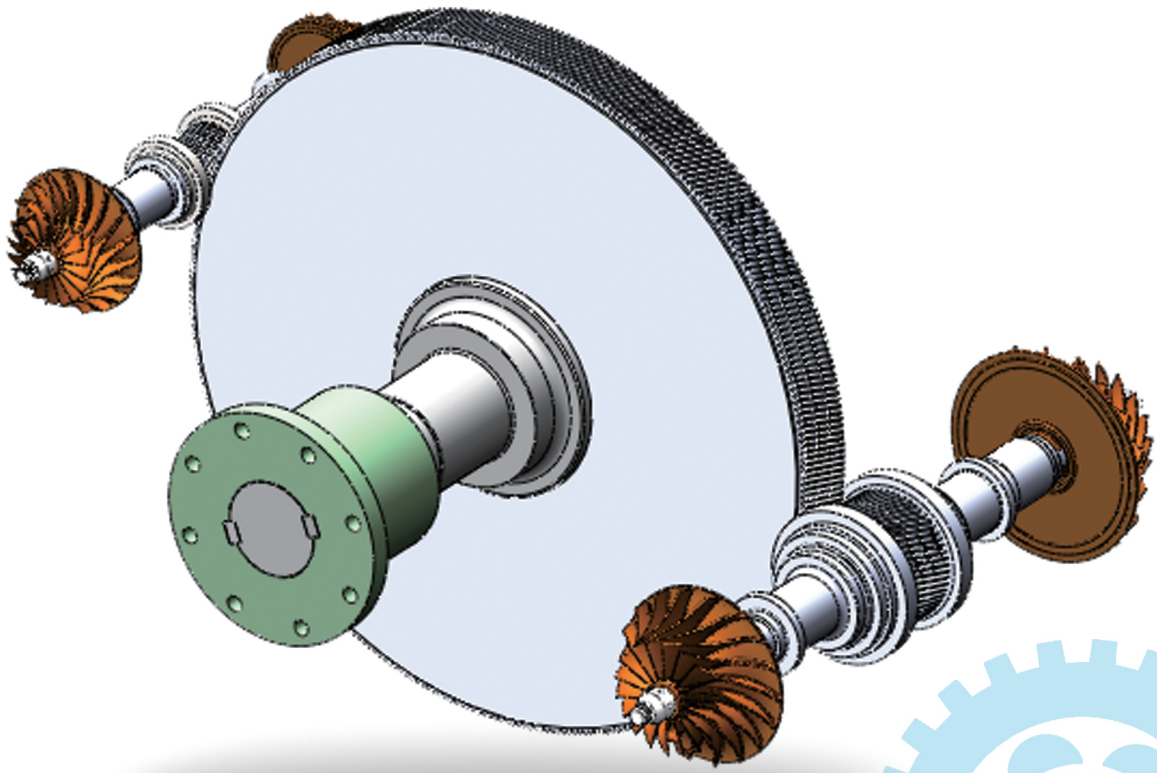
创力传动

整体式高速齿轮传动装置

——压缩机、膨胀机传动系统中的“心脏”部件



南京创力传动机械有限公司

NANJING CHUANGLI GEAR MACHINERY CO.,LTD

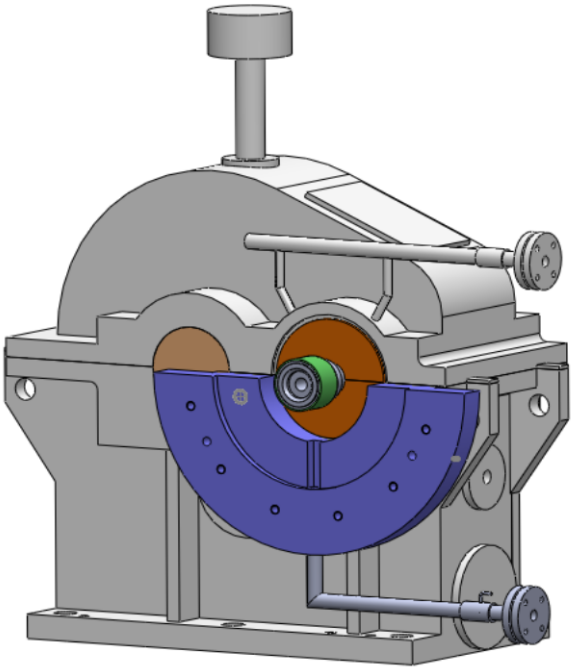
目录

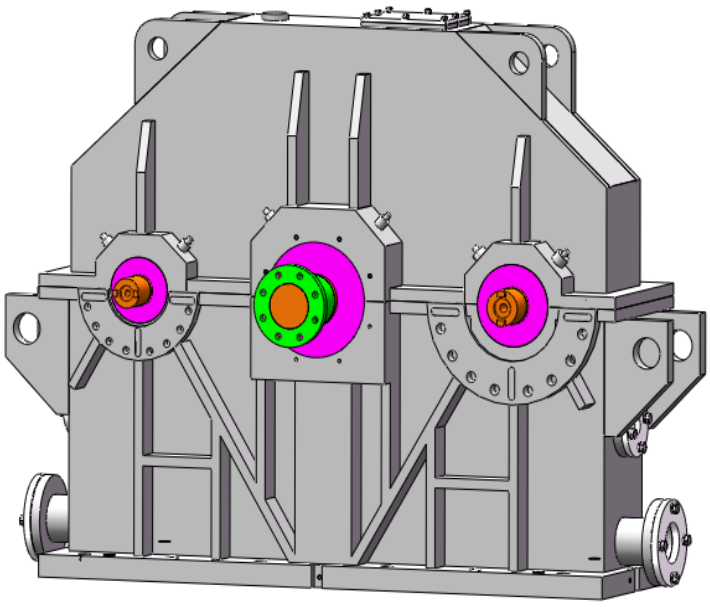
简介.....3
应用范围.....3
面向工程应用的设计.....3
基于各种国际标准的先进计算软件.....4
齿轮力和轴承载荷计算.....4
拉杆强度校核和止推盘设计.....5
轴承设计.....5
密封（油封）设计.....5
转子动力学分析.....6
面向高传动效率的设计.....7
整体式（单级）高速齿轮传动装置——整体式安装 1 个叶轮.....8
型号说明.....8
选型程序.....9
选型示例.....9
常规系列齿轮传动装置功率参数.....10
常规系列齿轮传动装置外形尺寸.....11
整体式(多级)高速齿轮传动装置——整体式安装 2-10 个叶轮.....13
型号说明.....13
选型程序.....14
选型实例.....14
常规系列齿轮传动装置.....14
高速轴端的连接形式.....16
监控及润滑系统.....16
附录一.....18
端面键+拉杆锁紧螺母.....18
端面齿（Hirth）+拉杆锁紧螺母.....19
附录二.....20
蜗壳连接法兰.....20
蜗壳连接半法兰.....20
蜗壳连接整法兰.....21

简介

整体式齿轮传动装置（CLSX）是根据齿轮传动装置最新的技术发展衍生出的产品，作为压缩机、膨胀机传动系统的“心脏”，整体式齿轮传动装置最多可以悬挂 10 级叶轮，最高转速可至 60000rpm。

