

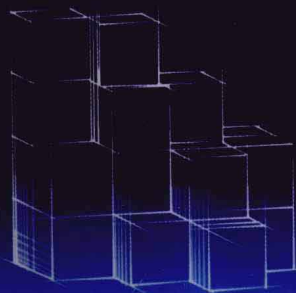
PRO/ENGINEER

中文版

野火
5.0

钣金结构设计 与 加工工艺分析

肖黎明 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



PRO/ENGINEER 中文版野火 5.0

钣金结构设计与加工工艺分析

主 编 肖黎明
参 编 荣晓青 陈东红



机 械 工 业 出 版 社

前言

随着新版本 Pro/E 推出后，市面上会出现许多与之配套的书籍，其中大部分都是基础性的书籍，主要内容围绕在介绍软件功能以及各种建模命令的使用方法，而对软件在不同领域的应用缺乏专业、系统的实例讲解。因此，读者在学习完之后，不能很好地结合自己的专业知识进行相应的设计工作。针对这一现象，笔者在 PTC 公司推出 Pro/E 5.0 之际，根据工厂生产一线多年的钣金设计与加工经验，特编写此书，以期让读者在最短的时间内掌握钣金产品的设计。

本书和市面上的同类图书相比有如下特点：

1) 内容详实，知识结构合理。本书具有完整合理的知识结构，信息量大。在内容安排上遵循由浅入深的原则，先对钣金设计与加工工艺进行简单介绍，再对 Pro/E 5.0 钣金设计基础进行讲解，然后结合典型实例对 Pro/E 钣金设计的操作命令进行详细讲解。

2) 实用性强，实例具有针对性和专业性。本书中的每一个实例都是根据工程实际应用精心挑选的，实践性极强。每个实例的操作过程都突出了一种建模命令的使用方法和技巧，以便使读者在最短的时间内学会用 Pro/E 5.0 进行钣金产品的设计工作，并能够举一反三，解决实际应用中的具体问题。

3) 讲解细致，关键操作步骤介绍透彻。本书在理论讲解的同时结合了大量的典型实例，在每一关键操作步骤的讲解过程中都配有非常详细的图片说明和必要的提示，使读者在轻松、友好的阅读环境中学习本书内容，提高学习效率。

本书将理论与实践相结合，由浅入深、循序渐进地介绍了 Pro/E 5.0 在钣金设计方面的应用。内容共分三部分：第一部分主要讲解钣金设计与加工工艺方面的知识，目的是为后续的钣金设计打下理论基础；第二部分主要讲解 Pro/E 钣金设计基础知识，目的是让读者掌握各种钣金设计命令的使用方法及操作技巧；第三部分主要通过一些实例讲解 Pro/E 在钣金设计方面的应用。

本书在编写过程中参考了很多宝贵的文献资料，在此向这些文献的作者表示衷心的感谢！由于时间仓促，作者经验不足、水平有限，难免有不足甚至错误之处，欢迎广大读者批评指正，以期共同提高。

编者

目 录

前言

第 1 篇 钣金设计与加工工艺分析基础	1
第 1 章 钣金冲压工艺概述	2
1.1 冲压工艺的特点	2
1.2 冲压工艺的分类	2
1.3 冲压材料	5
1.4 冲压设备的选择	6
第 2 章 冲裁工艺	9
2.1 冲裁工艺分析	9
2.2 冲裁件的排样	11
2.3 冲裁件的工艺性设计	13
第 3 章 弯曲成形工艺	15
3.1 弯曲成形工艺的分类	15
3.2 弯曲成形过程与特点	16
3.3 最小弯曲半径的确定	17
3.4 减少弯曲回弹的措施	17
3.5 弯曲成形工艺设计	18
第 4 章 拉深工艺	19
4.1 拉深成形过程	19
4.2 拉深件的起皱与拉裂	20
4.3 拉深工艺设计	20
第 5 章 其他钣金冲压工艺	22
5.1 胀形	22
5.2 翻边	23
5.3 缩口	23
5.4 扩口	24
5.5 压印	24
第 2 篇 Pro/E 钣金设计基础	25
第 6 章 Pro/E 钣金设计入门	26

