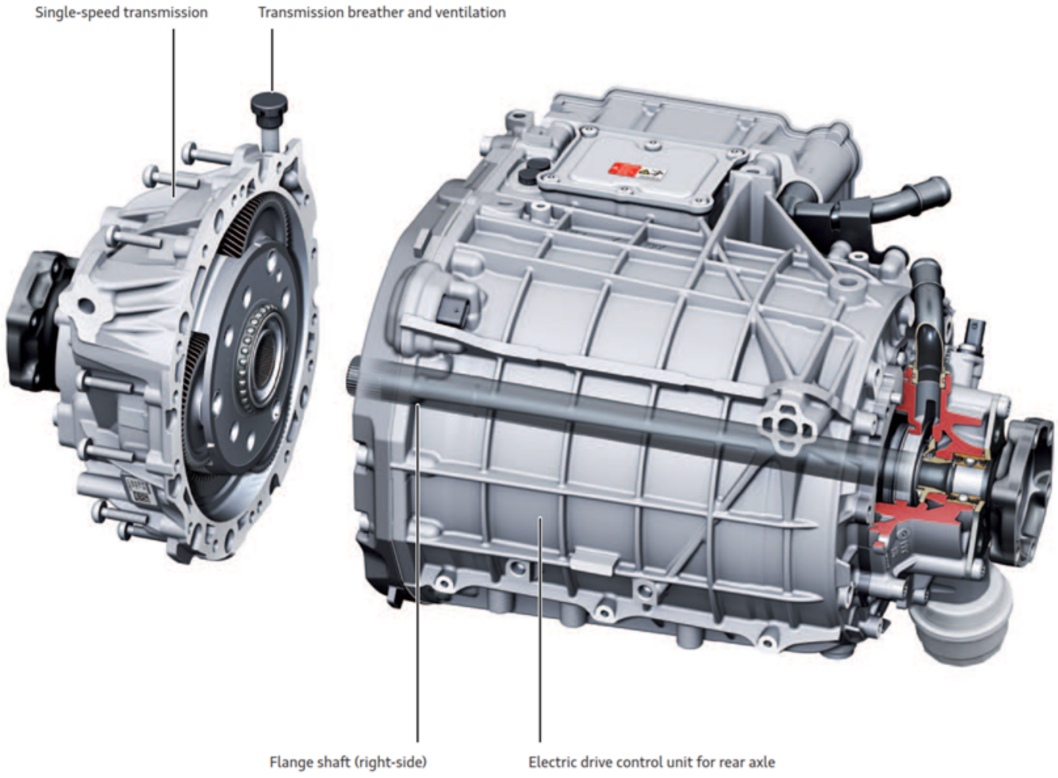
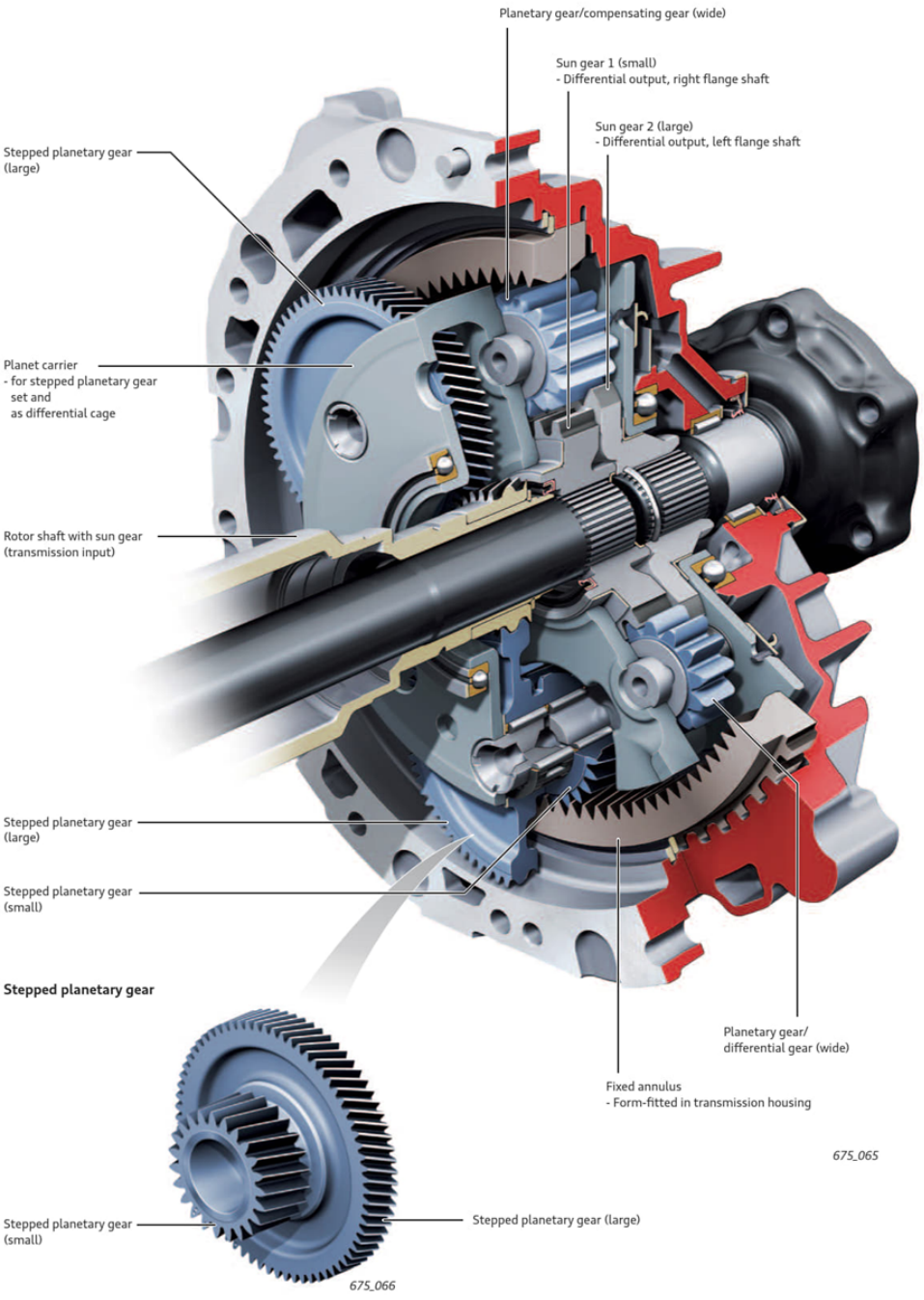
1.2 ????????(NW??)??