压缩机、膨胀机的叶轮通过一种特殊的连接方式（例如：端面齿、端面键、三角轴）直接连接在各小齿轮轴的轴端，并通过小齿轮轴上的密封将叶轮密闭在蜗壳中。蜗壳直接安装在整体式齿轮传动装置的箱体上，箱体可以承受蜗壳附加的重量和额外力矩。





齿轮传动装置一般设计成止推环的单斜齿传动齿轮副，通过止推环将小齿轮轴上剩余的轴向力传递给低速止推轴承。精细化的设计计算，特别是转子动力学已达到国际先进水平自 2007 年交付使用的第一台整体式齿轮传动装置以来，我们不断地验证并且进行优化设计，目前生产制造的 CLSX 系列产品在稳定性、效率和使用寿命方面均处于比较高的水平，同时也为用户创造了比较可观的经济价值。

应用范围

整体式齿轮传动装置应用于空气、氮气、氧气以及其他类型气体的领域，主要包括：

1.用于石油、化工和气体工业的空气以及其他类型气体的压缩机，采用燃气/蒸气轮机或电机进行驱动。

2.能量回收系统

3.空气分离系统

面向工程应用的设计

◆10 多年的产品设计经验，800 例以上的工程案例

◆通用标准化的结构组件

◆全面的计算机辅助设计分析

◆先进的加工制造设备

◆高精度的测量和诊断技术

◆与主机制造商的紧密合作

◆高度发达的计算分析方法

—齿轮动态参数的设计选择

—齿轮热变形和弹性变形的设计分析

—轴承动态参数的设计分析

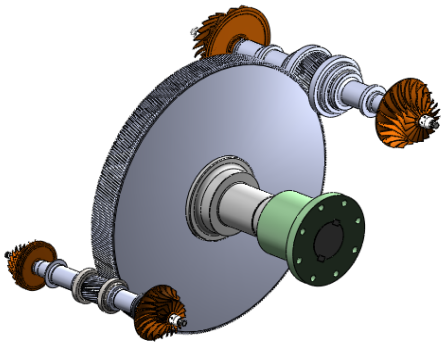
—转子动力学的设计分析

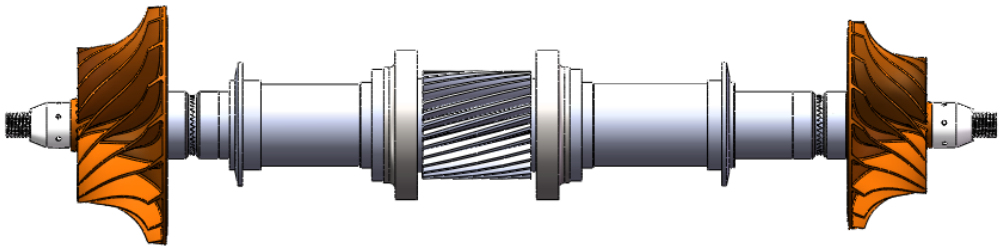
—箱体刚度的设计分析

—传动效率的设计分析

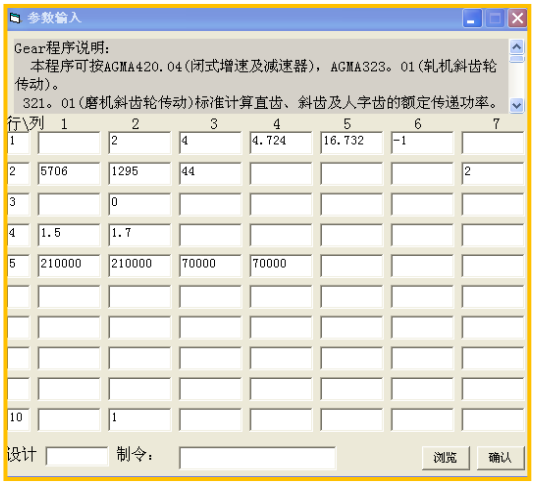
基于各种国际标准的先进计算软件

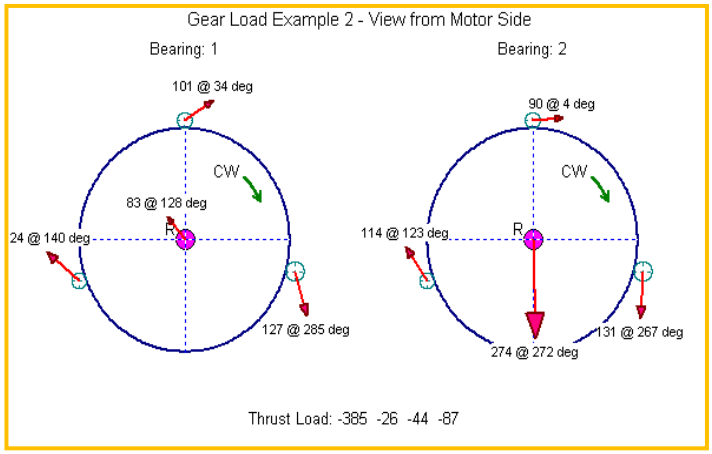
- 大齿轮和高速轴设计
- 轴承载荷计算及优化
- 叶轮拉杆、止推盘设计及分析
- 密封（油封）设计
- 转子动力学分析（转子动态稳定性）分析





