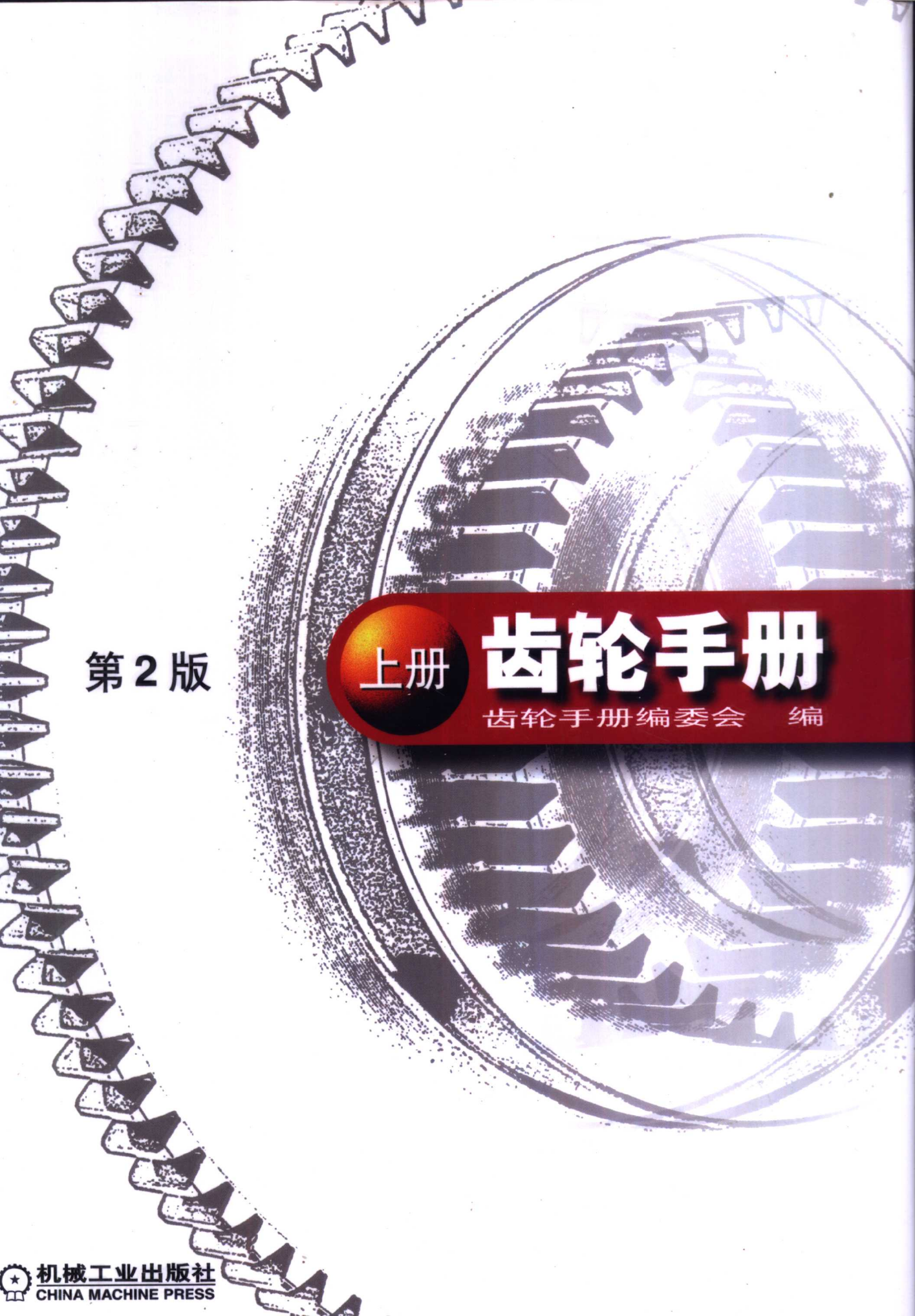


第2版

上册

齿轮手册

齿轮手册编委会　编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

第 13 篇　专用齿轮传动装置

主　编　曹新民(中信重机公司)、李钊刚

	编写人	审稿人
第 1 章	李钊刚	陶燕光
第 2 章	王炎武(中信重机公司) 李钊刚	许洪基
第 3 章	张振荣(第一重型机械集团公司)	韩翠蝉　许洪基
第 4 章	宋保和(中信重机公司)	许洪基
第 5 章	汪敏玉(天津工程机械研究所)	许洪基
第 6 章	种建明(西安重型机械研究所) 唐树为(锦西化工机械厂)	李钊刚　欧阳葆
第 7 章	赵光德(北京起重运输机械研究所)	许洪基
第 8 章	徐为民、江声华、 王　智(中信重机公司)	许洪基
第 9 章	徐振忠(七〇三所) 李应生(七〇三所)	李钊刚

第1章　高速齿轮传动装置

本书第2、4、7篇中已分别介绍了高速渐开线齿轮、高速圆弧齿轮和高速行星齿轮的基本特点和共性技术。本章将介绍定轴传动高速齿轮传动装置的结构和产品。

1　高速齿轮传动装置的结构

1.1　高速齿轮传动装置的典型结构

高速齿轮装置的结构设计主要考虑：齿轮结构是采用单斜齿还是双斜齿（或人字齿），箱体结构，滑动轴承的形式和轴向定位方式，润滑，联轴器选型对结构设计的影响，分流传动的均载方式等。

图13.1-1为GS系列高速渐开线圆柱齿轮减速器的典型单斜齿结构示意图。小齿轮和轴为整体结构，大齿轮和轴为过盈套装，高、低速轴都用二个径向—斜平面推力组合轴承。

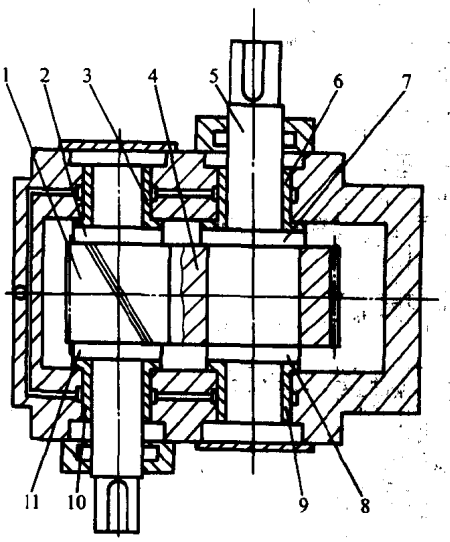


图13.1-1　单斜齿结构

1—小齿轮　2、7、8、11—推力盘

3、6、9、10—径向—斜平面推力组合轴承

4—大齿轮　5—低速轴

当参数较高时，大轮和轴亦采用整体结构，且径向轴承与端面推力轴承分开设立。如3×10^5t/年合成氨空气压缩机增速器（见图13.1-2），其参数为：$v=125$m/s，$P=3220$kW，$n_1=7250$r/min，$n_2=14080$r/min。两轴的推力盘和轴作成整体，推力盘两侧各设一个相同的可倾瓦推力轴承。

