

行星齿轮组，直齿


GEAR2

修改时间	20.11.2025, 14:47:52
修改人	HP
	ForEveryone (1113)
	KISSsoft Release 2024


内容

1	消息	3
2	概览	3
3	轮齿几何	3
4	材料	4
4.1	齿轮粗糙度	4
4.2	润滑	4
5	几何	5
5.1	基准齿廓	5
5.2	基本数据	6
5.3	直径及其容差	6
5.4	齿顶间隙和齿高	7
5.5	展开角	8
5.6	齿厚和节距	8
5.7	滑移	8
5.8	重合度	9
6	一般影响因素	10
6.1	力和圆周转速	10
6.2	啮合刚度	10
6.3	计算 K 系数	10
6.4	K 系数	10
7	根部强度计算（断裂）	11
7.1	安全系数	11
8	齿面强度计算（点蚀）	12
8.1	安全系数	12
9	Micropitting（微点蚀）	12
10	胶合承载能力	12
10.1	瞬现温度标准	13
10.2	积分温度标准	13
11	齿厚的检查尺寸	13
11.1	齿厚公差	13
11.2	公法线长度	14
11.3	跨球距和跨棒距	14
11.4	齿厚	14
11.5	侧隙	14
12	啮合公差	15
13	齿形修形和确定	15
13.1	齿廓修形和螺旋线修形	15
13.2	用于齿形计算的数据	16
14	补充数据	16
14.1	质量、刚度和惯性矩	16
14.2	磨损、功率损耗、声压级	16
14.3	行星相位的参数	16
15	使用寿命、损伤	17
15.1	损伤	17
16	备注	17
16.1	惯例	17
16.2	计算和系数	17

1 消息




计算一致。



齿轮 3：若为最不利的公差范围，则内齿轮的基准齿廓 ρ_{rP} 的齿根半径过大 ($\rho_{rP\max} = 0.239\text{ mm}$)。
请检查齿形。

提示：太大的半径 ρ_{rP} 可能会在强度计算中产生太高的齿根安全系数。



胶合计算：
输入的齿轮参数在计算方法的边界条件之外！

应用 ISO/TS 6336-21 需遵守以下限制：
 $w_{Bt} (=39.2\text{ N/mm}) \geq 150.0\text{ N/mm}$
 $1.0\text{ m/s} \leq v(=0.2\text{ m/s}) \leq 50.0\text{ m/s}$

2 概览

计算方法	ISO 6336:2019			
图纸或商品编号:				
齿轮 1:	0.000.0			
齿轮 2:	0.000.0			
齿轮 3:	0.000.0			
齿轮数量	[p]	--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 --- 1 3 1		
功率 (W)	[P]	104.720		
转速 (1/min)	[n]	476.5		0.0
用于行星齿轮轴承计算的转速差 (1/min)	[n2]		290.9	
行星齿轮架转速 (1/min)	[nSteg]	100.0		
载荷交变数（单位：百万）	[NL]	677.6	174.5	180.0
扭矩 (Nm)	[T]	2.099	0.000	7.901
行星齿轮架扭矩 (Nm)	[TSteg]	10.000		
应用系数	[KA]	1.00		
分配系数	[Kv]	1.05		
要求的使用寿命 (h)	[H]	10000.00		
齿轮驱动 (+) / 从动 (-)		+	-/+	-
齿轮 1 工作齿面:	右齿面			
齿轮 1 旋转方向:	顺时针旋转			
行星齿轮架旋转方向:	顺时针旋转			

3 轮齿几何

根据 ... 的几何计算	ISO 21771:2007		
		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---	
中心距 (mm)	[a]	14.400	
中心距公差	ISO 286:2010 容差 js7		

法向模数 (mm)	[mn]	0.7000		
端面模数 (mm)	[mt]	0.7000		
Normal Diametral Pitch (1/in)	[Pnd]	36.28571		
Transverse Diametral Pitch (1/in)	[Ptd]	36.28571		
法向压力角 (°)	[αn]	20.0000		
分度圆上的螺旋角 (°)	[β]	0.0000		
齿数	[z]	17	22	-64
齿宽 (mm)	[b]	4.50	4.50	4.50
螺旋线方向		直齿啮合		

行星轴可以按照规律的节距分布，节距 = 120°

啮合质量	[Q-ISO 1328:2013]	A6	A6	A6
内径 (mm)	[di]	0.00	0.00	
外径 (mm)	[di]			0.00
轮缘内径 (mm)	[dbi]	0.00	0.00	
轮缘外径 (mm)	[dbi]			0.00

4 材料

齿轮 1

42 CrMo 4 (2), 调质钢,火焰淬火/感应淬火, ISO 6336-5 图 11/12 (MQ) 齿面和齿根硬化

齿轮 2

42 CrMo 4 (2), 调质钢,火焰淬火/感应淬火, ISO 6336-5 图 11/12 (MQ) 齿面和齿根硬化

齿轮 3

42 CrMo 4 (3), 调质钢,氮化, ISO 6336-5 图 13b/14b (MQ)

		--- 太阳 ---	行星 ---	内齿圈 ---
表面硬度		HRC 56	HRC 56	HV 550
根据 ISO 6336:2006 的材料处理，标准，使用寿命系数 Z_{NT} 和 $Y_{NT} \geq 0.85$				
齿根应力无限寿命强度 (N/mm²)	[σFlim]	370.00	370.00	370.00
无限寿命强度赫兹接触应力 (N/mm²)	[σHlim]	1220.00	1220.00	1000.00
弹性模量 (N/mm²)	[E]	206000	206000	206000
泊松比	[ν]	0.300	0.300	0.300
断裂强度 (N/mm²)	[σB]	1100.00	1100.00	1100.00
屈服极限 (N/mm²)	[σS]	900.00	900.00	900.00

