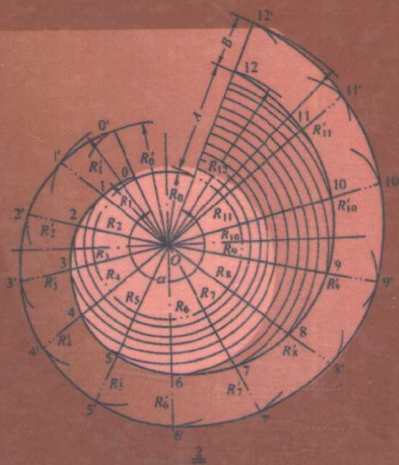
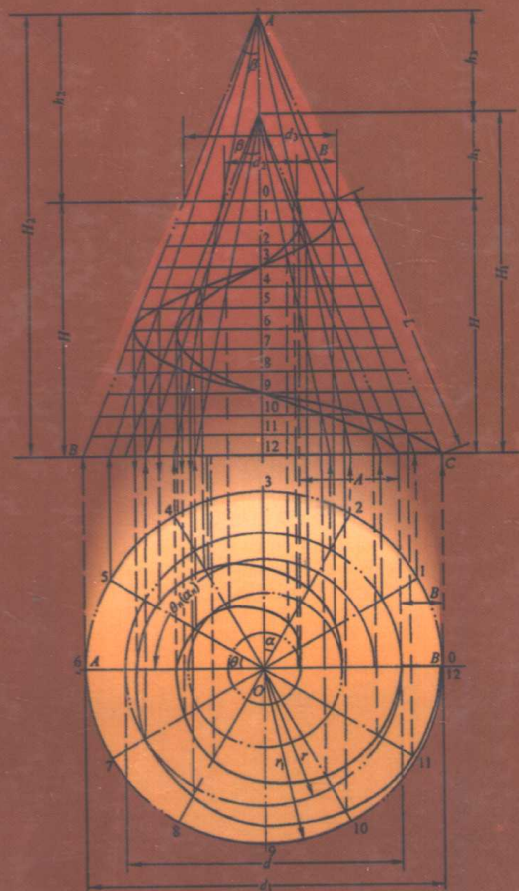


钣金工

BANJINGONG ZHANKAI JISUAN SHOUCHE

展开计算手册

汤永贵 主编



冶金工业出版社

钣金工展开计算手册

汤永贵 主编

北京
冶金工业出版社
2002

图书在版编目(CIP)数据

钣金工展开计算手册/汤永贵主编. —北京:冶金工业出版社, 2002.1

ISBN 7-5024-2725-2

I. 钣… II. 汤… III. 钣金工-展开(数学)-计算方法-技术手册 IV. TG936-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第14785号

钣金工展开计算手册

出版人 曹胜利(北京东城区沙滩嵩祝院北巷39号, 邮编100009)

责任编辑 张 卫(联系电话:010 64027930, E-mail: bulisz@163.com.cn)

张登科 王雪涛

美术编辑 李 心

责任校对 刘 倩

责任印制 牛晓波

正文设计 张 青

出 版 冶金工业出版社(网址:www.cnmp.com)

发 行 冶金工业出版社发行部(电话:010 64044283;传真:010 64027893)

冶金书店地址:北京东四西大街46号 100711; 电话:010-65289081

经 销 全国各地新华书店

印 刷 北京鑫正大印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 72

字 数 1751千字

页 数 1137页

版 次 2002年1月第1版

印 次 2002年1月第1次印刷

印 数 1~3000册

书 号 7-5024-2725-2/TG·286

定 价 149.00元

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

在冶金、机械、石油化工、矿山、供热、通风和轻工等行业，广泛使用着各类壳体结构、工艺设备和输送不同介质的工业管道。

壳体结构和设备制造主要工艺之一是展开下料和焊接。

本书介绍了工业上常用的钣金结构展开计算方法。全书按各类结构的各自特点进行编排分类，分析了 240 余例具有代表性的典型结构；对 10 类结构相互间的交接和相贯都进行了较详细的分析和概括，并将其应用于钣金展开计算。

本书与常规投影放样法的钣金展开类书比较，其突出特点是以计算为基础进行展开，并且既有理论分析，又有典型的实例和插图，简明实用。全书共分 11 章，插图 524 幅，约 240 个例题中近 80% 是作者 40 余年从事钣金展开工作的经验和总结。