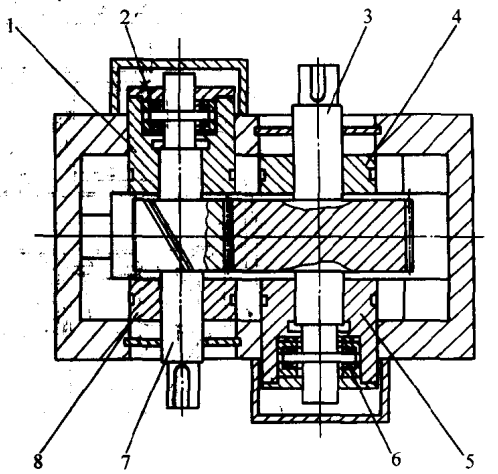


图13.1-2　3×10^5t/年合成氨空气压缩机增速器

1、4、5、8—径向轴承　2、6—端面可倾瓦推力轴承　3—大齿轮　7—小齿轮

有时也可不用推力轴承，而采用一种锥面止推盘来平衡轴向力（见图13.1-3）。

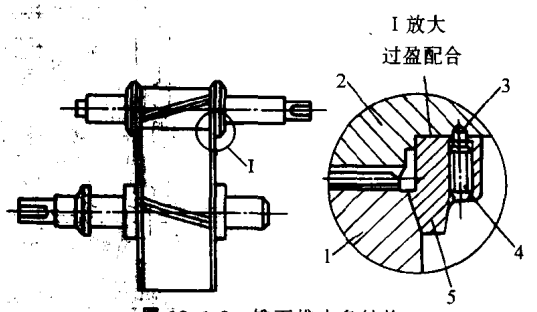


图13.1-3　锥面推力盘结构

1—大齿轮　2—小齿轮　3—销

4—紧固螺钉　5—锥面推力盘

对双斜齿结构，只需在一个轴上设推力轴承作轴向定位。

为了减少外部动载荷对轮齿啮合的影响，增大输入和输出轴的柔度，缩短设备的总长度，大功率透平齿轮常采用空心齿轮轴和套轴结构，二者用键或花键联接。图13.1-4所示的装置即采用这种结构，其参数为：$a=660$mm，$v=130.68$m/s，$P=55000$kW，$n_1=5113.6$r/min，$n_2=3000$r/min。该装置不设推力轴承，轴向由燃机的推力轴承定位，整个系统的结构属图

13.1-14c 形式。

对多级传动，高、低速级可以采用不同的精度等级和结构形式。图 13.1-5 为一台二级分流式燃气透平试验台增速器，$P=1490\text{kW}$，$n_1=1700\text{r/min}$，$n_2=45000\text{r/min}$。低速级为人字齿，高速级为直齿，齿轮最高圆周速度 153m/s，齿轮精度 ISO4 级。高、低速级之间采用弹性扭力轴连接均载（均载原理见本篇第 2 章）。

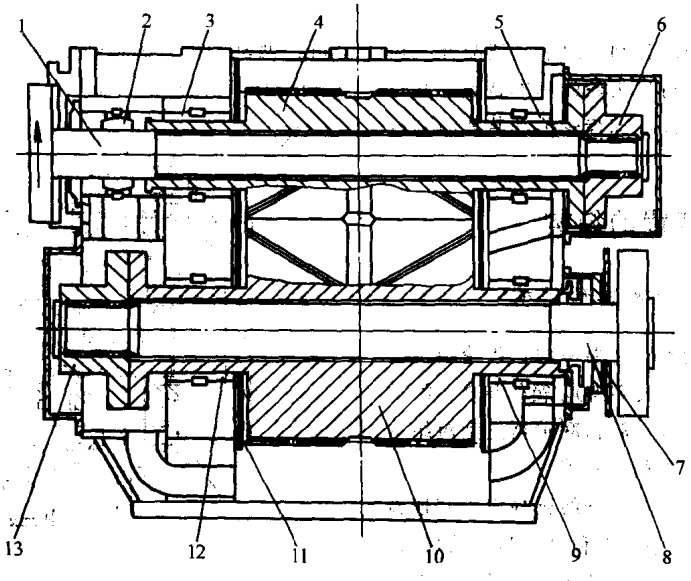


图 13.1-4 55000kW 透平齿轮减速器

1—小齿轮套轴 2—径向可倾瓦轴承 3、5—径向三油楔轴承 4—小齿轮 6、13—花键套 7—挡风板 8—大齿轮套轴 9、12—径向椭圆瓦轴承 10—大齿轮 11—挡油板

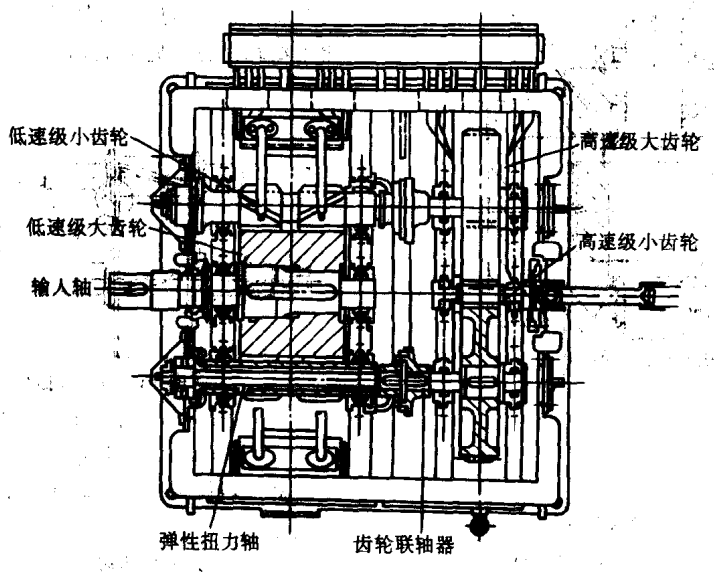


图 13.1-5 45000r/min 分流式增速器

1.2 箱体

箱体可为铸造或焊接结构。对单件小批生产的产品，多采用焊接结构。箱体应有足够的刚度。

高速齿轮装置的箱体设计应考虑：

(1) 一般性要求

1) 在尽可能靠近小齿轮轴线下方的箱体与底座结合面之间用两个定位销定位，以减小热态变形引起的高速轴线的变动量。

2) 箱体结构应能防止在过渡过程和稳态运转时

因箱体内的温度梯度而产生的有害变形。

3）油通道尽可能设置在箱体内部。内部油管最好采用钢管焊接，法兰联接，支撑要牢固。

4）箱盖上应设观察孔，其宽度至少为齿宽的 1/2。

5）一般应提供过滤透气帽。当工作温度高时，为防止油气逸出，箱体上方需加一定高度的接管和透气帽相连。

6）箱体的剖分面处及端盖与箱体之间均不得使用垫片。

7）测温传感件的位置应尽量靠近轴承的承载部位。需要测轴振动时，轴承箱要考虑有安装测振探头的结构。

8）除买方要求外，箱体内部一般不涂漆。

（2）轴承固定形式　高速齿轮装置的轴承通常有 2 种固定形式，一种靠箱盖来压住轴瓦，箱盖必须能承受轴承所受的力；另一种是下箱体带有轴承盖并承受全部轴承所受的力，箱盖可以作得较薄，仅起保护和密封作用（见图 13.1-6）。

