

520632

5(3)6
44131
下2

机械工业建厂测量手册

中 册

机械工业建厂测量手册编写组编



6 册



成都工学院图书馆
基本馆藏

出版社

机械工业建厂测量手册

中 册

《机械工业建厂测量手册》编写组编

测绘出版社

1978年

本手册总结了建国以来，特别是无产阶级文化大革命以来，机械工业建厂测量方面的实践经验，将作业中常用的方法加以选择、整理、汇编成册。

中册主要叙述平面控制测量的平差计算和高程控制测量。书中扼要介绍了条件观测平差、克吕格分组平差、间接观测平差、典型图形平差、近似平差、导线网(水准网)平差的方法，并都附有计算示例，便于作业中参考使用。

本手册供具有一定测绘实践经验的工人和技术人员从事建厂测量和大比例尺测绘时备查、参考。并可供工程测量专业师生参考。

机械工业建厂测量手册(中册)

《机械工业建厂测量手册》编写组

测绘出版社出版(北京西郊百万庄)

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ ·印张 9 $\frac{1}{4}$ ·插页3·字数 250 千字

1978 年 4 月北京第一版·1978 年 4 月北京第一次印刷

印数 1—20,000 册·定价 1.18 元

统一书号: 15039·新 32

目 录

第十章 计算工作的准备和一般规则	1
§ 10-1 计算机的检查	1
§ 10-2 运算数字的凑整规则	1
§ 10-3 数表的选择	3
§ 10-4 计算工作注意事项	4
第十一章 三角测量概算	4
§ 11-1 测站平差	4
§ 11-2 三角形概算和近似坐标计算	6
§ 11-3 测站点与照准点归心改正计算	9
§ 11-4 方向改化和球面角超计算	12
§ 11-5 编制水平方向表	15
第十二章 常用的坐标计算和换算	16
§ 12-1 坐标增量的计算和反算	16
§ 12-2 前方交会点的坐标计算	17
§ 12-3 后方交会点的坐标计算	21
§ 12-4 平面坐标换算的一般方法	22
§ 12-5 应用最小二乘法进行平面坐标换算	26
第十三章 三角网按条件观测平差	32
§ 13-1 条件方程式的种类	32
§ 13-2 条件方程式个数的确定和选择	35
§ 13-3 条件方程式中自由项的限差	38
§ 13-4 三角网按条件观测平差的计算步骤	39
§ 13-5 法方程式的组成	41
§ 13-6 法方程式的解算	42
§ 13-7 基线网平差算例(按方向)	48
§ 13-8 三角网平差算例(按角度)	58
第十四章 克吕格分组平差	69

§ 14-1	克吕格分组平差原理	69
§ 14-2	两组平差法	73
§ 14-3	两已知边间三角锁按两组平差	75
§ 14-4	四边形按两组平差	89
§ 14-5	中点多边形网按两组平差	93
§ 14-6	线形三角锁平差	98
第十五章	典型图形平差	109
§ 15-1	一点插入固定角内的平差	109
§ 15-2	两点插入固定角内的平差	113
§ 15-3	一点插入三角形内(外)的平差	116
§ 15-4	一点插入三角形内的平差(非完全方向)	119
§ 15-5	双插点的平差	121
第十六章	三角网的近似平差	135
§ 16-1	四边形的近似平差	135
§ 16-2	中点多边形网(或半网)的近似平差	137
§ 16-3	基线间三角锁的近似平差	140
§ 16-4	线形三角锁的近似平差	144
§ 16-5	一点插入三角形内的近似平差	153
第十七章	三角网按间接观测平差	156
§ 17-1	三角网按间接观测平差的基本原理	156
§ 17-2	史赖伯约化法则	162
§ 17-3	前方交会单插点坐标平差	167
§ 17-4	后方交会单插点坐标平差	176
§ 17-5	前、后方交会单插点坐标平差	181
§ 17-6	插网坐标平差(按方向)	188
第十八章	导线测量的内业计算	204
§ 18-1	测角和量距的精度评定	204
§ 18-2	导线测量中粗差的检查方法	207
§ 18-3	单一导线计算	209
§ 18-4	等权代替法平差	211
§ 18-5	逐渐趋近法平差	218
§ 18-6	多边形平差法	224