4.1 齿轮粗糙度

		--- 太阳 ---	行星 ---	内齿圈 ---
算数平均粗糙度 R_a , 齿面 (μm)	[RAH]	0.60	0.60	3.00
算数平均粗糙度 R_a , 齿根 (μm)	[RAF]	3.00	3.00	3.00
平均峰谷深度 R_z , 齿面 (μm)	[RZH]	4.80	4.80	20.00
平均峰谷深度 R_z , 齿根 (μm)	[RZF]	20.00	20.00	20.00

4.2 润滑

润滑方式	浸油润滑		
油类	ISO-VG 220		
润滑剂基油	矿物油基油		
40°C 时的油名义运动粘度 (mm²/s)	[v40]	220.00	
100°C 时的油名义运动粘度 (mm²/s)	[v100]	17.50	
15°C 时的比密度 (kg/dm³)	[ρ]	0.895	
油温 (°C)	[TS]	70.000	

5 几何

5.1 基准齿廓

齿轮 1 的基准齿廓

基准齿廓	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 轮廓 A	
齿根高系数	[hfP*]	1.250
齿根半径系数	[pfP*]	0.380
	[pfPmax*]	0.472
齿顶高系数	[haP*]	1.000
齿顶圆半径系数	[paP*]	0.000
突起高度系数	[hprP*]	0.000
突起角度	[αprP]	0.000
齿顶成形高度系数	[hFaP*]	0.000
倒棱齿面角度	[αKP]	0.000
	未切顶	
最小曲率半径, 齿根倒圆 (mm)	[pmin.e/i]	0.272 / 0.273

齿轮 2 的基准齿廓

基准齿廓	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 轮廓 A	
齿根高系数	[hfP*]	1.250
齿根半径系数	[pfP*]	0.380
	[pfPmax*]	0.472
齿顶高系数	[haP*]	1.000
齿顶圆半径系数	[paP*]	0.000
突起高度系数	[hprP*]	0.000
突起角度	[αprP]	0.000
齿顶成形高度系数	[hFaP*]	0.000
倒棱齿面角度	[αKP]	0.000
	未切顶	
最小曲率半径, 齿根倒圆 (mm)	[pmin.e/i]	0.270 / 0.271

齿轮 3 的基准齿廓

基准齿廓	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 轮廓 A	
齿根高系数	[hfP*]	1.250
齿根半径系数	[pfP*]	0.380
	[pfPmax*]	0.472
齿顶高系数	[haP*]	1.000
齿顶圆半径系数	[paP*]	0.000
突起高度系数	[hprP*]	0.000
突起角度	[αprP]	0.000
齿顶成形高度系数	[hFaP*]	0.000
倒棱齿面角度	[αKP]	0.000
	未切顶	

5.1.1 精加工数据

		--- 太阳	----- 行星	----- 内齿圈 ---
基准齿廓齿根高	[hfP*]	1.250	1.250	1.250
基准齿廓齿根半径	[pfP*]	0.380	0.380	0.380
基准齿廓齿顶高	[haP*]	1.000	1.000	1.000
突起高度系数	[hprP*]	0.000	0.000	0.000
突起角度 (°)	[αprP]	0.000	0.000	0.000
齿顶成形高度系数	[hFaP*]	0.000	0.000	0.000
倒棱齿面角度 (°)	[αKP]	0.000	0.000	0.000

齿廓修形的类型: 用于高性能齿轮传动

齿顶修缘, 左齿面 (μm)	[Ca L]	3.000	3.000	3.000
齿顶修缘, 右齿面 (μm)	[Ca R]	3.000	3.000	3.000

5.2 基本数据

总传动比	[itot]	0.210		
端面模数 (mm)	[mt]	0.700		
端面压力角 (°)	[αt]	20.000		
基圆螺旋角 (°)	[βb]	0.000		
-- 齿轮副 1 ----- 齿轮副 2 --				
齿轮速比	[u]	1.294	-2.909	
工作压力角 (°)	[αwt]	27.032	16.409	
法截面中的工作压力角 (°)	[αwt.e/i]	27.102 / 26.962	16.287 / 16.530	
	[αwn]	27.032	16.409	
工作节圆上的螺旋角 (°)	[βw]	0.000	0.000	
零中心距 (mm)	[ad]	13.650	14.700	
齿廓变位总系数	[Σxi]	1.2606	0.3928	
--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---				
齿廓变位系数	[x]	0.6183	0.6422	-0.2494
产形齿廓变位系数	[xE.e/i]	0.5975/0.5745		
	[xE.e/i]		0.6193/ 0.5942	
	[xE.e/i]		-0.2765/-0.3037	
等效齿数	[zn]	17.000	22.000	64.000
渐开线长度 (mm)	[l dFa-l dFf]	1.359	1.357	1.438

5.2.1 齿顶倒棱或齿顶倒圆角

--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---				
齿顶倒圆角 (mm)	[rk]	0.050	0.050	0.050
截面	[l]	2	2	2
2-在横截面中, 3-在轴截面中, 4-在法截面				