舍弗勒的同轴减速器是 行星减速器 + 行星差速器 两部分组成。

舍弗勒早在 2019年为奥迪 e-Tron车型开发和量产了该款同轴减速器，如图所示。





Stepped planetary gear

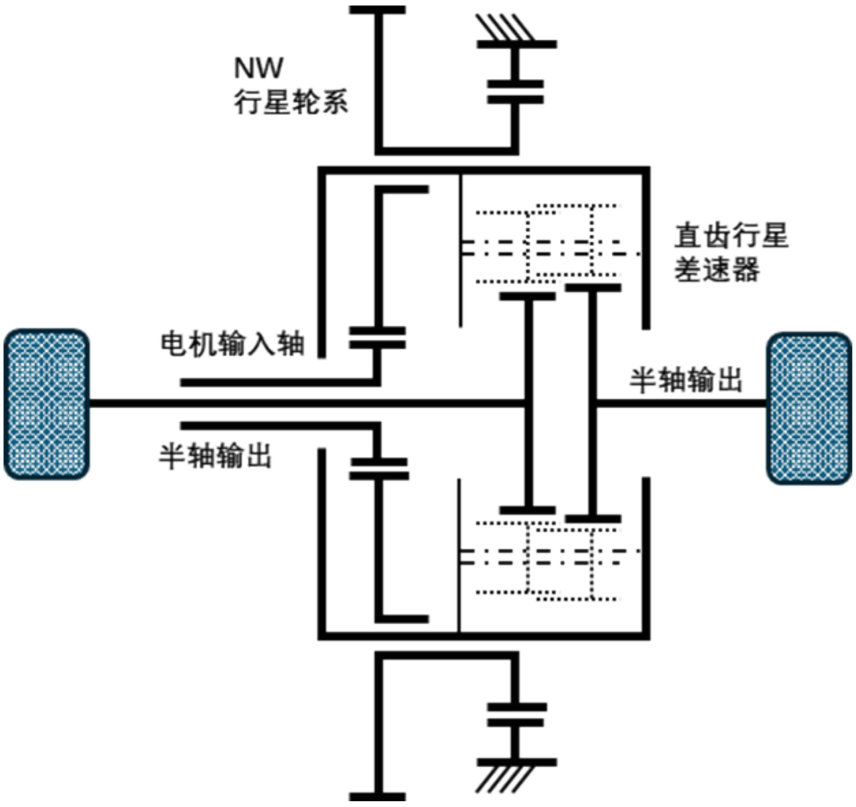
[illegible]