6.1 Pro/E 钣金设计工作界面简介	26
6.2 钣金设计核心术语	33
6.3 钣金设计流程	37
6.4 钣金设计实例	37
第7章 创建分离钣金壁	56
7.1 拉伸钣金壁	56
7.2 平整钣金壁	62
7.3 旋转钣金壁	64
7.4 混合钣金壁	67
7.5 偏移钣金壁	75
7.6 实体转换钣金壁	77
7.7 实战演练	82
第8章 创建附加钣金壁	90
8.1 附加平整壁	90
8.2 法兰壁	102
8.3 扭转壁	114
8.4 延伸壁	121
8.5 实战演练	123
第9章 钣金折弯操作	128
9.1 创建钣金折弯	128
9.2 创建钣金展平	140
9.3 创建钣金变形区域	147
9.4 创建钣金折弯回去	151
9.5 创建钣金平整形态	154
9.6 实战演练	156
第10章 钣金成形操作	161
10.1 创建凸模成形	161
10.2 创建凹模成形	168
10.3 创建平整成形	174
10.4 创建扯裂	175
10.5 创建凹槽	181
10.6 创建冲孔	187
10.7 实战演练	191
第11章 钣金的其他操作	199
11.1 钣金壁的合并	199
11.2 钣金件的切割	203
11.3 钣金件的转换	206
11.4 创建边折弯	214
11.5 创建顶角止裂槽	217

11.6 实战演练	221
第 12 章 钣金设置	225
12.1 设置折弯许可	225
12.2 设置折弯顺序	231
12.3 设置固定几何形状	234
12.4 设置平整状态	235
12.5 设置设计规则	237
12.6 设置拐角止裂槽	240
12.7 设置钣金参数	242
12.8 实战演练	246
第 3 篇 Pro/E 钣金设计实例	253
第 13 章 脚踏板设计	254
13.1 结构与加工工艺分析	254
13.2 设计思路	255
13.3 新建钣金模型文件	257
13.4 创建分离平整壁	257
13.5 创建附加平整壁	257
13.6 复制、粘贴附加平整壁	258
13.7 创建法兰壁 1	259
13.8 创建法兰壁 2	259
13.9 创建展平特征	260
13.10 创建切割特征	261
13.11 创建折弯回去特征	262
13.12 创建孔特征	262
13.13 创建法兰壁 3	263
13.14 创建组特征	264
13.15 阵列组特征	264
13.16 创建倒圆角特征	265
13.17 保存模型文件	265
第 14 章 散热器外壳设计	266
14.1 结构与加工工艺分析	266
14.2 设计思路	267
14.3 新建实体模型文件	268
14.4 创建实体拉伸特征	268
14.5 创建圆角特征	268
14.6 将实体模型转换为钣金模型	269
14.7 创建法兰壁	269
14.8 镜像法兰壁	270

14.9	创建成形特征	270
14.10	阵列成形特征	272
14.11	镜像阵列特征	273
14.12	创建切割特征 1	273
14.13	阵列切割特征	274
14.14	创建切割特征 2	275
14.15	保存模型文件	276
第 15 章	支撑架设计	277
15.1	结构与加工工艺分析	277
15.2	设计思路	278
15.3	新建钣金模型文件	279
15.4	创建分离平整壁	279
15.5	创建拉伸壁	280
15.6	插入基准曲线	281
15.7	创建边界混合壁	283
15.8	合并钣金壁	284
15.9	创建圆角特征 1	284
15.10	创建附加平整壁	285
15.11	创建圆角特征 2	286
15.12	创建展平特征	286
15.13	创建切割特征 1	287
15.14	镜像切割特征 1	288
15.15	创建折弯回去特征	289
15.16	创建角度折弯特征	289
15.17	创建附加平整壁	291
15.18	创建轧折弯特征	292
15.19	创建切割特征 2	293
15.20	创建凹模成形特征	294
15.21	保存模型文件	295
第 16 章	安装架设计	296
16.1	结构与加工工艺分析	296
16.2	设计思路	297
16.3	新建模型文件	298
16.4	创建分离平整壁	298
16.5	创建附加平整壁 1	298
16.6	创建附加平整壁 2	299
16.7	创建附加平整壁 3	300
16.8	创建展平特征	301
16.9	创建切割特征 1	301