5.3 直径及其公差

--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---				
分度圆直径 (mm)	[d]	11.900	15.400	44.800
基圆直径 (mm)	[db]	11.182	14.471	42.098
齿顶高变化 (mm)	[k*mn]	-0.132	-0.132	0.000
齿顶圆直径 (mm)	[da]	13.902	17.435	43.749
(mm)	[da.e/i]	13.902 / 13.884		
(mm)	[da.e/i]		17.435 / 17.417	
(mm)	[da.e/i]		43.774 / 43.749	
齿顶圆公差 (mm)	[Ada.e/i]	0.000 / -0.018		
(mm)	[Ada.e/i]		0.000 / -0.018	
(mm)	[Ada.e/i]		0.025 / 0.000	
齿顶成形圆直径 (mm)	[dFa]	13.861	17.390	43.821
(mm)	[dFa.e/i]	13.861 / 13.842		
(mm)	[dFa.e/i]		17.390 / 17.372	
(mm)	[dFa.e/i]		43.846 / 43.821	
有效齿顶圆直径 (mm)	[dNa]	13.861	17.390	
(mm)	[dNa]		17.390	43.821
(mm)	[dNa.e/i]	13.861 / 13.842		
(mm)	[dNa.e/i]		17.390 / 17.372	
(mm)	[dNa.e/i]		17.390 / 17.372	

	(mm)	[dNa.e/i]		43.846 /43.821
V 圆直径 (mm)		[dv]	12.766	16.299
	(mm)	[dv.e/i]	12.736 /12.704	45.149
	(mm)	[dv.e/i]		16.267 /16.232
	(mm)	[dv.e/i]		45.225 /45.187
工作节圆直径 (mm)		[dw]	12.554	16.246
	(mm)	[dw]		15.086
	(mm)	[dw.e/i]	12.562 /12.546	43.886
	(mm)	[dw.e/i]		16.256 /16.236
	(mm)	[dw.e/i]		15.076 /15.095
	(mm)	[dw.e/i]		43.913 /43.858
齿根圆直径 (mm)		[df]	11.016	14.549
	(mm)	[df.e/i]	10.986 /10.954	46.899
	(mm)	[df.e/i]		14.517 /14.482
	(mm)	[df.e/i]		46.975 /46.937
有效齿根圆直径 (mm)		[dNf]	11.701	
	(mm)	[dNf]		15.278 /15.022
	(mm)	[dNf]		45.699
	(mm)	[dNf.e/i]	11.723 /11.689	
	(mm)	[dNf.e/i]		15.301 /15.266
	(mm)	[dNf.e/i]		15.064 /15.005
	(mm)	[dNf.e/i]		45.724 /45.661
齿根成形圆直径 (mm)		[dFf]	11.460	14.963
齿根成形圆直径 (mm)		[dFf.e/i]	11.442 /11.422	46.502
	(mm)	[dFf.e/i]		14.939 /14.914
	(mm)	[dFf.e/i]		46.583 /46.543
对于内啮合：使用插齿刀 $z_0=21$, $x_0=0.000$ 计算 d_{Ff}				

5.4 齿顶间隙和齿高

			--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---	
理论齿顶间隙 (mm)		[c]	0.175	
	(mm)	[c]		0.175 / 0.332
	(mm)	[c]		0.200
有效齿顶间隙 (mm)		[c.e/i]	0.226 / 0.182	
	(mm)	[c.e/i]		0.223 / 0.180
	(mm)	[c.e/i]		0.388 / 0.342
	(mm)	[c.e/i]		0.255 / 0.207
储备 (dNf-dFf)/2 (mm)		[cF.e/i]	0.150 / 0.124	
	(mm)	[cF.e/i]		0.194 / 0.163
	(mm)	[cF.e/i]		0.075 / 0.033
	(mm)	[cF.e/i]		0.461 / 0.410
齿顶高, $m_n(h_{aP}^*+x+k)$ (mm)		[ha]	1.001	1.018
	(mm)	[ha.e/i]	1.001 / 0.992	0.525
	(mm)	[ha.e/i]		1.018 / 1.009
	(mm)	[ha.e/i]		0.525 / 0.513
齿根高, $m_n(h_{fP}^*-x)$ (mm)		[hf]	0.442	0.425
	(mm)	[hf.e/i]	0.457 / 0.473	1.050
	(mm)	[hf.e/i]		0.442 / 0.459
	(mm)	[hf.e/i]		1.069 / 1.088

齿高 (mm)	[h]	1.443	1.443	1.575
---------	-----	-------	-------	-------

5.5 展开角

		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---		
与 dFa 的展开角 (°)	[ξFa.e/i]	41.962 / 41.804		
	[ξFa.e/i]		38.184 / 38.054	
	[ξFa.e/i]			16.560 / 16.681
与 dNf 的展开角 (°)	[ξNf.e/i]	18.024 / 17.450		
	[ξNf.e/i]		19.678 / 19.243	
	[ξNf.e/i]		16.568 / 15.711	
	[ξNf.e/i]			24.067 / 24.285
与 dFf 的展开角 (°)	[ξFf.e/i]	12.412 / 11.930		
	[ξFf.e/i]		14.684 / 14.278	
	[ξFf.e/i]			27.014 / 27.141

5.6 齿厚和节距

		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---		
分度圆齿厚, 弧, 模块中 齿顶圆上的法向齿厚 (mm)	[sn*]	2.0209	2.0383	1.3893
	[san]	0.436	0.475	0.612
	[san.e/i]	0.436 / 0.410		
	[san.e/i]		0.473 / 0.447	
	[san.e/i]			0.606 / 0.585
未考虑齿顶倒棱/齿顶倒圆角				
齿顶成形圆上的法向齿厚 (mm)	[sFan]	0.465	0.504	0.634
	[sFan.e/i]	0.465 / 0.439		
	[sFan.e/i]		0.502 / 0.476	
	[sFan.e/i]			0.628 / 0.607
齿根圆上的法向槽宽 (mm)	[efn]	0.000	0.518	0.361
	[efn.e/i]	0.000 / 0.000		
	[efn.e/i]		0.525 / 0.534	
	[efn.e/i]			0.357 / 0.353
分度圆节距 (mm)	[pt]	2.199	2.199	2.199
基圆节距 (mm)	[pbt]	2.066	2.066	2.066
啮合线上的端面节径 (mm)	[pet]	2.066	2.066	2.066

