

前 言

在毛主席的革命路线指引下，我国电器制造工业飞跃发展，国产油断路器新产品不断出现，我省今后将要安装SW6—220、SW7—220、SW4—220、SN10—10型等新型油断路器，为了适应我省工农业生产发展的需要，遵照伟大领袖毛主席关于“**我们的同志必须用极大的努力去学习生产的技术和管理生产的方法**”的教导，我们从事高压断路器安装、检修、试验的有关人员，从当前的生产实际出发，参考国内各主要开关制造厂技术资料，大专院校新教材以及兄弟单位的先进经验，并结合我省的技术水平，汇编成《高压油断路器》供工作中参考。

本资料分上、下册。上册包括基础知识和220千伏少油断路器两部份；下册包括10~110千伏油断路器的安装调整和维护检修。

在编写过程中，曾得到西安高压电器研究所，水电部科研所，西安、沈阳、上海、北京、平顶山、湖南等开关制造厂，清华大学，西安交通大学，华中工学院以及湖南大学等单位有关方面的大力支持和帮助，在此表示感谢。

由于我们学习马列著作和毛主席著作不够，技术水平有限，加之编写时间仓促，缺点、错误在所难免，敬请同志们提出批评指正。

《高压油断路器》三结合编写组

一九七五年五月

毛主席语录

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

目 录

第一章 计量单位与换算	
1—1 节 计量单位	1
1—2 节 单位换算	5
第二章 常用数学方程式	
2—1 节 代数	10
2—2 节 级数	11
2—3 节 对数	12
2—4 节 三角函数	12
2—5 节 双曲线函数	16
第三章 电工基本知识	
3—1 节 常用电工名词及其计算方程式	18
第四章 热学及流体学基本知识	
4—1 节 热力学	22
4—2 节 液体的力学性质	27
4—3 节 气体的性质	38
第五章 高压断路器概论	
5—1 节 高压断路器的工作条件及对高压断路器的要求	40
5—2 节 高压断路器的主要技术参数	41
5—3 节 断路器的种类	45
5—4 节 断路器按照用途分类及其参数特点	46
第六章 断路器型号及其主要技术参数	
6—1 节 高压电器产品型号编制办法	49
6—2 节 高压断路器的新旧型号	50
6—3 节 断路器主要技术参数	52
第七章 绝缘油处理	
7—1 节 绝缘油的试验项目和标准	60
7—2 节 绝缘油的过滤	61
第八章 35千伏充胶电容型套管检修	
8—1 节 套管结构及其检查	63
8—2 节 套管换胶	64
8—3 节 套管法兰浇装	68
第九章 油断路器的灭弧原理	
9—1 节 断路器电弧的形成	70
9—2 节 电弧的特性	71

9—3 节	交流电弧的熄灭	71
9—4 节	单相交流电路中的电压恢复过程	73
9—5 节	三相交流电路的电压恢复过程	75
9—6 节	大电感小电流(空载变压器)的切断	81
9—7 节	电容电流(空载长线)的切断	83
9—8 节	采用并联电阻限制操作过电压	87
9—9 节	110千伏及以上少油断路器采用压油装置及均压电容的作用原理	89
9—10 节	分断速度、串联断口数及油箱内部压力对灭弧的影响	92
9—11 节	电弧在油中的熄灭	93
第十章 油断路器绝缘		
10—1 节	概述	95
10—2 节	高压断路器的绝缘	95
10—3 节	断路器绝缘设计参考资料	102
第十一章 高压断路器的导电回路		
11—1 节	发热的一般概念	108
11—2 节	导电材料与截面的选择	110
11—3 节	接触电阻及其影响因素	111
11—4 节	触头工作特性	114
11—5 节	触头的结构	116
第十二章 油断路器的分、合闸及操动机构		
12—1 节	分闸速度	120
12—2 节	刚分速度的近似计算	120
12—3 节	断路器的传动机构型式与分闸速度	126
12—4 节	高速机构的掣动与缓冲装置	127
12—5 节	断路器的合闸速度	130
12—6 节	断路器的负载特性与关合功	131
12—7 节	断路器合闸能量的计算	133
12—8 节	操动机构	134
第十三章 断路器中的机构		
13—1 节	机构的组成及其作用	136
13—2 节	四连杆机构	137
13—3 节	传动机构型式及其原理	140
13—4 节	提升机构的结构型式分析	142
第十四章 直流螺管式电磁铁		
14—1 节	磁动势、磁化力和磁场强度	147
14—2 节	直流螺管电磁铁的结构	148
14—3 节	气隙磁导	148
14—4 节	铁芯磁导和铁芯磁阻	150
14—5 节	漏磁	152
14—6 节	直流螺管电磁铁的吸力	152