16.10	创建折弯回去特征	302
16.11	创建切割特征 2	303
16.12	创建折弯特征 1	304
16.13	创建凸模成形特征 1	306
16.14	阵列凸模成形特征 1	307
16.15	创建凸模成形特征 2	307
16.16	创建切割特征 3	308
16.17	创建折弯特征 2	309
16.18	创建凸模成形特征 3	310
16.19	创建圆角特征	311
16.20	保存模型文件	312
第 17 章	卡板设计	313
17.1	结构与加工工艺分析	313
17.2	设计思路	314
17.3	新建钣金模型文件	315
17.4	创建分离平整壁	315
17.5	创建凸模成形特征	316
17.6	阵列凸模成形特征	317
17.7	创建延伸壁 1	317
17.8	创建基准点特征 1	318
17.9	阵列基准点特征 1	318
17.10	创建切割特征 1	319
17.11	阵列切割特征 1	320
17.12	创建基准点特征 2	320
17.13	阵列基准点特征 2	321
17.14	创建切割特征 2	322
17.15	阵列切割特征 2	322
17.16	创建折弯特征 1	323
17.17	阵列折弯特征 1	324
17.18	创建折弯特征 2	324
17.19	阵列折弯特征 2	326
17.20	创建延伸壁 2	326
17.21	创建法兰壁	326
17.22	创建附加平整壁	327
17.23	创建凹模成形特征	328
17.24	创建圆角特征	330
17.25	保存模型文件	330
第 18 章	防尘盒设计	331
18.1	结构与加工工艺分析	331

18.2	设计思路	332
18.3	新建模型文件	333
18.4	创建分离平整壁	333
18.5	创建凹模成形特征	333
18.6	创建切割特征 1	334
18.7	阵列切割特征 1	335
18.8	创建切割特征 2	335
18.9	创建附加平整壁	336
18.10	创建圆角特征	337
18.11	创建切割特征 3	338
18.12	创建孔特征	338
18.13	阵列孔特征	339
18.14	创建切割特征 4	340
18.15	阵列切割特征 4	341
18.16	创建法兰壁	341
18.17	保存模型文件	342
第 19 章	电器防护盖设计	343
19.1	结构与加工工艺分析	343
19.2	设计思路	344
19.3	新建钣金模型文件	345
19.4	创建分离平整壁	345
19.5	创建凹模成形特征	345
19.6	创建孔特征 1	346
19.7	阵列孔特征 1	347
19.8	创建孔特征 2	347
19.9	阵列孔特征 2	348
19.10	创建附加平整壁	349
19.11	创建圆角特征	350
19.12	创建展平特征	350
19.13	创建切割特征	350
19.14	镜像切割特征	351
19.15	创建折弯回去特征	352
19.16	创建折弯特征	352
19.17	创建凸模成形特征	354
19.18	镜像凸模成形特征	354
19.19	保存模型文件	355
参考文献		356