5.7 滑移

		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---		
齿顶上的最大滑动速度 (m/s)	[vga]	0.087	0.079	
	[vga]		0.054	0.002
齿顶上的比滑	[ζa]	0.538	0.538	
	[ζa]		0.366	0.036
齿根上的比滑	[ζf]	-1.163	-1.163	
	[ζf]		-0.037	-0.578
平均比滑	[ζm]	0.538		0.353
齿顶上的滑动系数	[Kga]	0.351	0.319	
	[Kga]		0.234	0.010
齿根上的滑动系数	[Kgf]	-0.319	-0.351	
	[Kgf]		-0.010	-0.234

5.8 重合度

		-- 齿轮副 1 -----	齿轮副 2 --
最小接触线长度 (mm)	[Lmin]	4.500	4.500
端面重合度	[εα]	1.148	1.358
	[εα.e/m/i]	1.157 / 1.140/ 1.123	1.373 / 1.343/ 1.313
纵向重合度	[εβ]	0.000	0.000
总重合度	[εγ]	1.148	1.358
	[εγ.e/m/i]	1.157 / 1.140/ 1.123	1.373 / 1.343/ 1.313
接触轨线的长度 (mm)	[ga]	2.372	2.806
(mm)	[ga.e/i]	2.392 / 2.321	2.838 / 2.713

5.8.1 齿轮副 1

		-- 齿轮 1 -----	齿轮 2 --
齿顶重合度	[ε]	0.601	0.547
	[ε.e/i]	0.605 / 0.589	0.552 / 0.534
长度 T1-A 和 T2-A (mm)	[T1A,T2A]	1.723	4.822
(mm)	[.e/i]	1.703 / 1.759	4.822 / 4.806
长度 T1-B 和 T2-B (mm)	[T1B,T2B]	2.028	4.516
(mm)	[.e/i]	2.028 / 2.013	4.497 / 4.552
长度 T1-C 和 T2-C (mm)	[T1C,T2C]	2.853	3.692
(mm)	[.e/i]	2.844 / 2.861	3.681 / 3.703
长度 T1-D 和 T2-D (mm)	[T1D,T2D]	3.789	2.756
(mm)	[.e/i]	3.769 / 3.825	2.756 / 2.739
长度 T1-E 和 T2-E (mm)	[T1E,T2E]	4.095	2.450
(mm)	[.e/i]	4.095 / 4.079	2.430 / 2.485
T1-T2 长度 (mm)	[T1T2]	6.545	
(mm)	[.e/i]	6.525 / 6.564	
单接触点 B 的直径 (mm)	[d-B]	11.895	17.059
(mm)	[d-B.e/i]	11.895 / 11.885	17.038 / 17.096
单接触点 D 的直径 (mm)	[d-D]	13.508	15.485
(mm)	[d-D.e/i]	13.486 / 13.549	15.485 / 15.474

5.8.2 齿轮副 2

		-- 齿轮 2 -----	齿轮 3 --
齿顶重合度	[ε]	1.302	0.056
	[ε.e/i]	1.294 / 1.303	0.079 / 0.011
长度 T1-A 和 T2-A (mm)	[T1A,T2A]	2.016	6.084
(mm)	[.e/i]	1.984 / 2.092	6.084 / 6.128
长度 T1-B 和 T2-B (mm)	[T1B,T2B]	2.756	6.823
(mm)	[.e/i]	2.756 / 2.739	6.855 / 6.775
长度 T1-C 和 T2-C (mm)	[T1C,T2C]	2.131	6.199
(mm)	[.e/i]	2.147 / 2.114	6.247 / 6.150
长度 T1-D 和 T2-D (mm)	[T1D,T2D]	4.082	8.150
(mm)	[.e/i]	4.051 / 4.159	8.150 / 8.195
长度 T1-E 和 T2-E (mm)	[T1E,T2E]	4.822	8.890
(mm)	[.e/i]	4.822 / 4.806	8.922 / 8.842
T1-T2 长度 (mm)	[T1T2]	4.068	
(mm)	[.e/i]	4.100 / 4.036	
单接触点 B 的直径 (mm)	[d-B]	15.485	44.255
(mm)	[d-B.e/i]	15.485 / 15.474	44.275 / 44.225
单接触点 D 的直径 (mm)	[d-D]	16.616	45.144
(mm)	[d-D.e/i]	16.584 / 16.691	45.144 / 45.176

6 一般影响因素

6.1 力和圆周转速

		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---	
分度圆中的名义切向力 (N)	[Ft]	117.578	117.578
轴向力 (N)	[Fa]	0.00	0.00
轴向力, 总 (N)	[F _{atot}]	0.00	0.00
$F_{atot} = F_a * 3$			
径向力 (N)	[Fr]	42.795	42.795
法向力 (N)	[Fnorm]	125.12	125.12
每 mm 的名义切向力 (N/mm)	[w]	26.13	26.13
仅供参考: 工作节圆中的力:			
名义切向力 (N)	[Ftw]	111.454	120.027
轴向力 (N)	[Faw]	0.00	0.0 / 0.0
轴向力, 总 (N)	[F _{awtot}]	0.00	0.00
$F_{awtot} = F_a * 3$			
径向力 (N)	[Frw]	56.868	35.347
分度圆圆周速度 (m/s)	[v]	0.23	(行星)