§ 18-7	导线点与三角点的间接连测	235
§ 18-8	旁点交会	239

第三篇 高程控制测量

第十九章	三、四等水准测量	244
§ 19-1	水准标志式样、标石规格和水准点的埋设	244
§ 19-2	水准路线最弱点及水准网结点高程中误差的估算	248
§ 19-3	三、四等水准测量的方法和记录、计算	253
§ 19-4	过河水准测量	261
§ 19-5	水准测量工作中的有关注意事项	263
§ 19-6	水准测量的误差和消除方法	265
§ 19-7	观测高差的正常高改正	269
§ 19-8	水准网平差和精度评定	271
第二十章	三角高程测量	281
§ 20-1	天顶距、竖直角、指标差的计算公式	281
§ 20-2	三角高程的施测	283
§ 20-3	三角高程测量的计算公式	283
§ 20-4	三角高程测量的精度估算	286
§ 20-5	三角高程测量的平差和精度评定	287

第十章 计算工作的准备和一般规则

§10-1 计算机的检查

计算机在使用前应进行检查,以防止计算机因跳字等故障,导致计算结果出现错误。检查方法如下:

方法一:将任意数自乘,以其积除以原数,转数器、得数器均应等于零。

方法二:在计算机上拨出 0 3 7 0 3 7 0 3 7,乘以“3”,得数器上出现 1 1 1 1 1 1 1 1 1。然后进一位乘以“3”,如此操作连续进行 8 次,最后在得数器上出现数字 1 2 3 4 5 6 7 8 9 8 7 6 5 4 3 2 1。

方法三:将 0 1 2 3 4 5 6 7 9 乘以 9,在得数器上应得 1 1 1 1 1 1 1 1 1;乘以 18 后得 2 2 2 2 2 2 2 2 2;余类推。将数 0 1 2 3 4 5 6 7 9 乘以 9 9 9 9 9 9 9 9 9 后,得数器上出现数字为 1 2 3 4 5 6 7 8 9 8 7 6 5 4 3 2 1;以该积除以原数后,得数器、转数器上均为“0”。

此外,对计算机上的各个机钮的作用及其运转是否正常也应进行检查。在检查计算机时,摇转的速度应慢一些。

在使用计算机时,应注意在下列情况下容易发生跳位及故障:

1. 摇把转动不灵,摇转费力时;
2. 摇把往、返转动超过一定限度;
3. 摇转与移位动作失调,使移动部分卡住。

§10-2 运算数字的凑整规则

在内业计算中,经常遇到运算数字的凑整问题。如果不按照一定的规则凑整,就会引起较大的凑整误差。另外,在计算过程中,位数取少了会损害外业成果的精度,位数取多了,则增加不必要的计算工作量。

一、凑整规则

1. 若数值中被舍去部分的数值,大于所保留的末位的 0.5,则末位加 1。

2. 若数值中被舍去部分的数值,小于所保留的末位的 0.5,则末位不变。

3. 若数值中被舍去部分的数值,等于所保留的末位的 0.5,则当所保留的末位数为奇数时末位加 1,如果是个偶数,就保持不变。

这三条规则归纳起来就是:大“5”进,小“5”舍,逢“5”单进双不进。

二、运算中数字的凑整

1. 加和减

在加、减法运算中,以各数中的小数位最少的数为标准,其余各数均凑整成比该数多一位。

如有 60.4, 2.02, 0.222, 0.0462 四个数相加,按凑整规则应取

$$60.4 + 2.02 + 0.22 + 0.05 = 62.69.$$

2. 乘和除

在乘、除法运算中,以有效数字最少的因子为准,其余各因子及乘积(或商)均凑整成比该因子多一位有效数字,而与小数点的位置无关。

如有 232.12 与 0.34 相乘,应取

$$232 \times 0.34 = 78.88,$$

答案为 78.9。

又如求 $\frac{603.21 \times 0.32}{4.011}$, 应取

$$\frac{603 \times 0.32}{4.01} = 48.1.$$

3. 乘方和开方

(1) 乘方

设有

$$x^2 = \mu,$$

μ 应比 x 多一位有效数字。

如求 696^2 , 按规则得

$$696^2 = 4844 \times 10^2,$$

若写为 $696^2 = 484416$, 则将使人对答案的正确程度产生错误印象。

(2) 开方

设有 $\sqrt{x} = \mu,$

方根 μ 的有效数字应比底 x 多一位。

如求 $\sqrt{3869}$, 按规则得

$$\sqrt{3869} = 62.201,$$

如认为平方根有五个“数字”, 则根号内需要有十个“数字”, 这是不对的。

三、根据答案所需精度来决定运算数值的“字”数

例: 有一系列真误差 $\Delta_1 = 2'.25$, $\Delta_2 = 1'.25$, $\Delta_3 = 1'.75$, $\Delta_4 = 0'.75$, 按公式 $m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}$ 计算中误差, 要求 m 有两个正确数字。