齿轮力和轴承载荷计算

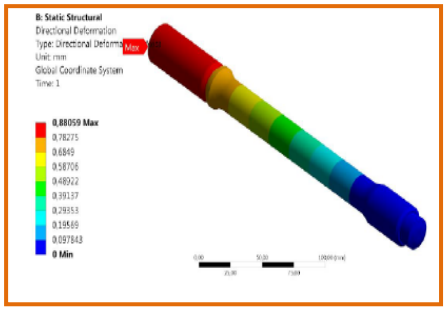




基于 GB/T3480、ISO6336、DIN 3960、AGMA6011 的齿轮强度和精度计算

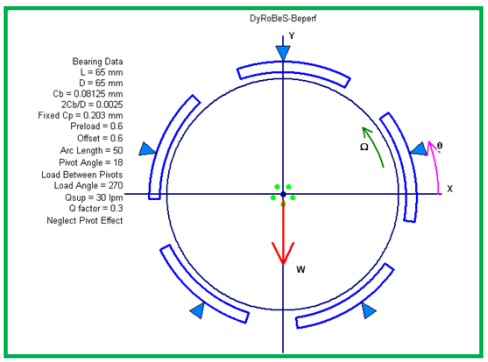
拉杆强度校核和止推盘设计

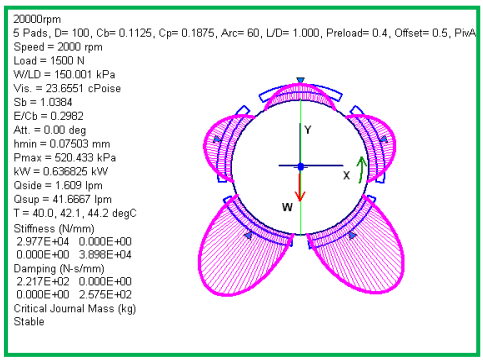
——优化拉杆结构、校核强度及伸缩量



轴承设计

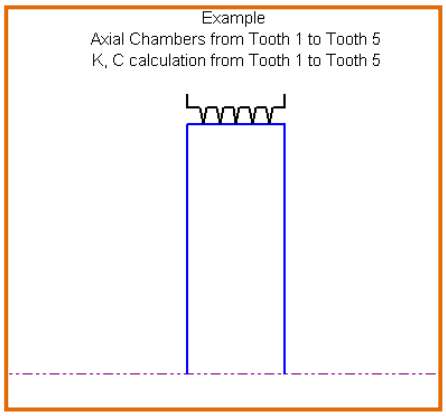
——计算轴承载荷、刚度、阻尼、油膜厚度、温度及功耗

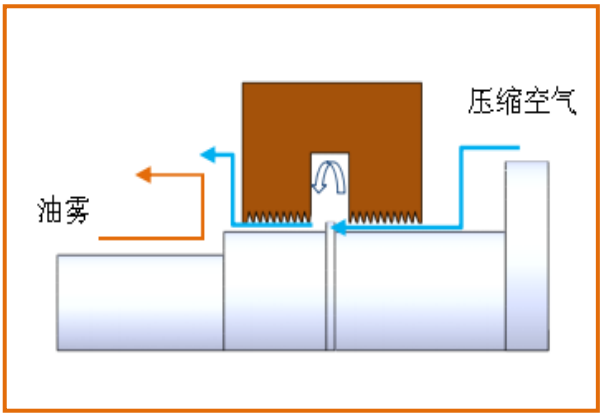




密封（油封）设计

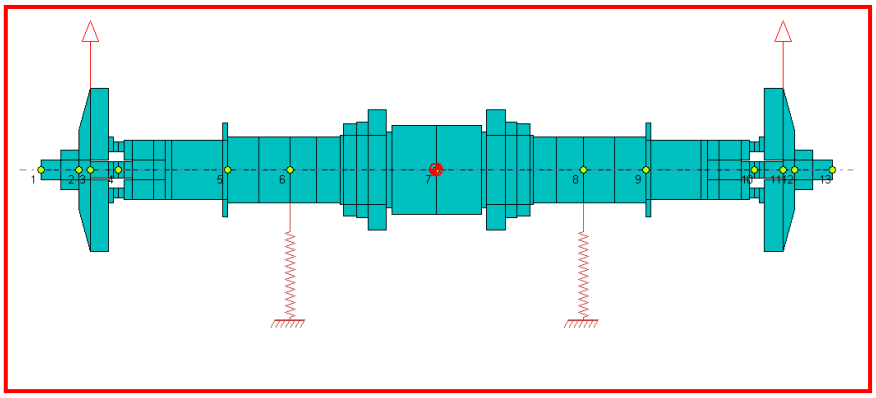
——转速、压力、间隙油量计算及匹配

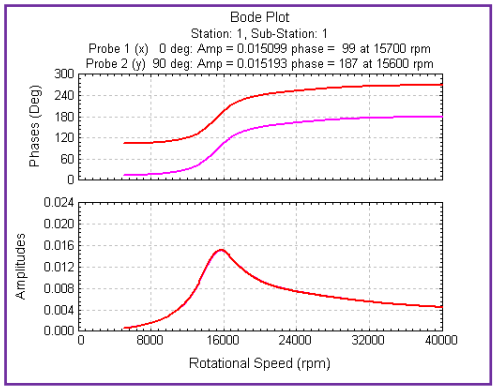


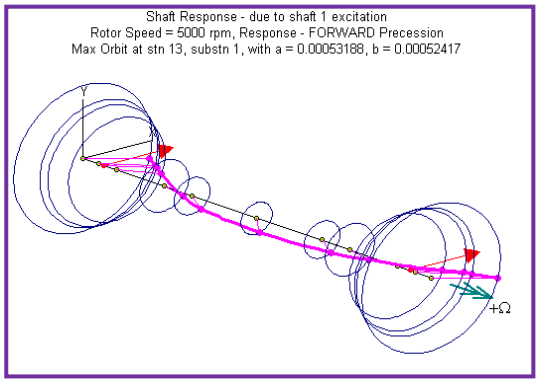


转子动力学分析

——基于 API 617 的转子动态稳定性分析及转子振动评估



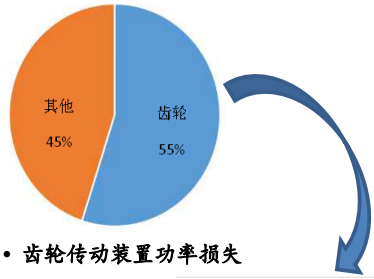




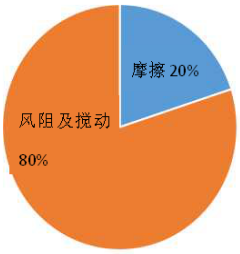
通过先进软件对齿轮、轴承、密封及整个转子进行模块化设计和分析。独立的轴承性能计算程序对轴承载荷和角度进行优化，通过气侧迷宫密封和油封侧气体泄露量的计算，使转子密封效果最佳。对转子的动态稳定性分析和阻尼的分析大大提高了系统的可靠性。

面向高传动效率的设计

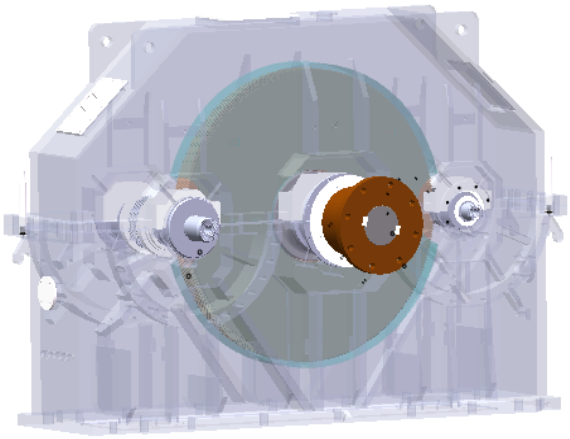
高速齿轮传动装置中特别是在齿轮线速度比较高的情况下，齿轮的风阻和搅动损失约占整个齿轮功率损耗的 80%，整个齿轮功率损耗约占整个装置损耗 55%，所以降低齿轮的功率损失对提高整个的传动效率起到比较重要的作用，提高齿轮传动装置的传动效率主要有以下几种方法。



• 齿轮传动装置功率损失



• 齿轮部分功率损失



◆优化轴承设计

◆满足强度及重合度等条件的情况下适当降低齿宽

◆箱体设计成易于气流流动的圆弧形

◆设置导流风罩

◆采用真空泵对箱体进行泄压

◆减少齿轮的无效润滑

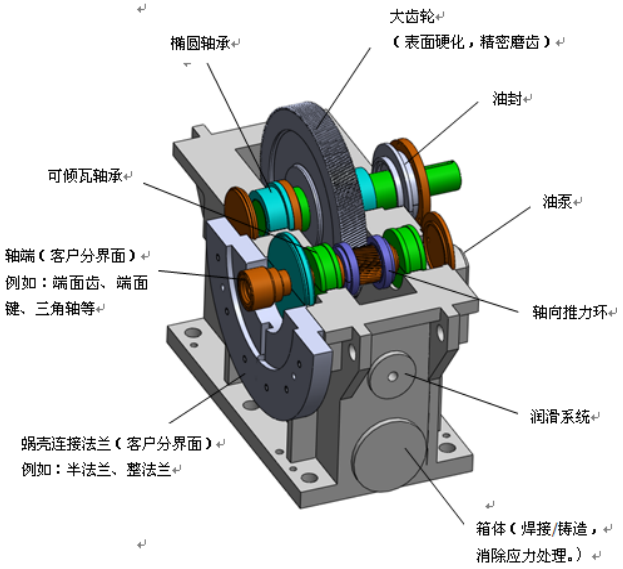
技术参数指标	运行监控数据
传 递 功 率：10kW-15MW （10-100 kW 采用少油润滑） 转 速：up to 60000 rpm 效 率：up to 99% 齿 数 比*：up to 17 悬挂涡轮级数：1-10 箱 体 结 构 ：焊接或者铸造 齿 轮 精 度 ：最低 5 GB/T10095.1 设计符合 T/CGMA08001， 参照 JB/T4113、API617、 API672	供油压力：0.15 MPa-0.25 MPa 供油温度：35 ℃-45℃ 油滤精度：10μm～15 μm 轴承温度：≤90℃； 径向轴振动：≤25.4μm ， 轴 位 移：≤±0.3m