Ø [illegible]

Ø [illegible] – [illegible] – [illegible] -[illegible]

Ø

[illegible]
[illegible]



减速器的速比计算

参考国标 GB/T 33923-2017 行星齿轮传动设计方法中第 12页的计算公式:

B型	固定	输入	输出	旋转方向		高速	低速
	C	S	R	相反	$i_{SR}^{C}=-\frac{z_{PS}z_R}{z_{PR}z_S}$	$\frac{n_S z_S}{60}$	$\frac{n_R z_R}{60}$
		R	S	相反	$i_{RS}^{C}=-\frac{z_{PR}z_S}{z_{PS}z_R}$	$\frac{n_S z_S}{60}$	$\frac{n_R z_R}{60}$
	R	S	C	相同	$i_{SC}^{R}=1+\frac{z_{PS}z_R}{z_{PR}z_S}$	$\frac{(n_S-n_C)z_S}{60}$	$\frac{n_C z_R}{60}$
		C	S	相同	$i_{CS}^{R}=\frac{z_{PR}z_S}{z_{PR}z_S+z_{PS}z_R}$	$\frac{(n_S-n_C)z_S}{60}$	$\frac{n_C z_R}{60}$
	S	R	C	相同	$i_{RC}^{S}=1+\frac{z_{PR}z_S}{z_{PS}z_R}$	$\frac{n_C z_S}{60}$	$\frac{(n_R-n_C)z_R}{60}$
		C	R	相同	$i_{CR}^{S}=\frac{z_{PS}z_R}{z_{PR}z_S+z_{PS}z_R}$	$\frac{n_C z_S}{60}$	$\frac{(n_R-n_C)z_R}{60}$

舍弗勒该款减速器的主要参数 (数据来自网络):

参数	奥迪该款电驱系统性能
电机类型	异步电机（ ASM）
冷却方式	水冷
电压等级	360V
峰值扭矩	355Nm 10s
峰值功率	165Kw 10s
持续功率	95Kw at 7000rpm 30min
持续扭矩	130Nm (持续功率点)

减速器主要参数

参数	太阳轮	行星轮 1	行星轮 2	齿圈
齿轮旋向	R	L	L	R
齿数	42	81	27	113
速比	9.07			
齿轮模数	1.06		1.66	
压力角	16		23	
螺旋角	28		15	
中心距	74			
齿宽	17	14.5	23	26
齿顶圆	51.92	98.74	49.32	131.81

主要优点

1) 原理简单，结构比较成熟。

2) 相比平行轴减速器来说，体积小，重量轻。4500Nm级别减速器重量约21kg。平行轴大约30kg左右，减重明显。

3) 所需润滑油量少。结构紧凑，内部体积小，所需润滑油量比平行轴少很多。

4) 效率会比平行轴略高。主要是油量少，搅油损失低；另外减速器内轴承损失小，主要是球轴承和滚针轴承，且基本没有轴向力。而平行轴差速器是锥轴承，轴向力大，损耗相对高。

