

80-82

第25卷 第1期
1997年2月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 25 No. 1
Feb. 1997

⑰

二级圆柱齿轮减速器速比分配规律探讨

朱俊平 杜白石[✓] 李敏通

(西北农业大学机械与电子工程学院, 陕西杨陵 712100)

A

摘要 以便于润滑、等接触疲劳强度为前提,推导出二级圆柱齿轮速比分配方程。利用计算机作出高速级传动比随总传动比的变化关系,采用最小二乘法,拟合出传动比分配的简便公式。

关键词 齿轮, 减速器, 传动比分配, 拟合

中图分类号 TH132.4

多级圆柱齿轮减速器设计遇到的首要问题就是速比分配。速比分配得合理与否,对减速器性能有着重要的影响。目前常用的速比分配方法是线图查找法^[1~3]。由于线图数量有限,往往需要进行插值运算,再加上精度不高,使设计误差较大,特别是线图查找法难以满足计算机辅助设计的需要。为了克服上述方法的不足,本文以二级圆柱齿轮减速器为例,按照一定的设计目标,通过合理简化,推导出速比分配方程,然后结合数理统计的方法,寻求速比分配计算的简单表达式。

1 二级圆柱齿轮减速器速比分配的原则

二级圆柱齿轮减速器是最简单和最基本的圆柱齿轮减速器,从结构来看,它有三种基本类型:展开式、分流式和同轴式。仅从速比分配而言,分流式是展开式的一个特例。由于结构形式的不同,其速比分配也有差异。

根据使用条件,圆柱齿轮减速器的速比分配常用的原则有:便于润滑;中心距最小;二级中心距之比为定值;重量和转动惯量最小等。同时,根据齿轮的失效形式,对应于上述原则,还可按照等弯曲或等接触强度进行速比分配。本文以展开式减速器为例,按照便于润滑的原则,建立等接触强度条件下速比分配的方程式。

2 二级圆柱齿轮减速器的速比分配

2.1 等接触强度条件下速比分配方程式的建立

设以下标 g 表示高速级传动, l 表示低速级传动; 1 表示主动齿轮, 2 表示从动齿轮。当二级传动均采用直齿轮或斜齿轮时,由齿面接触强度的计算公式,可得出^[4]:

$$T_1 \leq [T]_1 = d_1^3 \frac{\Phi_d}{2K} \frac{u}{u+1} \left(\frac{[\sigma]_H}{Z_H Z_E} \right)^2 \quad (1)$$

式中, $[T]_1$ 是按等接触强度计算得到的许用转矩。设 $Z_{H_g} \approx Z_{Hl}$, $Z_{E_g} \approx Z_{El}$, $K_g \approx K_l$, 由于 $u_l = u/u_g$, $d_{1l}/d_{1g} = (d_{2l}/d_{2g})(u_g^2/u)$, 按等接触强度条件有下式:

收稿日期: 1996-10-14

$$\frac{T_{II}}{T_{I\pi}} = \left(\frac{d_{v1}}{d_{v2}}\right)^3 \frac{\Phi_{d1}}{\Phi_{d2}} \left(\frac{[\sigma]_{H1}}{[\sigma]_{H2}}\right)^2 \frac{(u_g + 1)u_g^5}{(u + u_g)u^2} = u_g \quad (2)$$

式中, u 为总传动比, u_g 为高速级传动比。令 $q = \lambda_1^3 \lambda_2^2 \lambda_3^2$, 其中 $\lambda_1 = d_{v1}/d_{v2}$, $\lambda_2 = \Phi_{d1}/\Phi_{d2}$, $\lambda_3 = [\sigma]_{H1}/[\sigma]_{H2}$, 得

$$qu_g^5 + qu_g^4 - u^2 u_g - u^3 = 0 \quad (3)$$

如果高速级采用斜齿轮传动, 低速级采用直齿轮传动, 则式(3)中的系数 q 需要进行修正, $q = \lambda_1^3 \lambda_2^2 \lambda_3^2 \alpha$, 其中 $\alpha = \frac{1}{\epsilon_\alpha} (Z_{H2}/Z_{H1})^2$, 当分度圆螺旋角 $\beta = 8 \sim 20^\circ$, 小齿轮的齿数 $z_1 = 20 \sim 40$ 时, 可取 $\alpha = 0.55$ 。

2.2 高速级传动比的表达式

式(3)给出了高速级传动比的隐函数表达式, 从中可以得出 u_g 关于 q 和 u 的函数式, 即 $u_g = f(q, u)$, 但由于高次方程的性质, 要得到这样的表达式是困难的甚至是不可能的。本文的指导思想是, 借助于计算机的数值解法, 找出当 q 给定时传动比 u_g 随 u 的变化规律(曲线), 然后用一条已知函数逼近它, 从而简化计算。

2.2.1 参数的取值范围 用数值解法求 u_g 的近似表达式, 应首先给出 u 和 q 的取值范围。通常, 一对齿轮的传动比 $i = 6 \sim 7^{[2]}$ 。为此, 将总传动比 u 的取值范围定为 $0 \sim 45$ 。系数 q 的大小与 λ_1 , λ_2 及 λ_3 有关。考虑到第二级传动的线速度较低, d_{v2} 可以稍大些, 取 $\lambda_1 = 1 \sim 1.3$; λ_2 的取值与二级传动齿轮材料及热处理方法有关, 结合常用齿轮材料^[2,4], 取 $\lambda_3 = 0.5 \sim 1.5$ 。综上所述, 取 $q = 0.62 \sim 3.0$ 。