*注：本文中齿数比（Gear Ratio）为大齿轮齿数与小齿轮齿数的比值（或为高速轴转速与低速轴转速之比）

整体式（单级）高速齿轮传动装置——整体式安装 1 个叶轮

整体式（单级）高速齿轮传动装置结构为封闭平行定轴形式，其采用单级的渐开线圆柱齿轮传动。

整体式（单级）高速齿轮传动装置中布置 1 个叶轮通常情况下小齿轮轴带有 2 个轴向推力环或 1 个轴向推力瓦，箱体设计成上、下剖分的结构形式，电机直接驱动大齿轮。



型号说明

整体式（单级）高速齿轮传动装置类型代号为 CLSX，单级有两种基本形式为 ZD（单级增速）、JD（单级减速）。整体式（单级）高速齿轮传动装置代号包括类型代号、规格（中心距）、类型、产品出厂序号等。

型号示例：CLSX230 — ZD（L）625B. HF. BF01. JD76. 01.	
CLSX-类型代号	整体式高速齿轮传动装置
230-中心距	中心距规格：230、280、350、400、450，（如加“T”代表小齿轮轴系中含推力轴）
ZD（L）-型式代号	ZD-单级增速、JD-单级减速（L-上下平行轴结构）
625B-齿数比代号	628-齿数比为 6.28，B-油泵（标配齿轮泵，如有特殊要求请另行说明）
HF-厂家代号	我司根据用户自行分类
BF01-连接法兰型式	BF-蜗壳连接半法兰型式：BF01、BF02、BF03、BF04 ZF-蜗壳连接整法兰型式：ZF01、ZF02、ZF03、ZF04
JD76-叶轮连接方式	JD-端面键+锁紧螺母连接型式：JD76、JD90、JD120 HD-端面齿+锁紧螺母连接型式：HD40、HD60、HD80、HD125
01-生产序列号	我司自行排序

选型程序

- 计算齿数比（高速轴转速/低速轴转速）。
- 根据原动机和工作机类型选取使用系数 Ka（因为原动机和工作机的类型基本确定，我公司推荐使用系数 Ka=1.6）。
- 将原动机或者工作机的功率定义为 P1，即为传递功率。
- 确定齿轮传动装置的设计功率 Pc=P1*Ka。
- 参照下列齿轮传动装置的额定功率值，选出既满足额定功率值 Pn≥Pc，又满足安装空间要求的齿轮传动装置。
- 根据悬挂蜗壳重量、重心位置确定蜗壳连接法兰的连接形式及规格代号。（若不便提供，用户需自行校核蜗壳连接法兰的刚度和相关变形量。）

***注：轴头连接形式及代号我公司代为设计选取，如有特殊要求请另行说明。**

选型示例

试选一台传递功率 800kW 单级整体式齿轮传动装置，电机转速 2980rpm，高速轴转速 20500rpm，叶轮重约 50kg，蜗壳最大直径 d=1150mm，蜗壳重量 600kg，蜗壳重心位置（距离连接法兰贴合面）230mm。

选择方法如下：

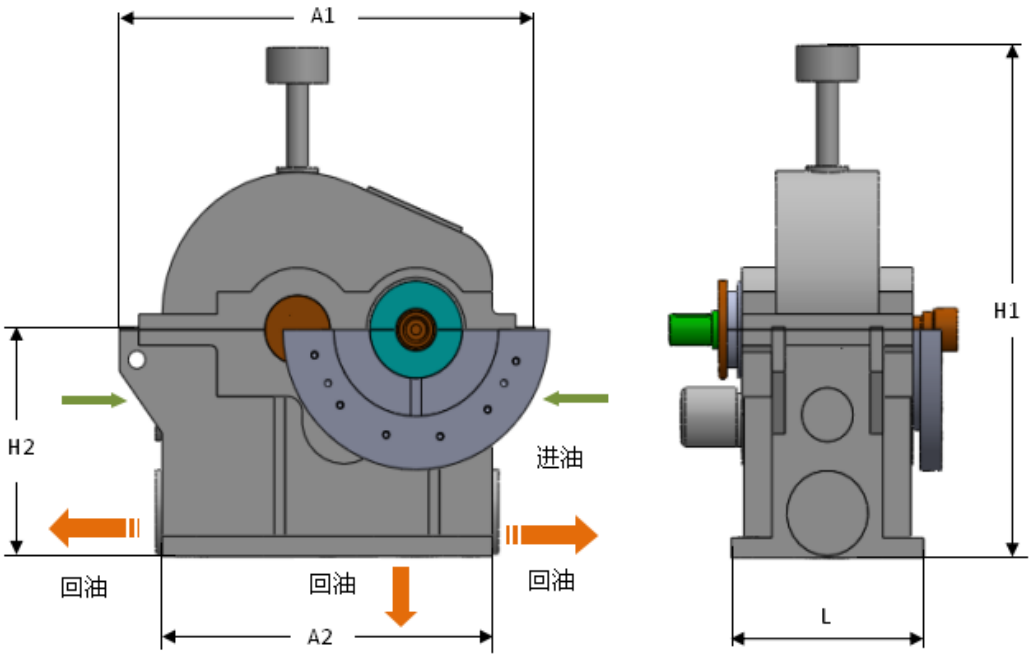
- 齿 数 比　i=20500/2980=6.88
- 传递功率　P1=800kW
- 设计功率　Pc=P1*Ka=800*1.6=1280 kW
- 根据蜗壳最大直径 d=1150mm、叶轮重约 50kg、齿数比 i=6.88 以及满足 Pn≥1280kW 的要求，初步选择类型代号为 CLSX350 的齿轮传动装置。
- 根据蜗壳重量、重心位置等相关数据，选择代号为 BF04 的蜗壳连接法兰、代号为 JD90 的高速轴头。

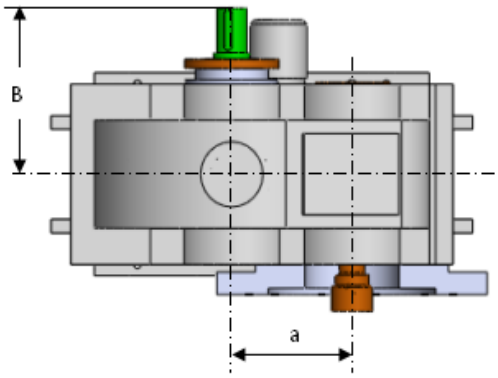
故齿轮传动装置的具体型号为：CLSX350-ZD688B.HF.BF04.JD90.01。