14—7 节	直流电磁铁的动作时间·····	154
14—8 节	线圈的计算·····	155
第十五章 电磁式操动机构		
15—1 节	CD2型直流电磁操动机构·····	159
15—2 节	CD12和CD13型直流电磁操 动 机 构·····	162
15—3 节	CD3型直流电磁操动机构·····	163
15—4 节	CD5型操动机构·····	164
15—5 节	操动机构设计参考资料·····	169
第十六章 液压式操动机构		
16—1 节	液压操动机构的工作原理与液压元件·····	179
16—2 节	配用液压操动机构的高压断路器分、合闸速度的计算·····	187
16—3 节	液压操动机构机械运动性能的分析·····	196
第十七章 油断路器试验		
17—1 节	速度、时间、同步特性的测量·····	207
17—2 节	接触电阻的测量·····	217
17—3 节	介质损失角试验·····	222
17—4 节	泄漏电流试验·····	225
17—5 节	交流耐压试验·····	227
17—6 节	最低动作电压测量·····	228
第十八章 SW6—220型少油断路器		
18—1 节	技术规范·····	229
一、	断路器本体的主要技术数据·····	229
二、	液压操动机构的主要技术数据·····	230
18—2 节	油断路器本体·····	231
一、	结构及工作原理·····	231
二、	油断路器本体安装及调整·····	235
18—3 节	液压操动机构·····	242
一、	结构特点·····	242
二、	动作原理·····	243
三、	安装与调试·····	247
18—4 节	断路器的使用、维护、检修及异常现象和处理·····	255
一、	断路器的使用与维护·····	255
二、	异常现象及消除方法·····	258
三、	检修工艺及质量要求·····	260
附录18—1	10号航空液压油技术要求, 线圈、胀圈及管装配·····	268
附录18—2	SW6—220型断路器安装调整检查记录表·····	272
附录18—3	工具及备件·····	274
第十九章 SW4—220型少油断路器		
19—1 节	概述·····	279
19—2 节	少油断路器结构原理·····	280

19—3节	弹簧贮能操动机构	286
19—4节	安装、调整	291
19—5节	维护与检修	304
16—6节	异常故障及其处理措施	314
附录19—1	SW—220断路器 CT—X型操动机构 试验报告 摘录	319
附录19—2	SW4— ¹¹⁰ / ₂₂₀ 型断路器主要零件一览表	324
附录19—3	CT6—X型弹簧机构主要零件一览表	325
附录19—4	机构箱电气结线全图	327
附录19—5	专用工具制造图	328
附录19—6	CT6—X型弹簧机构部件原理及其特性分析	329
第二十章 SW7—220型少油断路器(配CY4型液压操动机构)		
20—1节	SW7—220型断路器结构与动作原理	347
20—2节	CY4型液压机构	351
	一、技术数据	351
	二、结构原理	352
	三、动作原理	355
	四、安装调整	357
	五、运行与维修	359
20—3节	SW7—22型断路器配CY4型机构的安装及使用	360
	一、技术数据	360
	二、安装与调整试验	361
	三、运行与检修	363

第一章 计量单位与换算

1—1节 计量单位

表1—1 公制计量单位(长度、重量、容量)