第1篇

钣金设计与 加工工艺分析基础

第 1 章

钣金冲压工艺概述

1.1 冲压工艺的特点

冲压是利用压力机通过模具对板材加压，使其产生塑性变形或者分离，从而获得一定形状、尺寸和性能的零件。由于冲压主要用于加工板料零件，所以也称板料冲压。

冲压与其他加工方法相比较，无论在技术方面还是经济方面，都有许多独特的优点：

1) 在压力机的简单冲击下，能获得壁薄、质量轻、刚度好、形状复杂的零件，这些零件用其他方法难以加工甚至无法加工。

2) 所加工的零件精度高、尺寸稳定，具有良好的互换性。

3) 冲压是无屑加工，材料利用率高。

4) 生产率高，生产过程容易实现机械化、自动化。

5) 操作简单，便于组织生产。

冲压的主要缺点是模具的设计制造周期长、费用高，因此只适宜大批量的生产，在小批量生产中受到一定的限制。

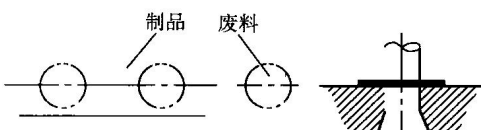
1.2 冲压工艺的分类

冲压加工的零件种类繁多，对零件形状、尺寸、精度的要求各有不同，其方法也是多种多样的。但概括起来，可以分为分离工序和成形工序两大类。

1.2.1 分离工序

分离工序是将冲压件或废料沿一定轮廓相互分离的方法，其特点是板料在冲压作用下发生剪切而分离。该工序主要包括冲孔、落料、切断等，见表 1-1。

表 1-1 分离工序

工序名称		图 例	工序特点
冲裁	冲孔		用模具沿封闭轮廓冲切板料，冲下的部分是废料

(续)

工序名称		图 例	工序特点
冲裁	落料		用模具沿封闭轮廓冲切板料, 冲下的部分为制品, 其余部分为废料
	剪切		用剪刀或模具切断板料, 切断线不封闭
	切口		将板材部分切开, 切口部分发生弯曲
	切边		将拉深或成形后的半成品边缘部分的多余材料切掉
	剖切		将半成品切开成两个或多个制品

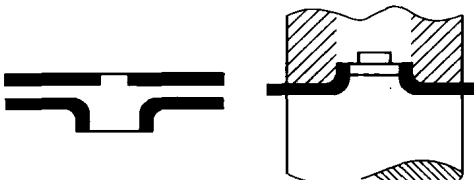
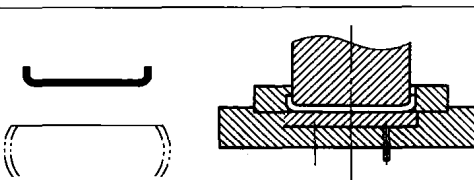
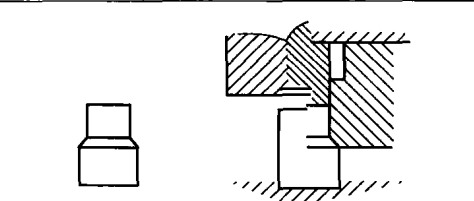
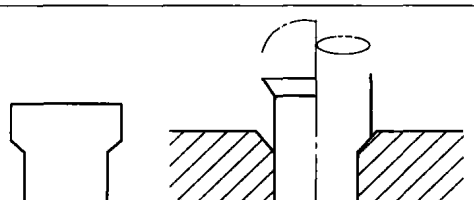
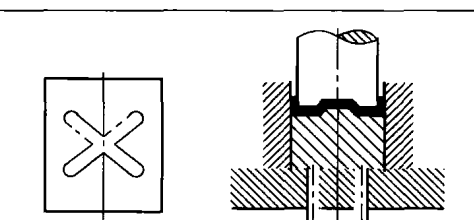
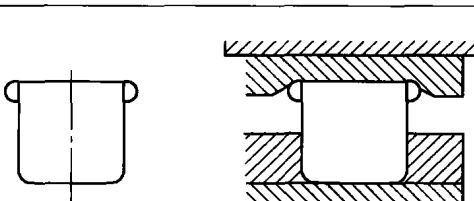
1.2.2 成形工序

