

金展开 200 例

杨玉杰 编著
袁筱麟 审核



机械工业出版社

本书共汇编了 200 个钣金展开的实例。各章节以形体归类分别介绍各种构件的展开方法，除用图解法和一般计算法结合展开外，还以实例数据介绍程编计算法展开的先进技术。

本书适合具有初中以上文化的从事钣金工、铆工、管工等工种的技术工人参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

钣金展开 200 例 杨玉杰编著 . - 北京：机械工业出版社，2003.6
ISBN 7-111-12069-8

. 钣... . 杨... . 钣加工 . TG936

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 033493 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：吕德齐 版式设计：冉晓华 责任校对：李汝庚

封面设计：姚 毅 责任印制：闫 焱

北京瑞德有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5 · 8.625 印张 · 334 千字

0 001—4 000 册

定价：24.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

展开放样是金属材料加工制造产品的第一道工艺过程，在生产过程中起着非常重要的作用。正确绘制展开图不仅是保证产品制造质量的关键，同时也对降低材料消耗，提高劳动生产率起着不可忽视的作用。

展开放样在现场施工中归纳起来有两种方法：图解法和计算法。不论用什么方法，这一操作工序都要求施工人员根据施工图纸的图样在施工材料上做出 1:1 的实际展开图形。图解法是根据画法几何展开原理而得到的，图解法展开较直观、形象，是目前仍在广泛使用的方法。有关计算法的书籍很多，但大多因繁杂的计算而不易在施工中推广使用。本书要介绍的程编计算公式展开法是作者几十年用图解法和计算法在实践工作中总结出来的。带程序编排运算的袖珍式计算器的普及，也促进了这种新展开放样方法的形成。这是一种通过形体分析来归类，把繁杂的计算简化，建立计算公式，用解析计算代替几何作图，用程编计算来简化计算过程的一种展开方法。由于程编计算的快捷和简便，在很多复杂的构件展开时，是其他各种展开法在速度，准确和便于掌握方面都无法相比的。这种方法节省了图解法中放实样、相贯线求作、实长线求作和展开作图等大量的作图过程，同时又将计算法中繁杂的大量计算过程简化成非常实用的计算公式。利用程编计算使整个计算过程不但速度快而且精确度高。只要根据施工图样对构件形体分析确定后，就可以套用此种形体展开计算公式进行计算，展开下料，从而使它更实用和便于掌握。

本书以部分实例讲解程编计算公式法展开的实用技术，除阐述展开原理外，还以实例介绍形体分析和展开放样时的具体操作方法，并经过形体归类介绍通用公式，然后再以实例介绍通用公式具体使用方法和各种特殊情况下的专用计算公式及计算和展开放样方法等。这种方法使很多复杂的展开放样工作变得准确而又简便。从钣金展开下料的实用性来讲它是较先进的新技术。

程编计算公式法展开虽然适用面较广，但和其他展开方法一样，在目前仍是以图解法展开为基础而不能完全替代图解法展开。在当前的现场实际施工中，由于施工条件和人员素质的原因，大部分钣金展开仍是以图解法和计算结合的施工方法为主。因此本书 200 例本着实用的原则对各种构件的展开仍以常用的图解法结合计算进行展开为主，但在各章节各种形体的展开方法中同时对程编计算公式法展开作重点推广介绍，并在部分实例中算出具体数值供读者参考，以便于掌握

各种形体展开计算公式的灵活应用。

为便于介绍程编计算公式法展开，本书在各章节中对各种构件的展开实例基本以同一形体归类并介绍计算公式。

作者在中国石化集团齐鲁石化公司举办的技师和高级工培训班中多次对程编计算公式法展开进行推广讲授，均得到学员们的一致好评。在化工建设、机械制造、炼油厂等不同单位工作的学员都认为此方法是十分实用而且易于掌握的先进技术，十分适合具有初中以上文化的从事钣金各工种的技术工人在现场施工中使用。作者经过多年实践和总结编写此书，希望对钣金展开技术进步能有所推动，尤其是对在现场艰苦条件下施工的同行们在遇到繁杂的展开下料工作时能有所帮助。不足之处恳切希望同行们给予指正。在编著过程中曾参阅很多有关钣金展开的书籍，作者在此对这些著作的编著者表示深切的感谢。本书稿由袁筱麟高级工程师帮助审核，并提出宝贵意见，在此深表谢意。由于时间仓促和水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 概述 1

