

带双联轴节的转向系统平台化布置

马世友，赵国旗，魏娇

长城汽车股份有限公司技术中心 河北省汽车工程技术研究中心 河北保定 071000

摘要：根据某含有SUV 和轿车的平台共通化设计要求，引入一种带双联轴节的转向系统，极大提高了转向系统共通化率，优化了其力矩波动性能，并解决机舱布置空间复杂的问题。

关键词：双联轴节转向系统；力矩波动

市场对汽车底盘性能要求越来越高，转向器轮心前置布置的转向系统能提升汽车的运动性能，但是由于转向系统平台化和机舱空间限制，普通双十字轴的转向系统力矩波动大，无法满足布置要求。一种带双联轴节的转向系统能够最大限度地满足转向系统平台化和机舱布置空间狭小的需求，且能够满足力矩波动的要求。本文通过一个包含了SUV和轿车的平台，阐述带双联轴节的转向系统布置及力矩波动计算。

带双联轴节的转向系统结构型式

如图1所示，带双联轴节的转向系统包含了三个十字轴，其中，B点为普通单十字轴，C点和D点两个十字轴通过一个双联的节叉4连接。为了实现等速或准等速传动，双联轴节叉4两端的相位角为 0° 。

如图2所示，双联十字轴包含节叉3、节叉4、节叉5和两个十字轴C和D。其中节叉3和节叉5旋转运动轴线的交点，通过一对球头和球头座连接，其作用是保持

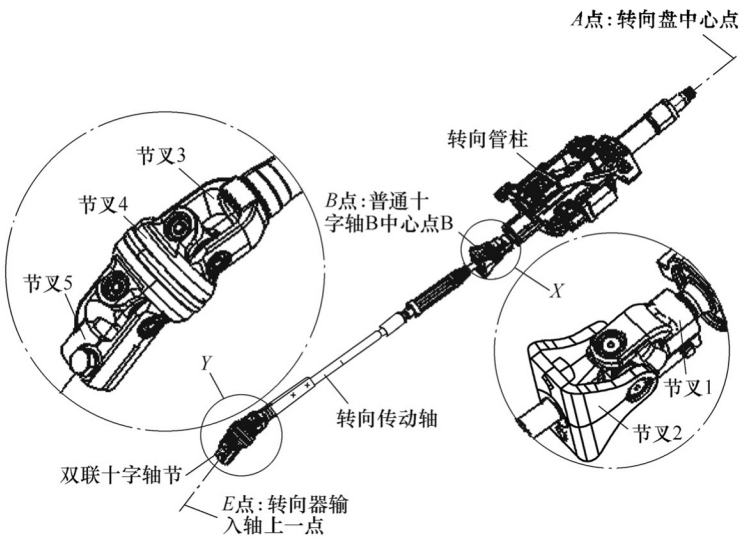


图1 带双联轴节的转向系统

节叉3和节叉5旋转运动的唯一性。节叉4两头分别连接十字轴C和十字轴D，为传动结构。转向系统的力矩传递路线为转向盘→转向管柱→单十字轴B→转向传动

轴→节叉3→双联十字轴C→节叉4→双联十字轴D→节叉5，然后通过节叉5与转向器输入轴相连。

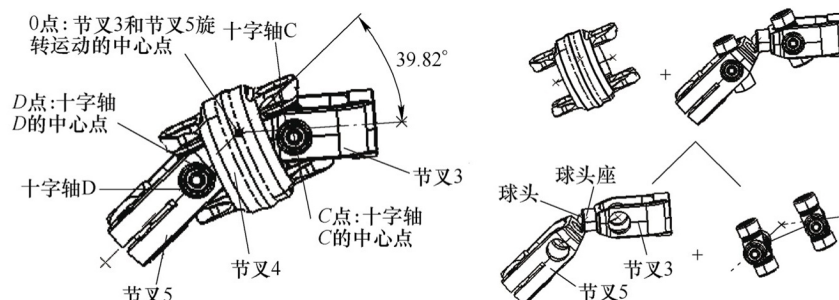


图2 双联轴节结构形式

带双联轴节转向系统的平台化布置

带双联轴节的转向系统有5个硬点，分别是：转向盘中心点A、普通十字轴中心点B、双联十字轴中心点C和D，以及转向器输入轴线上硬点E（见图3）。

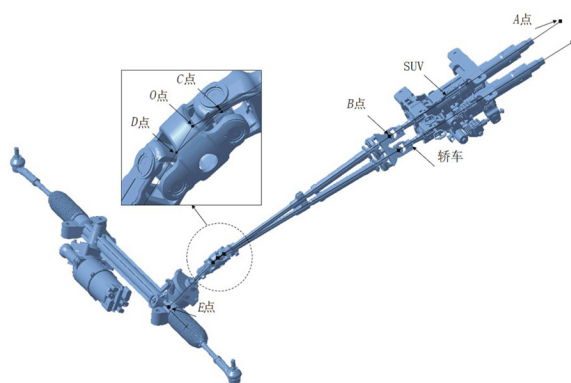


图3 同平台下SUV和轿车转向系统

为了提高同平台下SUV和轿车零部件共通化率，一般转向管柱和转向器零件共通。布置时，转向器位置相同，即D点和E点相同。转向管柱依据SUV和轿车人体高低不同坐姿，布置位置有差异。依照上述布置原则，某平台下SUV和轿车的转向系统硬点布置见表1。