6.2 啮合刚度

		-- 齿轮副 1 ----- 齿轮副 2 --	
磨合量 (μm)	[yp]	0.529	0.529
磨合量 (μm)	[yf]	0.563	0.563
齿轮本体系数	[CR]	1.000	1.000
修正系数	[CM]	0.800	0.800
基准齿廓系数	[CB]	0.975	0.975
材料系数	[E/Est]	1.000	1.000
单一弹簧刚度 (N/mm/μm)	[c]	10.375	11.382
理论单对齿刚度 (N/mm/μm)	[c th]	18.380	20.163
啮合弹簧刚度 (N/mm/μm)	[c _{γα}]	11.526	14.438
啮合弹簧刚度 (N/mm/μm)	[c _{γβ}]	9.797	12.273
缩减质量 (kg/mm)	[mRed]	0.0002	0.0010
共振转速 (min-1)	[nE1]	149010	53222
基准转速 (-)	[N]	0.003	0.005

6.3 计算 K 系数

		-- 齿轮副 1 ----- 齿轮副 2 --	
磨合量 (μm)	[γα]	0.281	0.281

6.4 K 系数

		-- 齿轮副 1 ----- 齿轮副 2 --	
系数 K _v , 自行输入			
动载系数	[Kv]	1.10	1.10
系数 K _{Hβ} , 自行输入			
Face load factors			
- 齿面	[KHβ]	1.30	1.30
- 齿根	[KFβ]	1.20	1.20
- 胶合	[KBβ]	1.30	1.30

Transverse load factors

- 齿面	[KH _α]	1.00	1.00
- 齿根	[KF _α]	1.00	1.00
- 胶合	[KB _α]	1.00	1.00

应用系数	[K _A]	1.000
分配系数	[K _V]	1.050

7 根部强度计算（断裂）

齿形系数计算根据方法：B

内啮合：计算 Y_F 、 Y_S ，使用插齿刀， $z_0=21$ ， $x_0=0.000$ ， $\rho_{aP0}=0.380$

		--- 太阳 ---	行星 ---	内齿圈 ---
使用产形齿廓变位系数算出	[xE.i]	0.5745	0.5942	-0.3037
齿形系数	[Y _F]	1.61	1.59 / 1.22	1.22
应力修正系数	[Y _S]	2.01	2.05 / 2.29	2.34
力作用角 (°)	[α _{Fen}]	31.27	29.69 / 26.25	18.93
载荷分布的影响系数	[f _ε]	1.000	1.000	
弯曲力臂 (mm)	[h _{Fe}]	1.02	1.02 / 0.76	1.17
(-)	[h _{Fe} *]	1.45	1.46 / 1.09	1.67
临界横截面中的齿根厚度 (mm)	[s _{Fn}]	1.55	1.58 / 1.58	2.01
(-)	[s _{Fn} *]	2.22	2.26 / 2.26	2.87
临界横截面中的齿根圆角半径 (mm)	[ρ _F]	0.29	0.28 / 0.28	0.28
(-)	[ρ _F *]	0.41	0.41 / 0.41	0.41
临界横截面的直径 (mm)	[ds _{Fn}]	11.16	14.70 / 14.70	-46.88
临界横截面的切线 (°)	[α _{sFn}]	30.00	30.00 / 30.00	60.00
切线的接触点 (mm)	[x.y]	0.775 / 5.526		
切线的接触点 (mm)	[x.y]		0.789 / 7.308	
切线的接触点 (mm)	[x.y]			0.991 / 23.417
螺旋角系数	[Y _β]	1.00	1.00	
长齿高系数	[Y _{DT}]	1.00	1.00	
齿轮轮缘系数	[Y _B]	1.00	1.00	1.00
标准齿宽 (mm)	[b _{eff}]	4.50	4.50 / 4.50	4.50
齿根名义应力 (N/mm²)	[σ _{F0}]	121.31	121.60 / 104.33	106.72
齿根应力 (N/mm²)	[σ _F]	168.31	168.71 / 144.50	147.81
试验齿轮的允许齿根应力				
缺口敏感系数	[Y _{δrelT}]	1.002	1.003 / 1.003	1.041
表面系数	[Y _{RrelT}]	0.957	0.957	0.990
尺寸系数，齿根	[Y _X]	1.000	1.000	1.000
使用寿命系数	[Y _{NT}]	0.897	0.922	0.921
交变弯曲系数，平均应力影响系数	[Y _M]	1.000	0.700	1.000
应力修正系数	[Y _{ST}]	2.00		
$Y_{ST} \cdot \sigma_{Flim}$ (N/mm²)	[σ _{FE}]	740.00	740.00	740.00
允许齿根应力 (N/mm²)	[σ _{FP} =σ _{FG} /SF _{min}]	757.47	545.28 / 545.28	836.51
齿根极限强度 (N/mm²)	[σ _{FG}]	636.27	458.03 / 458.03	702.67

7.1 安全系数

		--- 太阳 ---	行星 ---	内齿圈 ---
目标安全系数	[SF _{min}]	0.84	0.84	0.84
齿根应力安全系数	[SF=σ _{FG} /σ _F]	3.78	2.71 / 3.17	4.75
可传递的功率 (W)	[WR _{ating}]	471.29	338.46 / 395.18	592.64