1.1 传统的图解展开法 1

1.1.1 线形放样 1

1.1.2 结构放样 2

1.1.3 展开放样 3

1.2 程编计算公式法展开
放样 4

1.2.1 展开原理 4

1.2.2 展开的基本步骤 5

1.2.3 展开公式的分类和形体
分析 5

1.3 计算器的程编计算应用 6

1.3.1 程编计算的一般用法 6

1.3.2 在展开放样中程编计算
的应用 10

第2章 圆柱面构件的展开 15

2.1 被平面斜截后的圆柱管
构件 15

2.1.1 通用计算公式 16

2.1.2 专用计算公式 16

例1 两节直角圆管弯头 18

例2 平面任意角度三节圆管
弯头 21

例3 四节圆管弯头 23

例4 任意角度两节圆管弯头 26

例5 空间任意角度三节圆管
弯头 26

例6 等径正交三通管 29

例7 等径斜交三通管 31

例8 形等角等径三通管 34

例9 形不等角度的等径三通
管 35

例10 带补料的等径正交三通
管 38

例11 带补料的等角等径三通
管 40

例12 带补料的任意角度二节圆
管弯头 41

例13 等径裤形三通管 43

例14 等径斜交四通管 43

例15 三节蛇形圆柱弯管 43

例16 四节蛇形圆柱弯管 45

例17 双直角三节蛇形圆柱弯
管 48

例18 双直角五节蛇形圆柱弯
管 52

例19 交叉直角四节蛇形圆柱弯
管 53

例20 交叉直角五节蛇形圆柱弯
管 54

例21 正插正方锥台的圆柱管 56

例22 正插长方锥台的圆柱管 57

例23 偏插正方锥台的圆柱管 58

例24 斜插正方锥台的圆柱管 59

例25 平插正方锥台的圆柱管 61

例26 斜交矩形管的圆柱管 63

2.2 被圆柱面截切后的圆柱管
构件 64

例27 正交异径圆管三通
() 66

例28 正交异径圆管三通
() 66

例 29	斜交异径圆管三通	68	例 50	三节任意角度圆锥弯管	93
例 30	斜交异径圆管盲三通	69	例 51	四节直角圆锥弯管	94
例 31	偏心正交异径圆管三通	70	例 52	五节直角圆锥弯管	95
2.3	被椭圆面截切后的圆柱管		例 53	两节直角圆柱圆锥弯管	97
	构件	71	例 54	两节任意角度圆柱圆锥	
例 32	椭圆柱面截切后的圆柱		弯管	99	
	管	71	例 55	圆锥圆柱斜漏斗	100
例 33	标准椭圆封头上正插圆柱		例 56	椭圆圆锥圆柱斜漏斗	100
	管	72	例 57	三节异径圆柱圆锥弯	
例 34	标准椭圆封头上斜插圆柱		管	102	
	管	74	例 58	三节异径圆柱斜圆锥	
2.4	被球面截切后的圆柱管		弯管	102	
	构件	75	例 59	三节直角异径圆柱圆锥	
例 35	储罐罐顶正插圆柱管	75	弯管	105	
例 36	半球平插圆柱管	76	例 60	三节变径直通管	106
例 37	球罐圆柱管支腿的切口	77	例 61	正交圆柱圆锥三通管	108
2.5	被圆锥面截切的圆柱管		例 62	斜交圆柱圆锥三通管	110
	构件	80	例 63	形等分角圆柱圆锥	
例 38	圆锥面上正插圆柱管	80	三通管	111	
例 39	圆锥面上平插圆柱管	80	例 64	异径裤形三通管	112
例 40	圆锥面上斜插圆柱管	82	例 65	侧交斜圆锥三通管	114
第 3 章	圆锥面构件的展开	84	例 66	正接异径圆柱圆锥四	
3.1	圆锥台	84	通管	115	
例 41	正圆锥台	84	例 67	斜接异径圆柱圆锥四	
例 42	上下口相差不大的正圆		通管	117	
	锥台	85	例 68	圆锥侧交斜圆锥四通	
例 43	由多块带板组成的正圆		管	117	
	锥台	86	3.3	被曲面截切后的圆锥台	
例 44	斜圆锥台	86		构件	119
例 45	直角圆锥台	88	例 69	正交圆柱的圆锥管	
例 46	跨心斜圆锥台	89	()	120	
例 47	椭圆锥台	89	例 70	正交圆柱的圆锥管	
例 48	正椭圆锥台	90	()	121	
3.2	被平面截切后的圆锥台		例 71	斜交圆柱的圆锥管	122
	构件	91	例 72	水壶壶嘴	122
例 49	两节任意角度圆锥弯管	91	例 73	斜交圆锥的圆锥管	124
			例 74	圆锥水壶	126