2.2.2 近似表达式的拟合 当参数 q 和 u 的值给定以后, 求 u_g 的近似表达式将成为一个纯数学问题。这里将 q 隔 0.12 取一个值(共 20 个值), 对应于每个 q , 总传动比 u 从 0 到 45(共取 25 个点), 间隔 1.8, 通过计算机描点, 即可得出 q 不同时的 20 条曲线。图 1 给出了当 q 取 0.86, 1.72 和 2.78 时 u_g 相对于 u 的变化情况。

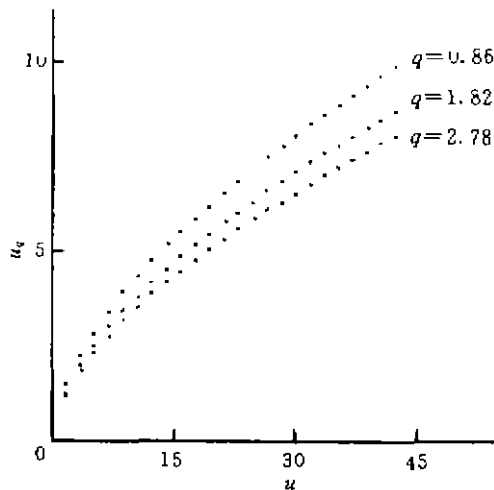


图 1 u_g 与 u 的关系

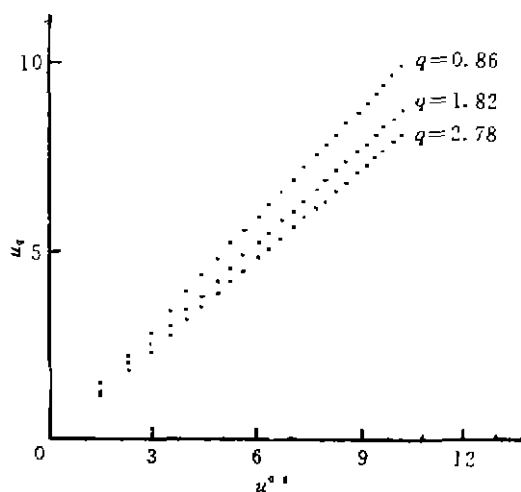


图 2 u_g 与 $u_g^{0.6}$ 的关系

为了便于曲线拟合, 先将图 1 的曲线线性化。图 2 为 u_g 随 $u_g^{0.6}$ 的变化线图, 可以看出, 图 2 上的曲线线性程度较强, 即设 u_g 的变化可用如下方程表示

$$u_g = au_g^{0.6} + b \quad (4)$$

附表 不同 q 情况下的系数 a, b

q	a	b	q	a	b
0.62	1.134	-0.006	1.82	0.899	0.004
0.86	1.057	-0.002	2.06	0.875	0.005
1.10	1.002	0.000	2.30	0.855	0.006
1.34	0.960	0.002	2.54	0.837	0.006
1.58	0.927	0.003	2.78	0.821	0.007

附表给出了 q 取部分值时,按式(4)拟合曲线的系数 a, b ,其相关系数从 0.99999 到 0.999997. 可以看出, u_r 相对于 $u^{0.4}$ 的线性程度是非常显著的,式(4)中的常数项变化极小,而系数 a 则随着 q 的增大呈近似的线性递减. 因此,式(4)可改写为

$$u_r = au^{0.4} \quad (5)$$

其中,系数 a 同样可以通过线性拟合求得. 结果为

$$a = 1.1676889 - 0.135821q \quad (6)$$

3 结 论

用式(5)计算得出二级圆柱齿轮减速器的高速级传动比,与通过式(3)解方程得的值相比,其误差不大于 2%. 文中仅得出了按便于润滑原则、等接触强度为条件分配二级圆柱齿轮减速器传动比的公式,其他条件下的传动比分配的表达式可参照上述方法进行.

参考文献

- 1 B H 库特略夫采夫, 齿轮减速器的结构与计算, 上海, 上海科学技术出版社, 1982
- 2 机械设计手册联合编写组, 机械设计手册(中册), 北京, 化学工业出版社, 1982
- 3 沈永焄, 多级齿轮传动系统的齿数比分配, 机械制造, 1992(12), 6~9
- 4 濮良贵, 机械设计, 北京, 高等教育出版社, 1989

Speed Rate Distribution Rule of Two-step Cylinder Speed-reducer Gear

Zhu Junping Du Baishi Li Mintong

(The College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract Under the conditions of easy lubrication and similar fatigue strength, a formula which is used to distribute the speed rate of two-step cylinder reducer gear is derived. The relation between high-step speed rate change with the change of low-step speed rate has been calculated, and a simple formula of speed rate distribution has been fitted out with least square principle.

Key words gear, reducer, speed rate distribution, fitting