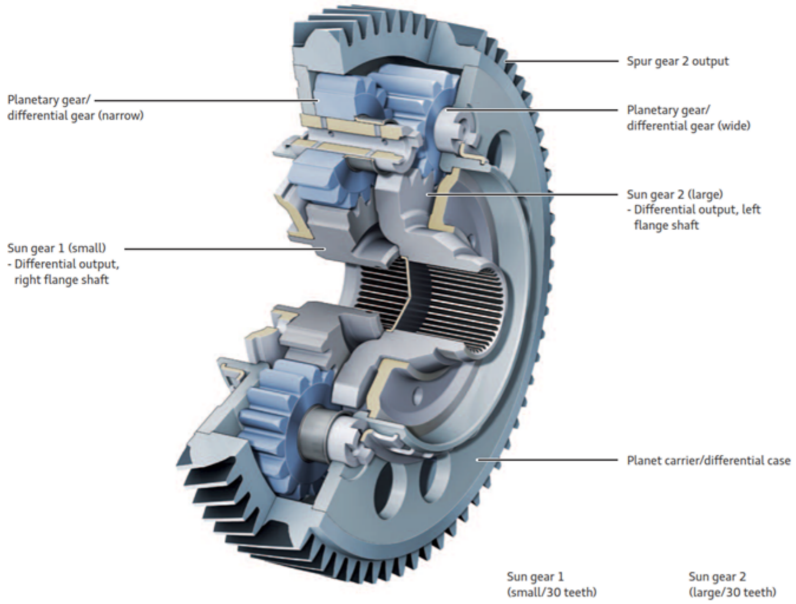
舍弗勒直齿行星差速器原理

舍弗勒直齿行星差速器的结构图如下所示。在Audi e-tron车型上首次量产应用。相比传统伞齿差速器主要优点：

1) 结构紧凑，可传递的扭矩比高

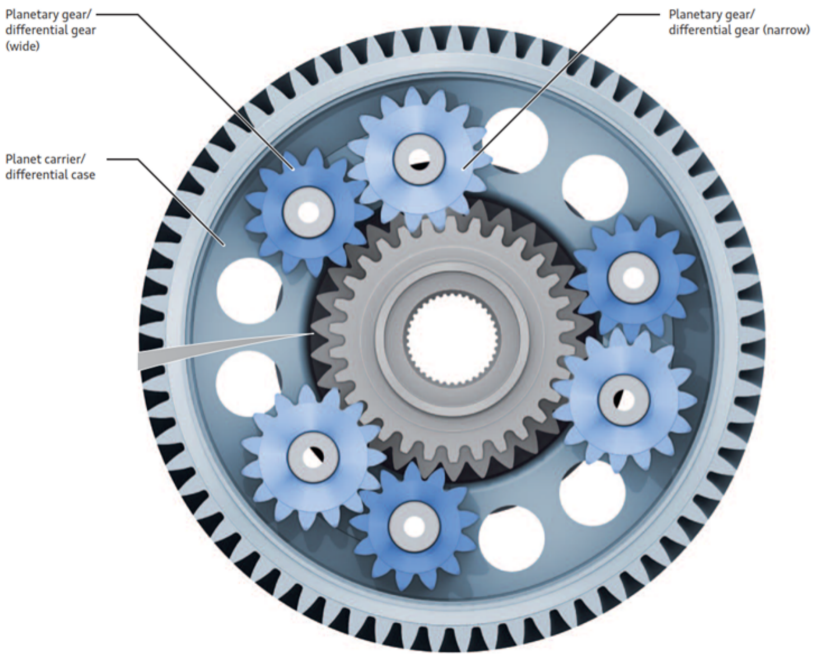
2) 相比传统铸造伞齿差速器，可减轻部分重量。

3) 相比传统伞齿差速器，左右半轴齿轮没有轴向力，仅传递扭矩。对支撑件的结构强度要求低很多。



直齿行星减速器的动力传递路径：

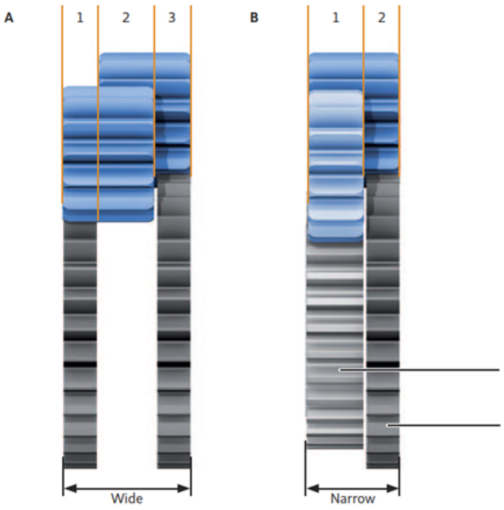
扭矩从行星架传递进来 => 行星销 => 宽行星轮 /窄行星轮 => 左 / 右半轴太阳轮。



宽行星轮 /窄行星轮 和 左 / 右半轴太阳轮的配合关系如下图所示，

当左右半轴齿轮有转速差时，会宽 /窄行星轮会相应自转。啮合过程为：大太阳轮 => 宽行星轮 => 窄行星轮 => 小太阳轮。宽 /窄行星轮 类似于伞齿差速器内的行星齿轮一样，用来协调左右半轴齿轮的转速差。

直齿差速器的配置有两种方案，如下图 A 和 B所示。 B方案的优点是能够让轴向空间更短，更紧凑。 B方案据称是舍弗勒公司的专利。