第4章 不可展曲面构件的

展开	128	例 94 特大圆弧的计算作图	155
4.1 螺旋面构件	128	例 95 标准椭圆的计算作图	156
例 75 正螺旋面	128	例 96 容器接管补强圈	157
例 76 斜螺旋面	129	例 97 换热器封头管箱隔板	158
例 77 方—方形迂回 180° 螺旋管	131	例 98 轻钢拱形墙面板	159
例 78 方—矩形迂回 180° 螺旋管	132	5.2 棱锥棱柱管构件	160
例 79 方口变截面迂回 180° 螺旋管	133	例 99 正四棱锥	160
例 80 旋风分离器盖板的 展开	135	例 100 方锥管	161
例 81 轴流风机叶片的展开	136	例 101 两节直角矩形管弯头	161
例 82 螺旋面成形胎具的 设计	137	例 102 三节矩形管连接管	162
4.2 回转面构件	139	例 103 上口被圆柱管正插的正 四棱锥管	163
例 83 拱顶罐分瓣搭接顶板	140	5.3 非棱锥棱柱管构件	165
例 84 分瓣球带	142	例 104 矩形锥管	165
例 85 瓜皮球瓣	143	例 105 上下矩形口扭转连接 管	166
例 86 分瓣标准椭圆封头	144	例 106 上口倾斜的方锥管	167
例 87 分瓣圆弧带	145	例 107 下口倾斜的矩形锥管	168
4.3 不可展直纹面构件	146	例 108 上口被圆柱正插的矩形 锥管	169
例 88 变截面方口直角弧面 弯管	146	例 109 大、小口方形斜连接 管	169
例 89 变截面矩形口直角弧面 弯管	148	例 110 大、小口方形偏心连 接管	171
例 90 扭转矩形口直角弧面 弯管	148	例 111 矩形口斜漏斗	172
例 91 矩形顶方底 S 形连接管	149	5.4 弯管构件	174
第5章 平板构件的展开	151	例 112 弧形直角方口弯头	174
5.1 平板构件的几何作图与 应用	151	例 113 两节任意角度方锥管 弯头	175
例 92 常用几何图形画法	151	例 114 任意角度换向矩形管 弯头	176
例 93 圆锥顶圆锥面展开大圆弧 画法	154	例 115 S 形矩形口连接管	177
		例 116 弧面方形口弯管	178
		例 117 三节矩形漏斗	179
		例 118 四节直角方锥管弯头	179
		5.5 三通管构件	182
		例 119 弧形矩形口三通管	182
		例 120 裤形方口三通管	183

例 121	偏心斜接方形口三通管	184	例 143	圆顶方底接头	206
例 122	四节方口三通管	185	例 144	偏心圆顶矩形底接头	207
第 6 章 需二次下料构件的近似展开		187	例 145	椭圆顶矩形底接头	208
6.1 整体成形坯料的近似展开		187	例 146	椭圆顶方底接头	209
例 123	标准椭圆形封头	187	例 147	偏心椭圆顶矩形底接头 ...	210
例 124	抹边锥形封头	188	例 148	方顶椭圆底接头	211
例 125	双口抹边锥形封头	188	例 149	圆斜顶矩形底接头	212
例 126	平底圆角封头	189	例 150	圆顶矩形斜底接头	213
例 127	半球	190	例 151	方斜顶圆侧底接头	214
例 128	半球平边制件	190	7.2 圆—圆类异形接头		216
例 129	球缺体平边制件	191	例 152	圆顶长圆底接头	216
例 130	球缺封头	191	例 153	长圆顶圆底接头	217
例 131	半球直边封头	192	例 154	圆顶椭圆底接头	218
例 132	球缺直边封头	192	例 155	任意角度两异径管接头 ...	219
例 133	椭球体直边封头	193	例 156	圆顶椭圆斜底接头	220
6.2 需组拼成形坯料的近似展开		193	例 157	任意错位两异径管接头	222
例 134	球缺分片成形的近似展开	194	7.3 其他类异形接头		223
例 135	标准椭圆形封头的分瓣近似展开	195	例 158	圆顶马鞍形底接头	223
例 136	拱顶储罐对接顶板的近似展开	196	例 159	圆顶矩形底弯头	224
例 137	环形圆弧带的分瓣近似展开	197	例 160	侧圆顶圆底弯头	225
例 138	球瓣的近似展开	199	例 161	双圆口漏斗	227
例 139	分瓣坯料成形后净料的画线	200	例 162	两节圆顶椭圆底接头	228
第 7 章 异形接头构件的展开		202	例 163	两节方顶圆底接头	228
7.1 方—圆类异形接头		202	例 164	两节不等径偏心接头	230
例 140	方顶圆底接头	202	例 165	圆顶矩形马鞍底接头	231
例 141	圆顶矩形底接头	204	例 166	圆顶带圆角矩形底接头	233
例 142	偏心方顶圆底接头	205	例 167	方圆三通管接头	234
			例 168	圆顶两方底裤形三通接头	235
			例 169	两圆顶矩形底裤形三通接头	236
			7.4 各种形体及组合构件的板厚处理		237
			例 170	平板构件的板厚处理	237
			例 171	曲面板构件的板厚处理 ...	239
			例 172	平、曲面板混和构件的	