8 齿面强度计算（点蚀）

		--- 太阳 ---	行星 ---	内齿圈 ---
区域系数	[ZH]	2.11		2.77
弹性系数 ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.81		189.81
重合度系数	[Zε]	0.975		0.938
螺旋角系数	[Zβ]	1.000		1.000
标准齿宽 (mm)	[b _{eff}]	4.50		4.50
名义齿面接触应力 (N/mm ²)	[σH0]	769.29		521.26
工作节圆上的齿面接触应力 (N/mm ²)	[σHw]	942.66		638.73
单一接触系数	[ZB,ZD]	1.07	1.00 / 1.00	1.00
齿面接触应力 (N/mm ²)	[σHB, σHD]	1010.77	946.76 / 638.73	638.73
N _L 时的润滑剂系数	[ZL]	1.020	1.020 / 1.030	1.030
N _L 时的速度系数	[ZV]	0.942	0.942 / 0.904	0.904
N _L 时的粗糙度系数	[ZR]	0.917	0.917 / 0.806	0.806
N _L 时的材料副系数	[ZW]	1.000	1.000 / 1.000	1.000
尺寸系数, 齿面	[ZX]	1.000	1.000	1.000
使用寿命系数	[ZNT]	0.923	0.962	0.918
允许一定程度产生点蚀:		否		
允许齿面接触应力, σ _{HG} /σ _{Hmin} (N/mm ²)	[σHP]	1378.62	1437.19 / 1224.52	957.13
点蚀极限强度 (N/mm ²)	[σHG]	992.60	1034.77 / 881.65	689.13

8.1 安全系数

		--- 太阳 ---	行星 ---	内齿圈 ---
目标安全系数	[SHmin]	0.72	0.72	0.72
工作节圆齿面接触应力安全系数	[SHw]	1.05	1.10 / 1.38	1.08
单对齿啮合齿面接触应力安全系数	[SHBD=σ _{HG} /σ _{HBD}]	0.98	1.09 / 1.38	1.08
有关可传递扭矩的安全系数	[(SHBD) ²]	0.96	1.19 / 1.91	1.16
可传递的功率 (W)	[WRating]	194.81	241.31 / 384.87	235.14

9 Micropitting（微点蚀）

计算方法根据 ISO/TS 6336-22:2018
 未进行计算, 润滑剂: 微点蚀试验载荷等级未知
 未进行计算, 润滑剂: 微点蚀试验载荷等级未知

10 胶合承载能力

计算方法根据 ISO/TS 6336-20/21:2022

		--- 太阳 ---	行星 ---	内齿圈 ---
热接触系数 (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780	13.780
标准齿顶修缘 (μm)	[Ca]	3.00	3.00 / 3.00	3.00
最佳齿顶修缘 (μm)	[Ce _{eff}]	2.64		2.41
C _a 作为计算中的最佳假设, 0=否, 1=是		1	1 / 1	1
胶合螺旋角系数	[KBy]	1.00		1.00
针对润滑方式的润滑系数	[XS]		1.000	
胶合试验, 载荷等级	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1),		12
多重接触系数	[Xmp]	2.0		2.0
相对结构系数, 胶合	[XWrelT]	1.000		1.000

标准齿宽 (mm)	[beff]	4.500	4.500
标准切向力/齿宽 (N/mm)	[wBt]	39.232	39.232
K_{By}		1.000	1.000
$w_{Bt} \cdot K_{By}$		39.232	39.232
角度系数	[Xαβ]	1.078	0.922

10.1 瞬现温度标准

		-- 齿轮副 1 -----	齿轮副 2 --
润滑剂系数	[XL]	0.830	0.830
齿块温度 (°C)	[θMi]	72.29	71.39
$\theta_{Mi} = \theta_{oil} + X_S \cdot 0.47 \cdot X_{mp} \cdot \theta_{flm}$			
平均瞬现温度 (°C)	[θflm]	2.44	1.48
胶合温度 (°C)	[θS]	348.81	348.81
最高温度的 Γ 位置坐标	[Γ]	0.326	0.917
	[Γ.A]	-0.396	-0.054
	[Γ.E]	0.435	1.263
最高接触温度 (°C)	[θB]	77.06	74.20
闪现系数 (°K·N ⁻¹ ·75·s ⁻¹ ·5·m ⁻¹ ·5·mm)	[XM]	50.058	50.058
啮合开始系数	[XJ]	1.000	1.000
力分配系数	[XΓ]	1.000	0.996
动态粘度 (mPa*s)	[ηM]	41.87	41.87 (70.0 °C)
摩擦系数	[μm]	0.099	0.125
目标安全系数	[SBmin]	1.400	
胶合安全系数, 闪现温度	[SB]	39.511	66.410

10.2 积分温度标准

		-- 齿轮副 1 -----	齿轮副 2 --
润滑剂系数	[XL]	1.000	
齿块温度 (°C)	[θMC]	73.74	70.81
$\theta_{MC} = \theta_{oil} + X_S \cdot 0.70 \cdot \theta_{flaint}$			
平均瞬现温度 (°C)	[θflaint]	2.67	0.58
胶合积分温度 (°C)	[θSint]	360.78	360.78
闪现系数 (°K·N ⁻¹ ·75·s ⁻¹ ·5·m ⁻¹ ·5·mm)	[XM]	50.058	50.058
跑和系数, 已完全磨合	[XE]	1.000	1.000
重合度系数	[Xε]	0.386	0.375
动态粘度 (mPa*s)	[ηOil]	41.87	41.87
平均摩擦系数	[μm]	0.164	0.175
几何系数	[XBE]	0.281	0.123
啮合系数	[XQ]	1.000	1.000
齿顶修缘系数	[XCa]	1.401	2.517
齿面积分温度 (°C)	[θint]	77.74	71.68
目标安全系数	[SSmin]	1.260	
胶合安全系数 (积分温度)	[SSint]	4.64	5.03
传递力矩的安全系数 (Int.-T.)	[SSL]	37.57	173.03

