

注塑机五铰点双曲肘合模机构的分析与研究

陈金元

(机械工程系)

摘要 通过现行注塑机五铰点比曲肘合模机构形态分析与综合,对可能形成的各种方案进行了分析比较,指出了 $+ \gamma$, $+ \theta$ 方案的不足及改进途径,并从理论上作了阐述,为该机构方案择优,参数优化及CAD提供了理论依据。

关键词 注塑机;锁模机构;形态分析

中图分类号 TQ320.4

0 前言

合模机构是注塑机重要部件之一,图1为内摆式五铰点双曲肘斜排列合模机构工作原理图。固定在活塞杆上的十字头由油缸驱动,通过五铰点双曲肘机构使动模板水平往复移动、实现开闭模及锁模要求。

有关该机构设计原理、参数优化已有不少研究,但与实际应用尚有一定差距^[4]。究其原因尚有一些问题值得进一步探讨。

1) 这些研究主要集中于图1布置方案的优化设计上,对不同方案的分析比较甚少,具体的优化难免不带局限性。

2) 该机构涉及多个设计变量、多个目标函数,诸多约束条件且有些目标函数是矛盾的。优化数模不同,优化结果不同,给实际工程设计带来不便,这需要进一步阐明优化数模的特性以及设计变量与追求目标间的关系。

本文对现行五铰点双曲肘合模机构方案及其对机构性能指标的影响作分析研究。

1 机构评价指标与导出

衡量该机构工作性能主要有三个指标:行程比,力放大比,功效系数。合模运动应符合“慢-快-慢”速度变化规律,可用速度增益比衡量,但它与力放大比有关,故作为参考指标。

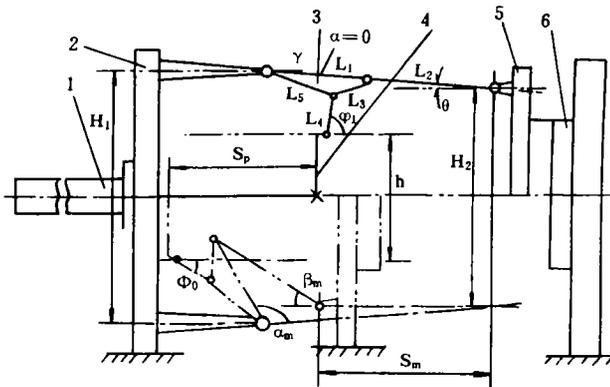


图1 内摆式双曲肘斜排列合模机构工作原理图

- 1 合模油缸 2 后模板 3 五铰点双曲肘机构
- 4 十字头 5 动模板 6 模具及前模板

收稿日期:1995-08-30

1.1 行程比 W

机构行程比 W 定义为 $W = S_m/S_p$ (1)

由图1可知,动模板行程 S_m 和活塞杆行程 S_p 可按式计算

$$S_m = (L_1 + L_2)\cos\theta - L_1\cos(\alpha_m + \theta) - L_2\cos\beta_m \quad (2)$$

$$S_p = [L_5\cos(\gamma + \theta) - L_4\cos\varphi_1] - [L_5\cos(\alpha_m + \gamma + \theta) - L_4\cos\varphi_0] \quad (3)$$

式中 α_m 为机构内摆最大角度; β_m 为 $\alpha = \alpha_m$ 时杆 L_2 与水平线的夹角; φ_1 为 $\alpha = 0$ 时 L_4 与水平线的夹角,一般推荐 $\varphi_1 = 80 \sim 90^\circ$ [1]; φ_0 为 $\alpha = \alpha_m$ 时 L_4 与水平线夹角。

为防止机构在初始位置时($\varphi = \varphi_0$) L_4 与 L_5 间发生自锁,各角度参数应满足如下条件[3]

$$\alpha_m + \varphi_0 + \gamma + \theta \leq 150^\circ$$

β_m 可用 $\beta_m = \sin^{-1} \cdot [L_1\sin(\alpha_m + \theta) - (L_1 + L_2)\sin\theta]/L_2$ 求得。

1.2 力放大比 M

力放大比定义为移模力 P_m 与油缸推力 P_p 之比,即 $M = P_m/P_p$ (4)

图2为机构主要受力分析。若不计算摩擦力及惯性力,根据静力学平衡原理可得

$$P_{m1}L_1\sin(\alpha + \beta + \theta) = P_{p1}L_5\sin(\alpha + \gamma + \theta + \varphi)$$

$$P_{m1} = P_m/2\cos\beta, P_{p1} = P_p/2\cos\varphi$$

$$\therefore M = P_m/P_p = [L_5\cos\beta\sin(\alpha + \gamma + \theta + \varphi)]/[L_1\cos\varphi\sin(\alpha + \theta + \varphi)] \quad (5)$$