计算中 $[\Delta\Delta]$ 也只要有两个数字就相适应了, 但为确保计算的精度, $[\Delta\Delta]$ 一般可取三个数字, 即

$$\begin{aligned} \Delta_1^2 &= 22.5^2 = 5.06 \\ \Delta_2^2 &= 1.25^2 = 1.56 \\ \Delta_3^2 &= 1.75^2 = 3.06 \\ \Delta_4^2 &= 0.75^2 = 0.56 \\ \hline [\Delta\Delta] &= \frac{\quad}{10.24 \approx 10.2} \\ m &= \pm \frac{\sqrt{10.2}}{4} = \pm \sqrt{2.55} = \pm 1'.6. \end{aligned}$$

§10-3 数表的选择

一、对数

对数小数位的多少与真数必须相适应。一般来说, 对有 n 位有效数字数值的运算, 应采用 n 位对数表。

二、三角函数

在计算中所使用的三角函数表和对数表的位数, 一般可按表 10-1 选定。

表 10-1

角度精度	$6'' \sim 10''$	$1''$	$0'.1$	$0'.01$
采用数表位数	5	6	7	8

§10-4 计算工作注意事项

1. 计算工作开始前应对所用的各种起算数据、手簿等进行检查核对。

2. 根据不同等级的精度要求,选用适当的计算方法和数表。

3. 计算资料应该书写端正清晰,不得潦草模糊。计算错误的地方,应以刀片轻轻刮去,重写正确数字,或用贴补的办法。一般不得将计算资料重新誊清,如不得已需要誊写时,必须严格校对。

4. 计算人员在工作中应仔细认真,才能不发生或少发生错误。

5. 检查工作应该由另一人进行。检查人员应该谨慎细心,认真负责,必须将计算资料详细验算核对。如果是二人进行对算,则计算时应独立进行,在计算过程中要逐段进行校核。

6. 有些角度改正数计算中往往需要凑整,此时应注意将尾数多1或少1的,都凑整到比较接近 90° 的角度中。

7. 计算人员还应考虑到,所计算的成果资料要使人人看起来一目了然。所以在资料中应有必要的说明和附注,如起算数据的来源、等级、精度、计算所用的公式,……等。最后还应有对计算成果的质量的简单评价,如测角中误差、最弱边相对中误差、水准网每公里中误差等。

第十一章 三角测量概算

§11-1 测站平差

设在一个测站上,用全圆方向法观测,对 n 个方向观测了 m 个测回,则此观测结果的测站平差,就是求出每个方向 m 个测回的算术中数(最或然值)。

各方向观测值的中误差按下式计算

表 11-1 测站平差计算表

测站: 大兴

测回 号数	照			准			方			向			[v] ²	
	羊虎山	茅村	西	v	°	'	°	'	°	v	°	'		[v]
1	0 00 00	59 03 19.4		+1.6	115 48	55.0	+0.8	173 48	56.8	+0.3			+2.7	7.29
2		22.2		-1.2	58.4		-2.6	58.2		-1.1			-4.9	24.01
3		23.7		-2.7	58.0		-2.2	60.0		-2.9			-7.8	60.84
4		21.7		-0.7	54.8		+1.0	57.0		+0.1			+0.4	0.16
5		17.8		+3.2	52.9		+2.9	51.5		+2.6			+8.7	75.69
6		21.4		-0.4	55.5		+0.3	56.5		+0.6			+0.5	0.25
中数	0 00 00	59 03 21.0			115 48	55.8		173 48	57.1				Σ	168.24
				[v ²]	22.18		[m ²]	21.74		[v ²]	16.84	Σ		60.76