本书的理论基础是画法几何，实践基础是现场常规投影放样法。计算工具是多功能计算器和微机。应用数学计算方法直接在工件坯料上划线下料，具有占地少、数据准确、下料精度高、低耗、高效的优点。

本书在展开计算具体分析上，为便于具有初中以上文化程度的现场工人易于掌握和应用，本着深入浅出的原则，尽量应用代数、几何和平面三角等计算方式；只有二次空间曲线弧长的计算应用了弧长积分和球面三角式，但作者给出了定积分四则式，同时给出了球面三角式按平面三角式计算的方法以及相关提示。

在对各类壳体结构介绍的编排上，先命题，再设计、绘制工程图或计算图，列出已知条件，然后确定设计参数，分析和推导展开计算公式，最后举例验证并绘制展开图，为初学者引导示范。

现阶段主要是引导培养现场工人逐步学会、掌握和使用计算器快速计算划线。将来设计人员、工程技术人员要学会合理设计和编程，为现场制作服务或为数控自动切割和电子照相下料编写计算程序，以便利用计算机进行展开计算，从而实现优质、高效、低成本的制造壳体结构和工艺设备。

本书第二、四、八章由汤富义、李爱云撰写，第三、十章由汤富刚、曹玉萍撰写，第一、五、九章由武华东撰写，其余各章由汤永贵撰写，全书插图由汤杨描绘，主编为汤永贵。

本书原稿承蒙中国第二十冶金建设公司的钢结构制造总厂总工刘绍义和生产企业总公司总工于恩有同志审校，上述两单位的三位高级工程师郑庆常、柴尔佩、张鹏庸同志也参与了审阅工作，在此表示深切感谢！

由于作者水平有限，不当之处，望读者指正。

作 者

2000年10月10日

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 展开方法和下料方法	1
一、壳体、展开图和结合线	1
二、常用展开计算方法	6
三、下料方法和样板	14
四、计算下料有关问题和事项	14
第二节 常用几何图形和计算	16
一、四种基本图形的画法	16
二、标准椭圆的画法	18
三、近似椭圆的画法	20
四、抛物线的画法	21
五、悬链线的画法	22
六、渐开线的画法	23
七、阿基米德螺线——等进螺线的画法	25
八、正螺旋线的画法	25
九、圆锥螺旋线	27
十、两面角	29
十一、平面曲线的曲率、曲率半径、曲率圆和曲率中心	30
第三节 常用数学公式和计算	31
一、代数	31
二、平面三角公式	36
三、球面三角	39
四、双曲函数公式简介	43
五、微积分	44
六、坐标方法和直线、平面方程简介	53
附例：IBM 微机计算程序和结果实例	55
第二章 圆柱体	60

第一节 圆柱形壳体展开计算基本方法	60
一、筒体和直管	60
二、圆筒形壳板片	61
三、斜截筒体	62
第二节 等径筒体任意角交接	62
第三节 不等径筒体任意角交接展开计算	68
一、不等径筒体偏心任意角交接	69
二、不等径筒体对称任意角交接	70
第四节 工业三通管	80
一、任意角等径 Y 形三通	81
二、母圆支圆不等径 Y 形三通	83
三、补料三通 6 例	88
第五节 弯头和斜 Y 形三通	107
一、两节弯头	107
二、等径多节弯头	108
三、异径多节弯头	110
四、弯头对接缝上交接分支管	113
五、等径圆管斜 Y 形三通	120
六、高炉下降管串心弯头	125
第三章 方形壳体	131
第一节 方形壳体基本件	131
一、方管	131
二、方管和矩形管斜截	131
三、任意角方管弯头	134
四、矩形口蛇形管	138
五、矩形口双(平面)转向蛇形管	139
第二节 方体交接	142
一、矩形管偏心斜交于圆管	142
二、圆管偏心斜交矩形管	147
三、矩形管与矩形管相接	156
四、圆管和任意角方管弯头交接	163
第三节 方口三通	165
一、Y 形矩形管三通	165
二、偏斜矩形口三通	166
第四节 圆矩组合截面管及其制件	169
一、圆矩组合管	169