常规系列齿轮传动装置功率参数

型号	功率 Pn（kW）	齿数比	叶轮重量 kg	叶轮质心位置 mm（与轴端面距离）	蜗壳直径 mm	蜗壳连接法兰	与高速轴连接
CLSX230	＜550	4.5-6.5	＜30	50±10	＜1500	BF01 BF02 ZF01 ZF02	JD76 JD90 HD40
	＜400	6.5-7.5	＜20				
	＜300	7.5-9	＜15				JD76 HD40
CLSX280	＜1100	＜5	＜30	45±10	＜1700	BF01 BF02 ZF01 ZF02	JD76 JD90 HD40 HD60
	＜800	5-7	＜20				
	＜650	7-9	＜15				JD76 HD90
CLSX350	＜3200	＜4.5	＜130	50±20	＜2200	BF03 BF04 ZF03 ZF04	JD90 JD120 HD80 HD125
	＜2500	4.5-5.5	＜100				
	＜1600	5.5-6.5	＜100				
	＜1300	6.5-9	＜80				JD90 JD120
CLSX400	＜4500	＜4	＜150	50±20	＜2500	BF03 BF04 ZF03 ZF04	JD120 HD80 HD125
	＜4000	4-6	＜120				
	＜3200	6-8	＜100				JD120 HD80
	＜2400	8-10	＜50				
CLSX450	＜6400	＜5	＜250	50±20	＜2500	BF03 BF04 ZF03 ZF04	JD120 HD125
	＜4800	5-6	＜180				
	＜3200	6-7	＜100				
注：表中额定功率计算时低速大齿轮转速为 2980r/min，其余转速需另行计算							

常规系列齿轮传动装置外形尺寸

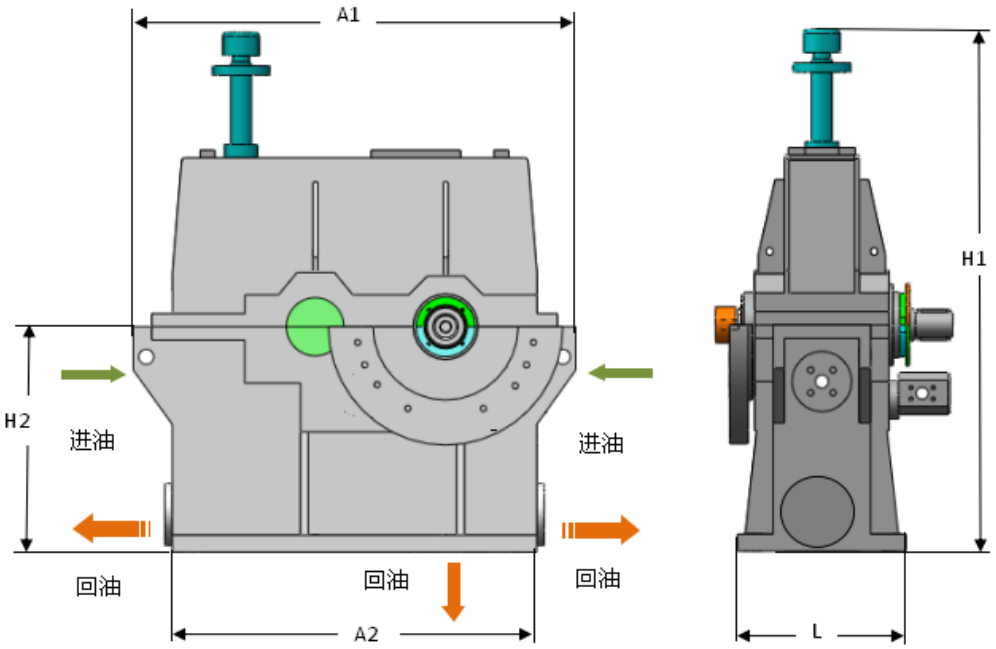


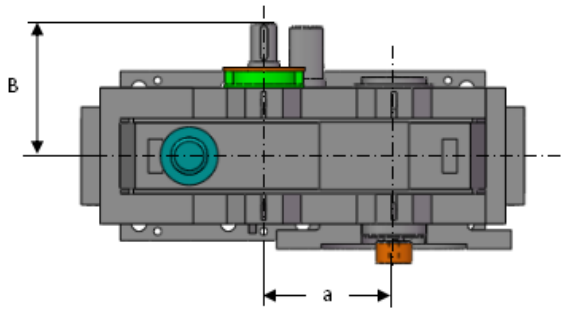


首选回油

备选回油

系列分类代号	额定传递功率 Pn（kW）	齿数比	外形轮廓						
			A1	A2	B	H1	H2	a	L
CLSX230	≤550	≤9	770	680	340	1200	450	230	400
CLSX280	≤1100	≤9	980	780	380	1300	510	280	450
注：表中额定功率计算时低速大齿轮转速为 2980r/min，其余转速需另行计算									





首选回油

备选回油

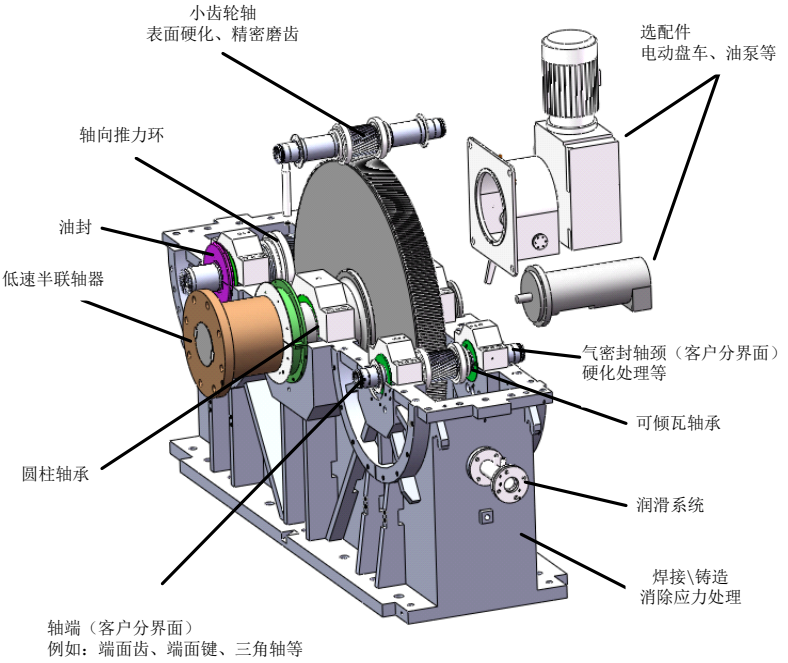
系列分类代号	额定传递功率 Pn（kW）	齿数比	外形轮廓						
			A1	A2	B	H1	H2	a	L
CLSX350	＜3200	＜9	1340	1200	510	1450	600	350	610
CLSX400	＜4500	＜10	1290	1150	510	1500	650	400	630
CLSX450	＜6400	＜7	1550	1350	645	1600	700	450	850
注：表中额定功率计算时低速大齿轮转速为 2980r/min，其余转速需另行计算									