计算者: 邓舟

检查者: 王华

按式(11-1)计算各方向观测值的中误差

$$m_r = \pm \sqrt{\frac{60.76 - \frac{1}{4} \times 168.24}{(6-1)(4-1)}} = \pm 1.12.$$

按式(11-2)计算各方向平差值的中误差

$$M = \pm \frac{1.12}{\sqrt{6}} = \pm 0.46.$$

$$m_r = \pm \sqrt{\frac{[vv] - \frac{1}{n} \sum [v]^2}{(m-1)(n-1)}} \quad (11-1)$$

式中: m ——测回数;

n ——方向数;

v ——各方向观测值与该方向平均观测值的差;

$[v]$ ——同一测回各方向 v 值的和。

各方向平差值的中误差按下式计算

$$M = \pm \frac{m_r}{\sqrt{m}} \quad (11-2)$$

式中: m_r ——按式(11-1)计算的结果;

m ——测回数。

算例见表 11-1。

§11-2 三角形概算和近似坐标计算

一、三角形概算

1. 目的

三角形概算的目的是求得三角网(锁)中各三角边的近似边长,供近似坐标、归心改正、方向改化和球面角超等计算使用。

2. 方法

(1) 三角形及其各角编号的规则:以图 11-1 为例(该图为一中点五边形,其他图形也一样),邻近基线边(或已知边)的三角形为 I 号,

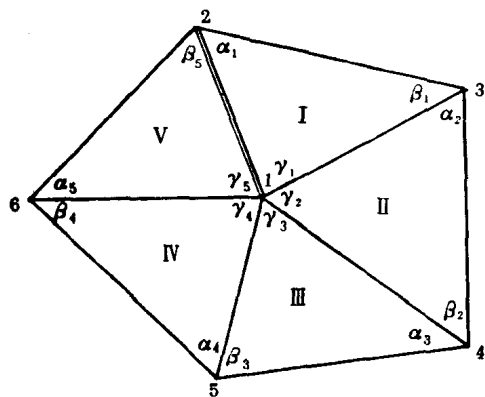


图 11-1

依次给以 II、III……的编号;第 I 号三角形中已知边 b_1 所对角编号为 β_1 , 传距边 a_1 (亦即下一个三角形的已知边 b_2) 所对角编号为 α_1 , 另一边 c_1 所对角编号为 γ_1 ; 余类推。

(2) 解算三角形的公式

$$\left. \begin{aligned} a_i &= \frac{b_i}{\sin \beta_i} \cdot \sin \alpha_i \\ c_i &= \frac{b_i}{\sin \beta_i} \cdot \sin \gamma_i \end{aligned} \right\} \quad (11-3)$$

或

$$\left. \begin{aligned} a_i &= b_i \cdot \csc \beta_i \cdot \sin \alpha_i \\ c_i &= b_i \cdot \csc \beta_i \cdot \sin \gamma_i \end{aligned} \right\} \quad (11-4)$$

令

$$K_i = \frac{b_i}{\sin \beta_i} = b_i \cdot \csc \beta_i, \quad (11-5)$$

则

$$\left. \begin{aligned} a_i &= K_i \cdot \sin \alpha_i \\ c_i &= K_i \cdot \sin \gamma_i \end{aligned} \right\} \quad (11-6)$$

将式(11-5)和式(11-6)换成对数形式为:

$$\lg K_i = \lg b_i - \lg \sin \beta_i = \lg b_i + \operatorname{colg} \sin \beta_i \quad (11-7)$$

$$\left. \begin{aligned} \lg a_i &= \lg K_i + \lg \sin \alpha_i \\ \lg c_i &= \lg K_i + \lg \sin \gamma_i \end{aligned} \right\} \quad (11-8)$$

以上各式中, $a_i, b_i, c_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ 的意义与(1)项三角形及其各角度的编号规则同。

