

供用电工人技能手册

电力电缆

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
上海电缆输配电公司 史传卿 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

● 供用电工人技能手册

电 力 电 缆

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
上海电缆输配电公司 史传卿 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为满足供用电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供用电生产实际情况,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社共同组织编写了一套《供用电工人技能手册》。本套手册以简明扼要的形式,对职业技能鉴定所必备的知识 and 技能要求予以精炼,以便供用电人员在工作中查用,以增强操作技能,提高技术素质。

本分册是《供用电工人技能手册》之一,共八章,主要介绍理论基础、电力电缆与电缆线路、电力电缆敷设、电力电缆试验、电力电缆终端与接头、电力电缆运行与检修管理、电力电缆安全施工与质量管理、电力电缆工基本技能以及有关电力电缆的型号、终端与接头型号、电缆金属护套与铠装损耗计算和电缆载流表等。

本分册是电力电缆工的职业技能鉴定和日常工作的必备工具书,也可作为电力电缆专业技术人员和管理人员等参考工具书。

图书在版编目(CIP)数据

电力电缆/上海电缆输配电公司史传卿主编. —北京:
中国电力出版社, 2004

(供用电工人技能手册/中国电机工程学会城市供电
专业委员会组编)

ISBN 7-5083-2231-2

I. 电... II. 中... III. 电力电缆-技术手册
IV. TM247-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 014991 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 8 月第一版 2005 年 6 月北京第二次印刷
850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 11.625 印张 348 千字
印数 3001—6000 册 定价 27.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《供用电工人技能手册》

编 委 会

主任委员：宗 健

副主任委员：朱良镭（常务） 刘铭刚 陈效杰
孙秉正 杨元峰

编委委员：蒋晓华 尹庆福 程亚平 陈延宁
姜 芸 陈海波 王宏毅 郭宏山
关 城 肖 兰 张 涛



为了配合全国供电企业的职业技能鉴定工作,满足供用电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供用电生产实际情况,组织编写了一套《供用电工人技能手册》。这是一套全国供用电企业生产人员在日常工作和现场作业时必备的工具书。

本套手册是经供用电专家的充分酝酿和集体推荐,确定了由一批业内有影响的企业单位推举的约20多位有扎实理论基础、有丰富实践经验的专家担任各分册的主编。同时,在各有关单位的支持下,经过编写和审查人员的共同努力,认真完成了本套手册的编写和审查工作。

本套手册包括了职业技能鉴定规范中线路运行与检修、变电运行与检修、营业用电三个专业十余个主要工种,具体有:送电线路工、配电线路工、电力电缆工、内线安装工、变电带电检修工、变电检修工、变压器检修工、直流设备检修工、变电站值班员、继电保护工、电气试验工、电测仪表工、用电检查员、装表接电员、电能表修理工、电能表校验工等。

本套手册的内容,大部分是与相应工种的《职业技能鉴定规范》内容要求直接相对应,是以《职业技能鉴定规范》中的中级工鉴定内容为切入点,延伸到初级工、高级工、技师的鉴定内容,而且也充分注意到《职业技能鉴定规范》以外的、现场人员经常查用的重要知识,以及新设备、新技术、新工艺的推广应用。因此本套手册的内容定位,体现了符合现场量大面广的工作实际需要。

本套手册突出了“手册”的特点,对技能鉴定规范的知识要求内容进行了浓缩、精炼,对技能要求内容注意提炼出要点和关键内容,一方面力求易查、易懂,便于现场使用,另一方面力求在日常工作中能够夯实职业技能鉴定的基础,提高生产人员技术素质。

本套手册的编写工作得到了河北省电力公司、北京电力公司、上海久隆电力科技有限公司、太原供电局、郑州电业局、上海电缆输配电公司、

上海超高压输变电公司、上海电力公司表计厂、上海电力变压器修造厂有限公司等单位的大力支持，在此表示衷心的感谢！

《供用电工人技能手册》编委会

2004 年 1 月



本书是为适应电力技术的发展、满足供电企业进行职业技能鉴定和提高员工素质的需要而组织编写的。它是《供用电工人技能手册》系列工具书的一个分册。本书以《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》为主要依据,紧密结合生产工作实际,内容简明实用。书中汇编了电力电缆技工所必备的基本理论和技能知识,包括数学、电工基础、电缆结构特性、敷设方法、试验技术、电缆终端和接头制作、电缆线路运行检修以及安全管理等内容。

