

## 14.2.2 算法流程

### 14.2.2.1 优化过程

利用粒子群算法对 PID 控制器的参数进行优化设计，其过程如图 14-3 所示。

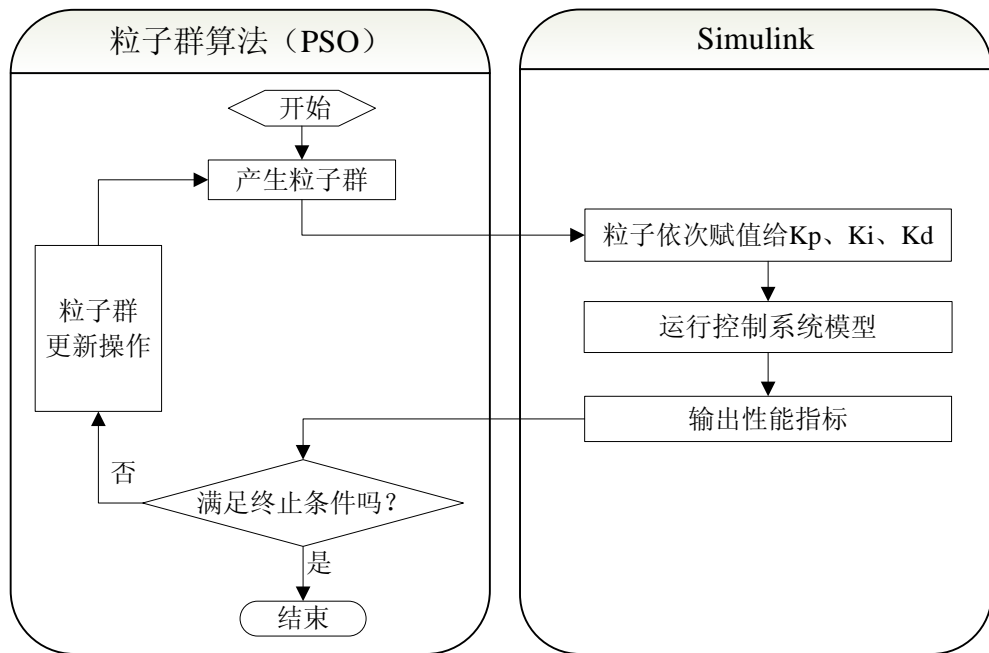


图 14-3 PSO 优化 PID 的过程示意图

图中，粒子群算法与 Simulink 模型之间连接的桥梁是粒子（即 PID 控制器参数）和该粒子对应的适应值（即控制系统的性能指标）。优化过程如下：PSO 产生粒子群（可以是初始化粒子群，也可以是更新后的粒子群），将该粒子群中的粒子依次赋值给 PID 控制器的参数  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ ，然后运行控制系统的 Simulink 模型，得到该组参数对应的性能指标，该性能指标传递到 PSO 中作为该粒子的适应值，最后判断是否可以退出算法。

### 14.2.2.2 粒子群算法实现

粒子群算法的基本原理在 14.1.1 中已经述及，进一步地，粒子在搜索空间中的速度和位置根据如下公式确定：

$$v_{t+1} = wv_t + c_1r_1(P_t - x_t) + c_2r_2(G_t - x_t) \quad (14-4)$$

$$x_{t+1} = x_t + v_{t+1} \quad (14-5)$$

其中， $x$  表示粒子的位置， $v$  表示粒子的速度， $w$  为惯性因子， $c_1$ 、 $c_2$  为加速常数， $r_1$ 、 $r_2$  为 [0,1] 之间的随机数， $P_t$  是粒子迄今为止搜索到的最优位置， $G_t$  是整个粒子群迄今为止搜索到的最优位置。

PSO 的流程如下：

- (1) 初始化粒子群，随机产生所有粒子的位置和速度，并确定粒子的  $P_t$  和  $G_t$ ；
- (2) 对每个粒子，将其适应值与该粒子所经历过的最优位置  $P_t$  的适应值进行比较，如较好，则将其作为当前的  $P_t$ ；
- (3) 对每个粒子，将其适应值与整个粒子群所经历过的最优位置  $G_t$  的适应值进行比较，如较好，则将其作为当前的  $G_t$ ；
- (4) 按式(14-4)和式(14-5)更新粒子的速度和位置；
- (5) 如果没有满足终止条件（通常为预设的迭代次数和适应值下限值），则返回步骤（2），否则，退出算法，得到最优解。