成形工序是在不破坏板料的条件下使其产生塑性变形, 形成所需形状和尺寸的零件的方法, 其特点是板料在冲压作用下, 变形区应力满足屈服准则, 因而板料只发生塑性变形而不破裂。该工序主要包括弯曲、拉深、翻边、缩口、扩口、校平等, 见表 1-2。

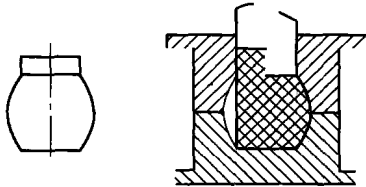
表 1-2 成形工序

工序名称	图 例	工序特点
弯曲		用模具使板料弯成一定形状
卷圆		使用模具将板料端部卷圆

(续)

工序名称		图 例	工序特点
拉深			将板材拉深成空心的制品, 壁厚基本保持不变
翻边	内孔翻边		使用模具将板料或制品上有孔的边缘翻成竖立边缘
	外缘翻边		使用模具将板料外缘翻起呈圆弧或曲线状的竖立边缘
缩口			将空心件的口部缩小
扩口			将空心件或管状件的口部扩大
起伏			在板料或制品上压出筋条、花纹或文字, 在起伏的整个厚度上都有变薄
卷边			将空心件的边缘卷成一定的形状

(续)

工序名称	图 例	工 序 特 点
胀形		使空心件或管状件的一部分沿径向扩张呈凸肚形
校平		将板料或制品不平的面予以压平

1.3 冲压材料

冲压件所用的材料是多种多样的,绝大多数是板料、带料及块料,其中主要以各种金属板料为冲压加工的对象,有时也对某些型材及管材进行冲压加工。材料类别包括黑色金属、有色金属和非金属三大类。

1.3.1 对冲压所用材料的要求

冲压所用材料不仅要满足工件的技术要求,同时也必须满足冲压工艺的要求。冲压工艺要求包括以下几方面:

(1) 应具有良好的塑性 在成形工序中,塑性好的材料,其允许的变形程度大,例如,弯曲件可获得较小的弯曲半径,拉深件可获得较小的拉深系数,由此可以减少工件成形所需的工序数以及中间退火的次数,甚至可以不要中间退火。在分离工序中,良好的塑性才能获得理想的端面质量。

(2) 应具有光洁平整且无缺陷损伤的表面状态 表面状态好的材料,加工时不易破裂,也不容易擦伤模具,制成的零件也有良好的表面状态。

(3) 材料的厚度公差应符合国家标准 因为一定的模具间隙,适应于一定厚度的材料。材料厚度的公差太大,不仅会影响工件的质量,还可能导致产生废品和损伤模具。

1.3.2 冲压材料的种类和规格

冲压生产中常用的材料是金属材料,有时也用非金属材料。

金属板料分为黑色金属板料和有色金属板料两种。

1. 黑色金属板料

(1) 碳素钢钢板 这类钢板有 Q195、Q215A、Q215B、Q235A 等牌号。

(2) 优质碳素结构钢钢板 这类钢板主要用于复杂变形的弯曲件和拉深件,有 08、10、15、20、35、45、50 及 15Mn、20Mn、25Mn、45Mn 等牌号。作为深拉深用冷轧薄钢板主要有 08F、08、10、15、20 等,按其表面质量分为三组: I 组——高质量表面; II 组——较高