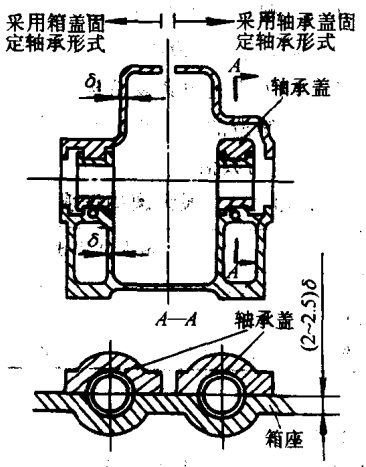


图 13.1-6　轴承的两种固定形式

（3）排油方式　箱体设计应能使润滑油尽快排走和尽可能减少油泡沫的生成。轴承和轴封之间要留足够的轴向距离，往箱体内回油应有足够大的通道使轴承泄油畅通，以免润滑油或泡沫通过轴封向外泄漏。

齿轮箱的排油口可以开在底部直泻（见图 13.1-7），也可设在旁侧，但大齿轮至箱内底面的距离应大于排油口直径（图 13.1-8）。

为防止齿轮啮合用油和轴承泄油相互搅和，高速时可在齿轮侧面与箱壁之间加挡油板（见图 13.1-4），大齿轮底部也可设集油槽，以减少气流搅动引起的润滑油起泡和温升（见图 13.1-7）。

最小排油管公称尺寸见表 13.1-1。

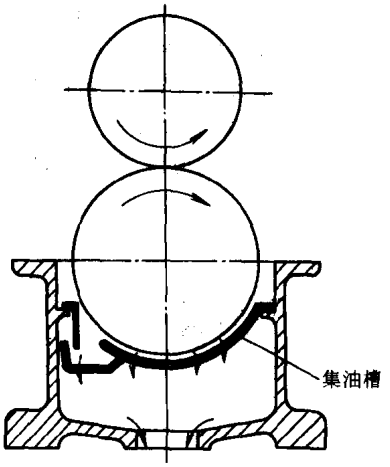


图 13.1-7　齿轮箱底部排油

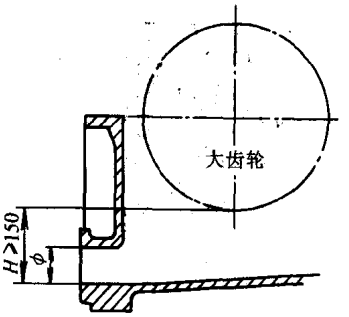


图 13.1-8　齿轮箱旁侧排油

表 13.1-1　最小排油管公称尺寸

润滑油流量/(L/min)	最小排油管公称直径/mm
26	75
56	100
170	150
380	200
585	250
830	300
1000	350

对圆周速度超过 125m/s 的装置，设计应考虑以下特殊结构：

1）箱体内设置一个活装底板（类似于图 13.1-7 中的结构），避免高速油直接击入油池。

2）箱体底面至油箱润滑油平面的落差至少为 610mm。

3）排油口应顺着大齿轮回转方向。

4）排到油箱的回油管应与其他液压系统的回油管分开。

5）齿轮与箱体之间应留较大的侧向和周向间隙。

6）沿齿轮周向设挡风板，以阻止气流搅动。

(4) 轴封形式 应采用非接触式轴封，常用迷宫型、离心型、气动型或它们的组合型（图 13.1-9）。图 13.1-10 为一典型的轴封结构图，当轴在运行中有轴向窜动时，常把甩油齿加工成图 13.1-9a 的甩油槽。密封齿应由不产生火花的金属材料（如铝、铜）制成。

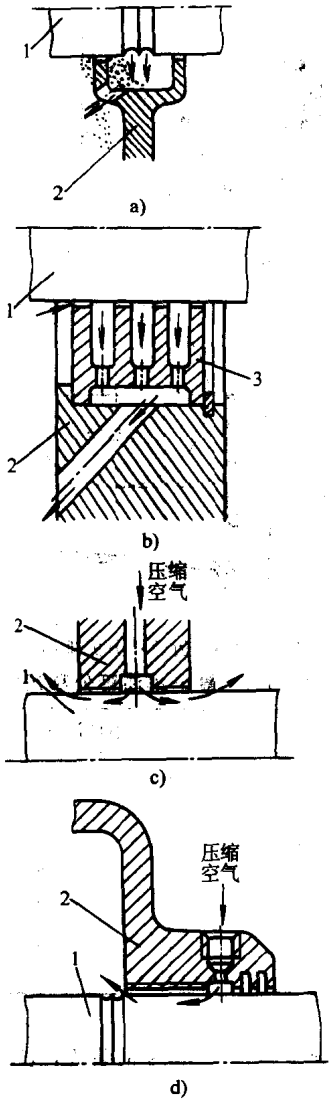


图 13.1-9 常用的轴封形式

a）离心型 b）迷宫型 c）气动型

d）带螺纹篦齿的气动型

1—轴 2—壳体 3—迷宫

某些工况下，齿轮箱的输入、输出联轴器法兰高速旋转时会产生负压效应，从而降低了轴封的封油效果。此时，在轴封的外侧与联轴器法兰之间增加一挡风板会有效地减小负压对轴封的不利影响（见图 13.1-4）。

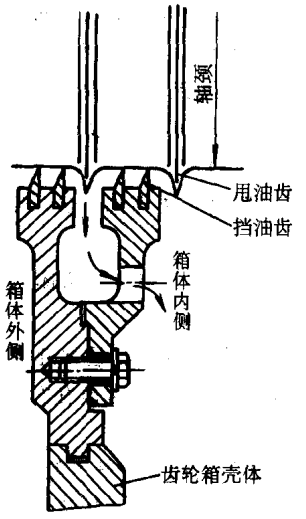


图 13.1-10 轴封结构示例

1.3 齿轮

1.3.1 齿坯

小齿轮和轴一般应为整体锻件结构，当 $v>150$m/s 时，大齿轮和轴也应是整锻结构，当 $v\leqslant150$m/s 时，也允许大齿轮和轴采用过盈套装结构。

