

变速器滚针轴承衬套压装后膨胀量研究

□ 柳州上汽汽车变速器有限公司/秦运德 盘洵 陆平中

□ 上汽通用五菱汽车股份有限公司/潘江锋

本文探讨了衬套压入轴径过盈量 δ 与衬套外径膨胀量 Δ 的关系，准确计算了衬套外径膨胀量，同时找出在实际工作中如何简便地求出膨胀量的方法，从而重新调整滚针和衬套配组，满足齿轮灵活运转。

变速器烧结问题

汽车变速器有很多滚针轴承和衬套，衬套装在轴系上，滚针装在衬套上，齿轮套在滚针上，齿轮灵活运转需要保证合理最小径向游隙，游隙过小，会导致齿轮、滚针、衬套烧结在一起。

某整车在下线试车过程中，发现无法挂倒挡。拆解发现倒挡从动

齿轮、滚针、衬套整体发黑，烧结在一起，齿轮无法转动，同步器齿套无法进入齿轮，出现倒挡挂不进问题。该变速器结构如图1所示。

理论计算最小游隙

滚针、衬套是以组件形式供货，衬套和滚针配组供货，配组后要求压入轴径为31.993mm的检测轴

上，该检测轴即为与衬套配合轴径的最大值，组件外接圆直径为 $43^{+0.001}_{-0.009}$ mm，齿轮内径为 $43^{+0.025}_{-0.009}$ mm，所以可以得出齿轮最小运转游隙为0.008~0.034mm，因为衬套、滚针都会存在加工公差，所以衬套必须要衬套分组配合，才能保证压装后外圆直径。通过配组方案，按照衬套外径最大、内径最小，与衬套配合轴径取最大值，滚针直径最大，可以计算出衬套最大膨胀量，滚针轴承组件外接圆直径最大值，再通过齿轮内孔直径最小值减去外接圆直径最大值，即可得到齿轮运转的最小转动游隙。参考《滚动轴承分析》第一卷：外圈压入实心轴后外径变形量公式：膨胀量 Δ = 过盈量 δ × 内径 D / 外径 d ，计算膨胀量，具体

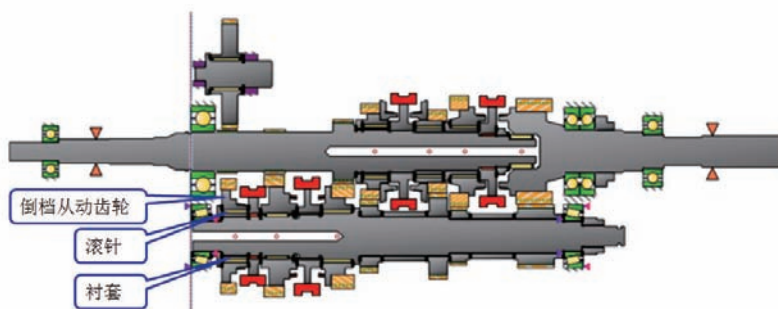


图1 变速器结构示意图

数据见表1。

经过理论计算，各组最小游隙0.007 961~0.009 599mm，满足理论设计要求。

实际游隙计算

以上膨胀量是根据经验计算公式所得，衬套压装后，实际膨胀量

则通过测量压装前10件衬套内径、外径和10套轴径，把衬套压装轴径上后，再测量衬套外径，得到实际过盈量，从而得出。

从表2结果得出，实际膨胀量 Δ 与过盈量 δ 比值接近1，而理论上膨胀量 $\Delta=0.84\delta$ ，保证最小游隙在0.008~0.034mm内，而实际装配

至轴上时，膨胀量比理论值偏大，游隙则会减小，按照实际膨胀1:1关系，计算实际游隙见表3（衬套内外径等其他参数同表1）。

实际膨胀量计算的游隙范围0.004~0.005mm<0.008~0.034mm理论要求，不符合滚针轴承组件配合要求，存在烧结风险。滚针轴承

表1 衬套膨胀量理论值 (单位：mm)

内容名称	公差	A组	B组	C组	D组	E组	F组
衬套内径	上极限尺寸	31.976	31.976	31.972	31.972	31.968	31.968
	下极限尺寸	31.972	31.972	31.968	31.968	31.964	31.964
衬套外径	上极限尺寸	37.989	37.986	37.989	37.986	37.989	37.986
	下极限尺寸	37.986	37.983	37.986	37.983	37.986	37.983
中间轴倒挡位外径	上极限尺寸	31.993	31.993	31.993	31.993	31.993	31.993
	下极限尺寸	31.98	31.98	31.98	31.98	31.98	31.98
过盈量		0.021	0.021	0.025	0.025	0.029	0.029
衬套外径+新膨胀量		38.006 67	38.003 68	38.010 04	38.007 04	38.013 4	38.010 4
滚针单个直径	上极限尺寸	2.497	2.498	2.495	2.497	2.493	2.495
	下极限尺寸	2.495	2.496	2.493	2.495	2.491	2.493
滚针外径（2倍单个滚针）		4.994	4.996	4.99	4.994	4.986	4.99
衬套外径+膨胀量+滚针外径		43.000 67	42.999 68	43.000 04	43.001 04	42.999 4	43.000 4
齿轮最小内孔		43.009	43.009	43.009	43.009	43.009	43.009
	游隙	0.008 326	0.009 325	0.008 962	0.007 961	0.009 599	0.008 597