3. 算例

如图 11-1, 该三角网中 1~2 为已知边(b_1), 试按式(11-7)和式(11-8)求其余各三角形的边长。

三角形边长的概算见表 11-2, 表中小圆圈内数字表示计算顺序。

表 11-2 三角形边长概算

三角形号	点号	角号	角度观测值 。 , ,	余 割 对 数 正 弦 对 数	边长对数	边长真数
			① β_i ② γ_i ③ α_i } 观测结果	⑧ = ⑦ + ④ = $\lg K$ ④ $\operatorname{colg} \sin \beta_i$ ⑤ $\lg \sin \gamma_i$ ⑥ $\lg \sin \alpha_i$	⑦ $\lg b_i$ 已知边 ⑨ = ⑧ + ⑤ ⑩ = ⑧ + ⑥	⑪ = ⑦ 的真数 ⑫ = ⑨ 的真数 ⑬ = ⑩ 的真数
I	3	β_1	36 51 50	3.952 608 0.221 909	3.730 699	5 378.97
	1	γ_1	91 58 00	9.999 744	3.952 352	8 960.90
	2	α_1	51 10 10	9.891 540	3.844 148	6 984.70

续表

三角形号	点号	角号	角度观测值 ° ′ ″	余割对数 正 弦 对 数	边长对数	边长真数
II	4	β_2	65 02 50	3.886 706		
	1	γ_2	55 23 20	0.042 558	3.844 148	6 984.70
	3	α_2	59 33 50	9.915 414	3.802 120	6 340.44
III	5	β_3	35 57 40	9.935 605	3.822 311	6 642.19
	1	γ_3	101 51 50	4.053 498	4.044 120	11 069.30
	4	α_3	42 10 30	0.231 187	3.880 478	7 594.13
IV	6	β_4	60 15 40	3.941 811	3.800 478	7 594.13
	1	γ_4	53 16 00	0.061 333	3.845 675	7 009.30
	5	α_4	66 28 20	9.903 864	3.904 117	8 018.94
V	2	β_5	80 59 50	3.909 500	3.904 117	8 018.94
	1	γ_5	57 30 40	0.005 383	3.835 583	6 848.30
	6	α_5	41 29 30	9.926 083	3.730 693	5 378.90

概算三角形边长时,将角度观测值凑整至 $10''$ (或 $0'.1$),用六位(或五位)数表计算。本例用六位三角对数表,按式(11-7)和式(11-8)计算。

由图 11-1 可知, α_5 角所对的传距边即起算边,按理最后求得 1~2 边长应等于已知边长度,但因三角网尚未平差,故结果差 7 厘米。

二、近似坐标计算

1. 要求

(1) 用于把三角点水平方向归算至高斯投影平面上。进行方向改化计算的三角点近似坐标,在计算时可不顾及三角形闭合差,坐标算至米即可。

(2) 用于三角网按间接观测平差的近似坐标,在计算时应先平均分配各三角形的闭合差,坐标算至厘米即可。

2. 方法

用第十二章中有关坐标计算的任一方法均可。

§11-3 测站点与照准点归心改正计算

一、测站点归心改正计算

在图 11-2 中:

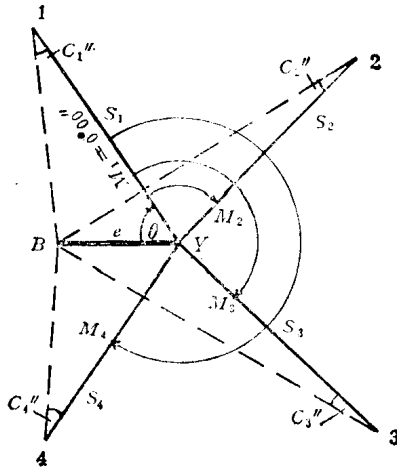


图 11

B ——标石中心;

Y ——仪器(测站)中心;

e ——偏心距(= BY),即测站归心长度元素,以米为单位;

θ ——测站归心角度元素,是以仪器中心 Y 至标石中心 B 的方向为零,顺时针旋转到本站偏心观测时零方向的角度;

M_i ——测站 Y 观测各目标的方向值;

s_i ——测站 Y 至各目标的概略边长,以米为单位。

设 c_i'' 为测站归心改正数,则

$$c_i'' = \frac{\rho'' \cdot e \cdot \sin(M_i + \theta)}{s_i} \quad (11-9)$$

上式取对数形式为

$$\lg c_i'' = \lg \rho'' + \lg e + \lg \sin(M_i + \theta) - \lg s_i, \quad (11-10)$$

或
$$\lg c_i'' = \lg K + \lg \sin(M_i + \theta) + \text{colg} s_i. \quad (11-11)$$