各种制造方法制造的大齿轮的圆周速度 v 一般不得超过表 13.1-2 所列数值。

表 13.1-2 最大圆周速度

制造方法	最大圆周速度 v/(m/s)
锻造齿圈过盈套装的齿轮	60
锻造齿圈的焊接齿轮	125
齿轮与轴过盈套装	150

1.3.2 齿轮设计

单斜齿的设计应使其轴向力所产生的力矩尽量少影响轴承和啮合的性能。

双斜齿的两半边斜齿应为一整体锻件结构，除非特殊情况外，一般不应作成两个单斜齿轮套装在一起。

每个齿轮应支承在两个轴承上，一般不采用悬臂结构。

圆周速度高时，齿面可镀铜或镀银，以防止初期胶合。

图 13.1-11 为某增速器小齿轮的基本结构图。

1.3.3 齿轮制造的关键几何精度控制

1）在精滚、剃齿或磨齿之前，应精细校调有关基准，并记录数据或绘成图表备案。轴颈径向全跳动的允许值，对 $v\leqslant60$m/s 时为 0.013mm，对圆周速度更高的齿轮，则应≤0.008mm。

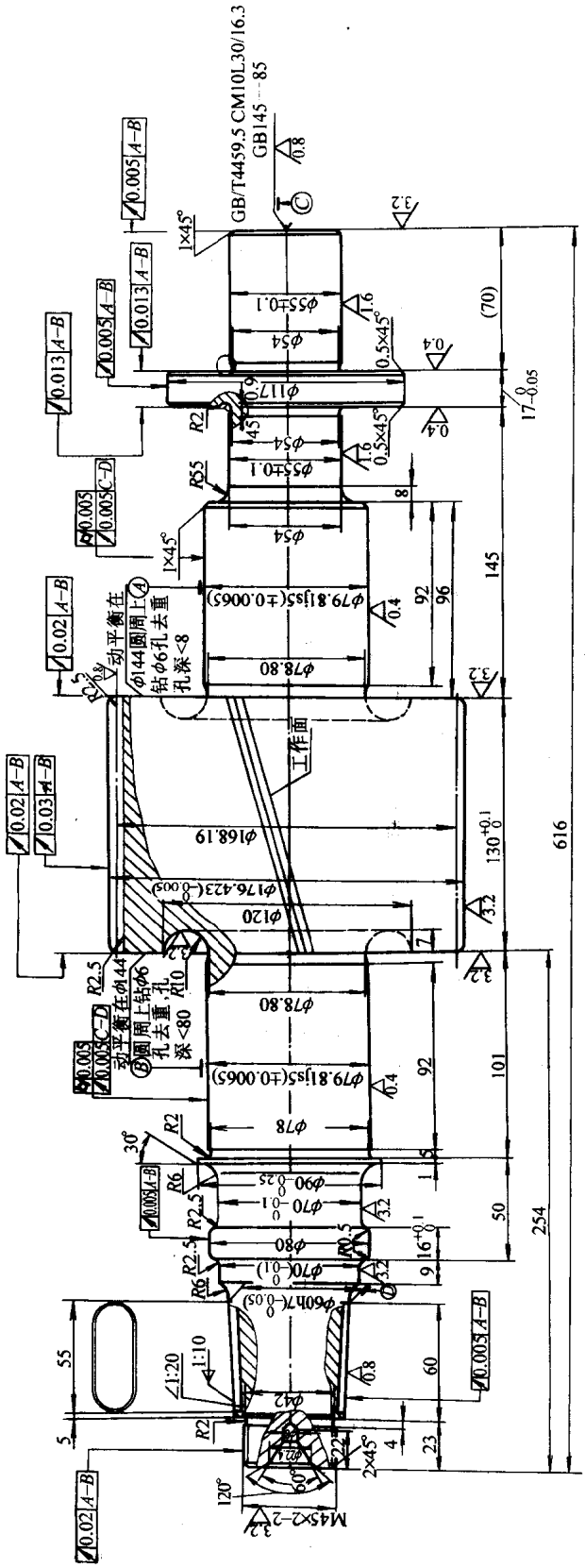


图 13.1-11　增速器小齿轮轴

2）在啮合架或实际箱体中检查轮齿空载时的接触斑点。检查时，应涂一层薄薄的CT型涂料（厚度一般不超过0.005mm，不允许使用红丹粉），检查后用胶带印下接触斑点保存。

3）对双斜齿，在固定大齿轮的轴向位置时，检查小齿轮一整转的相对轴向窜动量，一般不应超过0.038mm。

4）修形计算见第2篇。修形曲线应测量。

1.4 滑动轴承

高速齿轮用径向和推力轴承一般均为动压滑动轴承。

径向轴承应为剖分式，设有防转销，并在轴向可靠的定位。

推力轴承应在两个方向上都能止推，两侧都为连续的压力油润滑。套装式推力盘应可靠地固定在轴上，以防微振磨损。采用整体式推力盘（见图13.1-12）时，盘的厚度应留一定的裕量，以便日后修整。推力盘两表面的粗糙度 R_a 不大于0.8μm，轴向跳动小于0.013mm。