11 齿厚的检查尺寸

11.1 齿厚公差

		-- 太阳 -----	行星 -----	内齿圈 --
齿厚公差		DIN 58405 6f	DIN 58405 6f	DIN 58405 6f
法截面中的齿厚容差 (mm)	[Asn.e/i]	-0.011 / -0.022		
	(mm)	[Asn.e/i]		
		-0.012 / -0.024		

(mm)	[Asn.e/i]	-0.014 / -0.028		
11.2 公法线长度				
		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---		
跨齿数 （对于内啮合：k = 跨测齿槽数）	[k]	3.000	4.000	8.000
公法线长度无间隙 (mm)	[Wk]	5.629	7.756	16.246
带容差的公法线长度 (mm)	[Wk.e/i]	5.619 / 5.608		
(mm)	[Wk.e/i]		7.745 / 7.733	
(mm)	[Wk.e/i]			16.259 / 16.272
量球圆直径 (mm)	[dMWk.m]	12.512	16.411	45.131
11.3 跨球距和跨棒距				
		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---		
理论量规直径 (mm)	[DM]	1.520	1.442	1.174
有效量规直径 (mm)	[DMeff]	1.750	1.500	1.250
径向一针跨球距，无间隙 (mm)	[MrK]	7.854	9.310	21.629
径向一针跨球距 (mm)	[MrK.e/i]	7.846 / 7.837		
(mm)	[MrK.e/i]		9.300 / 9.288	
(mm)	[MrK.e/i]			21.669 / 21.649
量球圆直径 (mm)	[dMMr.m]	12.965	16.340	44.994
径向二针跨球距，无间隙 (mm)	[MdK]	15.649	18.620	43.258
径向二针跨球距 (mm)	[MdK.e/i]	15.633 / 15.614		
(mm)	[MdK.e/i]		18.599 / 18.577	
(mm)	[MdK.e/i]			43.338 / 43.298
径向跨棒距，根据 DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	15.633 / 15.614		
(mm)	[MdR.e/i]		18.599 / 18.577	
(mm)	[MdR.e/i]			43.338 / 43.298
带容差的三量柱跨棒距 (mm)	[Md3R.e/i]	15.573 / 15.555		
(mm)	[Md3R.e/i]		0.000 / 0.000	
(mm)	[Md3R.e/i]			-0.000 / -0.000
11.4 齿厚				
		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---		
平均齿顶圆直径 (mm)	[da.m]	13.893	17.426	43.762
从 da.m 起的基准弦齿高 (mm)	[hac]	1.038	1.046	0.514
hac 高度处的齿厚，弦 (mm)	[sc]	1.411	1.425	0.972
(mm)	[sc.e/i]	1.401 / 1.390		
(mm)	[sc.e/i]		1.413 / 1.401	
(mm)	[sc.e/i]			0.958 / 0.945
分度圆齿厚，弧 (mm)	[sn]	1.415	1.427	0.972
(mm)	[sn.e/i]	1.404 / 1.392		
(mm)	[sn.e/i]		1.415 / 1.402	
(mm)	[sn.e/i]			0.959 / 0.945
11.5 侧隙				
		-- 齿轮副 1 ----- 齿轮副 2 --		
从 Aa 中得出的圆周侧隙 (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.009 / -0.009		0.005 / -0.005
径向间隙 (mm)	[jrw]	0.058 / 0.014		0.093 / 0.033
圆周侧隙，横截面 (mm)	[jtw]	0.059 / 0.014		0.056 / 0.020
法向侧隙 (mm)	[jnw]	0.050 / 0.015		0.055 / 0.018
中心距容差 (mm)	[Aa.e/i]	0.009 / -0.009		-0.009 / 0.009
无隙中心距 (mm)	[aControl.e/i]	14.377 / 14.351		14.442 / 14.484

无隙中心距，容差 (mm)	[jta]	-0.023 / -0.049	0.042 / 0.084	
--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---				
dNf.i 使用 aControl (mm)	[dNf0.i]	11.639	15.210 / 14.878	45.926
预留 (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	0.099	0.136 / -0.030	0.308
齿顶间隙 (mm)	[c0.i(aControl)]	0.142	0.140 / 0.309	0.132
驱动固定时行星齿轮架的扭转间隙角:				
总圆周侧隙角 (°)	[j.tSys]	0.2000/0.0968	(0°12'0"/ 0°5'48")	
输出端固定时输入端上的圆周侧隙角:				
总圆周侧隙角 (°)	[j.tSys]	0.9530/0.4611	(0°57'11"/ 0°27'40")	

12 啮合公差

根据 ISO 1328-1:2013, ISO 1328-2:1997				
--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---				
啮合质量	[Q]	A6	A6	A6
单个齿距偏差的公差 (μm)	[fpT]	7.50	7.50	7.50
基圆节距偏差的公差 (μm)	[fpbT]	7.05	7.05	7.05
扇形齿距偏差的公差 (μm)	[Fpz/8T]	14.00	15.00	15.00
廓形偏差的公差 (μm)	[ffaT]	7.50	7.50	7.50
齿廓倾斜偏差的公差 (μm)	[fHaT]	6.00	6.00	6.00
齿廓总偏差的公差 (μm)	[FaT]	9.50	9.50	10.00
螺旋线形状偏差的公差 (μm)	[ffβT]	7.50	7.50	7.50
螺旋线倾斜偏差的公差 (μm)	[fHβT]	7.00	7.00	7.00
螺旋线总偏差的公差 (μm)	[FβT]	10.00	10.00	11.00
齿距累积总偏差的公差 (μm)	[FpT]	20.00	21.00	23.00
相邻齿距偏差的公差 (μm)	[fuT]	11.00	11.00	11.00
径跳偏差的公差 (μm)	[FrT]	18.00	19.00	21.00
切向综合总偏差的公差 (μm)	[FisT]	28.00	28.00	31.00
单齿切向综合误差的公差 (μm)	[fisT]	7.50	7.50	7.50
径向综合总偏差的公差 (μm)	[FidT]	16.00	16.00	20.00
单齿径向综合误差的公差 (μm)	[fidT]	3.80	3.80	3.90
FidT (Fi'')、fidT (fi'') 根据 ISO 1328:1997 使用 m _n 和 d 的几何平均值算出。				