本书由史传卿主编,戴慈万、周利军参编,姜芸主审,林曾荣绘制了插图。盛龙宝对编写工作给予了关心和支持,徐国柱、孟卓青、范慈生、柯凌炜、朱绍彬、谭永耀等对文稿提出了许多宝贵意见,张国英协助完成了文稿的打印和整理,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中难免有不当之处,敬请读者批评和指正。

编者

2003年12月



前言

编者的话

第一章 理论基础 1

第一节 数学公式和力学基础知识 1

一、数学公式 (1) 二、力学基础知识 (9)

第二节 电路和电磁场 15

一、电路 (15) 二、电磁场 (26)

第三节 电力系统 32

一、电力系统概述 (32) 二、中性点接地方式和电力系统短路 (35) 三、电力电缆在运行中所承受的过电压及其防护 (38) 四、继电保护与信号装置 (39) 五、电力系统运行基本要求 (41)

第二章 电缆和电缆线路 43

第一节 电缆结构和特性 43

一、电缆种类 (43) 二、电缆导体 (49) 三、电缆绝缘层 (54) 四、电缆屏蔽层和护层 (60) 五、电缆和电缆线路特性 (63)

第二节 电缆线路损耗和载流量 65

一、电缆线路损耗 (65) 二、电缆线路载流量 (67) 三、电缆线路热稳定性 (75) 四、电缆线路最佳经济截面 (77)

第三章 电缆敷设 78

第一节 电缆线路路径选择 78

一、选择电缆线路路径原则 (78) 二、水底电缆路径选择 (79)

第二节 电缆金属护套交叉互联与回流线 80

一、电缆金属护套交叉互联 (80) 二、电缆线路回流线 (81)

第三节 电缆敷设工程管理 83

一、电缆敷设计算 (83) 二、电缆工程预算 (86) 三、电缆仓储运输和安装前质量检查 (91) 四、电缆敷设施工用机械设备和工器具 (93) 五、电缆敷设工程施工组织设计 (98) 六、电缆敷设作业指导书 (99)

第四节 电缆敷设方式..... 99

一、直埋敷设 (100) 二、排管敷设 (102) 三、电缆沟敷设 (107) 四、电缆桥梁敷设 (109) 五、电缆竖井敷设 (110) 六、电缆隧道敷设 (113) 七、水底电缆敷设 (116) 八、电缆热机械性能和电缆固定 (120)

第四章 电缆试验 124

第一节 电缆工厂试验 124

一、例行试验 (124) 二、抽样试验 (126) 三、型式试验 (127)

第二节 试验设备和仪器仪表 128

一、试验设备 (128) 二、试验用仪器、仪表 (129)

第三节 电缆竣工试验 130

一、绝缘电阻测量 (131) 二、绝缘耐压试验和泄漏电流试验 (131) 三、电缆油样试验 (134) 四、护层耐压试验 (135) 五、油阻试验 (136) 六、电缆线路参数测量 (136)

第四节 电缆预防性试验 140

一、电缆预防性试验项目和周期 (140) 二、电缆预防性试验一般规定 (141) 三、充油电缆油样试验 (142)

第五节 电缆线路故障测寻 143

一、电缆故障类型和测寻方法 (143) 二、应用电桥法测寻电缆故障 (143) 三、应用脉冲法测寻电缆故障 (145) 四、电缆故障精确定点 (147) 五、电缆线路鉴别 (148)

第五章 电缆终端和接头 150

第一节 终端和接头特点与类型 150

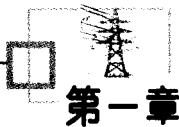
一、终端和接头特点 (150) 二、终端和接头类型 (150)

第二节 终端和接头安装 152

一、电缆导体连接 (152) 二、电缆终端和接头绝缘结构 (161) 三、电缆终端和接头密封 (175) 四、电缆终端装置 (177)