二、圆矩管斜截·····	170
三、圆矩管组合弯头·····	172
四、圆矩管任意角 Y 形三通·····	174
第四章 方锥 ·····	177
第一节 棱锥基本知识 ·····	177
一、几何参数·····	177
二、方锥分割·····	179
三、棱锥两面角·····	181
第二节 棱锥斜截和平截锥台 ·····	186
一、斜截棱锥台·····	187
二、平截棱锥台·····	189
三、矩形锥体·····	192
第三节 方锥和圆筒交接 ·····	195
一、方锥正向偏心斜交于筒体·····	195
二、方锥倒置偏心斜交于圆筒·····	208
三、圆管偏心斜交于方锥·····	216
第四节 方锥和方管交接 ·····	222
一、方锥和方管的对角平面平行交接·····	223
二、方锥中心面平行于方管对角平面交接·····	231
三、方管偏心斜交于方锥·····	237
第五章 椭圆体 ·····	247
第一节 椭圆参数和计算 ·····	247
一、标准椭圆图形和计算·····	247
二、四心椭圆计算·····	251
第二节 椭圆管 ·····	252
一、椭圆管·····	253
二、斜截椭圆管·····	254
三、椭圆管弯头计算·····	256
四、上圆下椭短管·····	259
第三节 椭圆管交接 ·····	264
一、小径椭圆管任意交角交于圆管·····	264
二、大径椭圆管上交接小径椭圆管·····	265
三、小径圆管任意角交于椭圆管·····	267
第四节 椭圆锥 ·····	276
一、椭圆锥体·····	276

二、斜截椭圆锥台	278
三、平截椭圆锥台	286
第六章 球形壳体	290
第一节 球形壳体结构简述	290
第二节 近似球体	292
一、多级多带锥台近似球形壳体	293
二、筒状瓣片组合球体展开计算	294
三、球面壳板近似展开	295
第三节 球形壳体空间解析法展开	300
第四节 球面壳板球面三角法展开	314
一、球面三角应用浅谈	314
二、球面壳板展开计算	316
三、等分边界线计算壳板经向线	319
四、讨论与说明	320
第五节 球面壳板弦长法展开	321
一、结构和参数	321
二、球体各带弦口直径计算	321
三、联体壳板各分段点 i 的水平截球圆直径计算	321
四、球体弧长计算	321
五、球面壳板纬向线计算	322
六、球面壳板经向弧长 B_i 计算	322
七、球面壳板对角弧长计算	323
第六节 大圆弧球面壳板	325
一、足球式壳板	325
二、足球式壳板再分瓣条状分割	328
三、足球式壳板花状分割	334
四、多边形壳板补圆成冠	339
五、五角形壳板和六角形壳板组合计算	350
第七节 排球式壳板和三角形球壳板	361
一、排球式球面壳板计算	362
二、排球式壳板分块计算	363
三、三角形球面壳板	365
第八节 球体与其他壳体交接	370
一、圆管偏心交接于球体	370
二、圆管与球体斜交	374
三、球罐支柱切口线计算	378

四、两球体相贯开孔·····	381
五、方管偏心交接球体·····	382
六、圆锥体偏心正向斜交于球体的展开计算·····	386
七、圆锥体偏心斜交倒接于球体的展开计算·····	389
八、直角锥体交接球体·····	392
第七章 圆锥体 ·····	397
第一节 圆锥体基础知识 ·····	397
一、锥体母线(或称素线)·····	397
二、正圆锥几何关系和参数·····	397
三、斜锥、直角锥和角锥参数·····	400
四、说明·····	400
第二节 圆锥台及其壳钣 ·····	400
一、斜截圆锥台·····	400
二、平截圆锥台·····	404
三、锥体壳钣·····	406
第三节 直角锥和斜体锥 ·····	409
一、直角圆锥·····	409
二、直角锥台和斜截直角锥台·····	410
三、斜体圆锥·····	415
四、斜角锥·····	424
五、斜截斜角锥·····	425
六、斜角锥平截锥台·····	429
七、方、圆变形锥体·····	431
第四节 圆锥体交接 ·····	433
一、大小圆锥正向任意角交接·····	433
二、双锥体偏心交接·····	439
三、小副圆锥倒接主体正圆锥·····	440
四、小锥倒置偏心交于主体正圆锥·····	442
五、等体正圆锥交接·····	447
六、直角圆锥互交·····	451
七、等体斜锥交接·····	453
八、锥体与圆柱体交接·····	455
九、斜体锥与正圆锥体偏心斜交·····	470
十、斜体圆锥偏心斜交于球体·····	473
十一、斜体锥移心斜交于筒体·····	478
十二、圆柱体交接于圆锥体·····	482

