.$$

$x^3 + 3px + 2q = 0$ 之根

$$x_1 = u + v \quad x_2 = \omega_1 u + \omega_2 v \quad x_3 = \omega_2 u + \omega_1 v$$

$$\text{式中: } \omega_1 = \frac{1}{2}(-1 + i\sqrt{3});$$

$$w_2 = \frac{1}{2}(-1 - i\sqrt{3});$$

$$u = \sqrt[3]{-q + \sqrt{q^2 + p^3}};$$

$$v = \sqrt[3]{-q - \sqrt{q^2 + p^3}}.$$

3. 三次方程的近似解——牛顿法

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$$

设:

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

则:

$$f'(x) = 3ax^2 + 2bx + c \quad (\text{上式的导数})$$

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}$$

其中: x_k 为该方程的根的第 k 次假定值。若 x_{k+1} 与 x_k 相差较大时, 则用 x_{k+1} 取代上式右边的所有 x_k , 从而得到新的近似根 x_{k+2} 。如此循环, 直至等式两侧的 x_{k+n} 和 x_{k+n-1} 接近到所需要的精度为止。这种方法也适用于更高阶的方程。

五、级数之和

$$1. a + (a+d) + (a+2d) + \cdots + (a+nd) = \frac{n+1}{2}(2a+nd)$$

$$2. a + ar + ar^2 + \cdots + ar^n = a \frac{r^{n+1} - 1}{r - 1}$$

$$3. 1 + 2 + 3 + \cdots + n = \frac{1}{2}n(n+1)$$

$$4. 1^2 + 2^2 + 3^2 + \cdots + n^2 = \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1)$$

$$5. 1^3 + 2^3 + 3^3 + \cdots + n^3 = \frac{1}{4}n^2(n+1)^2$$

$$6. 1 + 3 + 5 + \cdots + (2n-1) = n^2$$

$$7. 1^2 + 3^2 + 5^2 + \cdots + (2n-1)^2 = \frac{1}{3}n(2n-1)(2n+1)$$

$$8. 1^3 + 3^3 + 5^3 + \cdots + (2n-1)^3 = n^2(2n^2-1)$$

$$9. 1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 4 + \cdots + n(n+1) = \frac{1}{3}n(n+1)(n+2)$$

$$10. 1 + 2x + 3x^2 + 4x^3 + \cdots + nx^{n-1} = \frac{1-x^n}{(1-x)^2} - \frac{nx^n}{1-x}$$

六、无限级数及函数展开式

$$1. (1 \pm x)^n = 1 \pm nx + \frac{n(n-1)}{2!}x^2 \pm \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}x^3 + \cdots + (\pm 1)^m \frac{n(n-1)\cdots(n-m+1)}{m!}x^m + \cdots$$