从硬点可知，转向器共通。SUV和轿车的转向系统AB长度一样，实现转向管柱零件共通。因为SUV和轿车坐姿高低差异，SUV较轿车高82mm，位置靠前16mm。转向传动轴BC段有伸缩功能，依据安全碰撞溃缩长度和供应商能力确定是否可以共通。本文讨论的SUV和轿车转向系统长度分别为678mm和658mm，长度相差20mm，通过碰撞溃缩分析结果，设计时实现了共通。

表1 某平台下SUV和轿车的转向系统硬点布置

	A点	B点	C点	D点	E点
SUV	1206, -400, 778	600, -400, 495	0, -369, 182	-40, -354, 144	-138, -264, -24
轿车	1222, -400, 696	604, -400, 440	2, -369, 180	-40, -354, 144	-138, -264, -24

带双联轴节的转向系统力矩波动计算

带双联轴节的转向系统力矩波动量计算比较复杂，目前没有成熟的公式。本文依据转向系统力矩波动量目标值 $\leq 5\%$ ，将系统拆为双联轴节力矩波动量和单十字轴力矩波动量，采用反向校验的方法，对系统布置提出要求。

力矩波动量计算公式为

$$\delta = \tan \beta \sin \beta \quad (1)$$

式中 δ ——力矩波动量；

β ——单十字轴的输入轴和输出轴轴交角，或双十字轴等效夹角。

双十字轴传动中，依计算等效夹角 β_e ，计算力矩波动量。等效夹角计算公式为

$$\beta_e^2 = \sqrt{\beta_1^4 + \beta_2^4 - 2\beta_1^2\beta_2^2 \cos 2(\tau - \varphi)} \quad (2)$$

式中 β_e ——等效夹角；

β_1 ——输入轴与中间轴夹角；

β_2 ——中间轴与输出轴夹角；

τ ——输入轴和中间轴所在平面与中间轴和输出轴所在平面的夹角；为实现双联轴节的等速或准等速传动效果，本文中讨论的双联轴节的 $\tau=0^\circ$ ；

φ ——中间轴相位角。为实现双联轴节的等速或准等速传动效果，本文中讨论的双联轴节处的相位角 $\varphi=0^\circ$ 。

带双联轴节的转向系统力矩波动量可通过以下方式推算：

(1) 单十字轴力矩波动量 根据公式(1)，按力矩波动量 $\leq 5\%$ 要求，可算出单十字轴处轴交角 $\leq 12.7^\circ$ 。

(2) 单十字轴和双联轴组合的转向系统力矩波动量计算 当双联轴为等速传动时（等速条件为CO段等于OD段长，也即是 $\beta_1=\beta_2$ ，等效夹角 $\beta_e=0$ ），转向系统的力矩波动量等于单十字轴处的力矩波动量 δ ，所以单十字轴处轴交角 $\beta \leq 12.7^\circ$ 。

当双联轴为准等速传动时（CO段不等于OD段长，即 β_1 与 β_2 不相等）：①双联轴处的等效夹角 β_{e1} 依公式

(2) 算出，双联轴结构中，式中 τ 和 φ 均为 0° ；因双联轴结构中 β_1 和 β_2 差异较小，等效夹角 $\beta_{e1}^2 = \beta_1^2 - \beta_2^2 > 0^\circ$ ，且较小；②转向系统的等效夹角依公式(2)计算，式中 φ 设计为等于 τ ，转向系统的等效夹角 $\beta_{e2}^2 = 12.7^2 - \beta_{e1}^2 < 12.7^2$ ，所以转向系统的等效夹角 $\beta_{e2} < 12.7^\circ$ 。

综上，当双联轴为等速传动时，转向系统力矩波动量等于单十字轴处力矩波动量；当双联轴为准等速传动时，转向系统力矩波动量小于单十字轴处力矩波

动量。依转向系统力矩波动量 $\leq 5\%$ 要求，单十字轴处轴交角 $\leq 12.7^\circ$ 。

依据以上计算方法，本文中同平台下SUV和轿车的单十字轴轴交角分别为 2.5° 和 4.2° ，比要求值 12.7° 小，均满足力矩波动要求。

结语

在平台化设计中，转向系统是较复杂的一个系统，其转向器端连接转向节与悬架姿态有关，转向管柱端连接方向盘与人体坐姿有关，且转向系统的布置对动态性能和操作手感均有较大影响。

从以上论述可知，同平台下SUV和轿车可实现转向器布置位置共通，转向管柱零件共通，依据SUV和轿车人体坐姿不同而布置位置差异，转向传动轴可依据其长度差异和碰撞溃缩距离确定是否共通，大大降低了设计开发成本，减少验证周期。布置过程中，可以通过控制单十字轴处轴交角控制力矩波动。方法简单快捷，便于工程中应用。

参考文献：

- [1] 中国汽车工程学会. 汽车工程手册5：底盘设计篇[M]. 北京：北京理工大学出版社，2010.
- [2] 张华中，张明旭，马世友. 汽车转向力波动与转向传动轴相位角间关系的理论分析[Z]. 第九届河南省汽车工程技术研讨会论文集，2012.
- [3] 刘惟信. 汽车设计[M]. 北京：清华大学出版社，2001.

AUTO1950

汽车工艺师 2022年 第7期 广告目次 Advertisement Catalogue

单位名称	查询编号	位置
汽车工艺师		封面
SMALLEY钢圈有限公司	8086	封二
金粉商城	8000	封三
中国机械工业联合会	0001	封底
2022新能源汽车技术及先进制造技术高峰论坛	8000	1
《汽车工艺师》杂志订阅	0001	2