类别	单位名称	符号	法 文 原 名	对 主 单 位 之 比
长 度	微 米	μ	Micron	1/1000000米
	忽 米	cmm	Centimillimètre	1/100000米
	丝 米	dmm	Dècimillimètre	1/10000米
	毫 米	mm	Millimètre	1/1000米
	厘 米	cm	Centimètre	1/100米
	分 米	dm	Dècimètre	1/10米
	米	m	Mètre	主单位
	十 米	dam	Dècamètre	10米
	百 米	hm	Hectomètre	100米
	公里(千米)	km	Kilomètre	1000米
重 量 (质量单位名称同)	毫 克	mg	Milligramme	1/1000000公斤
	厘 克	cg	Centigramme	1/100000公斤
	分 克	dg	Dècigramme	1/10000公斤
	克	g	Gramme	1/1000公斤
	十 克	dag	Dècagramme	1/100公斤
	百 克	hg	Hectogramme	1/10公斤
	公斤(千克)	kg	Kilogramme	主单位
	分 担	q	Quintal	100公斤
	吨	t	Tonne	1000公斤
容 量	毫 升	ml	Millilitre	1/1000升
	厘 升	cl	Centilitre	1/100升
	分 升	dl	Dècilitre	1/10升
	升	l	Litre	主单位
	十 升	dal	Dècalitre	10升
	百 升	hl	Hectolitre	100升
	千 升	kl	Kilolitre	1000升

表1—2 常用的制外单位

物理量名称	单位名称或单位的中文代号	单位的国际代号	与国际单位制的关系
长度		μ	$= 10^{-6}$ 米
	吋	in	$= 0.0254$ 米
	呎	ft	$= 12$ 吋 $= 0.3048$ 米
	码	yd	$= 3$ 呎 $= 0.9144$ 米
	哩	mile	$= 1760$ 码 $= 1609.344$ 米
	公里	km	$= 10^3$ 米
	海里(涅)	M, (nm)	$= 1852$ 米
	市尺		$= \frac{1}{3}$ 米
度	市寸		$= \frac{1}{10}$ 市尺 $= \frac{1}{30}$ 米
面积	圆密耳		$= \frac{\pi}{4} \left(\frac{1}{1000} \right)^2 \cdot \text{吋}^2 = 5.067 \times 10^{-10}$ 米 ²
	平方吋	in ²	$= 6.452 \times 10^{-4}$ 米 ²
体积	毫升	ml	$= 1$ 厘米 ³ (c.c) $= 10^{-6}$ 米 ³
	升	l	$= 1000$ 厘米 ³ (c.c) $= 10^{-3}$ 米 ³
	立方吋	in ³	$= 16.3871$ 厘米 ³ (c.c)
	英加侖	gal	$= 4546.09$ 厘米 ³ (c.c)
	美加侖	gal.u.s	$= 3785.43$ 厘米 ³ (c.c)
	市升		$= 1$ 升 $= 10^{-3}$ 米 ³
质量	原子质量单位	amu	-1.66×10^{-24} 克 -1.66×10^{-27} 公斤
	($\approx$ 化学质量单位)		
	克分子量(摩尔)	mo/e	氢的克分子量 $= 2.016$ 克
			氧的克分子量 $= 32$ 克
			水的克分子量 $= 18$ 克
	磅	lb	$= 0.45359$ 公斤
	英两(盎司)	oz	$= 28.3495$ 克
	吨	t	$= 10^3$ 公斤

(续 表)

物理量名称	单位名称或单位的中文代号	单位的国际代号	与国际单位制的关系
时 间	分	m	= 60秒
	小时	h	= 3600秒
平 面 角	度	°	$= \frac{\pi}{180}$ 弧度 = 0.0174533弧度
	分	'	$= \frac{1}{60}$ 度 = $\frac{\pi}{180 \times 60}$ 弧度
	秒	"	$= \frac{1}{60}$ 分 = $\frac{\pi}{180 \times 3600}$ 弧度
	周, 转		= 2π弧度
	直角		$= \frac{\pi}{2}$ 弧度
立体角	球面角		= 4π立体弧度
频 率	每分转数, 转/分	r·p·m	$= \frac{1}{60}$ 赫
	千周		= 1000赫
	兆周		= 10 ⁶ 赫
角 速 度	每秒转数, 转/分	r·p·s	= 1赫
	每分转数, 转/分	r·p·m	$= \frac{\pi}{30}$ 弧度/秒
	每秒转数, 转/秒	r·p·s	= 2π弧度/秒
	每秒度数, 度/秒	°/s	$= \frac{\pi}{180}$ 弧度/秒
线 速 度	公里/小时	km/h	= 0.278米/秒
	吋/秒	in/s	= 25.4 × 10 ⁻³ 米/秒
	哩/小时	kn	= 0.5144米/秒
线 加 速 度	伽	gal	= 1厘米/秒 ² = 0.01米/秒 ²
密 度	克/毫升	g/ml	= 1000公斤/米 ³
	公斤/升	kg/l	= 1000公斤/米 ³
	吨/米 ³	t/m ³	= 1000公斤/米 ³