单斜齿轮的大、小轮轴上都要设推力轴承，双斜齿轮只在一个轴上设推力轴承。

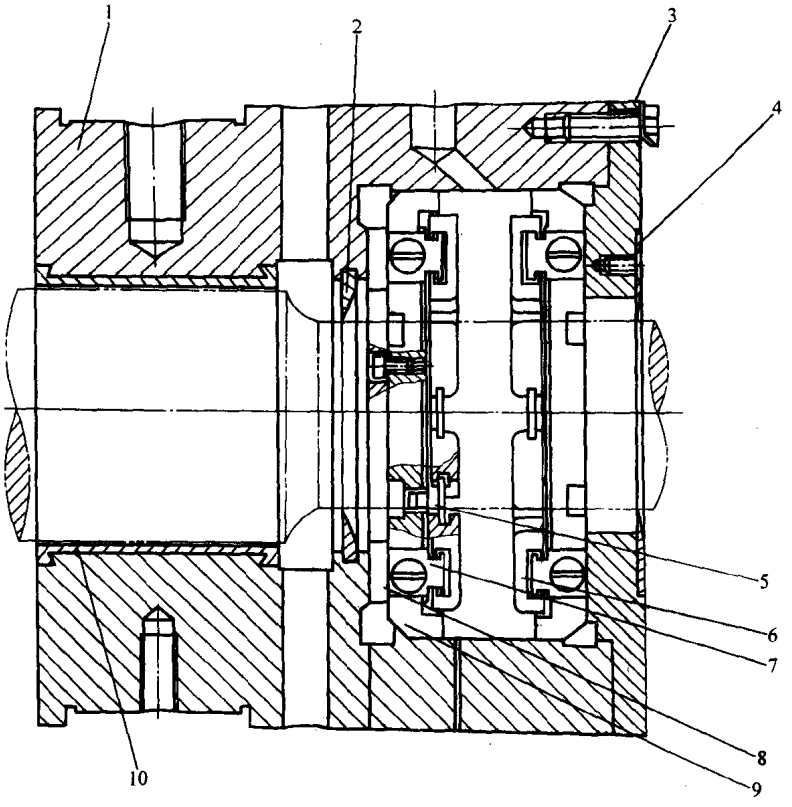


图13.1-12 径向推力轴承结构示例

1—轴承体 2、4—挡油板 3—端盖 5—内六角螺钉 6—止推瓦块 7—定位块 8—调整垫 9—止推轴承座 10—径向轴承的巴氏合金层（浇注在轴承体上）

1.5 润滑

有关高速齿轮润滑方面的内容请参见第16篇。

高速齿轮的喷油嘴一般距齿顶25～50mm，布置方式有：

1）齿轮圆周速度 $v<100$m/s 时，不分啮入侧还是啮出侧，喷油嘴一律在啮合区的上方（见图13.1-13a）。

2）$v=100$～150m/s 时，啮入侧、啮出侧均设喷嘴，啮入侧喷油5%～15%，啮出侧喷油85%～95%（图13.1-13b）。

3）$v>150$m/s 时，喷油方式及喷油量分配同上，啮出侧喷油嘴距齿顶2.5～3.5mm（见图13.1-13c）。

4）直齿轮一律在啮出侧喷油。

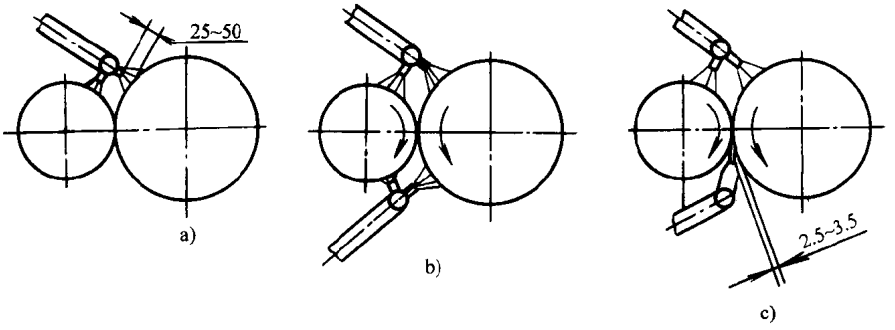


图 13.1-13　喷油嘴的位置

1.6　联轴器

“原动机—高速齿轮装置—从动机”机组设计应总体考虑联轴器的选型和止推轴承的设置。联轴器不能把有害的力施加到齿轮装置的回转件上。如果一个联轴器上的弯矩过大就会使相连的齿轮翘起，造成偏载。如果总体布置要通过齿轮啮合传递轴向力至止推轴承上，就会使双斜齿轮的半边斜齿所承受的负荷比另半边大。

图 13.1-14 列出高速齿轮装置机组的联轴器和推力轴承布置的 6 种形式。其共同点是双斜齿轮装置本身不设推力轴承，轴向由原（从）动机上设推力轴承或端部有限浮动联轴器来定位，此时双斜齿轮转子的中心位置随启、停及冷热态变化沿轴向自由窜动。对图 13.1-14c 所示结构，其窜动量可达±15mm。

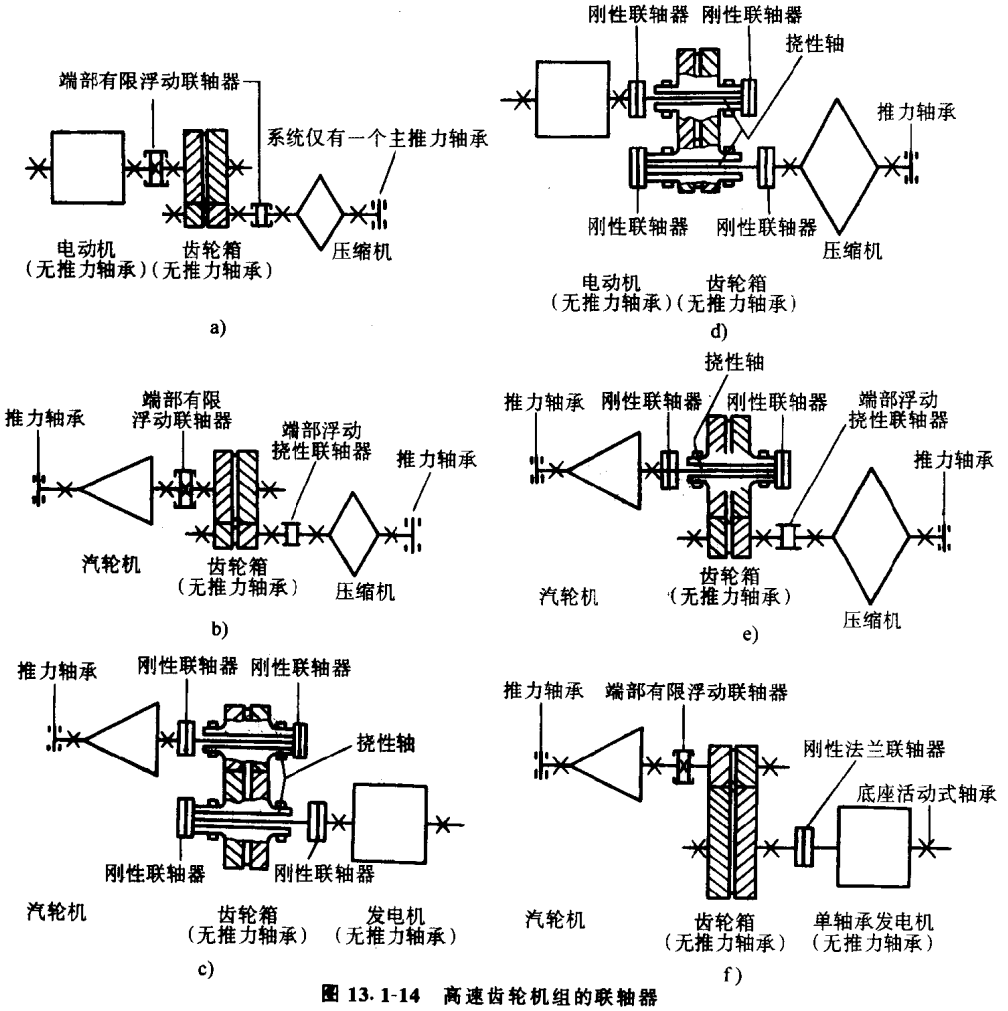


图 13.1-14　高速齿轮机组的联轴器

（本图摘自 API613 美国石油协会标准，因图中符号与我国标准符号不能一一对应，故仍使用原符号）

2 高速系列标准减(增)速器

2.1 高速渐开线圆柱齿轮箱

高速渐开线圆柱齿轮箱在高速齿轮传动中起重要作用。本节所介绍的GS、HS等硬齿面系列是在80年代引进技术和技术攻关的基础上发展起来的新产品。装置为外啮合单级斜齿或人字齿齿轮传动；齿轮及轴全部采用优质合金钢锻件。起声波探伤、齿面渗碳淬火或渗氮、精密磨齿、热弹性变形修形等先进工艺加工，精度达GB10095的5级或4级，齿面硬度56HRC以上；轴承为动压滑动轴承；箱体为铸造或焊接结构；转子均经精确动平衡；齿轮圆周速度可高达150m/s，传递功率达数万千瓦，效率98%以上，已在我国的石油、化工、冶金、电力及军工等行业广泛应用。