φ, β 为对应于 α 角的 L_4, L_2 的位置角。

由式(5)可知,合模过程中 $M = f(\alpha)$ 。为了便于比较,建议取 $\alpha = 3^\circ$ 时的力放大比作为参考值[5]。于是式(5)变为

$$M = [L_5\cos\beta\sin(3 + \gamma + \theta + \varphi)]/[L_1\cos\varphi\sin(3 + \theta + \varphi)] \quad (6)$$

1.3 功效系数 Y

根据能量守恒定律,若不计算摩擦力,当输入功一定时,模板推力与行程成反比,也就是说机构行程比大时,力放大比减小,反之亦然。为了妥善处理这对矛盾指标,可用功效系数来统一。

功效系数 Y 定义为

$$Y = W \times M \quad (7)$$

显然, Y 大, $W \times M$ 就大,而 W, M 大,则油缸行程和推力可减小,两者乘积具有功效含义。

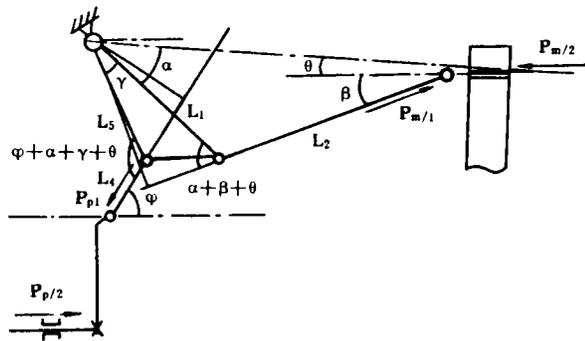


图2 机构主要受力分析

1.4 动模板运动特性

为了便于分析比较,略去摩擦力和惯性力后(对方案比较无影响),则 $P_p V_p = P_m V_m$

$$V_m = (P_p/P_m) \times V_p = (1/M) \times V_p$$

$$C_v = V_m/V_p = 1/M \quad (8)$$

式中 V_m, V_p 分别为模板、活塞杆运动速度, C_v 为速度增益比。因 C_v 可用 M 来表达,故作参考指标,以分析动模速度变化是否符合要求。

2 各种可能方案的形成

就本机构而言,属自由度为1的互特六杆链系,与此等效的还有史蒂芬逊链系。通过链系杆件功能转换、铰点高低副替代,这种双肘机构是一种较理想的类型。

机构类型确定后,通过分析,涉及机构布置方案的形态有位置角 θ ,机构形状角 γ 及机构摆动形式三个要素。将这些要素进行形态综合可得到各种可能的机构方案如表1所示。从理论上讲存在18种不同方案,但实际上外摆与内摆式存在俩俩对应关系,具有相同的计算公式及效果,故只有9种独立方案如图3所示。图4为一对等效方案。