表2 过盈量与膨胀量关系

编号	轴径/mm	衬套内径/mm	过盈量/mm	衬套外径/mm	压装后衬套外径/mm	膨胀量/mm	膨胀量/过盈量
1#	31.985	31.972	0.013	37.983 1	37.996 2	0.013 1	1.007 7
2#	31.983	31.97	0.013	37.9812	37.994 1	0.012 9	0.992 4
3#	31.984	31.972	0.012	37.981 3	37.993 4	0.012 1	1.008 3
4#	31.985	31.97	0.015	37.982 4	37.997 6	0.015 2	1.013 3
5#	31.987	31.971	0.016	37.981 1	37.997	0.015 9	0.993 8
6#	31.981	31.968	0.013	37.982	37.995 1	0.013 1	1.007 7
7#	31.984	31.971	0.013	37.981 2	37.994 1	0.012 9	0.992 3
8#	31.982	31.971	0.011	37.981 4	37.992 5	0.011 1	1.009 1
9#	31.982	31.97	0.012	37.981 2	37.993 1	0.011 9	0.991 7
10#	31.981	31.975	0.006	37.983	37.988 9	0.005 9	0.983 3

组件必须按照实际膨胀量与过盈量关系1，重新配组，保证游隙在要求范围内。

优化方案

滚针轴承组件必须按照实际膨胀量与过盈量关系1，重新调整衬套外径各组公差带，重新配组，重新优化配组方案见表4。最小游隙0.008~0.009mm满足滚针轴承组件

的理论要求0.008~0.034mm。

实际应用

变速器很多零件都是衬套结构，如圆锥滚柱轴承外圈、滚针衬套和拨叉轴衬套等薄壁套筒结构零件，与壳体内壁或者轴类零件压装后都是过盈配合，零件都会有一定的收缩量或者膨胀量，与壳体配合内孔会收缩，与轴配合外壁会膨

胀，从而导致与轴或者滚针轴承配合径向游隙缩小。参考上述滚针轴承衬套装配后膨胀量研究，通过实际应用检测，得出实际的膨胀量与过盈量的关系，就可以在项目图样设计初始阶段，给出更加合理的尺寸公差，避免项目后期出现难装配、运转不灵活、卡滞和啸叫等问题。

表3 实际游隙 (单位: mm)

内容名称	公差	A组	B组	C组	D组	E组	F组
过盈量		0.021	0.021	0.025	0.025	0.029	0.029
衬套外径+过盈		38.01	38.007	38.014	38.011	38.018	38.015
衬套外径+过盈+滚针外径		43.004	43.003	43.004	43.005	43.004	43.005
	游隙	0.005	0.006	0.005	0.004	0.005	0.004

表4 优化配组 (单位: mm)

内容名称	公差	A组	B组	C组	D组	E组	F组
衬套内径	上极限尺寸	31.976	31.976	31.972	31.972	31.968	31.968
	下极限尺寸	31.972	31.972	31.968	31.968	31.964	31.964
衬套外径	上极限尺寸	37.986	37.983	37.986	37.983	37.986	37.983
	下极限尺寸	37.983	37.98	37.983	37.98	37.983	37.98
中间轴倒挡位外径	上极限尺寸	31.993	31.993	31.993	31.993	31.993	31.993
	下极限尺寸	31.98	31.98	31.98	31.98	31.98	31.98
过盈量		0.021	0.021	0.025	0.025	0.029	0.029
衬套外径+过盈		38.007	38.004	38.011	38.008	38.015	38.012
滚针单个直径	上极限尺寸	2.497	2.498	2.495	2.496	2.493	2.494
	下极限尺寸	2.495	2.496	2.493	2.494	2.491	2.492
滚针外径 (2倍单个滚针)		4.994	4.996	4.99	4.992	4.986	4.988
衬套外径+过盈+滚针外径		43.001	43	43.001	43	43.001	43
齿轮最小内孔		43.009	43.009	43.009	43.009	43.009	43.009
	游隙	0.008	0.009	0.008	0.009	0.008	0.009