HS系列的型号与PGC（美国费城齿轮公司）相同，其中心距仅把英制尺寸改为国际单位制时作了适当圆整，其他尺寸仅将英制转换为国际单位制。设计及额定功率按AGMA（美国齿轮制造者协会）标准计算，按GB3480校核，并符合API613（美国石油学会）标准。

GS系列为我国行业标准JB/T7514—94《高速渐开线圆柱齿轮箱》，它对HS的中心距作了调整，技术要求作了修订，承载能力按ZB/T J17006计算。

GS、HS系列齿轮箱外形（见图13.1-15）相似，装配形式（见图13.1-16）相同，其使用条件为：

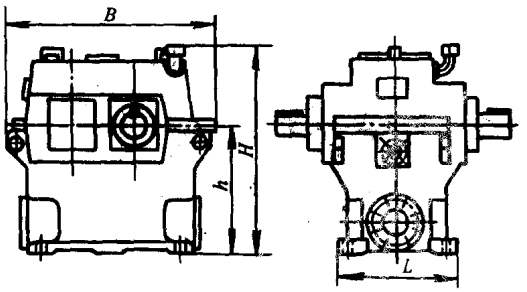


图13.1-15 GS、HS型齿轮箱外形示意图

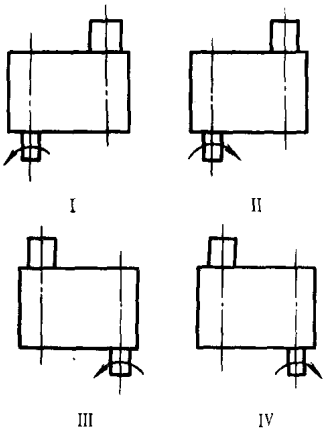


图13.1-16 GS、HS、GH型齿轮箱的装配形式

1）齿轮圆周速度25～150m/s，高速齿轮转速1000～20000r/min。

2）工作环境温度为－40～＋50℃，环境温度较低时，起动前应将润滑油预热至35℃以上。

3）公称传动比1.0～8.0，实际传动比可按用户要求而定，相对误差≤0.5%。

4）可正反向运转（轴承设计有可能与单向运转时不同）。

5）采用32号或46号汽轮机油压力循环润滑。

选用齿轮箱时，应使其额定功率大于或等于连续使用功率乘以使用系数。

GS、HS系列齿轮箱的主要技术参数及外形尺寸见表13.1-3和表13.1-4。

型号意义：

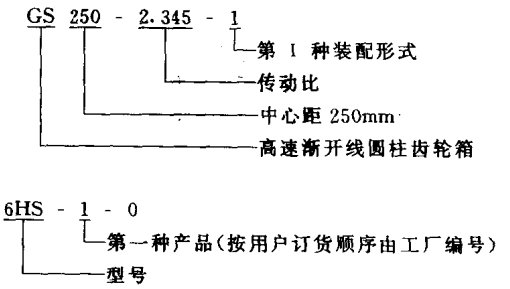


表13.1-3 GS系列齿轮箱主要技术参数及外形尺寸

型号	中心距 a/mm	功率 /kW	高速轴转速 /(r/min)	传动比范围	最大输出转矩 /(N·m)	外形尺寸/mm B	L	H	中心高 h/mm	质量 /kg
GS160	160	206～4200	4000～20000	1.0～7.0	2041	570	345	635	380	800
GS200	200	270～6690	3000～20000	1.0～7.5	3915	675	380	675	380	500
GS224	224	350～8500	3000～20000	1.0～8.0	5812	735	420	815	510	600
GS250	250	410～10600	2000～20000	1.0～8.0	8346	830	480	840	510	900
GS280	280	470～12540	2000～20000	1.0～8.0	11793	895	510	865	510	1100
GS315	315	600～14020	2000～20000	1.0～8.0	13416	970	560	970	585	1300

（续）

型　号	中心距 a/mm	功　率 /kW	高速轴转速 /(r/min)	传动比范围	最大输出转矩 /(N·m)	外形尺寸/mm			中心高 h/mm	质量 /kg
						B	L	H		
GS355	355	830～16850	2000～20000	1.0～8.0	18939	1075	650	1040	585	1700
GS400	400	1020～21290	2000～20000	1.0～8.0	27979	1180	685	1070	635	2300
GS450	450	1200～24580	2000～20000	1.0～8.0	34615	1358	900	1120	685	3500
GS500	500	1570～30130	1000～20000	1.0～8.0	46456	1472	940	1230	760	4400
GS530	530	1640～31440	1000～20000	1.0～8.0	58297	1560	1020	1330	815	5100
GS560	560	1700～31010	1000～17000	1.0～8.0	69230	1632	1045	1389	845	5700
GS600	600	2130～35750	1000～17000	1.0～8.0	80498	1794	1070	1430	865	6400
GS630	630	3060～38470	1000～17000	1.0～8.0	87755	1855	1070	1510	900	7100
GS670	670	3290～42040	1000～17000	1.0～8.0	103463	1950	1070	1580	915	7700

注：生产厂：南京高速齿轮箱厂，郑州机械研究所。

表 13.1-4　HS 系列齿轮箱主要技术参数及外形尺寸

型　号	中心距 a/mm	功　率 /kW	高速轴转速 /(r/min)	传动比范围	最大输出转矩 /(N·m)	外形尺寸/mm			中心高 h/mm	质量 /kg
						B	L	H		
6HS	150	206～4195	4000～20000	1.0～7.0	2003	570	345	635	380	300
7HS	195	274～6685	3000～20000	1.0～7.5	3990	675	380	675	380	450
8HS	220	265～8498	3000～20000	1.0～8.0	5796	735	420	815	510	600
9HS	250	324～10597	2000～20000	1.0～8.0	8433	830	480	840	510	810
10HS	280	353～12535	2000～20000	1.0～8.0	10882	895	510	865	510	1020
11HS	310	430～14024	2000～20000	1.0～8.0	13393	970	560	970	585	1220
12HS	345	511～16851	1000～20000	1.0～8.0	17880	1075	650	1040	585	1600
13HS	390	755～21158	1000～20000	1.0～8.0	25257	1180	685	1070	635	2200
14HS	430	983～24500	1000～20000	1.0～8.0	33425	1340	900	1120	685	3375
15HS	485	1320～27417	1000～20000	1.0～8.0	43639	1455	940	1230	760	4185
16HS	530	1405～31288	1000～20000	1.0～8.0	49800	1560	1020	1330	815	4995
17HS	580	2125～27916	2000～17000	1.0～8.0	56830	1770	1070	1430	865	6255
18HS	650	3290～42037	1000～17000	1.0～8.0	80284	1940	1070	1545	915	7290