十三、矩形管斜交于圆锥体·····	486
十四、直角锥交接于圆锥体展开计算·····	489
十五、圆锥体交接于直角锥·····	493
十六、圆锥交接于斜体锥·····	495
十七、直角锥偏心斜交于筒体展开计算·····	499
十八、斜角圆锥均角互交·····	505
十九、斜体圆锥均角互交三通·····	520
二十、正圆锥对交后下接正圆锥台主管或圆管三通·····	528
二十一、方锥任意角交接于圆锥体·····	538
二十二、方锥任意角倒接于圆锥体·····	547
二十三、圆锥体正向偏心任意角交接于方管·····	553
二十四、圆锥倒置、偏心任意角交接于方管·····	560
二十五、圆锥任意角交接于方锥·····	565
二十六、圆锥倒置任意角交接于方锥·····	570
二十七、圆锥体偏心任意角交接于方锥·····	574
二十八、圆锥倒置偏心任意角交接于方锥·····	582
二十九、直角锥偏心任意角交接于斜体锥·····	591
三十、斜体锥偏心任意角交接于直角锥·····	599
第五节 通用交接式 ·····	606
三十一、圆锥体正向任意角偏心交接通用式·····	606
三十二、圆锥体倒向偏心任意角交接一般式·····	609
三十三、小径圆管偏心立插圆锥体通用式·····	611
三十四、矩形管或方管偏心立插圆锥体一般展开式·····	613
三十五、圆管偏心任意角交接圆锥体一般式·····	615
三十六、矩形管(方管)偏心、任意角交接于圆锥体一般式·····	619
三十七、圆管任意角斜交于锥体侧面一般式·····	622
三十八、方锥(矩形锥)偏心、任意角斜交于圆锥体通用式·····	625
三十九、圆管转角 ϕ 平插于圆锥体·····	628
第六节 正圆锥和圆管共圆切交 ·····	631
四十、正圆锥斜交于圆管上端两节弯头·····	631
四十一、圆锥斜截上口接圆管两节任意角弯头·····	635
四十二、正圆锥斜向切交于圆管·····	639
四十三、正圆锥共切圆斜交·····	644
四十四、正圆锥两节渐缩径弯头·····	654
四十五、渐缩径多节任意角弯头·····	661
四十六、异体正圆锥交接后下接圆管三通·····	666
四十七、两等体正圆锥对接下接圆管单支斜三通·····	675

四十八、两节圆管弯头对接缝上分接圆锥台三通	679
四十九、大径管上口交接三个圆锥互接管四通	684
五十、大径圆管上端安接三等锥非切交分支四通	689
五十一、圆主管锥体支管斜 Y 形三通	692
五十二、非等正圆锥非对称交接后下接圆管三通	700
五十三、多节渐缩径弯头 (共切圆法计算)	709
第七节 共底圆交接	714
五十四、角锥和斜锥共底圆斜交	715
五十五、角锥共截圆斜插圆管	723
五十六、椭圆管和角锥共底圆交接	728
第八章 异口异形件	737
第一节 方口曲面管	737
一、下矩、上梯形口外曲面 90°弯头	737
二、大小方口偏心弧面 90°弯头	740
三、上下大小方口弧面罩	743
四、方变矩形口弧面 90°弯头	745
五、等矩形口上下口互垂 90°弧面弯头	746
六、上下相等矩形口、两口 90°互垂、外弧钣、90°弯头	750
七、双偏心内外弧形壁大小方口 90°弯头	753
八、上下不等矩形口互垂 90°弯头	756
九、S 形方口变矩形口短管	761
十、空间迂回 90°方口弯头	765
十一、斜 S 形上下矩形口互垂偏心弧面短管	770
十二、方口 S 形斜管	778
第二节 异口短管	781
一、上圆下方、上圆下矩、上方下圆、上矩下圆等 8 种同性型短管	781
二、上圆下菱短管	785
三、圆顶方底偏心短管	787
四、圆顶下斜矩形口短管	789
五、斜圆顶下方底短管	790
六、圆顶矩形底任意角倾斜短管	792
七、斜方顶下圆口短管	795
八、圆顶、长圆底短管	796
九、上圆下长圆口短管	798
十、大小方口扭转 45°倾斜任意角短管	801
十一、上下矩形口扭转 90°短管	804
十二、上下矩形口、偏心扭转 90°短管	806