五、电缆接头施工专用工具和设备 (179)	
第三节 6~35kV 电缆终端和接头	192
一、6~35kV 油纸电缆终端和接头结构 (192)	
二、6~35kV 油纸绝缘电缆终端和接头一般工艺程序 (197)	
三、6~35kV 交联聚乙烯电缆终端和接头结构 (199)	
四、6~35kV 交联聚乙烯电缆终端和接头一般工艺程序 (210)	
第四节 高压电缆终端和接头	214
一、高压电缆终端和接头结构 (214)	
二、高压电缆终端和接头安装工艺 (225)	
第六章 电缆运行和检修	240
第一节 电缆线路验收	240
一、电缆线路工程验收制度 (240)	
二、电缆线路工程项目划分 (240)	
三、电缆敷设工程验收 (241)	
四、电缆接头和终端工程验收 (242)	
五、电缆工程附属设备施工验收 (243)	
六、电缆线路调试和竣工资料验收 (244)	
第二节 电缆线路运行维护	245
一、运行维护基本任务与主要技术指标 (245)	
二、运行维护主要工作 (246)	
第三节 电缆线路检修	257
一、电缆线路检修方法和考核指标 (257)	
二、电缆线路缺陷 (259)	
三、电缆线路带电检修 (264)	
第七章 电缆施工安全与质量管理	268
第一节 安全工作规程	268
一、安全工作方针和基本原则 (268)	
二、《电业安全工作规程》有关规定 (269)	
第二节 安全工作措施	273
一、登杆作业 (273)	
二、脚手架安装 (274)	
三、电气安全用具检查试验 (275)	
四、触电急救和心肺复苏法 (275)	
第三节 职业安全健康管理体系	277
一、实施职业安全健康管理体系作用 (277)	
二、职业安全健康管理体系建立 (277)	
三、职业安全健康管理体系审核和认证 (279)	

第四节 质量管理体系	280
一、质量管理术语 (280) 二、质量管理原则 (281) 三、 质量管理和质量保证系列标准 (282) 四、质量管理体系要求 (284)	
第五节 质量体系文件和认证	288
一、质量体系文件 (288) 二、质量审核和质量体系认证 (291)	
第八章 电缆工基本技能	295
第一节 电缆工基本操作	295
一、搪铅技术 (295) 二、绝缘带绕包技术 (298)	
第二节 识图和绘图	299
一、城市道路地形管线图 (299) 二、电缆线路走向图 (304)	
三、电气主接线图 (307) 四、电缆附件图 (310) 五、计算 机绘图简介 (316)	
第三节 其他基本技能	321
一、起重搬运 (321) 二、钳工技能 (322) 三、电工技能 (333)	
附录1 电力电缆型号	342
附录2 电缆终端和接头型号	346
附录3 电缆金属护套和铠装层损耗计算	350
附录4 电力电缆载流量表	353
附录5 充油电缆 $(ab)_{\max}$ 值	356
附录6 各种型式电缆几何因数	358
参考文献	359



理论基础

第一节 数学公式和力学基础知识

一、数学公式

(一) 代数

1. 基本代数公式

$$(x+a)(x+b) = x^2 + (a+b)x + ab$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

$$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$$

$$a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$$

2. 比例式

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}, \text{ 则 } ad = bc$$

$$\text{合比定理, } \frac{a}{b} = \frac{c}{d}, \text{ 则 } \frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$$

$$\text{分比定理, } \frac{a}{b} = \frac{c}{d}, \text{ 则 } \frac{a-b}{b} = \frac{c-d}{d}$$

$$\text{合分比定理, } \frac{a}{b} = \frac{c}{d}, \text{ 则 } \frac{a+b}{a-b} = \frac{c+d}{c-d}$$

3. 不等式

$$\text{若 } a > b, \text{ 则 } a + c > b + c$$

$$\text{若 } a > b, c > 0, \text{ 则 } ac > bc$$

$$\text{若 } a > b, c < 0, \text{ 则 } ac < bc$$

$$\text{若 } a > b > 0, \text{ 则 } \frac{1}{b} > \frac{1}{a} > 0$$

$$\text{若 } a > b > 0, \alpha > 0, \text{ 则 } a^\alpha > b^\alpha$$

$$\text{若 } a > b > 0, \alpha < 0, \text{ 则 } a^\alpha < b^\alpha$$

$$\text{若 } \frac{a}{b} < \frac{c}{d}, \text{ 且 } b \text{ 与 } d \text{ 同号, 则 } \frac{a}{b} < \frac{a+c}{b+d} < \frac{c}{d}$$

$$a^2 + b^2 \geq 2ab, a, b \text{ 为实数}$$

$$a^3 + b^3 + c^3 \geq 3abc, a, b, c \text{ 为实数}$$

4. 代数方程

一元二次方程 $ax^2 + bx + c = 0 (a \neq 0)$ 的根为

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

当 $b^2 - 4ac > 0$ 时, 方程有两个相异实根;

当 $b^2 - 4ac = 0$ 时, 方程有两个相等实根;