以上三式中:

$$\rho'' = 206\,265'';$$

$$\lg K = \lg \rho'' + \lg e;$$

$$\operatorname{colg} s_i = 10 - \lg s_i.$$

算例见表 11-3, 表中小圆圈内数字表示计算顺序。

表 11-3 测站归心改正数计算表

(用对数)

偏心测站: 5

$e = 0.078^m$

$\theta = 51^\circ 10'$

④ $\lg \rho'' = 5.3144$

⑤ $+\lg e = 8.8921$

⑥ $\lg K = 4.2065$

计算项目	计算的步骤和说明	照 准 目 标			
		1	2	3	4
M_i	①各照准目标的方向观测值	0° 00'	88° 12'	177° 35'	243° 26'
$M_i + \theta$	② = ① + θ	51 10	139 22	228 45	294 36
$\lg \sin$ ($M_i + \theta$)	③ = ②的对数	9.8915	9.8137	9.8761 m	9.9857 n
$\lg K$	⑥见表右上角的计算	4.2065	4.2065	4.2065	4.2065
$\operatorname{colg} s_i$	⑦ = 10 - $\lg s_i$ (三角形概算结果)	6.1290	6.1397	6.0878	6.1580
$\lg c_i''$	⑧ = ③ + ⑥ + ⑦	0.2270	0.1599	0.1704	0.3502
c_i''	⑨ = ⑧的真数	+1'7	+1'4	-1'5	-2'2

c_i'' 的符号, 当 $M_i + \theta$ 小于 180° 时为正, 当 $M_i + \theta$ 大于 180° 时为负。计算出 c_i'' 后, 加到偏心测站所观测的各相应方向观测值中去。

二、照准点归心改正计算

在图 11-3 中:

B ——标石中心;

T ——照准目标中心;

e_1 ——偏心距 (= BT), 即照准点归心长度元素, 以米为单位;

θ_1 ——照准点归心角度元素, 以目标中心 T 至标石中心 B 的方向为零, 顺时针旋转到本站观测时零方向的角度;

M_i ——本站观测各方向的观测值;

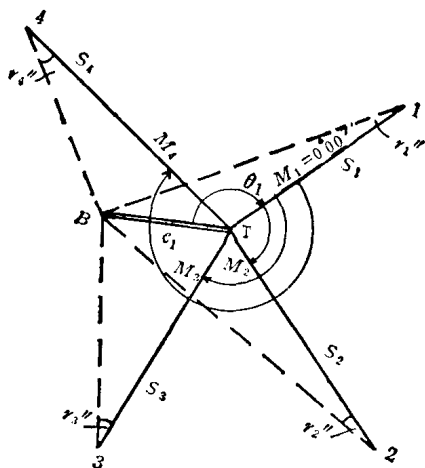


图 11-3

s_i ——目标站(本站)至测站 i 的概略边长,以米为单位。

设 r_i 为照准点归心改正数,则

$$r_i = \frac{\rho'' \cdot e_1 \cdot \sin(M_i + \theta_i)}{s_i}, \quad (11-12)$$

式中: $\rho'' = 206\ 265''$ 。

从形式上看,式(11-12)和式(11-9)是一样的,因此式(11-12)也可以按式(11-11)用对数来计算。

算例见表 11-4,表中小圆圈内数字表示计算顺序。

表 11-4 照准点归心改正数计算表
(用真数)

照准目标: 5

$e_1 = 0.101^m$

$\theta_1 = 131^\circ 40'$

④ $\rho'' = 206\ 265$

⑤ $\times e_1 = 0.101$

⑥ $K = 20832.8$

计算项目	计算的步骤和说明	测 站			
		1	2	3	4
M_i	①各测站的方向观测值	0° 00'	91° 53'	169° 11'	264° 27'
$M_i + \theta_1$	② = ① + θ_1	131 40	223 33	300 51	36 07
$\sin(M_i + \theta_1)$	③ = ②的函数	0.7470	0.6890	0.8585 ⁿ	0.5894
K	⑥见表右上角的计算	20 832.8	20 832.8	20 832.8	20 832.8
s_i	⑦三角形概算结果	9339.0	8404.3	7937.8	8310.0
r_i	⑧ = ③ × ⑥ ÷ ⑦	+1'7	+1'7	-2'3	+1'5