十三、方管曲面三通	810
十四、上下圆口互垂异形管	815
十五、长圆口变圆口三通	818
十六、圆主管分支矩形口三通	821
十七、方主管或矩形口变圆口三通	823
十八、方管上口斜交方圆异形管偏斜三通	826
十九、圆主管上口斜交两支对交圆方变形锥管斜三通	832
二十、凸面五角星	840
二十一、焊制叶轮	843
二十二、方口多节渐变截面 90°弯头	846
二十三、三节 90°方口渐变圆口渐缩弯头	848
二十四、三节 90°圆口渐变方口 90°弯头	854
第九章 螺旋钣和螺旋管	862
第一节 螺旋面钣	862
一、正螺旋面钣	862
二、螺旋管	866
三、圆柱螺线盘旋面钣	866
四、斜螺旋面钣	871
五、单圆锥面螺旋钣	874
六、双锥面螺旋钣	881
第二节 方形螺旋管	889
一、等截面、等螺距转角 180°螺旋管	889
二、方矩变换截面转向 180°渐开线螺旋管	892
三、方口渐变矩形口、等螺距转角 180°螺旋管	904
四、转角 180°矩形变断面下交圆管螺旋管	908
五、方口渐变矩形口转角 270°螺旋管	916
六、方口渐变矩形口转角 360°螺旋管	923
七、大方口变小方口转角 360°螺旋管	929
八、转角 360°方口渐变螺旋管	943
第十章 工业漏斗	960
一、方锥截体漏斗	960
二、上方下矩漏斗 (短管)	962
三、下口斜截矩形锥体漏斗	963
四、下口以 ϕ 角斜截矩形锥截体漏斗	965
五、正方锥下口斜截漏斗	969

六、上下矩形口、下口对角斜截漏斗	972
七、下斜矩形口、上口切角补料漏斗	975
八、上矩下方偏心斜漏斗	980
九、上方下立方口斜底偏心漏斗	983
十、矩形口双向斜漏斗	985
十一、方口斜漏斗	988
十二、矩形两节斜漏斗	991
十三、矩形口斜嘴漏斗	993
十四、矩形口两节斜嘴漏斗	996
十五、矩形口斜体漏斗	999
十六、矩形斜底半圆下口漏斗	1005
十七、下口斜截方漏斗下接矩圆管口	1007
十八、上方下斜半长圆口漏斗	1010
十九、长半圆上口, 下斜矩形口漏斗	1013
二十、上矩下长圆口两节漏斗	1015
二十一、两节上下方口漏斗(弯头)	1020
二十二、环形漏斗	1027
二十三、矩形漏斗下接圆管出料口	1031
二十四、圆角矩形口变方口两节漏斗	1034
第十一章 旋转体	1039
一、椭球体	1039
二、近似椭球体和鼓形壳体	1046
三、大型圆环管	1052
四、抛物面壳体	1055
五、悬链线壳体	1059
六、S形变径短管	1066
七、碟形封头	1069
八、椭圆形封头	1074
九、平盖封头	1078
十、多曲率旋转壳体(大型高炉热风炉炉顶钢壳)	1082
十一、多坐标点热风炉顶钢壳	1090
十二、圆管斜交于椭球体	1097
十三、等径圆管斜插环形管	1100
十四、等径圆管直交环形管补料三通	1102
十五、小径圆管斜交环形管	1106
十六、小径圆管平接环形管	1107

十七、环形管交直管三通	1111
十八、环形管正交圆锥体四通	1112
十九、正圆锥倒置任意角斜贯于环形管	1114
二十、正圆锥以任意角 ϕ 切交于环形管	1119
二十一、正圆锥以任意角 ϕ 交于环形管内侧外壁	1124
二十二、正圆锥立位正贯于环形管	1130
参考文献	1137

第一章

基础知识

金属板制薄壁壳体结构和工件，种类繁多、性能各异。工业上常见的壳体有多面体、曲面体和旋转体。多面体有棱锥、棱柱；旋转体有圆柱体、圆锥体、球体、椭球体、抛物面壳体、悬链线壳体；曲面体有斜体锥，螺旋面板等。上述壳体有可展体和不可展体，不可展壳体只能采用近似法进行展开。

各类壳体相交相贯和合理组合，可设计和制造出许多工业用设备、工件和管道等。

制造壳体设备、制品和工件的首要工序是展开制样和下料。将各类复杂的壳体展开的基本方法是运用画法几何并参照现场投影放样法，采用适当的计算，求解壳体工件冷热加工成型前的平钣料展开尺寸，保证成型后，达到设计要求的几何形状和精度。