根据 ISO 1328-2:2020				
啮合质量	[Q]	R36	R36	R37
径向综合总偏差的公差 (μm)	[FidT]	16.00	16.00	20.00
单齿径向综合误差的公差 (μm)	[fidT]	8.00	7.50	8.50

13 齿形修形和确定

13.1 齿廓修形和螺旋线修形

齿轮 1

对称，两个齿面

- 齿顶修缘，线性

$$Caa = 3.000 \mu m \quad LCa = 0.340 \cdot mn \quad dCa = 13.624 \text{ mm}$$

齿轮 2

对称，两个齿面

- 齿顶修缘，线性

$$Caa = 3.000 \mu m \quad LCa = 0.482 \cdot mn \quad dCa = 17.068 \text{ mm}$$

齿轮 3

对称，两个齿面

- 齿顶修缘，线性

$$Caa = 3.000 \mu m \quad LCa = 0.632 \cdot mn \quad dCa = -43.998 \text{ mm}$$

13.1.1 检查齿顶修缘

		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---			
直径 (mm)	[dcheck]	13.828	17.358	-43.860	
左侧/右侧齿顶修缘 (µm)	[Ca L/R]	2.3 / 2.3	2.4 / 2.4	1.7 / 1.7	
直径 (mm)	[dNa.i]	13.842	17.372	-43.846	
左侧/右侧齿顶修缘 (µm)	[Ca L/R]	2.5 / 2.5	2.6 / 2.6	1.9 / 1.9	

13.2 用于齿形计算的数据

数据不存在。
请在“齿形”标签中进行计算并且重新打开主报告。

14 补充数据

14.1 质量、刚度和惯性矩

		--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---			
质量 (g)	[m]	4.295	7.077	15.410	
总质量 (g)	[Σm]	40.94			
惯性矩，系统涉及驱动装置： 在不考虑准确齿形的情况下计算					
单个齿轮 (da+df)/2...di (kg*m²)	[J]	8.334e-08	2.263e-07	8.987e-06	
系统 (da+df)/2...di (kg*m²)	[J]	5.602e-07			
输出端固定时输入端上的扭转刚度：					
扭转刚度 (MNm/rad)	[cr]		0.002		
在名义扭矩下扭转 (°)	[δcr]		0.051		

14.2 磨损、功率损耗、声压级

		-- 齿轮副 1 ----- 齿轮副 2 --			
平均摩擦系数，根据 Niemann	[µm]	0.164		0.173	
根据 Niemann 的磨损滑动系数	[ζw]	0.617		0.479	
损耗系数	[HV]	0.168		0.126	
滚动功率 (W)		82.742		82.742	
轮齿功率损失从轮齿负荷中 (W)	[PVZ]	0.758		0.599	
总功率损耗 (W)		4.068			
总效率			0.961		
声压级，基于 Masuda，不使用 PPTE/δs	[dB(A)]	22.351		23.691	

14.3 行星相位的参数

行星的距离： 等于
相位类型： 顺序相位

行星编号.	行星角 (°)	相位角 太阳 - 行星 (°)	相位角 行星 - 内齿圈 (°)
1	0.00	0.00	0.00
2	120.00	120.00	240.00
3	240.00	240.00	120.00

15 使用寿命、损伤

齿根目标安全系数	[S _{Fmin}]	0.8400			
齿面目标安全系数	[S _{Hmin}]	0.7200			
要求的使用寿命	[H]	10000.0000			
使用寿命（使用目标安全系数算出）：					
系统使用寿命 (h)	[H _{att}]	> 1000000			
			--- 太阳 ----- 行星 ----- 内齿圈 ---		
齿根使用寿命 (h)	[HFatt]	1e+06	1e+06	1e+06	
齿面使用寿命 (h)	[HHatt]	1e+06	1e+06	1e+06	
提示：数据 1e+006 h 表示使用寿命 > 1'000'000 h.					

15.1 损伤

损伤，涉及目标使用寿命 (H, 10000.0 h)

F ₁ (%)	F ₂ (%)	F ₃ (%)	H ₁ (%)	H ₂ (%)	H ₃ (%)
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

16 备注

16.1 惯例

- 包含 .e/i 的数据表示：考虑到所有公差时的最大值 .e 和最小值 .i.
- 包含 .m 的数据表示：公差范围内的平均值.
- 对于齿隙要考虑到中心距公差和齿厚容差。指定分别符合最大和最小容差的最大和最小间隙。对工作节圆进行计算.

16.2 计算和系数

- 计算方法详情：
根据方法 B 的 c_v
- 对于系数 Z_L、Z_V、Z_R、Z_W、Z_X、Y_{δrelT}、Y_{RrelT}、Y_X，指定了根据载荷循环数由无限寿命强度值和静态强度值计算出的对数内插的值.

最终报告 (行: 793)