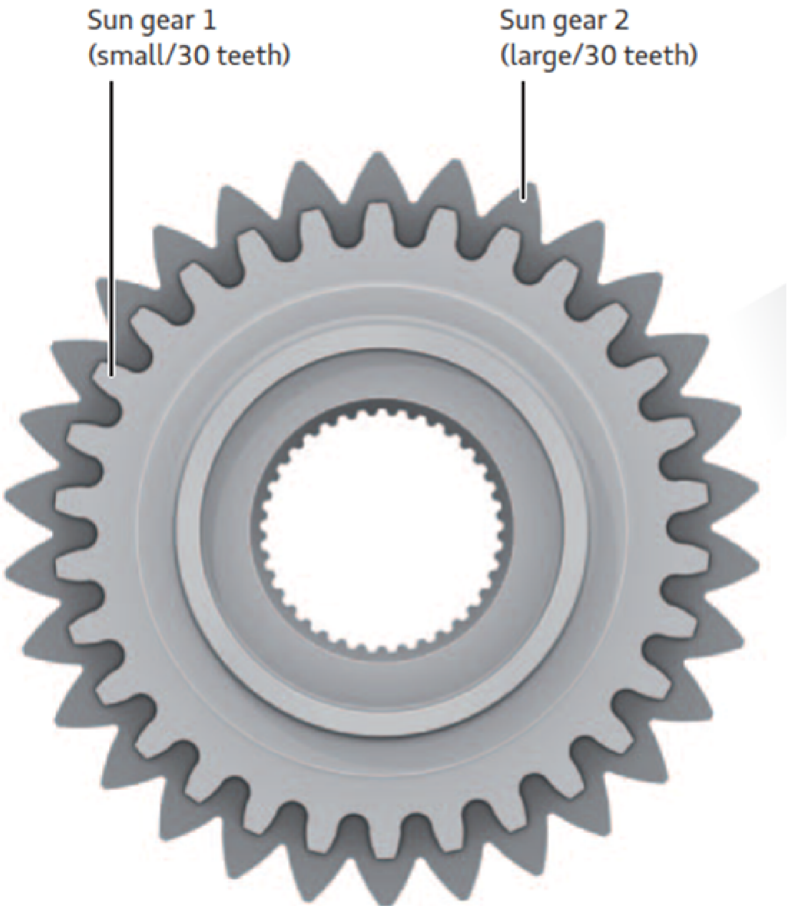


Comparison of designs

A – Version with sun gears of equal size
A design with equally large sun gears requires three toothing planes (1, 2, 3) and adequate axial space.

B – Version with two sun gears of different sizes
(lightweight planetary gear differential from SCHAEFFLER)
In a design with two sun gears of different sizes, the planetary gear pairs mesh within the small sun gear's toothing plane. This means that only two toothing planes (1, 2) are required, which significantly reduces the axial space.