备注：1. 上述外形图中齿轮传动装置与蜗壳采用半法兰盘连接，齿轮传动装置与蜗壳也可采用整法兰连接（详见附录二）。

2. 上述 5 个系列若不能满足选型要求，请与本公司联系可进行非标定制。

整体式(多级)高速齿轮传动装置——整体式安装 2-10 个叶轮

整体式（多级）高速齿轮传动装置采用多样化灵活的设计理念，允许在单个齿轮传动装置中布置 2-10 个叶轮，客户可根据叶轮的气动参数要求匹配最佳的转子速度。



整体式（多级）高速齿轮传动装置采用单斜齿轮的传动方式，通常情况下小齿轮轴带有轴向推力环。箱体设计成上、下剖分的结构形式用于 2-4 级，或者设计成上、中、下剖分的结构形式用于 5-8 级。当第 5 个小齿轮轴安装在大齿轮下部时通常用于 9-10 级的机组，采用电机直接驱动大齿轮，对于涡轮机驱动的场所则由第 5 个小齿轮来驱动大齿轮。

型号说明

CLSX 系列整体式（多级）高速齿轮传动装置按照轴系、叶轮的数量和大齿轮的大小进行区分，分为多级增速和多级减速。

型号示例：CLSX34800 - ZH1007B.KS.01	
CLSX-类型代号	CLSX 整体式高速齿轮传动装置
34800-规格代号	3-轴系数量，4-叶轮数量，800-大齿轮分度圆直径
ZH-型式代号	ZH-多级增速，JH-多级减速
1007B-齿数比代号	1007-齿数比为 10.07，B-油泵（标配螺杆泵，如有特殊要求请另行说明）
KS-厂家代号	我司根据用户自行分类
01-生产序列号	我司自行排序

在规定总中心距的情况下，由于各高速轴与大齿轮的齿数比存在不同配比关系，故大齿轮大小会存在差异，可根据下列公式进行推导计算出大齿轮的大小以及各高速轴的中心距，

通过中心距判断对蜗壳的安装是否会存在干涉。

$$d_0=\frac{2A}{i1+i2+2} \qquad a_1=\frac{d^0\ (1+i1)}{2} \qquad a_2=\frac{d^0\ (1+i2)}{2}$$

符号含义：

A——总中心距，A=a1+a2；

a1——高速轴Ⅰ与大齿轮的中心距； a2——高速轴Ⅱ与大齿轮的中心距；

i_1——高速轴Ⅰ与大齿轮的齿数比； i_2——高速轴Ⅱ与大齿轮的齿数比；

d_0——大齿轮的分度圆直径。

选型程序

- 计算齿数比（高速轴转速/低速轴转速）。
- 根据原动机和工作机类型选取使用系数 Ka（因为原动机和工作机的类型基本确定，我公司推荐使用系数 Ka=1.6）。
- 将原动机或者工作机的功率定义为 P1，即为传递功率。
- 确定齿轮传动装置的设计功率 Pc=P1*Ka。
- 参照下列齿轮传动装置的额定功率值，选出既满足额定功率值 Pn≥Pc，又满足安装空间要求的齿轮传动装置。
- 根据上述公式计算相关中心距和大齿轮分度圆直径，确定具体型号。

选型实例

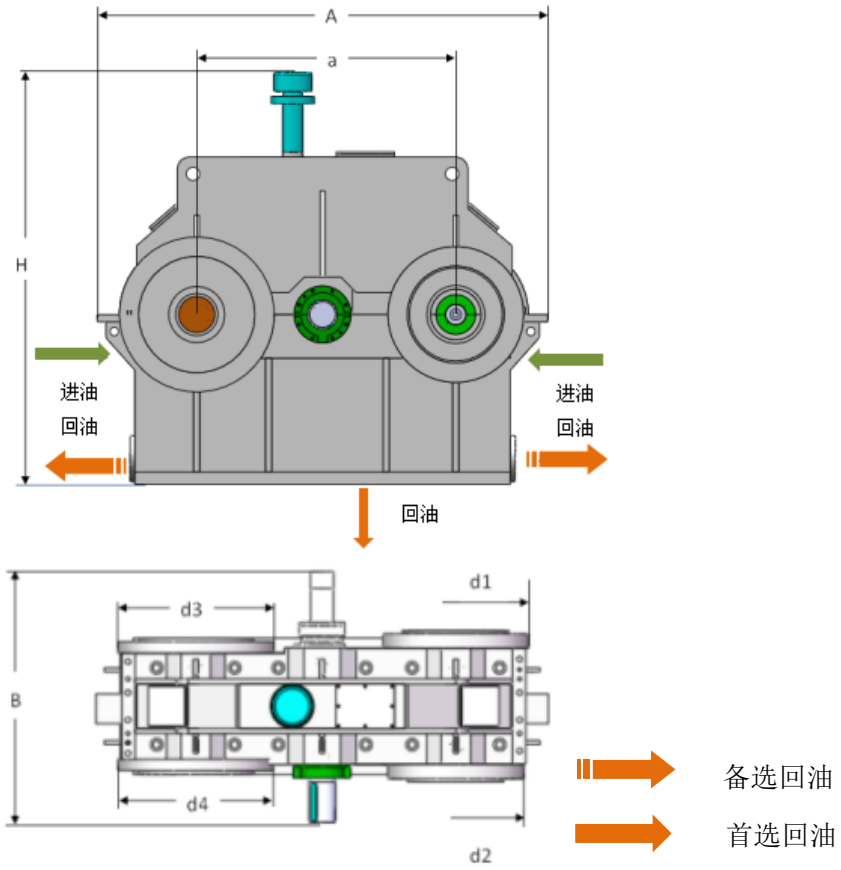
试选一台总传递功率 1100kW 四级压缩机用整体式齿轮传动装置，电机转速 2980rpm，高速轴Ⅰ转速 20000rpm，高速轴Ⅱ转速 30000rpm，蜗壳最大直径 d1=730mm、d2=680mm、d3=580mm、d4=550mm。

选择方法如下：

- 齿 数 比　i_1=20000/2980=6.711，i_2=30000/2980=10.071
- 传递功率　P1=1100kW
- 设计功率　Pc=P1*Ka=1100*1.6=1760 kW
- 根据蜗壳最大直径 d_1=730mm、d_2=680mm、d_3=580mm、d_4=550mm 以及满足 Pn≥1760 kW 的要求，初步选择系列分类代号为 No.2 的齿轮传动装置。
- 通过上述公式计算得出 d0≈800.59mm，a1=460mm，a2=440mm。

故齿轮传动装置的具体型号为：CLSX34800-ZH1007B.KS.01，系列分类代号为 No.2。

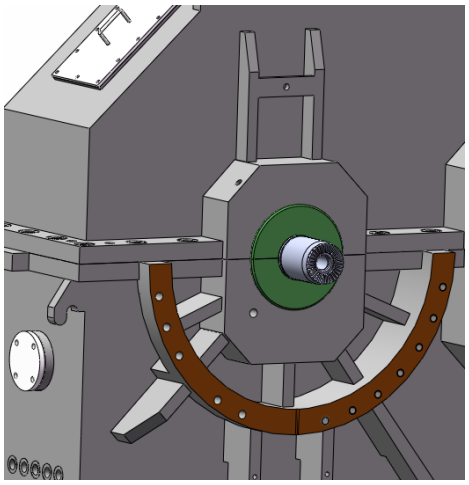
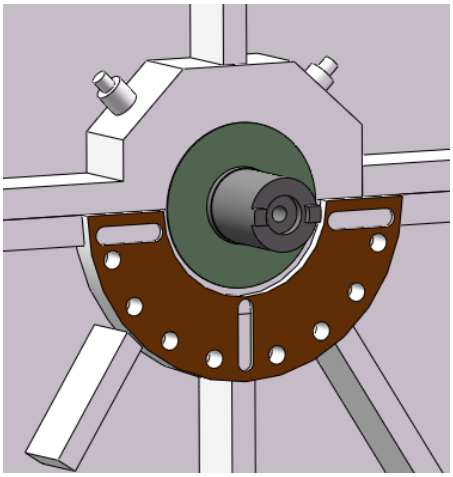
常规系列齿轮传动装置