	板厚处理	240	例 185	角钢拼接矩形框	252
例 173	平面曲线接口圆柱、圆 锥管的板厚处理	242	例 186	槽钢大面弯折 90°.....	252
例 174	空间曲线接口圆柱、圆 锥管的板厚处理	243	例 187	槽钢大面弯折 90°圆角.....	253
例 175	接口进行坡口加工的 板厚处理	244	例 188	槽钢大面弯折任意角 度	253
第 8 章	型钢构件展开	245	例 189	槽钢大面双弯折角	253
8.1	各种型钢圈展开下料 方法	245	例 190	槽钢立面内弯组对矩 形框	254
例 176	角钢圈	245	例 191	槽钢大面组对矩形框	254
例 177	槽钢圈	246	例 192	槽钢大面组对圆角矩 形框	255
例 178	工字钢圈	247	例 193	工字钢的切角	256
8.2	各种型钢的切角和弯曲 展开下料方法	248	例 194	工字钢一端切成 60°.....	257
例 179	角钢的切角	248	例 195	工字钢两端切角	257
例 180	角钢内弯直角	249	例 196	两点定直线排料法	258
例 181	角钢外弯直角	249	8.3	螺旋盘梯	260
例 182	角钢内弯矩形框	250	例 197	拱顶罐的螺旋盘梯	260
例 183	角钢内弯圆角矩形框	250	例 198	球螺旋盘梯的常见 设计	261
例 184	角钢内弯任意角度	251	例 199	球螺旋盘梯 ()	262
			例 200	球螺旋盘梯 ()	264
			参考文献	266

第 1 章 概 述

本章对图解法的展开放样过程仅做简单的叙述，而且对作图法、实长线求作法、相贯线求作法和展开图画法等也不再过多地占用篇幅。着重介绍程编计算公式法展开的基本步骤和操作方法，使读者便于理解 200 例的作图方法和程编计算公式法展开的优越性。除特殊注明外本书角度以 ($^{\circ}$) 为单位，长度以 mm 为单位。

1.1 传统的图解展开法

施工中接触到的施工图是用正投影法原理在平面上表示的三维空间形体，而展开放样的目的是求取构件表面在平面上摊平后的实际形状图而保证材料的下料，所以根据设计图求取线段实长和构件表面的平面实形是绘制展开图的作图基础，而这整个工艺过程一般叫做展开放样。

图解法展开放样的书籍已出版很多并在广泛采用，而且已经形成较系统全面的实用技术，并有很多是以钣金展开技术手册的形式出版，主要是介绍几何作图，实长线求作，相贯线求作和展开原理等作图方法，为便于理解和阐述程编计算公式法展开原理，本节对图解法展开过程做简单的叙述。

图解法展开原理是从画法几何学中得到的，而画法几何的基础是投影法，所以图解法展开的作图方法仍然要遵守这一基本原则，而计算法展开则是用解析计算去代替图解法中的放样和作图过程。虽然有很多先进的方法在逐步地替代传统的图解展开放样法，但传统的图解展开放样法目前在实际的施工现场上仍有许多可以保留的部分而无法替代。

图解法展开放样的作图过程一般要经过线形放样、结构放样和展开放样这三个过程，但没有严格的区分，是互相交错联系在一起，一般统称叫做展开放样，但它们的内容却是完全不同的。这就要求施工者在展开放样时概念必须十分清楚，在实际施工中根据经验来决定那些过程可以简化合并或是不做，而且有些构件在经过线形放样或结构放样就可完成而不必进行展开放样，目前在现场的施工中多是以作图和计算结合的展开方法，这就需要施工者去灵活应用了。

1.1.1 线形放样

产品图样一般是缩小比例绘制的，各部分投影的一致性 & 尺寸准确程度都要

受到一定的限制，所以展开下料前要放样绘制实样图，就是将全部或部分投影面、剖切面以 1:1 的实际尺寸或按比例绘制。这第一步工作就叫做线形放样，而线形放样必须根据施工图样做出准确的实样图形才能保证后面工序的质量，所以线形放样的主要技术问题就是要掌握几何作图法。