本章主要讨论壳体展开基本方法，常用几何图形，通用资料和数学公式，为各章分析各类壳体展开计算提供预备知识。

第一节 展开方法和下料方法

钣制金属薄壁壳体不论其几何形状如何复杂，其制造方法通常为热压、热煨、热曲和冷滚压、冷点压成型。成型加工前应按设计要求和工件尺寸将其展开成平面图形——展开图，再按展开图制作样板在钢板上划线、切出平板坯料。这一操作程序称展开划线和下料。

传统的展开方法是投影放样法，即按设计图在地板上投放出展开实际图形，量取地板上展开图的各部实际尺寸，制作出下料划线样板。这种常规投影放样法的基本方法是投影放大实样。该法需要一定面积的放样场地，放样、实量线长、制样过程中经多次测实长线和绘制图形，造成积累误差偏大，同时也费工费时。故投影放样法工效低、精度差、占地大是其主要缺点，必定被先进的展开算法所代替。

展开算法是应用画法几何原理、借助投影放样的展开方法，运用数学计算手段，使用计算器和计算机来计算展开图的展开尺寸，并精确地绘制展开图或直接在钢板上划线。

一、壳体、展开图和结合线

工业用钣制多面壳体和曲面壳体，不论其是否是可展体，成型前均需根据结构特点、几何形状和空间尺寸来作平钣料展开图。绘制展开图要把握壳体关键点、直线和曲线，采

用相宜的方法进行计算和展开,以保证压型后壳体成品尺寸和精度。对于多种壳体的相交或互贯的组合壳体,尚须分析互交特点,计算和分析结合线,以求合理展开各自壳体交接件。可见,展开图计算实质是建立直角坐标系求解空间关键点、直线和曲线实长问题。展开计算方法有多种,要根据结构来选用。

点的计算是计算直角坐标上任意空间点的 x , y , z 坐标。直线实长实际是两点间空间直线长度。曲线实长的计算有一定的难度,详见第二节专题分析。下面重点讨论两体以上互交结合线问题,供展开分析时参考和应用。

(一) 平面和多面体相交

用一平面任意截切多棱锥或多棱柱,其交截线为多边形折线封闭线。多边形每边都是立体表面与截平面的交线,多边形的每一顶点都是多面体上的棱线和截平面的交点。故截平面和多面体相交接的交线求法有两种方法:

(1) 求出平面立体各棱线与截平面的交点,将这些点依次用直线连接即得截交线多边形。

(2) 求出多面立体各个棱面与截平面的交线,即多边形封闭线。

(二) 平面与曲面相交

截切平面 P 任意交截曲面壳体时,其交接线为一平面封闭曲线,截交线的任意点都是曲面体上的素线和截切平面的交点,这些点联线即是平面封闭曲线,如图 1-1 所示。

(三) 多面体和多面体相贯

由于两体相贯或全贯的交线是封闭折线,折线各顶点都是一个壳体的棱线对另一立体的贯穿点,而折线各线段是两体相应平面的交线,故两多面壳体交线求法有两种:

(1) 棱线法: 求出一个立体的有关棱线对另一立体的贯穿点,再依次连成封闭折线。

(2) 棱面法: 求出一个壳体的有关棱面与另一壳体棱面的交线。

(四) 平面立体和曲面壳体相交

多面体和曲面壳体相交,其相贯线是由若干段平面曲线组成封闭曲线。每段平面曲线,是平面体上某一棱面与曲面体的交线。每两段平面曲线的交点,是多面体的棱线对曲面体的贯穿点——结合点。故平面立体和曲面立体的相贯线的求法就成为求截交线和贯穿点的问题。

(五) 两曲面壳体相交

两曲面体相交的结合线是空间曲线,只有特殊相交其相贯线是平面二次曲线或直线。

两体相交或相贯的共有结合线上的无数点也是两体公共结合点,即两对应素线的交结点,众多公共点连接成空间结合曲线。展开计算实质是求相交体结合点和过这些点的对应素线实长(图 1-2)。

两曲面立体相交的结合线或其结合点均可应用辅助平面法和辅助球面法求得。一般辅助面的选用有以下几种:

(1) 当两结合体能用投影面平行面同时截得圆或直线时,可选用平行于投影面的平面作辅助面来求结合线。

(2) 当两体都是直线素线曲面时,可用同时截切两体表面均为过素线的平面作辅助面来求结合线。

(3) 当一定条件下两回转体相贯时,可选用球面作辅助面截曲面体得垂直于投影面的