

捻线机捻度传动常数K设计方法的改进

徐 晋

(宜昌纺织机械厂研究所)

【提要】 捻线机捻度传动常数K的确定, 以前采用经验设计方法, 本文提出一个K值计算设计方法, 明确了K值设计的参数依据, 使之与 T_{max} 、 T_{min} 、 ϵ 等工艺参数建立了数量关系, 并使K值接受机器空间布局(M)、最少齿数($Z_c \geq 17$)及在捻度变换齿轮组内无转速回升等方面的约束。另外, 当 (T_{max}/T_{min}) 很大时, 也提出了K值的设计方法。

捻度 T 的数学表达式: $T = K[(Z_D/Z_C) \cdot (1/Z_E)]$ 。式中 $[(Z_D/Z_C) \cdot (1/Z_E)]$ 为捻度变换齿轮组^[1], 是可变速比部分; 捻度传动常数K是传动路线内的常量部分。

$$K = i_1 \cdot i_2 / d\pi$$

式中: i_1 为锭子转速与 Z_C 齿轮转速之比; i_2 为 Z_E 齿轮转速与罗拉转速之比; d 为罗拉直径。

捻度变换齿轮组的设计是捻度传动系统设计的主要部分, 而设计K值的逻辑意义就是为捻度变换齿轮组建立良好的工作条件。

过去在新机设计时, K的确定是采用经验设计方法, 无明确的参数依据, 仅以试给的K值去进行捻度变换齿轮组的设计, 然后再对K的优劣作模糊评价, 常需作多次调整才可找到虽不理想但尚可使用的K值。然而当最大捻度和最小捻度的比值 (T_{max}/T_{min}) 很大时, 1个K值就无法满足要求, 这时经验设计方法显得更为不足。

鉴于K与 $[(Z_D/Z_C) \cdot (1/Z_E)]$ 具有一定的匹配关系, 今对K值的设计归纳出基本要求和原则如下:

1. K需接受相邻捻度差异率 ϵ 的约束, 并且适应最大捻度和最小捻度的需要;
2. 在捻度变换齿轮组内须避免转速回升, Z_C 的最小齿数不得少于17齿。
3. 与K值相对应的最小齿数和 $(Z_D + Z_C$

$= M_{min})$ 需被机器的实际空间所允许(即允许齿数和M大于计算设计的最小齿数和 M_{min})。

4. 当 (T_{max}/T_{min}) 值很大而致使 $M < M_{min}$ 时, 可采用2个(或3个)K值, 但须采用相同的捻度变换齿轮组。

据此, 提出K值的计算设计方法如下。

一、计算设计方法

根据最大捻度与最小捻度的比值及捻度差异率 ϵ 查捻度设计对照表(表1、2、3), 得出捻度阶段变换齿轮组 (Z_D/Z_C) 的组数 m 及与之对应的捻度阶段变换齿轮的设计最小齿数和 M_{min} 。

第一种情况: 当 M_{min} 可被机器空间所允许时, 即 $M > M_{min}$, 则按下式求K值:

$$K = T_{min} [2m + (1/\epsilon) - 2] \quad (1)$$

第二种情况: 当机器实际空间只能采用M值, 若 $M < M_{min}$ 时, 表明一个K值无法满足设计要求, 可把捻度范围分为2段:

$T_{max} \sim T_{max}^{1/2} \cdot T_{min}^{1/2} \sim T_{min}$ 再根据 $(T_{max}^{1/2}/T_{min}^{1/2})$ 及 ϵ 查对照表, 得出 m 及 M_{min} 。当 $M > M_{min}$ 时, 可用下式求出 K' 及 K'' :

$$K' = T_{max}^{1/2} T_{min}^{1/2} [2m + (1/\epsilon) - 2] \quad (2)$$

$$K'' = T_{min} [2m + (1/\epsilon) - 2] \quad (3)$$

第三种情况: 当2个K值仍未能满足要求时, 可将捻度范围分为3段:

$$T_{max} \sim T_{max}^{2/3} T_{min}^{1/3} \sim T_{max}^{1/3} T_{min}^{2/3} \sim$$