注：生产厂：南京高速齿轮箱厂。

2.2　GH 系列高速双圆弧齿轮箱

GH 系列高速双圆弧齿轮箱采用双斜齿结构，共有 14 种中心距，公称传动比 1.0～8.0，高速轴转速 1000～20000r/min，齿轮圆周速度 25～150m/s，工作温度 −40～+45℃。

由于其齿面经过深层渗氮和珩齿精加工，齿面硬度达 600～700HV，齿面粗糙度 $R_a \leqslant 0.8\mu m$，齿轮精度为 GB/T15753 的 5～6 级，齿端修形，故承载能力高、寿命长、噪声低。这样，其承载能力和传动品质就能够达到同类型渐开线齿轮的水平，加之它固有的制造工艺简单、生产周期短、成本较低的特点，更适合我国的国情。该产品已在石油、化工、发电、冶金、军工及船舶等领域获得成功的应用。

GH 型齿轮箱的外形见图 13.1-17，装配形式见图 13.1-16，主要技术参数和外形尺寸见表 13.1-5。

型号示例：

GH 355 - 3.5 - Ⅱ

- Ⅱ：装配形式
- 3.5：公称传动比为 3.5
- 355：中心距为 355mm
- GH：高速双圆弧圆柱齿轮箱

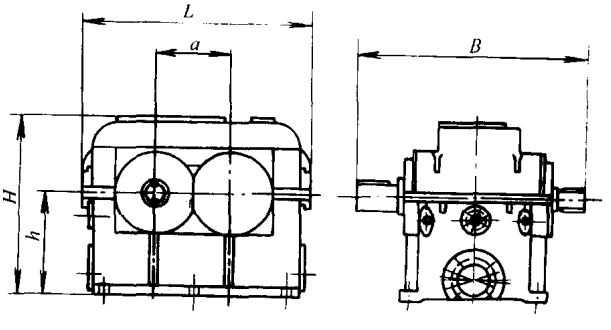


图 13.1-17　GH 型齿轮箱外形示意图

表 13.1-5 GH 系列高速双圆弧齿轮箱主要技术参数及外形尺寸

型号	中心距 a/mm	额定功率 P/kW	高速轴转速 n/(r/min)	公称传动比 i	外形尺寸/mm L	B	H	中心高 h/mm	质量/kg
GH160	160	234～3394	4000～20000	1～7	640	740	555	355	300
GH200	200	283～5359	3000～20000	1～7.5	750	870	635	400	500
GH250	250	376～9346	2000～20000	1～8	890	980	730	450	900
GH280	280	477～11206	2000～20000	1～8	970	1030	810	500	1100
GH315	315	597～12920	2000～20000	1～8	1090	1150	905	560	1300
GH355	355	713～16311	1000～20000	1～8	1210	1260	945	560	1700
GH400	400	927～20464	1000～20000	1～8	1320	1360	1055	630	2300
GH450	450	1335～22398	1000～20000	1～8	1450	1510	1140	670	3500
GH500	500	1579～31362	1000～20000	1～8	1570	1540	1265	750	4400
GH530	530	2030～32570	1000～20000	1～8	1700	1710	1350	800	5100
GH560	560	2080～32264	1000～17000	1～8	1770	1740	1425	850	5700
GH600	600	2389～35513	1000～17000	1～8	1890	1740	1460	850	6400
GH630	630	2958～38259	1000～17000	1～8	1970	1740	1335	900	7100
GH650	670	3263～40192	1000～17000	1～8	2060	1740	1575	900	7700

注：生产单位：郑州机械研究所。

第2章 水泥磨齿轮减速器

1 概述

水泥磨齿轮减速器是水泥磨机与拖动电动机之间的减速传动装置。随着水泥生产规模的不断扩大，为不断探索发展产量大、能源利用率高的大型粉磨设备，形成了当今水泥磨多品种同时发展和规格不断扩大的格局。常用的水泥磨机有碾磨、辊压磨和筒形磨。筒形磨按装载研磨体不同又分为棒球磨、球磨和砾石磨。水泥磨机的功率及载荷特性见表 13.2-1。齿轮减速器形式见表 13.2-2。

表 13.2-1 常用水泥磨机的功率和载荷特性

水泥磨机的种类		功率/kW	转速/(r/min)	尖峰工作载荷/额定载荷	起动载荷/额定载荷
碾磨		100～5000	75～20	≤3	<1（卸载起动）
辊压磨		50～2000	25～10	≤3	<1（卸载起动）
筒形磨	棒球磨	100～5500	25～11	≤1.75	≤2
	球磨	100～8000	25～11	≤1.5	≤2
	砾石磨	100～5000	28～17	≤1.5	≤2

表 13.2-2 常用水泥磨齿轮减速器形式

磨机类型	功率/kW	齿轮减速器形式
碾磨	100～1000	立式、锥齿轮、圆柱齿轮减速器（见图 13.2-1b）
	600～5000	立式、锥齿轮、行星圆柱齿轮减速器（见图 13.2-1c）
辊压磨	50～2000	圆柱齿轮减速器（见图 13.2-4a） 行星齿轮减速器（见图 13.2-4b）
筒形磨	100～2000	边缘传动装置（见图 13.2-8）
	600～8000	双、多分支边缘传动装置（见图 13.2-9、图 13.2-10）
	600～8000	单、双多分支中心传动闭式减速器（见图 13.2-13～图 13.2-19）
	800～8000	行星齿轮减速器（见图 13.2-20、图 13.2-21）

水泥磨齿轮减速器是典型的低速重载齿轮装置，其工况特点是：功率大、转速低、转矩大、工作条件恶劣、大多有严重的冲击载荷，要求的可靠度高、寿命长。

大型减速器所能传递的最大转矩受机床加工能力的限制。采用硬齿面齿轮和功率分流，使最大输出转矩有可能比一般无分流的调质齿轮减速器高出10倍左右，就可显著减少传动装置的尺寸重量和制造费用，提高耐磨性，增长寿命和提高效率。因而，硬齿面技术和功率分流均载结构的特别设计成为大功率水泥磨减速器的技术关键。

对调质齿轮减速器用双圆弧齿轮替代原来的渐开线齿轮亦是一条提高承载能力和增长使用寿命的重要途径。

本章将介绍不同水泥磨常用传动形式的结构特点

及其主要均载方式。

2　碾磨减速器

碾磨机在近几十年才用于水泥的矿石粉磨，它靠辊轮对物料施加巨大的碾压力将物料碾碎、碾磨的。碾磨机的外形见图 13.2-1a，下部为减速器，常用的减速器形式有圆锥、圆柱齿轮减速器和圆锥、行星圆柱齿轮减速器两种，见图 13.2-1b 和 c。