当 $b^2 - 4ac < 0$ 时, 方程有两个共轭复根。

(二) 平面几何

1. 三角形

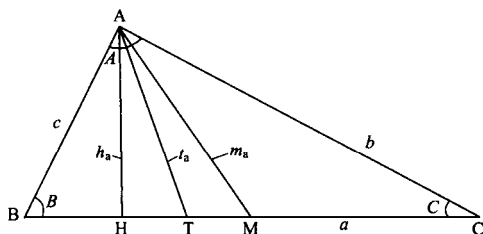


图 1-1 三角形

设图 1-1 所示的三角形三个内角为 A 、 B 、 C , 三边长为 a 、 b 、 c , 边 a 上的高为 h_a , 中线为 m_a , 角 A 的平分线为 t_a , 三角形的面积为 S , 半周长为 $s = \left(\frac{a+b+c}{2} \right)$, R 与 r 分别为三角形的外接圆和内切圆半径, 则

$$A + B + C = 180^\circ$$

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$\sin \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}$$

$$m_a = \frac{1}{2} \sqrt{2b^2 + 2c^2 - a^2},$$

$$h_a = b \sin C = c \sin B = \frac{2}{a} \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)},$$

$$t_a = \frac{2bc}{b+c} \cos \frac{A}{2} = \frac{2}{b+c} \sqrt{cbs(s-a)},$$

$$R = \frac{abc}{4\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}},$$

$$r = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}} = \frac{a \sin \frac{B}{2} \sin \frac{C}{2}}{\sin \frac{B+C}{2}}$$

$$= 4R \sin \frac{A}{2} \cdot \sin \frac{B}{2} \cdot \sin \frac{C}{2}$$

$$S = \frac{1}{2} ah_a = \frac{1}{2} bcsinA = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

直角三角形, 若 $C = 90^\circ$, 则 $a^2 + b^2 = c^2$ 。

等边三角形, 若 $a = b = c$, 则 $m_a = h_a = t_a = \frac{\sqrt{3}}{2}a$, $S = \frac{\sqrt{3}}{4}a^2$, $R = 2r = \frac{\sqrt{3}}{3}a$ 。

2. 四边形

(1) 平行四边形。两组对边平行的四边形叫平行四边形。平行四边形两组对边平行且相等, 对角相等, 邻角互补。对角线互相平分, 对角线平方和等于各边平方和。平行四边形面积为相邻两边长的积乘以夹角的正弦。

(2) 矩形。有一角为 90° 的平行四边形为矩形。矩形的四个内角均为 90° 。对角线互相平分且相等。矩形的面积为相邻两边长之积。

(3) 菱形。边长相等的平行四边形为菱形。菱形对角线相互垂直且平分。菱形的面积为对角线长度乘积的一半。

(4) 梯形。一组对边(称上、下底)平行的四边形称为梯形。梯形不平行的两组对边称为腰, 两腰中点连线为中位线, 两底之间的距离称为高。梯形的面积等于中位线和高之积。

(5) 圆内接四边形。设圆内接四边形的四角为 A, B, C, D , 四边为 a, b, c, d , 对角线为 e, f , 半周长为 $s = \frac{a+b+c+d}{2}$, 则

$$A + C = B + D = 180^\circ$$

$$ac + bd = ef$$

$$\text{面积 } S = \sqrt{(s-a)(s-b)(s-c)(s-d)}$$

3. 正多边形

设正 n 边形的边长为 a , 外接圆半径为 R , 内切圆半径为 r , 圆心角为 $\theta = \frac{360^\circ}{n}$, 面积为 S , 则:

$$(1) \text{ 正方形 } R = \frac{\sqrt{2}}{2}a, r = \frac{a}{2}, S = a^2$$



$$(2) \text{ 正五边形 } R = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{10+2\sqrt{5}}{5}} \right) a, r = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{5+2\sqrt{5}}{5}} \right) a, \\ S = \frac{1}{4} (\sqrt{25+10\sqrt{5}}) a^2$$

$$(3) \text{ 正六边形 } R = a, r = \frac{\sqrt{3}}{2} a, S = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2$$

$$(4) \text{ 正 } n \text{ 边形 } R = \frac{a}{2 \sin \frac{\theta}{2}}, r = \frac{a}{2} \cot \frac{\theta}{2}, S = \frac{n}{2} R^2 \sin \theta$$

4. 圆和圆的部分

(1) 圆。设圆的半径为 r ，直径为 d ，周长为 C ，面积为 S ，则

$$d = 2r, C = 2\pi r, S = \pi r^2$$

若圆的两弦 AB 与 CD 交于圆内一点 M ，则

$$AM \cdot MB = CM \cdot MD$$

若圆的两弦 AB ， CD 的延长线交于圆外一点 P ，则

$$PA \cdot PB = PC \cdot PD$$

(2) 扇形。设圆心角为 α ，则弧长 $l = \alpha \cdot r$ ，面积 $S = \frac{1}{2} lr = \frac{1}{2} \alpha r^2$ 。