表1 θ, γ 及摆动形式的形态综合

要素	形 态		
θ	正	零	负
γ	正	零	负
摆动形式	内摆	外摆	

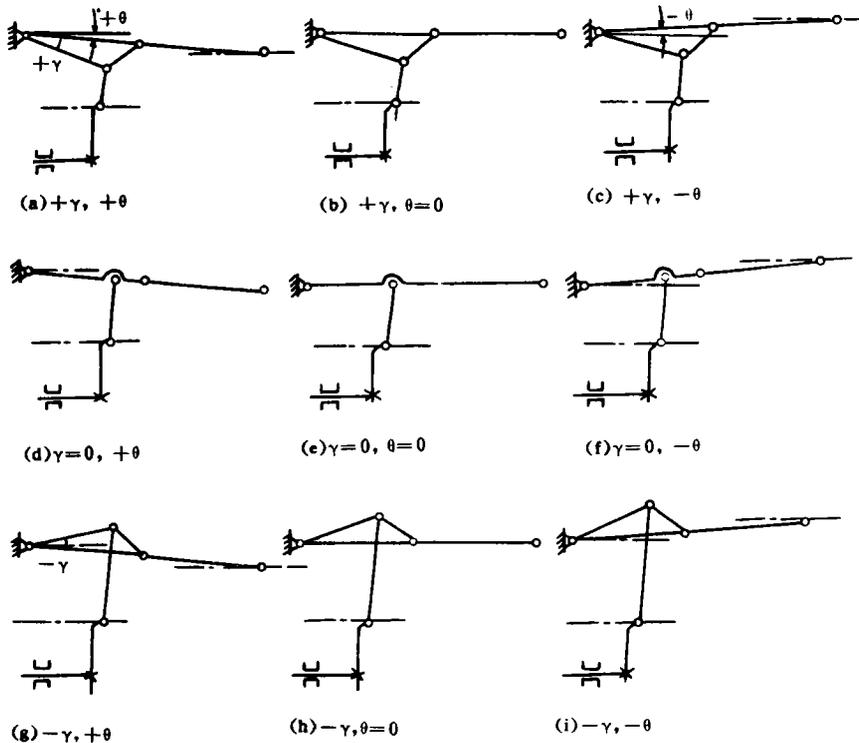


图3 9种内摆式方案

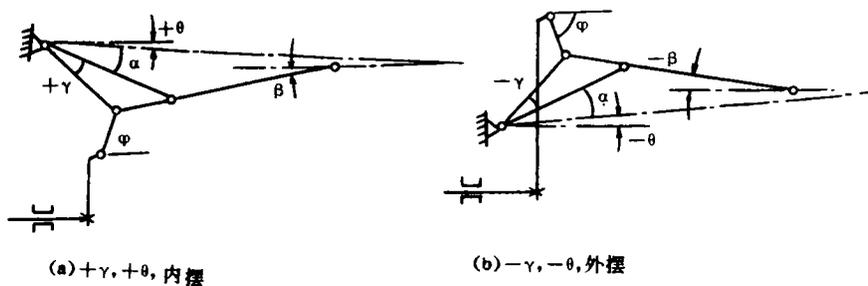


图4 一对等效方案

3 方案对比

为了简化对比条件而又不失真,现作如下规定:设计条件相同,即 H_1, H_2, h, S_0 相同;机构主要参数相同,即 L_1, L_2, L_3, L_5 相同;主要边界条件相同,即 α_m 和 $\alpha = 0$ 时的 φ_1 相同。

根据边界条件 φ_1 可求出 L_4 , 根据 α_m 求出 φ_0 . 现结合某型号注塑机参数进行方案比较。

$H_1 = 472, H_2 = 406, h = 236, S_0 = 320, L_1 = 195, L_2 = 240, L_3 = 76, L_5 = 135(\text{mm}), \alpha_m = 110^\circ$. 由此计算得到 $\theta = 4.35^\circ, \gamma = 16.53^\circ$, 当 $L_4 = 70\text{mm}$ 时 $\varphi_1 = 86.7^\circ$, 方案如图 1.

在此需说明的是,各方案按式(2),(3),(5)统一计算,但 θ, γ 应根据方案按正负零代入。力放大比以 $\alpha = 3^\circ$ 为参考值, β, φ 按 $\alpha = 3^\circ$ 时计算得到。各方案计算结果列于表 2. 图 5 为三种方案工作特性曲线。

表 2 各方案主要参数的计算结果

方案	S_m	S_p	$\beta_m(^{\circ})$	$\varphi_0(^{\circ})$	W	M	Y
$+\gamma, +\theta$	322.65	278.62	37.07	13.15	1.16	17.18	19.89
$+\gamma, \theta = 0$	346.69	284.34	49.77	6.86	1.22	17.97	21.92
$+\gamma, -\theta$	392.19	288.29	66.90	2.39	1.36	18.51	25.17
$\gamma = 0, +\theta$	322.65	291.88	37.07	-2.65	1.11	19.78	21.86
$\gamma = 0, \theta = 0$	346.69	292.23	49.77	-4.298	1.19	20.21	23.97
$\gamma = 0, -\theta$	392.19	291.53	66.90	-5.36	1.35	20.42	27.47
$-\gamma, +\theta$	322.65	287.76	37.07	-6.16	1.12	21.05	23.57
$-\gamma, \theta = 0$	346.69	284.35	49.77	-6.14	1.22	21.08	25.70
$-\gamma, -\theta$	392.19	280	66.90	-5.86	1.40	20.88	29.23