(续 表)

物理量名称	单位名称或单位的中文代号	单位的国际代号	与国际单位制的关系
力	吨力	tf	= 9806.65 牛顿
	磅力	Lbf	= 4.44822 牛顿
绝对粘度系数 (或动力粘度系数)	泊	p	= $10^{-1} \text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$
	厘泊	cp	= $10^{-2} \text{p} = 10^{-3} \text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$
	公斤力, 秒/米 ²	kgf·s/m ²	
	牛顿, 秒/米 ²	N·s/m ²	= 9.807 N·s/m ²
	磅力, 秒/呎 ²	lbf·s/ft ²	= 47.88 N·s/m ²
运动粘度系数	施	st	= $10^{-4} \text{m}^2 / \text{s}$
	厘施	cst	= $10^{-2} \text{st} = 10^{-6} \text{m}^2 / \text{s}$
	米 ² /秒	m ² /s	
	呎 ² /秒	ft ² /r	= 09.092 m ² /s
压强	巴	bar	= 10^5 牛顿/米 ²
	毫巴	mbar	= 10^{-3} 巴 = 100 牛顿/米 ²
	工程大气压	at·kgf/cm ²	= 98066.5 牛顿/米 ²
	大气压(标准大气压)	atm	= 101325 牛顿/米 ²
	毫米汞柱	mmHg	= 133.322 牛顿/米 ²
	毫米水柱	mmH ₂ O	= 9.80665 牛顿/米 ²
	磅力/吋 ²	lbf/in ²	= 6894.76 牛顿/米 ²
功 能	马力·小时	HP·h	= 2.648×10^6 焦耳
	升·大气压	l·atm	= 101.328 焦耳
	千瓦·小时	kW·h	= 3.6×10^6 焦耳
	卡	cal	= 4.1868 焦耳
	大卡(千卡)	kcal	= 4186.8 焦耳
	公斤·米	kg·m	= 9.80665 焦耳
	电子伏特	eV	= 1.60207×10^{-19} 焦耳
	磅力·呎	lbf·ft	= 1.35582 焦耳
	英制热量单位	B·t·u	= 1055.06 焦耳

(续 表)

物理量 称 名	单 位 名 称 或 单 位 的 中 文 代 号	单 位 的 国 际 代 号	与 国 际 单 位 制 的 关 系
功 率	马力	Hp	= 735.499 瓦特
	瓦特·小时	W·h	= 3.6×10^3 瓦特
	卡/秒	cal/s	= 4.1868 瓦特
	大卡/小时	kcal/h	= 1.163 瓦特
	每秒公斤——米	kg·m/s	= 9.80665 瓦特
	磅力·呎/秒	lbf·ft/s	= 1.356 瓦特
	英制热量单位/秒	Btu/s	= 1055.06 瓦特
比 热	卡/克·度	cal/g·deg	= 4186.8 焦耳/公斤·度
	大卡/公斤·度	kcal/ kg·deg	= 4186.8 焦耳/公斤·度
	英制热量单位/磅·度	Btu/lb·deg	= 2326 焦耳/公斤·度
导 热 系 数	卡/厘米·秒·度	cal/ cm·s·deg	= 418.68 瓦特/米·度
	英制热量单位/呎·小时 华氏度	Btu/ ft·h·°F	= 1.73 瓦特/米·度
传 热 系 数	卡/厘米 ² ·秒·度	cal/ cm ² ·s·deg	= 41868 瓦特/米 ² ·度
	英制热量单位/呎 ² ·小时 华氏度	Btu/ ft ² ·h·°F	= 5.68 瓦特/米 ² ·度
电 磁 量	伏特·秒	V·s	= 1 韦伯
	安培·秒	A·s	= 1 库仑
声强度级	分贝	dB	