系列分类代号	额定传递功率 Pn（kW）	齿数比	外形轮廓及蜗壳大小尺寸（粗略值）							
			A	B	H	a	d1	d2	d3	d4
No.1	1250	≤17	1450	900	1500	750	≤620	≤570	≤480	≤480
No.2	2000	≤15	1550	950	1550	900	≤750	≤700	≤600	≤560
No.3	3500	≤15	1800	1100	1700	1050	≤920	≤880	≤700	≤700
No.4	3500	≤16	2150	1250	2100	1300	≤1150	≤1000	≤810	≤810
No.5	4800	≤16	2500	1450	2500	1650	≤1300	≤1200	≤950	≤950
注：系列 No.1～No.3 低速大齿轮转速为 2980rpm，系列 No.4～No.5 低速大齿轮转速为 1490rpm。 进油口二选一，回油口三选一。										

注： 1.外形图中齿轮传动装置与蜗壳采用整法兰连接，齿轮传动装置与蜗壳也可采用半法兰连接（见图 1）。

2. 上述 5 个系列若不能满足选型要求，请与本公司联系可进行非标定制，该类型齿轮传动装置也可设计成多个水平剖分面的结构形式

图 1 半法兰连接形式	
形式一	形式二
	

高速轴端的连接形式

由于主机制造商的不同，叶轮（涡轮）可以通过锥度液压配合、圆柱过盈配合、端面齿、端面键、三角轴等方式连接在各小齿轮轴的轴端，为了便于设备维护拆卸并且不损伤相配零件，推荐采用便于拆卸的连接方式（例如：端面齿、端面键、三角轴等）。

本公司可提供端面齿及端面键的加工（详见附录一），对于其他类型的连接方式可协商解决。

监控及润滑系统

■ 整体式高速齿轮传动装置可根据用户要求对其性能参数进行监测。

轴承温度

径向和推力轴承

埋入式铂热电阻（RTD　PT-100　单点双支）

转子振动（一般由用户自行购买）

径向轴振动

轴位移传感器

键相位（一般由用户自行购买）

相位传感器或者类似产品（如果需要配备）

箱体加速度传感器（如果需要配备，一般由用户自行购买）

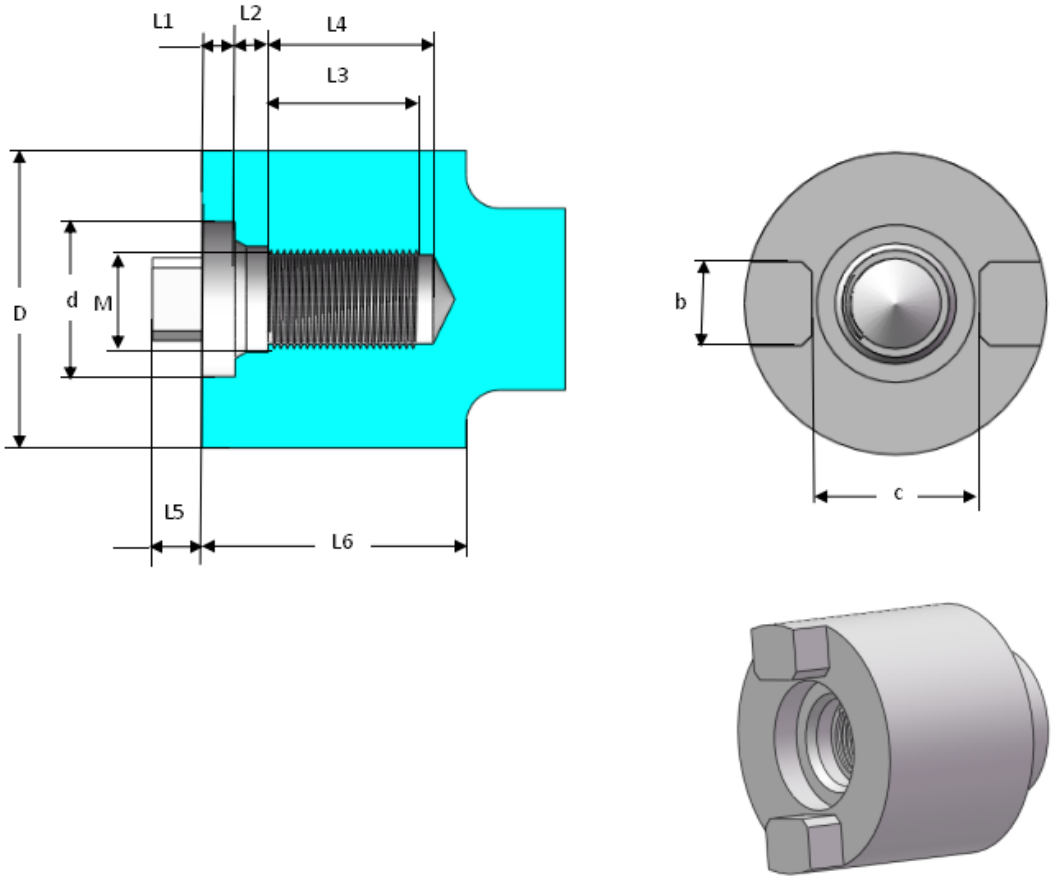
■ 撬装式油润滑系统主要由电动式油泵、冷却器、过滤器、加热器、温度压力传感器以及阀门管道等组成，主要功能是给整体式高速齿轮传动装置的各润滑点润滑冷却并且实现主、辅油泵的切换。