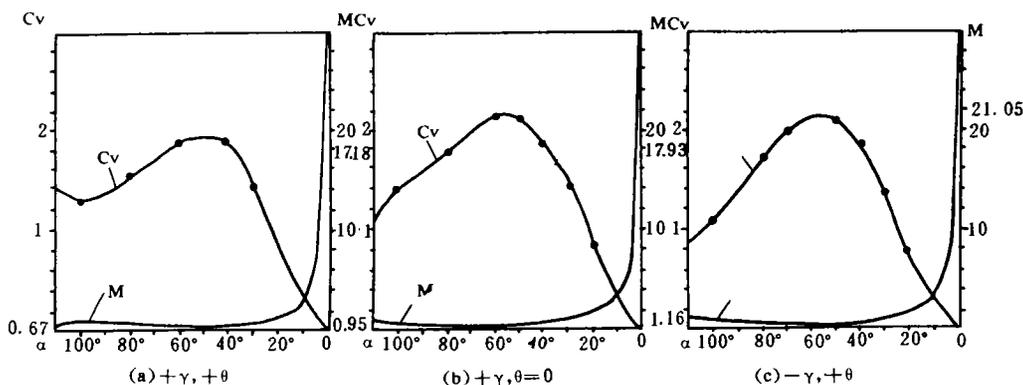


图 5 M, C_v 与 α 的关系曲线

4 结果分析

由表 2 可见:现行方案 $+\gamma, +\theta$ 三项指标最低;当 γ 相同时,三项指标随 θ 角减小而增大;当 θ 相同时,随着 γ 减小,行程比变化不大,但力放大比增大,从而功效系数亦增大。

上述结果从理论上解释: $+\gamma, +\theta$ 方案的 α_m 分布虽有利于增加模板行程,但由于导杆向下偏置,使 L_2 杆最大摆角 β_x 减小,这虽有利于减小模板对导杆的径向分力,但模板行程减小。若适当增大,使 S_m 增大,从而可提高 W . 但 $\theta = 0$, 甚至 $-\theta$, 虽可进一步提高 W , 但 β_x 过大,使导杆径向分力增大甚至出现自锁,另一方面使动模 H_2 增大,这又是不利之处。

目前资料均推荐 L_4 要短,这使合模初始位置角 φ_0 增大,要不发生自锁,势必限制 α_m 不能

太大,从而限制 S_m 的增大。同时 φ_0 增大,使 L_4 力线到后模板支点力臂减小,降低初始位置的 M 值,从而使 C_1 曲线出现“快-慢-快-慢”变化,使模板运动不平稳如图 5(a) 所示,当 θ, γ 减小时,因保持 $\alpha = 0$ 时 $\varphi_1 = 86.7^\circ$ 不变, L_4 增长,从而改善了初始位置的工作性能如图 5(b), (c) 所示。更重要的是由于 φ_0 降低,可进一步增大 α_m ,从而有助于提高 S_m 和 W 。

至于力放大比可根据式(5)解释。以 $+\gamma$ 为例,当 θ 适当减小时,式(5)分子部分减小较少,分母减小较大,故 M 提高。只有当分子部分减小分母大时, M 才下降如 $-\gamma, -\theta$ 与 $-\gamma, \theta = 0$ 相比。

资料[5]经优化设计得出 $-\gamma, +\theta$ 方案比 $+\gamma, +\theta$ 要好得多。

5 结 论

- 1) 通过本文研究可看出,形态分析综合法是用来方案构思的一种有效方法。
- 2) 通过实例初步计算分析表明,目前广泛采用的 $+\gamma, +\theta$ 方案与 $-\gamma, +\theta$ 等方案相比,行程比,力放大比,功效系数三项指标均较低,说明这并不是满意方案,有必要改进。
- 3) 在一定范围内减小 θ, γ 角,能有效地提高行程比,力放大比及功效系数,但同时也受到某些约束条件的限制。如何综合考虑三个指标的取值有待深入研究。

参 考 文 献

- 1 邱志凌等. 注塑机五铰点双肘合模机构的优化设计. 塑料工业, 1987, (6)
- 2 王兴天等. 注塑机合模机构优化设计理论研究. 塑料科技, 1990, (6)
- 3 承民联等. 五点双肘合模机构的最优化. 塑料加工, 1991, (1)
- 4 张友根. 双肘斜排列合模机构的设计研究(一). 四川塑料, 1991, (2)
- 5 王卫等. 负 γ 角注射机合模机构的参数优化. 塑料科技, 1992, (4)

Analysis and Study of Double Arm Link Die-Clamping Mechanisms with 5 Pin Joints for Plastic Injection Machines

Chen Jinyuan

(Dept. of Mach. Eng.)

Abstract Morphological analysis and synthesis have been done to the configurations of the double arm link die-clamping mechanisms with 5 pin joints which are currently used in plastic injection machines. Various possible configurations have been presented, analysed and compared each other in theory, some shortcomings of $+\gamma, +\theta$ configuration and how to improve being pointed out, which is helpful to the choice of the optimal configuration, optimal design and CAD of the mechanisms.

Subject-words Injection machines; Clamping mechanism; Morphological analysis