1—2节 单 位 换 算

表1—3 长度单位的换算

公 里	米	厘 米	毫 米	市 里	市 尺	海 里	码	呎	吋
1	1000			2	3000	0.5396	1093.6	3280.8	
0.001	1	100	1000		3	0.00054	1.0936	3.2808	39.37
	0.01	1	10		0.03			0.0328	0.3937
	0.001	0.1	1		0.003			0.00328	0.03937

(续 表)

公 里	米	厘 米	毫 米	市 里	市 尺	海 里	码	呎	吋
0.5	500			1	1500	0.2698	546.82	1640.4	
0.00033	0.3333	33.333	333.33		1		0.3645	1.0936	13.123
1.8532	1853.2			3.7064	5559.6	1	2026.66	6079.98	
	0.3048	30.48	304.8		0.9144		0.3333	1	12
	0.0254	2.54	25.4		0.0762		0.0278	0.0833	1
	0.9144						1	3	36

表1—4 压力单位的换算

巴	公斤(力)/米 ²	大 气 压	工程大气压	毫 米 汞 柱 (0°C时)	毫 米 水 柱 (4°C时)
1	1.02×10^4	9.87×10^{-1}	1.02	750	10197
98.1×10^{-6}	1	9.68×10^{-5}	10^4	7.36×10^{-2}	1
1.013	1.033×10^4	1	1.033	760	10332
98.1×10^{-2}	10^4	0.968	1	736	10^4
1.33×10^{-3}	13.6	1.31×10^{-3}	1.36×10^{-3}	1	13.595

表1—5 力的单位的换算

达 因	牛 顿	公 斤 (力)
1	10^{-5}	1.02×10^{-6}
10^5	1	0.102
9.81×10^5	9.81	1

表1—6 功率单位的换算

瓦	千 瓦	英制马力	公制马力	公斤(力) 米/秒	磅呎/秒	千卡/秒
1	0.001	1.34×10^{-3}	1.36×10^{-3}	0.102	0.737	0.238×10^{-3}
1000	1	1.34	1.36	102	737	0.238
746	0.746	1	1.014	76	550	0.178

(续 表)

瓦	千 瓦	英制马力	公制马力	公斤(力) 米/秒	磅呎/秒	千卡/秒
736	0.736	0.985	1	75	541	0.175
9.81	9.81×10^{-3}	0.0131	0.0133	1	7.233	2.34×10^{-3}
1.356	1.356×10^{-3}	1.82×10^{-3}	1.84×10^{-3}	0.138	1	0.324×10^{-3}
4187	4.2	5.61	5.7	427	3090	1

表1—7 能量单位的换算

焦 耳	尔 格	公斤(力)·米	千瓦·小时	公 制 马 力·小时	英 制 马 力·小时	千 卡
1	10^7	0.10204	2.778×10^{-7}	3.777×10^{-7}	3.723×10^{-7}	2.389×10^{-4}
10^{-7}	1	0.10204×10^{-7}	2.778×10^{-14}	3.777×10^{-14}	3.723×10^{-14}	2.389×10^{-11}
9.8	9.81×10^7	1	2.724×10^{-6}	3.701×10^{-6}	3.649×10^{-6}	2.341×10^{-3}
3.6×10^6	3.6×10^{13}	3.673×10^5	1	1.36	1.34	859.9
2.648×10^6	2.648×10^{13}	2.702×10^5	0.7355	1	0.9858	632.5
2.686×10^6	2.686×10^{13}	2.741×10^5	0.7461	1.014	1	641.6
4186	4.186×10^{10}	427.2	1.163×10^{-3}	1.581×10^{-3}	1.558×10^{-3}	1