质量表面；Ⅲ组——一般质量表面。对其他深拉深薄钢板，按冲压性能分为三个级别：Z——最深拉深；S——深拉深；P——普通拉深。

2. 有色金属板料

(1) 黄铜板 黄铜板的特点是有很好的塑性和较高的强度及耐蚀性，焊接性能优良。常用的黄铜板有 H68、H62，前者用于深拉深，后者用于冲裁、弯曲和浅拉深。

(2) 铝板 铝板的特点是塑性很好，密度小，导电性、导热性良好，主要用于制造仪表的面板及各种罩壳、支架等零件。常用的有 L2、L3、L5 等。

冲压材料大部分是各种规格的板料、带料、条料和块料。

1) 板料的尺寸较大，用于大型零件的冲压，也可通过剪裁制成条料，其规格可查阅国家标准。

2) 条料是根据冲压件的需要，用板料裁剪而成的，用于中小零件的冲压。

3) 带料又称卷料，有各种不同的宽度和长度，宽度在 300mm 以下，长度可达几十米，适用于大批量生产的自动送料。

4) 块料适应于小批量生产和价值昂贵的有色金属的冲压。

1.4 冲压设备的选择

冲压设备的选择是冲压工艺过程设计中的一项重要内容，它直接关系到设备的安全和合理的使用，同时也关系到冲压工艺过程能否顺利地完以及模具的寿命、产品的质量、生产的效率、成本的高低等一系列重要的问题。冲压设备的选择主要包括对设备的类型和规格参数两个方面的选择。

1.4.1 冲压设备类型的选择

冲压设备的类型应根据所要完成的冲压工序的性质、生产批量的大小、冲压件的几何尺寸及精度要求来选择。

在冲压生产中，目前一般以采用曲柄式机械压力机为主。对于中小型的冲裁件、弯曲件和拉深件的加工，主要应用开式曲柄压力机，如图 1-1 所示；对于大中型的冲压件生产，多用闭式曲柄压力机，如图 1-2 所示；大型拉深件则应尽量采用双动压力机，如图 1-3 所示；对于大批量生产的或形状复杂、批量很大的中小型冲压件，应优先选用自动高速压力机，如图 1-4 所示；对于批量小、材料厚的冲压件，常采用液压机，如图 1-5 所示；对于精冲零件，最好选择专用的精密冲裁压力机，如图 1-6 所示。