T_{min}

根据 $(T_{max}^{1/3}/T_{min}^{1/3})$ 及 ε 查对照表, 得出 m 及 M_{min} 。当 $M > M_{min}$ 时, 即可确认得出的 m , 用下式求出 K' 、 K'' 及 K''' :

$$K' = T_{max}^{2/3} T_{min}^{1/3} [2m + (1/\varepsilon) - 2] \quad (4)$$

$$K'' = T_{max}^{1/3} T_{min}^{2/3} [2m + (1/\varepsilon) - 2] \quad (5)$$

$$K''' = T_{min} [2m + (1/\varepsilon) - 2] \quad (6)$$

二、公式的推导

1. 在本题中, $[\psi/(1-\varepsilon)]^{m-1} \geq 1^{[1]}$, $\psi = (Z_n/Z_1) > (1-\varepsilon)$, $m \geq 1$, 故只需令公式: $(Z_D/Z_C)_m = (Z_D/Z_C)_1 \cdot [\psi/(1-\varepsilon)]^{m-1}$ 中的 $(Z_D/Z_C)_1 = 1$, 即可保证捻度阶段变换齿轮组的任意一组 $(Z_D/Z_C)_i$ 均不小于 1; 又由于 $K = T_{min} Z_n / (Z_D/Z_C)_1 = T_{min} [2m + (1/\varepsilon) - 2] / (Z_D/Z_C)_1^{[1]}$, 当 $(Z_D/Z_C)_1 = 1$ 时, 遂得式 (1), 于是, 符合式 (1) 之 K 值便可在捻度

变换齿轮组内避免转速回升。

2. 当 $(Z_D/Z_C)_1 = 1$ 时, 则 $(Z_D/Z_C)_m = [\psi/(1-\varepsilon)]^{m-1}$; 又知 $(Z_D/Z_C)_m$ 的比值最大^[1], 只需令 $(Z_D/Z_C)_m = (M_{min} - 17)/17$, 便可保证 Z_C 齿轮的最小齿数不少于 17, 故

$$\frac{M_{min} - 17}{17} = \left[\frac{\psi}{(1-\varepsilon)} \right]^{m-1} = \left[\frac{2m\varepsilon - 2\varepsilon + 1}{(1-\varepsilon)^2} \right]^{m-1}$$

$$\text{则 } M_{min} = \left[\frac{2m\varepsilon - 2\varepsilon + 1}{(1-\varepsilon)^2} \right]^{m-1} \cdot 17 + 17$$

3. 将捻度范围分为 2 段时, 设 $T_{中}$ 为分点捻度值。令 $(T_{max}/T_{中}) = (T_{中}/T_{min})$, 于是 $T_{中} = T_{max}^{1/2} T_{min}^{1/2}$, 分别对两段捻度范围求 K 值, 遂得式 (2)、(3)。

4. 将捻度范围分为 3 段时, 设 $T_{中1}$ 和 $T_{中2}$ 为分点捻度值, 令 $(T_{max}/T_{中1}) = (T_{中1}/T_{中2}) = (T_{中2}/T_{min})$, 于是可得: $T_{中1} = T_{max}^{2/3}$, $T_{min}^{1/3}$; $T_{中2} = T_{max}^{1/3} \cdot T_{min}^{2/3}$, 分别对 3 段捻度范围求 K 值, 便得式 (4)、(5)、(6)。

表 1 捻度设计对照表 ($Z_1=39, \varepsilon=0.025$)

T_{max}/T_{min}	1.025	1.19	1.51	2.09	3.13	5.04	8.72	16.13	31.77
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_n	40	42	44	46	48	50	52	54	56
$\psi/(1-\varepsilon)$	1.0519	1.1045	1.1571	1.2097	1.2623	1.3149	1.3675	1.4201	1.4727
M_{min}	(34)	36	40	48	61	84	129	216	394

表 2 捻度设计对照表 ($Z_1=33, \varepsilon=0.0294$)

T_{max}/T_{min}	1.03	1.23	1.64	2.40	3.86	6.75	12.79	26.11	57.18
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_n	34	36	38	40	42	44	46	48	50
$\psi/(1-\varepsilon)$	1.0615	1.1240	1.1864	1.2488	1.3113	1.3737	1.4362	1.4986	1.5610
M_{min}	(34)	37	41	51	68	101	167	306	616

表 3 捻度设计对照表 ($Z_1=28, \varepsilon=0.0345$)

T_{max}/T_{min}	1.04	1.27	1.77	2.75	4.74	8.96	18.50	41.45	100.27
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_n	29	31	33	35	37	39	41	43	45
$\psi/(1-\varepsilon)$	1.0727	1.1467	1.2207	1.2947	1.3686	1.4426	1.5166	1.5906	1.6646
M_{min}	(34)	37	43	54	77	124	225	456	1021