几何作图是一门很有趣味的学问，几千年来人类在几何作图上积累了相当丰富的经验，并且广泛应用在各学科和应用工程中。在展开放样工艺中，构件的作图画法也是多种多样的，一般要根据图样精确度要求来决定画法，几何作图在各学科和应用工程中都是采集自己有用的部分，展开放样中需要作的几何图形也是如此，而且是多种多样的，这就需要我们平时去积累，尤其是对各种画法的精确度，以便在按照图样设计需要时采用某种画法。例如在压力容器设备制造中椭圆问题是经常遇到的，它的图形画法和周长近似算法在已出版的书籍中有很多，很多人在工作中也都是采用自己常用的画法，一般常用的有四心画法、同心圆画法、轨迹法等。这些画法对椭圆的长短轴尺寸都可以保持一样，但对椭圆曲线的形状就不太一样。在压力容器制造中对椭圆封头和相关部件的放样时，如封头压制胎具的断面曲线，内隔板及外接管等相结合件的放样曲线就必须采用轨迹法或算法来做标准椭圆曲线，而不能用四心画法等近似画法去作图，否则会因差距太大而无法保证各加工部门之间的统一性，而且也只能是标准椭圆曲线才能符合图样设计的要求。而一般在椭圆体储罐或管线接头等的制造中，因图样设计仅要求长短轴尺寸或表面光滑连接，而对椭圆曲线没有严格要求时，我们在放样时就可采用较便于施工的方法，如用四心画法去做图。而和曲线相结合的隔板、封板都应以同一种画法去作图，以保证加工的统一性，同时展开周长因用四心画法也便于计算出准确展开值而便于施工。具体画法见第 5 章。

随着科学技术的发展，各种结构的几何尺寸要求也越来越高，有些图形用几何作图法就较难以保证准确要求，各种先进的方法在逐渐替代传统的作图方法，但在实际施工中有很多作图法仍然是简便而又实用的，所以在钣金展开中还是有大量保留的实用技术。

1.1.2 结构放样

结构放样就是在线形放样的基础上，按施工要求进行工艺性处理的过程。

结构处理涉及面较广、有时还很复杂，需要放样者有较丰富的专业知识和实践经验，并对相关工种知识也应有了解。结构处理要考虑的问题是多方面的，这就需要放样者根据产品的具体情况和生产条件妥善解决处理。结构放样需要处理的大概内容如下：

1. 板厚处理 在展开放样工艺中板厚处理一般用于以下两个方面：

(1) 构件由两种以上形体相贯时，分析其实际相贯点。

(2) 为构件展开时的实际展开尺寸求解。因实际施工时的板材总是有厚度的,这就要求我们对线形放样所做实样图中的线条必须进行取舍。取舍的根据仍是应保证展开形状在加工后能达到施工图的尺寸要求。也可以说板厚处理的主要内容就是求出相交体的接口位置,以确定求展图形而为展开放样准备取舍线条后的单线条放样图。板厚处理也是结构放样中较重要的部分。

2. 实长线的求作 在展开放样和下料制作中都需要构件边缘的实长线来解决问题,所以对构件视图进行形体分析后必须根据形体对展开方法和展开实长投影线进行确定。实长线的求作一般可以归结为以下几种方法:

(1) 直线段实长线的求作有旋转法、直角三角形法、换面法和支线法。这四种方法实际上都是利用平面内直角三角形的边角关系、用各种方法把两直角边实长投影到一个平面内用斜边来求出实长。

(2) 曲线段实长的求作有换面法和展开法。而换面法多用于平面曲线,展开法多用于空间曲线。

3. 相贯线的求作 空间各种形体相互截交,交线叫相贯线,在钣金展开中俗称结合线。

平面和立体相交叫截交,交线是直线或曲线。在展开放样中常用的截面实形为直线、圆形、椭圆形、抛物线和双曲线等构成的平面图形。球体被平面截切后的截面实形均为圆形。

立体和立体相交,相贯线的形状较复杂,交线是由直线或平面和空间曲线构成。

相贯线在平面上的投影是研究展开放样必须解决的问题,也是结构放样必做而准确性要求较高的复杂技术问题。

相贯线的求法:

(1) 辅助素线法:条件是至少应已知相贯线的一个投影(垂直投影)。

(2) 辅助平面法:条件是相贯线应是最简单的几何图形(三角形、长方形、圆形等)。如出现复杂曲线(椭圆形、抛物线等)应尽量避免使用。

(3) 辅助球面法:只适用于旋转体的相交(圆柱体、圆锥体、球体等),而且是轴线必须相交的构件。

(4) 当两个公切于同一个球面的任意旋转体相交时,其相贯线为平面曲线(椭圆)。若旋转体的轴线都平行于投影面时,轴线的投影为相交二直线。

对构件形体相贯线的正确分析是决定展开方法和正确展开构件的关键问题。

1.1.3 展开放样

展开放样是在结构放样的基础上,利用展开图画法对不反映实形或需要展开的部件进行展开以求取工艺需要的过程。

展开图画法一般有以下几种方法：

- 1) 平行线法展开。
- 2) 放射线法展开。
- 3) 三角形法展开。
- 4) 复杂构件的经验展开法。
- 5) 不可展面的近似展开法。

总之线形放样、结构放样、展开放样这三个过程在操作时是紧密联系没有严格区分的，操作者可以根据自己的经验尽量少做或是不做一些步骤，但应是根据施工图样做出准确的展开图形。

概括地说：线形放样是根据施工需要，绘制构件整体或局部轮廓投影的基本线形，就是根据图纸图样用几何作图法尽量以 1:1 的尺寸绘出投影实形图。而结构放样是在线形放样的基础上按施工要求进行工艺处理的过程，就是根据实形图取舍投影线条进行板厚处理、相贯线的投影求作、实长线求作等处理而作出展开需要的单线条图形即放样图。展开放样是根据放样图利用展开图画法对不反映实形和需展开的部件进行展开作图以求取工艺需要的形状和尺寸的过程，也可以说是根据放样图做出展开图的过程。

在展开放样工艺中，几何作图、实长线求作、相贯线求作、板厚处理、展开图画法等是传统的作图法展开放样工艺中较重要的部分。

1.2 程编计算公式法展开放样

程编计算公式法展开是在计算法展开的大量实践中，根据计算器的程编计算应用而总结出的较先进的展开放样技术。它可省去作图法大量的对实样图到展开图形的求作过程，同时也可简化一般计算法展开中复杂而又反复的计算过程，因此它可以说是施工中较先进的展开放样新技术。施工条件许可时把所用公式编程序输入微机，使用起来就更为方便，同时也为快速掌握展开下料技术提供了一个捷径。

1.2.1 展开原理

根据画法几何对形体展开原理，对形体进行分类后用解析计算的方法对各种形体展开所需要的线段实长或曲线建立表达式，就是对平面表示的各种空间形体的展开问题用这些计算公式表示代替，利用计算器的程编运算能力直接得出展开实形所需要的尺寸，这就是公式法展开的基本原理。

它和一般计算法展开的不同处在于它不是根据作图顺序按展开步骤用数学计算逐步去求解，而是按构件几何形体的归类化简出展开形状边缘线的解析表达

式，使常用的大部分展开问题可以按平面投影的图样要求套用公式计算，得出数值而直接做出展开图形，把很多复杂的展开问题变得简化。

用通俗的语言说：程编计算公式法展开就是根据施工图样要求对需展开构件进行形体分析后套用专用公式程编计算后直接得出做展开图尺寸的方法。当然做为 一门实用技术还有很多操作技巧问题，要有较强的空间形体的分析能力和计算器的应用技巧，但用此法可把很多复杂的展开下料问题变得较易掌握而又高效，如有一定的实践经验要熟练掌握这门技术就容易得多。当然这只是基本原理，操作时还有很多技术问题需要处理，在以后各章具体公式的应用中再详细讨论。

1.2.2 展开的基本步骤

(1) 根据施工图纸图样，对需要展开的构件进行形体分析并构思放样草图和展开草图。所谓草图即是不用实样或比例而仅有图样形状和实际尺寸标注的图形。

(2) 根据构件形体选用计算公式，核实计算草图中已知条件并按公式中需要对不符合计算公式的已知条件进行简化计算。

(3) 化简公式中已知条件数值使公式更加简化，然后利用计算器程编计算得出展开图的尺寸数值。

(4) 根据计算数值和展开草图形状制作展开样板或直接下料。

以上是基本步骤，对施工经验较丰富的读者一般可以不画放样草图或展开草图，因在施工中这种放样草图也可叫计算草图，只是作为协助施工者思考的工具，经验较多者可根据施工图样的形体直接用公式程编计算得出数值就可以直接做样板或下料。只要手边拿着袖珍计标器就可直接做展开放样的施工了。尤其是在较大型的单件构件展开放样时可在材料上直接下料画线，既省工时又可在曲线不太光滑的部位随时增加实长线而使展开曲线更加准确。