量产使用的是方式B，轴向空间更窄。



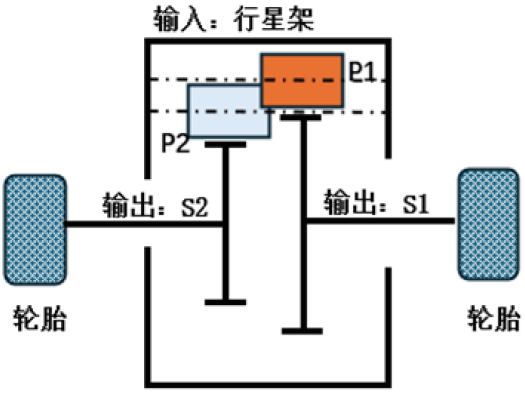
该款直齿差速器的设计要点：

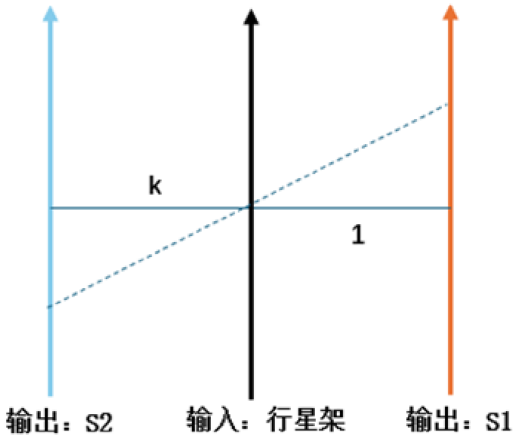
1）

左右半轴能够实现转速相等的必要条件是：左右半轴齿轮的齿数相等。舍弗勒这个应用里左右半轴齿轮齿数是 30。

2）行星齿轮和半轴齿轮是互相啮合的，这几组齿轮的模数肯定是一样的。

使用杠杆原理来分析该减速器的转速相等，扭矩等分原理，差速器示意图和杠杆图如图所示。





左右半轴齿轮转速相等

当行星架固定时，行星轮系变成定轴传动。那么左车轮到右车轮的传动比为：

$$\frac{n_{s1}}{n_{s2}} = \frac{n_{s1}}{n_{p1}} \times \frac{n_{p1}}{n_{p2}} \times \frac{n_{p2}}{n_{s2}} = \frac{z_{s2}}{z_{s1}} = \frac{k}{1}$$

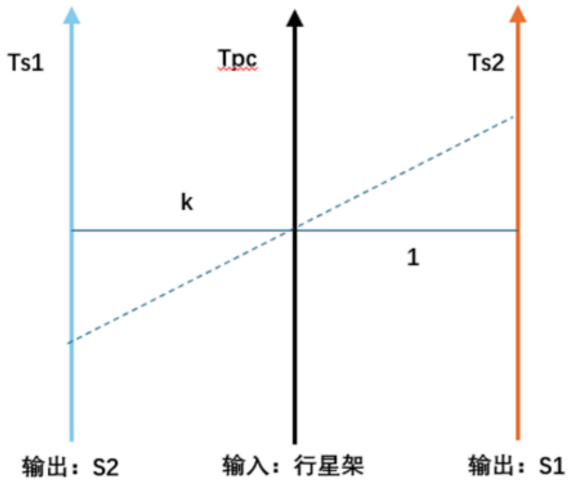
所以左右半轴齿轮的齿数必须相等，才能保证左右半轴转速相等。

左右半轴齿轮扭矩均分

同样使用该方式来理解差速器的扭矩等分。分别对 S1和 S2取矩。

$$T_{s1} \times (k+1) = T_{pc} \times 1$$
$$T_{s2} \times (k+1) = T_{pc} \times k$$

K=1，所以最后会得到 $T_{s1} = T_{s2} = 1/2 * T_{pc}$



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] #4

[illegible] Admin [illegible] 2026-02-07 22:43:20 CST

[illegible] Admin [illegible] 2026-02-07 23:04:22 CST