表1—8 温度的换算

温 度 换 算	换 算 公 式			
换算为摄氏温度℃	C	$\frac{5}{9}(F - 32)$	$\frac{5}{4}R$	$K - 273.2$
换算为华氏温度°F	$\frac{9}{5}C + 32$	F	$\frac{9}{4}R + 32$	$\frac{9}{5}(K - 273.2) + 32$
换算为列氏温度°R	$\frac{4}{5}C$	$\frac{4}{9}(F - 32)$	R	$\frac{4}{5}(K - 273.2)$
换算为绝对温度°K	$C \times 273.2$	$\frac{5}{9}(F - 32) + 273.2$	$\frac{5}{4}R + 273.2$	K

度与弧度的换算:

$$\text{Arc} A^\circ = \frac{\pi A}{180}$$

式中: “A” 表示角度。

表1—9 各种硬度对照

布氏硬度 HB*		洛 氏 硬 度 HR						維 氏 硬 度 HV	肖 氏 硬 度 HS
鋼 球 壓痕直徑 (毫米)	硬 度 值	B	C		D	A			
			旧	新		旧	新		
		鋼 球 1/16" 100公斤	金		剛 石	錐			
			150公斤		100公斤	60公斤			
2.20	782	—	72	—	82	89	89.50	1220	107
2.25	744	—	69	—	80	87	87.50	1114	100
2.30	713	—	67	—	78	85	86.00	1021	96
2.35	683	—	65	65.80	76	84	85.00	940	92
2.40	652	—	63	64.10	74	83	84.00	851	88
2.45	627	—	61	62.50	72	82	83.00	803	85
2.50	600	—	59	60.90	71	81	82.00	746	81
2.55	573	—	58	60.00	69	80	81.00	694	78
2.60	555	—	56	58.20	68	79	80.00	649	75
2.65	532	—	54	56.40	67	78	79.00	606	72
2.70	512	—	52	54.50	65	77	78.50	587	70
2.75	492	—	51	53.50	64	76	77.50	551	68
2.80	477	—	49	51.60	63	76	77.50	534	66
2.85	460	—	48	50.60	62	75	76.50	502	64
2.90	444	—	47	49.70	61	74	75.50	474	61
2.95	430	—	45	47.70	60	73	74.50	460	59
3.00	418	—	44	46.70	59	73	74.50	435	57
3.05	402	—	43	45.70	58	72	73.50	423	55
3.10	387	—	41	43.70	57	71	72.50	401	53
3.15	375	—	40	42.70	56	71	72.50	390	52
3.20	364	—	39	41.70	55	70	71.50	380	50
3.25	351	—	38	40.70	54	69	70.50	361	49
3.30	340	—	37	39.70	53	69	70.50	344	47

(续 表)

布氏硬度 HB*		洛 氏 硬 度 HR						維氏硬度	肖氏硬度
鋼 球 壓痕直徑 (毫米)	硬 度 值	B	C		D	A		HV	HS
		鋼 球 1/16" 100公斤	旧	新	剛 石 100公斤	旧	新		
			金 150公斤			錐 60公斤			
3.35	332	—	36	38.80	52	68	69.50	335	46
3.40	321	—	35	37.80	52	68	69.50	320	45
3.45	311	—	34	36.80	51	67	69.00	312	44
3.50	302	—	33	35.80	50	67	69.00	305	42
3.55	295	—	31	33.80	49	66	68.00	291	41
3.60	281	—	30	32.80	49	66	68.00	285	40
3.65	277	—	29	31.80	48	65	67.00	278	39
3.70	269	—	28	30.80	47	65	67.00	272	38
3.75	262	—	27	29.80	46	64	66.00	261	37
3.80	255	—	26	28.80	45	64	66.00	255	36
3.85	248	—	25	27.80	45	63	65.00	250	36
3.90	241	100	24	26.80	44	63	65.00	240	35
3.95	235	99	23	25.80	43	62	64.00	235	34
4.00	228	98	22	24.80	42	62	64.00	226	33
4.05	223	97	21	23.80	41	61	63.00	221	33
4.10	217	97	20	22.80	41	61	63.00	217	32
4.15	212	76	19	21.80	40	60	62.00	213	31
4.20	207	95	18	20.80	39	60	62.00	209	30
4.25	202	94	—	—	38	59	61.00	201	30
4.30	196	93	—	—	37	58	60.00	197	29
* 鋼球直徑10毫米，作用負荷3000公斤。									