1.2.3 展开公式的分类和形体分析

为便于读者选用，计算公式的分类基本上是以构件形体来划分的，尤其是常用的构件形体，并在每项公式后的实例展开计算中对这种形体在各种构件中的应用尽可能地例举实例计算，以便读者灵活掌握应用计算公式。

展开放样工艺过程是要将平面（施工图样）上表示的空间形体（构件）的表面在平面（展开图样）上表示出来，这就要求我们首先对施工图所要求的构件形体概念清楚。但展开图样的形状不仅由构件结构所决定，而且板料厚度和制造工艺的不同也都对展开图样有一定的影响。而且即使符合了施工图样的要求，由于施工者对构件形体设计不同也会对展开方法和展开形状有很大的影响。传统的图解法展开中在线形放样和结构放样中的工艺处理就是要解决这些问题而得出放

样图，再利用展开图画法去得出展开图样。而算法展开一般不再 1:1 地放大样，为了计算时的概念清楚，一般要画计算草图（只为计算提示用的草图）和展开草图（为下料做提示用的草图），而这计算草图和图解法展开中的放样图就有同样的作用，因这计算草图的尺寸数值决定了展开图的形状尺寸，所以也是很重要的一步。而要做到准确就必须对施工图的构件有正确的形体分析并构思出正确的计算草图。虽是草图但尺寸却应是十分准确的。要保证展开的准确和符合工艺要求，在形体分析时一般要考虑以下几个方面：

- (1) 构件的结构分析；
- (2) 构件的板厚处理；
- (3) 相贯线的接头处理要求；
- (4) 制造工艺的需求；
- (5) 材料的限制性。

具体的构件在形体分析时均有各自的特点和许多复杂的情况，在后面各章计算公式例题中再分类讨论，但以上这 5 个方面是有普遍性的，在形体分析时都应考虑到。在十分复杂的情况下也可进行节点或部分放大样来协助思考和决定形体选用计算公式。

1.3 计算器的编程计算应用

公式法展开计算可以使很多复杂形体的展开计算简单化，这还要归功于计算器的编程计算功能，编程运算是这种展开放样方法可以实用的十分重要的手段，而且随着科学技术的不断进步，可以随身携带方便小巧的计算工具将更加先进。现以夏普（SHARP）EL - 514 型袖珍计算器为例进行应用介绍。该计算器外壳坚固很适合现场施工使用，而且价格便宜。虽然模式编入的公式总步数仅为 40 步，但由于有 K_1 和 K_2 两记忆功能键的使用对展开放样中常用计算公式的编程运算基本可以解决。如读者使用其他类型计算工具，可根据 EL - 514 型计算器的使用方法做参考，按其使用方法同样做编程运算来进行展开放样，而且由于计算工具的先进还可以使计算工作更加简化快捷。