提示：液压机的合模行程可调，适用于行程较大的冲压加工。与机械压力机相比，液压机不会因为板料厚度超差而超载，但生产速度慢，效率较低。

1.4.2 冲压设备规格参数的选择

在冲压设备类型选定以后，应进一步根据冲压过程中所需要的冲压力（包括卸料力、压料力等）、变形功以及模具的结构形式、闭合高度和外形轮廓尺寸等来选择冲压设备的规格。

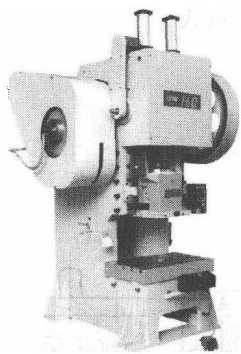


图 1-1 开式曲柄压力机

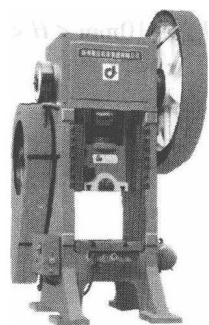


图 1-2 闭式曲柄压力机

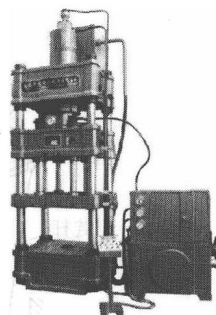


图 1-3 双动压力机

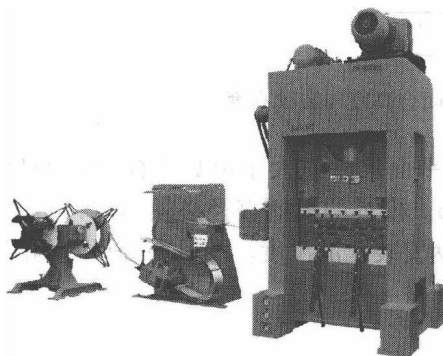


图 1-4 自动高速压力机

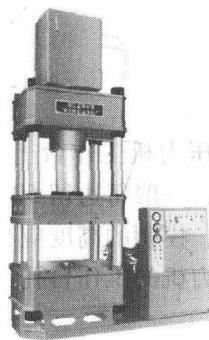


图 1-5 液压机

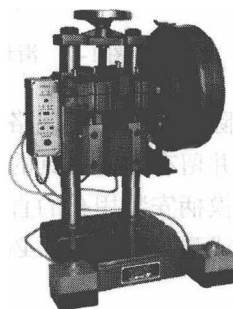


图 1-6 精密冲裁压力机

(1) 公称压力 压力机的公称压力是指压力机滑块离下止点前某一特定距离，即压力机的曲轴旋转至离下止点前某一特定角度（称为公称压力角，约为 30° ）时，滑块上所容许的最大工作压力。按照曲柄连杆机构的工作原理可以得知，压力机滑块的压力在全行程中不是常数，而是随曲轴转角的变化而变化的。因此选用压力机时，不仅要考虑公称压力的大小，而且还要保证完成冲压件加工时的冲压工艺力曲线必须在压力机滑块的许用负荷曲线之下。

一般情况下，压力机的公称压力应不小于冲压总工艺力的 1.3 倍。在开式压力机上进行精密冲裁时，压力机的公称压力应大于冲压总工艺力的 2 倍。对于拉深工序，为了选取方便，并使压力机能安全地工作，可以考虑适当的安全系数。

(2) 滑块行程 压力机的滑块行程是指滑块从上止点到下止点所经过的距离，如图 1-7 所示。压力机的滑块行程的大小应能保证毛坯或半成品的放入以及成形零件的取出。一般冲裁、精压工序所需行程较小；弯曲、拉深工序需要的行程则较大。拉深件所用的压力机，其行程至少应大于或者等于成品零件高度的 2.5 倍以上。

(3) 闭合高度 压力机的闭合高度是指滑块在下止点时，滑块底平面到工作台面之间的高度，如图 1-8 所示。调节压力机连杆的长度就可以调整闭合高度的大小。当压力机连杆调节至最上位置时，闭合高度达到最大值，称为最大闭合高度 ($H_{\max}$)；当压力机连杆调节至最下位置时，闭合高度达到最小值，称为最小闭合高度 ($H_{\min}$)。模具的闭合高度 H 应介

于压力机的最大闭合高度 $H_{\max}$ 和最小闭合高度 $H_{\min}$ 之间, 即满足关系式

$$H_{\min} + 10\text{mm} < H < H_{\max} - 5\text{mm}$$

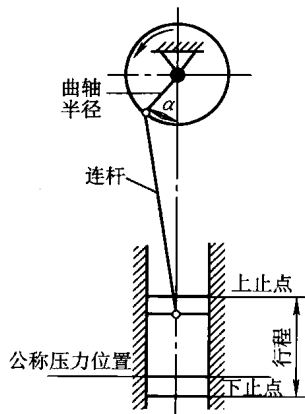


图 1-7 滑块行程

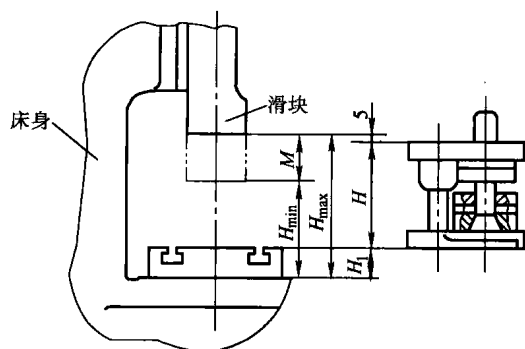


图 1-8 模具闭合高度与装模高度的关系

除了上面几个规格参数外, 压力机工作台上垫板的平面尺寸应大于模具下模的平面尺寸, 并留有固定模具的充分余地, 一般每边留 50 ~ 70mm。模具的模柄直径必须和压力机滑块内模柄安装用孔的直径相一致, 模柄的高度应小于模柄安装孔的深度。模具底部设置的漏料孔或弹顶装置尺寸必须小于压力机的工作台孔尺寸。