第二章 常用数学方程式

2—1节 代数

一、二次方程式

$$ax^2 + bx + c = 0; \quad x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x^2 + Px + Q = 0; \quad x_{1,2} = -\frac{P}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{P}{2}\right)^2 - Q}$$

二、三次方程式

$$x^3 + ax^2 + bx + c = 0$$

以 $x = y - \frac{a}{3}$ 代入, 方程式变为下列形式:

$$y^3 + Py + Q = 0$$

命 $P = 3A$, $Q = -2B$, 得

$$y^3 + 3Ay - 2B = 0$$

1. $B^2 + A^3 < 0$, 有一实根两虚根。用卡登公式:

$$u = \sqrt[3]{B + \sqrt{B^2 + A^3}}, \quad v = \sqrt[3]{B - \sqrt{B^2 + A^3}}$$

$$y_1 = u + v;$$

$$y_2 = -\frac{1}{2}(u + v) - \frac{i}{2}\sqrt{3}(u - v);$$

$$y_3 = -\frac{1}{2}(u + v) + \frac{i}{2}\sqrt{3}(u - v)。$$

2. $B^2 + A^3 > 0$, 三根都是实根。用三角函数:

$$\cos 3\phi = \frac{B}{r^3}$$

式中: $r = \pm \sqrt{|A|}$, 并且 r 的符号与 B 的符号相反, 方程式的根可按下列公式计算:

$$y_1 = 2r \cos \phi;$$

$$y_2 = 2r \cos(\phi + 2\pi/3);$$

$$y_3 = 2r \cos(\phi + 4\pi/3)。$$

3. $B^2 + A^3 = 0$, 有两相重的根:

$$y_1 = 2r;$$

$$y_2 = y_3 = -r。$$

三、二项式定律(n 系正整数)

$$(a+b)^n = a^n + na^{n-1}b + \frac{n(n-1)}{2}a^{n-2}b^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3}a^{n-3}b^3 +$$

$$\dots + \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-r+2)}{r-1} a^{n-r+1} b^{r-1} + \dots$$

四、行列式:

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = d_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z = d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \end{cases}$$

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = (a \ b \ c)。$$

$$x = \frac{(d \ b \ c)}{(a \ b \ c)} = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix},$$

$$y = \frac{(a \ d \ c)}{(a \ b \ c)}; \quad z = \frac{(a \ b \ d)}{(a \ b \ c)}。$$

2—2节 级 数

一、级数方程式

表2—1 各种级数方程式表

级 数 名 称	级 数	方 程 式
算 术 级 数	$a, a+d, a+2d, a+3d, \dots$	$u = a + (n-1)d, s = \frac{a+u}{2} n$
几 何 级 数	$a, aq, aq^2, aq^3, \dots$	$u = aq^{n-1}$
递增的(发散的)	$ q > 1$	$s = \frac{uq - a}{q - 1} = \frac{a(q^n - 1)}{q - 1}$
递减的(收敛的)	$ q < 1$	$s = \frac{a - uq}{1 - q} = \frac{a(1 - q^n)}{1 - q}$
无 穷 递 减 的	$ q < 1, n \rightarrow \infty$	$s = \frac{a}{1 - q}$

符号: a —首项; u —末项; n —项数; s —头 n 项的和; d —等差; q —级数的等比。

二、若干有限数字级数

$$1 + 2 + 3 + \dots + (n-1) + n = \frac{n(n+1)}{2};$$

$$p + (p+1) + (p+2) + \dots + (q-1) + q = \frac{(q+p)(q-p+1)}{2}$$

$$1 + 3 + 5 + \dots + (2n-3) + (2n-1) = n^2;$$

$$2 + 4 + 6 + \dots + (2n-2) + 2n = n(n+1);$$