依托整体式高速齿轮传动装置为传动载体，我公司可根据用户需求成套压缩机、膨胀机等机组。

附录一

端面键+拉杆锁紧螺母

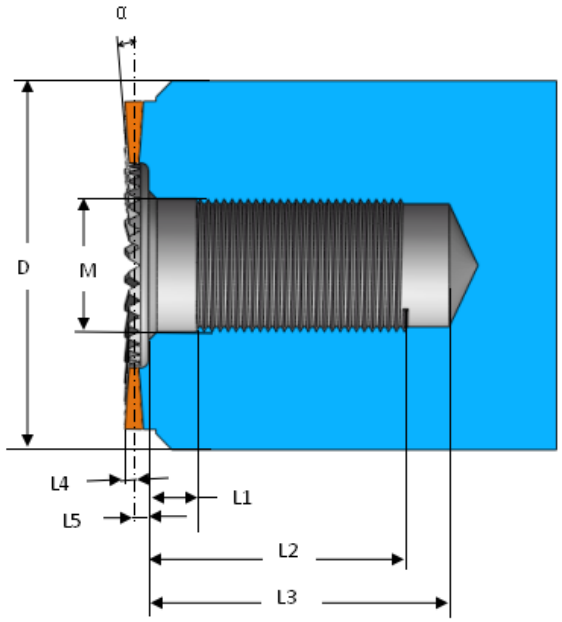
连接尺寸示意图

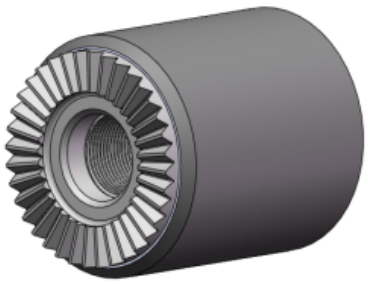


系列代号	最大传递扭矩（N.m）	连接尺寸（mm）										
		D	d	b	c	M	L1	L2	L3	L4	L5	L6
JD76	500	76	45	20	46	M20X1.5	10	10	50	58	12	70±10
JD 90	1300	90	45	25	46	M30X2	10	10	65	75	12	65±10
JD 120	1800	120	55	25	56	M30X2	10	10	65	75	12	65±10
注：拉杆的材料需要选用高强度不锈钢。												

端面齿（Hirth）+拉杆锁紧螺母

连接尺寸示意图





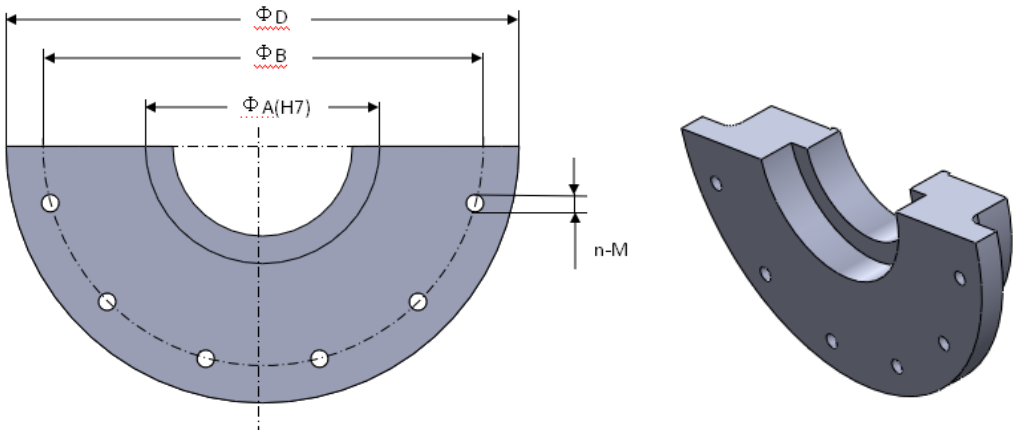
系列代号	最大传递扭矩（N.m）	连接尺寸（mm）								
		D	Z (齿数)	α	M	L1	L2	L3	L4	L5
HD40	220	40	24	6.518°	M16X1.5	8	38	44	1.59	4
HD60	1000	60	24	6.503°	M20X1.5	9	50	58	2.72	6
HD80	1650	80	36	4.34°	M30X2	12	65	75	1.8	6
HD125	6000	125	36	4.289°	M45X2	12	80	95	3.49	7.5
注：上表中端面齿的型面角为 60°，拉杆的材料需要选用高强度不锈钢。										

附录二

蜗壳连接法兰

蜗壳连接半法兰

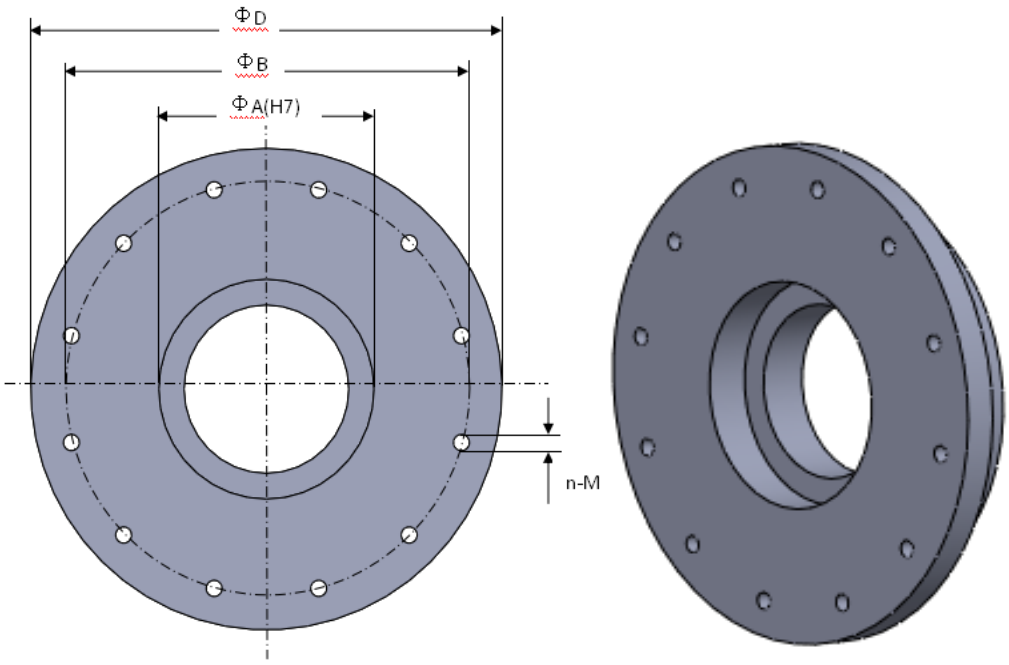
连接尺寸示意图



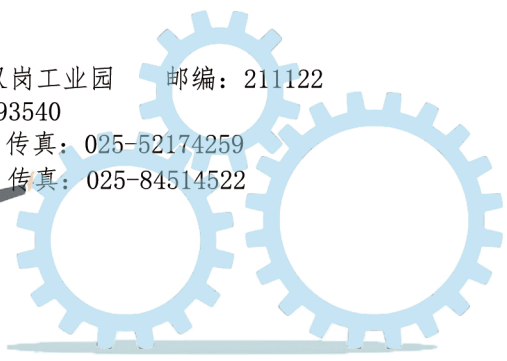
系列代号	连接尺寸（mm）			
	定位尺寸 A	分度圆尺寸 B	最大外圆 D	连接螺栓 n-M
BF01	180-230	290-350	400	6-M24
BF02	180-360	290-500	550	6-M24
BF03	250-520	320-650	700	10-M24
BF04	250-520	320-800	850	10-M24

蜗壳连接整法兰

连接尺寸示意图



系列代号	连接尺寸（mm）			
	定位尺寸 A	分度圆尺寸 B	最大外圆 D	连接螺栓 n-M
ZF01	180-230	290-350	400	12-M24
ZF02	180-360	290-500	550	12-M24
ZF03	250-520	320-650	700	20-M24
ZF04	250-520	320-800	850	20-M24

创力传动

地址:南京市江宁区淳化街道双岗工业园　　邮编：211122
总机：025-84183455/025-52393540
技术热线：025-52174259　　传真：025-52174259
销售热线：025-84514527　　传真：025-84514522
网址：www.njcl-gear.com
E-mail：njcl_gear@126.com