(3) 弓形。设所对圆心角为 α ，则弧长 $l = \alpha r$ ，弦长 $b = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$ ，则

$$\text{面积 } S = \text{扇形面积} - \text{三角形面积} = \frac{1}{2} r^2 (\alpha - \sin \alpha)$$

(4) 圆环。设内、外圆半径分别为 r 与 R ，则

$$\text{圆环面积 } S = \pi(R^2 - r^2)$$

(三) 立体几何

1. 柱体

(1) 直棱柱。设高为 h ，底周长为 p ，底面积为 S ，则

$$\text{侧面积} = ph, \text{全面积} = 2S + ph, \text{体积} = Sh$$

(2) 圆柱。设底半径为 r ，高为 h ，则

$$\text{侧面积} = 2\pi rh, \text{全面积} = 2\pi rh + 2\pi r^2, \text{体积} = \pi r^2 h$$

2. 锥体

设底面积为 S ，高为 h ，体积为 V ，则

$$V = \frac{1}{3} hS$$

3. 台体

设上、下底面积分别为 S_1 与 S_2 ，高为 h ，体积为 V ，则

$$V = \frac{h}{3} (S_1 + \sqrt{S_1 \cdot S_2} + S_2)$$

4. 球体

设半径为 R , 则

(1) 球。球表面积 $= 4\pi R^2$, 球体积 $= \frac{4}{3}\pi R^3$

(2) 球冠 (球缺)。设底半径为 r , 高为 h , 则

$$R = \frac{r^2 + h^2}{2h}, \text{表面积} = \pi(h^2 + 2r^2), \text{体积} = \frac{1}{6}\pi h(h^2 + 3r^2)$$

(3) 球台 (球带)。设 r_1 、 r_2 分别为上、下底面半径, 则

$$R^2 = r^2 + \left(\frac{r_2^2 - r_1^2 - h^2}{2h}\right)^2, \text{表面积} = \pi(2Rh + r_1^2 + r_2^2), \text{体积} = \frac{1}{6}\pi h(h^2 + 3r_1^2 + 3r_2^2)$$

(4) 球扇 (由球冠和圆锥合成)。设球高为 h , 底半径为 r , 则

$$\text{表面积} = \pi R(2h + r), \text{体积} = \frac{2}{3}\pi R^2 h$$

(四) 平面三角

1. 角度和弧度 (又称径)

若一个角的度数为 α , 径数 (弧度数) 为 θ , 则

$$\frac{\alpha}{\pi} = \frac{\theta}{180}, 180^\circ = \pi \text{ 径}$$

$$1^\circ = 0.01745329 \text{ 径}, 1 \text{ 径} = 57.29578^\circ = 57^\circ 17' 44.8''$$

2. 三角函数基本关系式

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}, \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}, \csc \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\sec^2 \alpha = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha, \csc^2 \alpha = 1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha$$

3. 三角函数基本公式

(1) 加法公式

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \pm \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}$$

$$\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$$

(2) 和差化积公式

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$



$$\sin\alpha - \sin\beta = 2\sin\frac{\alpha - \beta}{2}\cos\frac{\alpha + \beta}{2}$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha + \beta}{2}\cos\frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\frac{\alpha + \beta}{2}\sin\frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\operatorname{tg}\alpha \pm \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos\alpha\cos\beta}$$

$$\operatorname{ctg}\alpha \pm \operatorname{ctg}\beta = \frac{\pm \cos(\alpha \pm \beta)}{\sin\alpha\sin\beta}$$

(3) 积化和差公式

$$\sin\alpha \cdot \sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$$

$$\cos\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$$

$$\sin\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}[\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]$$

(4) 倍角公式

$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cdot \cos\alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1 = 1 - 2\sin^2\alpha$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\operatorname{tg}\alpha}{1 - \operatorname{tg}^2\alpha}$$

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2\alpha - 1}{2\operatorname{ctg}\alpha}$$

(5) 半角公式

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \pm\sqrt{\frac{1 - \cos\alpha}{2}}$$

$$\cos\frac{\alpha}{2} = \pm\sqrt{\frac{1 + \cos\alpha}{2}}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sin\alpha}{1 + \cos\alpha}$$

$$\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sin\alpha}{1 - \cos\alpha}$$

(五) 初等函数

1. 指数函数

$y = a^x$, a 为大于零、不等于 1 的常数。

(1) 指数定义

$$a^0 = 1$$