5. 根据 $(T_{max}/T_{min})^{1/m} \cdot (1-\varepsilon)^{2-1/m} = 2m\varepsilon - 2\varepsilon + 1^{[1]}$, $\varepsilon = [1/(Z_1 + 1)]^{[1]}$, $M_{min} = [(2m\varepsilon - 2\varepsilon + 1)/(1-\varepsilon)^2]^{m-1} \cdot 17 + 17$, $Z_n = 2m + (1/\varepsilon) - 2^{[1]}$, 以及在本题中 m 为正整数, 制订捻度设计对照表。

二、算法举例

例 1: 已知 $T_{max} = 1500$ 捻/米, $T_{min} = 400$ 捻/米, $\varepsilon = 0.0294$, 机器布局空间允许 $Z_D + Z_C = 100$, Z_C 的最小齿数不少于 17, 并要求捻度变换齿轮组内无转速回升, 求 K 值, 并用方法 (1) 制订捻度表。

解: 根据 $(T_{max}/T_{min}) = 3.75$ 和 ε , 查表 2, 得 $m = 5$, $M_{min} = 68$, 因为 $M = 100 > 68 = M_{min}$, 故可确认 $m = 5$, 将 m 、 ε 和 T_{min} 代入式 (1):

$$K = 400 \times [2 \times m + (1/0.0294) - 2] = 16805$$

采用方法 (1) 制订的捻度见表 4。

表 4 捻度表 ($K = 16805$, $\varepsilon = 0.0294$)

Z_E	Z_D/Z_C				
	50/50	57/43	63/37	69/31	75/25
33	509	675	867	1133	1527
34	494	655	842	1100	1482
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
42	400	530	681	890	1200
43		518		869	1172

例 2: 已知花式线捻线机捻度范围 $T_{max} = 1400$ 捻/米, $T_{min} = 70$ 捻/米, $\varepsilon = 0.0345$, 机器空间布局 $(Z_D + Z_C) = 100 = M$, 求 K 值。

解: 根据 $(T_{max}/T_{min}) = 20$ 及 ε 值, 查表 3, $m = 8$, $M_{min} = 456$, 由于 $M < M_{min}$, 采用一个 K 值无法满足设计要求。需将捻度范围分为 2 段, 分点捻度值 $T_{中} = T_{max}^{1/2} \cdot T_{min}^{1/2} = 1400^{1/2} \cdot 70^{1/2} = 313$ 。再根据 $T_{max}/T_{中} = 4.47$ 查表 3, 得出 $m = 5$, $M_{min} = 77$ 。由于 $M = 100 > 77 = M_{min}$ 可确认 $m = 5$, 由式 (2)、

(3) 可求得:

$$K' = 313 \times [2 \times 5 + (1/0.0345) - 2] = 11576$$

$$K'' = 70 \times [2 \times 5 + (1/0.0345) - 2] = 2589$$

采用方法 (1) 制订的捻度见表 5、6。

要求在 $[(Z_D/Z_C) \cdot (1/Z_E)]$ 组外另设一变换齿轮 Z_K , 以获得 K' 和 K'' 捻度传动常数, 这方法在 FA731 花式线捻线机上已经采用。

表 5 捻度表 ($K'' = 2589$, $\varepsilon = 0.0345$)

Z_E	Z_D/Z_C				
	50/50	58/42	65/35	72/28	78/22
28	92	128	172	238	328
29	⋮	⋮	⋮	⋮	316
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	70	97	130	180	248
(38)				175	242

表 6 捻度表 ($K' = 11576$, $\varepsilon = 0.0345$)

Z_E	Z_D/Z_C				
	50/50	58/42	65/35	72/28	78/22
28	413	571	768	1063	1466
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	312	432	581	804	1109
38				783	1080

四、小 结

本文提出的设计方法, 明确了 K 值设计的参数依据, 使 K 与 T_{max} 、 T_{min} 、 ε 建立起数量关系, 并使 K 值受机器空间 (M) 最少齿数 ($Z_C \geq 17$) 以及不允许在捻度变换齿轮组内升速的约束; 另外, 当 (T_{max}/T_{min}) 很大时, 也提出了 K 值的设计方法。这种方法已在设计实践中得到验证。

参 考 资 料

[1] 《纺织学报》, 1981, No. 4, p. 69.