1.3.1 编程计算的一般用法

SHARP EL - 514 型袖珍计算器外型尺寸为 149mm × 76mm × 20mm，重量为 102g，外观按键排列如图 1.3-1 所示。

1. 编程运算常用按键说明

~ 数字输入键；

$\boxed{+}$ $\boxed{-}$ $\boxed{=}$ 加、减、
等于键；

$\boxed{\text{DEG}}$
 $\boxed{\times}$ 乘键 六十进制转换为
十进制键；

$\boxed{\text{DMS}}$
 $\boxed{\div}$ 除键 十进制转换为六
十进制键；

$\boxed{+ -}$ 正负转换键 运算顺序
互换键；

$\boxed{x - M}$ 将显示数存入记忆键；

$\boxed{\text{RM}}$ 记忆取出键；

$\boxed{\text{M+}}$ 记忆累加键；

$\boxed{2\text{ndF}}$ 第二功能键；

$\boxed{\text{DRE}}$ 角度单位选择键；

$\boxed{\sin^{-1}}$
 $\boxed{\sin}$ 正弦函数键 反正弦函数键；

$\boxed{\cos^{-1}}$
 $\boxed{\cos}$ 余弦函数键 反余弦函数键；

$\boxed{\tan^{-1}}$
 $\boxed{\tan}$ 正切函数键 反正切函数键；

$\boxed{\text{LRN}}$
 $\boxed{\text{COMP}}$ 程序计算键 设定或清除程序键；

$\boxed{10^x}$
 $\boxed{\log}$ 常用对数键 常用指数键；

$\boxed{(x)}$
 $\boxed{(}$ 左括弧键 程序变数输入键；

$\boxed{\text{HLT}}$
 $\boxed{)}$ 右括弧键 程序暂停键；

$\boxed{1/x}$
 $\boxed{x^2}$ 平方键 倒数键；

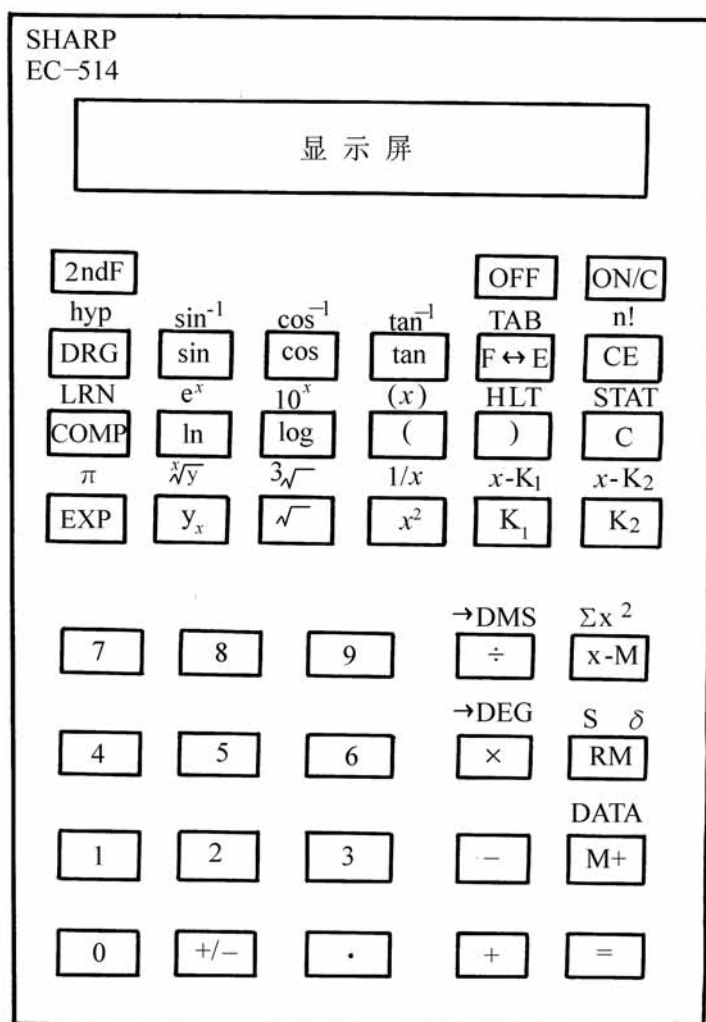


图 1.3-1 SHARP EL - 514 型计算器的按键排列

$x - K_1$
 $\boxed{K_1}$ 记忆取出键 将显示存入 K_1 记忆键；

$x - K_2$
 $\boxed{K_2}$ 记忆取出键 将显示存入 K_2 记忆键；

注： $x - M$ $x - K_1$ $x - K_2$ 都是将显示数分别存入 M 、 K_1 、 K_2 中，在此同时各储存器的原记忆内容分别被清除。

2. 显示符号及意义说明

M: 记忆符号；

- : 负号；

E: 错误或溢出符号；

2F: 第二功能符号；

DEG: 度表示符号；

RAD: 弧度制角度符号；

GRAD: 梯度制角度符号；

(: 右括弧符号 (可至 7 重)；

LRN: 学习程序 (LEARN) 形式指示符号；

[1]: 程序形式变数输入指示符号。

3. 程序运算

(1) 按 $\boxed{2ndF}$ \boxed{LRN} \boxed{COMP} 键后可以输入程序步骤，同时清除记忆中所有步骤。

(2) 当要输入可变数时先按 $\boxed{2ndF}$ $\boxed{(x)}$ $\boxed{()}$ 键。

(3) 当输入步骤完成，按下 $\boxed{2ndF}$ \boxed{COMP} 键。

(4) 按下 \boxed{COMP} 键时执行程序记忆内所有步骤。

4. 程编计算的应用举例

(1) 圆面积计算的程编：圆面积计算是较简单的运算，这里举例仅为说明程编运算的操作过程。

圆面积公式：
$$S = \pi r^2$$

式中 S ——圆面积；

π ——圆周率；

r ——圆半径。

程编过程和操作顺序见表 1.3-1。

程序编排结束后就可根据变量 r 的不同数值来进行调用以求出不同半径时的圆面积值。如需求 $r = 30\text{mm}$ 和 $r = 32.5\text{mm}$ 时的 S 值时操作过程见表 1.3-2。