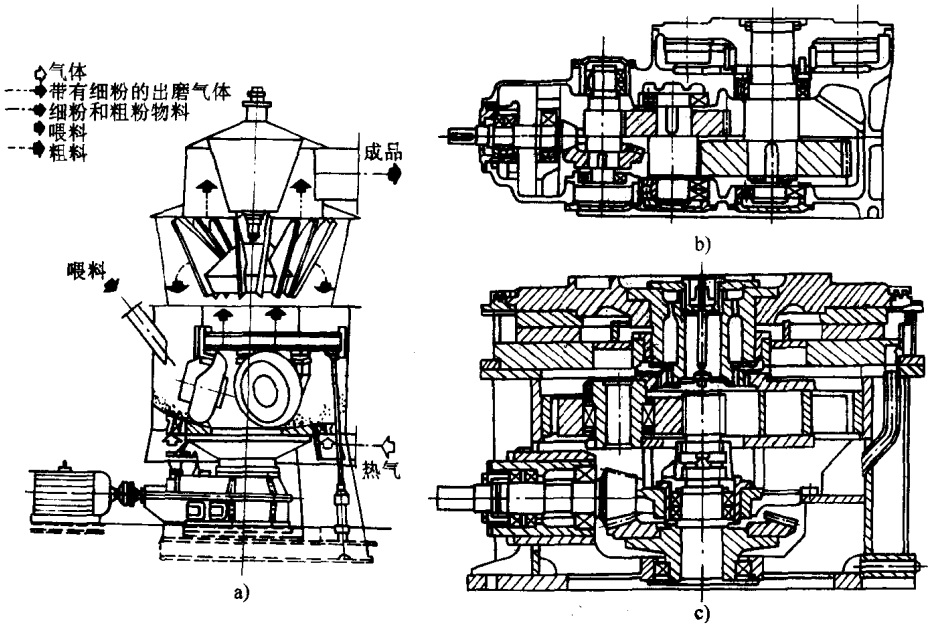


图 13.2-1　碾磨机及其传动装置
a）碾磨机　b）圆锥、圆柱齿轮减速器　c）圆锥、行星齿轮减速器

碾磨减速器的输出法兰直接与磨盘相接，除具有传递转矩和匹配转速的功能外，还必须承受巨大的磨粉力和几乎整个磨机的重量并将其传入地基。齿轮、轴和轴承的计算，应考虑能承受高的冲击载荷，使用系数应取到 $K_A=2.5\sim3$。

碾磨减速器设置在磨盘下的推力轴承是区别于其他类型水泥磨减速器的关键部件。推力轴承虽可采用大型推力圆锥滚子轴承，但需特制，故现多采用滑动轴承（可用静压动压或动静压轴承），碾磨的可倾瓦滑动推力轴承及常用的瓦块形式见图 13.2-2。

可倾瓦止推轴承的技术要点：

1）各推力瓦块的高度差<0.02mm。

2）瓦块及推力盘的表面粗糙度要达到 R_a0.2～0.4μm。

3）至少要对两个瓦块进行温度监控。

4）要保证瓦块始终浸压在润滑油里，尽量避免瓦块进出的冷热油相混，静压或动压轴承结构的减速器起动和停机时通高压油，动压轴承结构的减速器应在辊子加压前起动磨机，辊子卸压后再停止磨机转动，以保护推力轴承。

5）每块瓦下面设软钢垫支承半球面或半圆柱面偏心铰支承，靠软钢垫的塑性变形使各块瓦均载。

碾磨减速器的竖向输出轴通过花键或胀套联接磨盘法兰。磨粉产生的径向力（约为碾磨压力的 15%）由

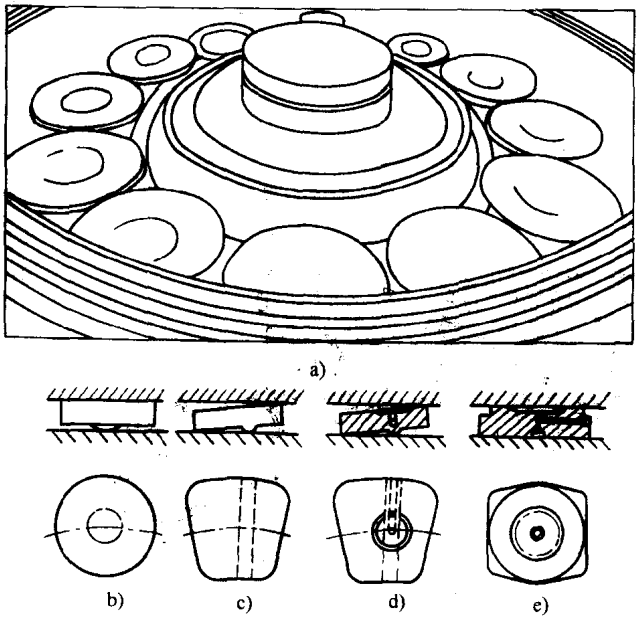


图 13.2-2　碾磨的可倾瓦滑动推力轴承
a）碾磨的推力轴承　b）、c）、d）、e）瓦块形式

输出轴上部的滚子轴承承受。

为了保证磨辊的支承和减速器的壳体变形不超过滑动轴承的润滑间隙，及保证齿轮正常运行的精度，除壳体要有足够的刚度外，底座必须安装在加工过的非常平整的基础底板上，且用定位销定位。

图13.2-1所示的两种碾磨减速器特点如下：

(1) 三级圆锥圆柱齿轮减速器　齿轮为硬齿面精加工，虽然直径较过去用的调质齿轮减速器可减小许多，但仍需要很大空间，故壳体不能直接设在推力轴承下面，而在其外侧。这样，壳体就将承受附加弯矩，因此，壳体必须增加刚度。

(2) 圆锥齿轮、行星齿轮减速器　圆锥齿轮、中心轮和行星轮为渗碳淬火磨齿齿轮，内齿圈为调质的中硬齿面齿轮，两级传动。外壳立壁可位于推力轴承下面，壳体不承受附加弯矩。有的减速器另有单独的内壳，使其壳体与磨粉力支承的功能分开。

(3) 两种减速器对比　行星减速器所需空间较小、重量较轻、效率较高，对磨粉力的支承也更合理，可以实现的功率范围更大。

(4) 碾磨减速器基本参数　我国已开发出多种碾磨减速器，如ZSJ立磨减速器（JB/T 6142—92），为圆锥圆柱齿轮形式，适用于火力发电行业辊型磨煤机的驱动，也适用于建材、冶金等行业类似传动设备，基本参数见表13.2-3。

ML型碾磨减速器为圆锥齿轮加行星齿轮传动，主要参数见表13.2-4。

表13.2-3　ZSJ型减速器基本参数

型　号	锥齿轮锥距 R/(mm)	中心距/mm		输出额定功率/kW	输入转速/(r/min)	总传动比 i	轴向载荷/N	质量/kg
		a_2	a_3					
ZSJ-2800	365.35	670	1120	396	990	37.3	110×10^4	25900
ZSJ-3350 (kV-3350)	410.51	750	1320	561	990	40.819		32500

注：生产单位：中信重型机械公司。

表13.2-4　ML型碾磨减速器的主要参数

型　号	ML20	ML30	ML40
电动机功率(kW)	200	370	430
输入转速/(r/min)	990	990	990
输出转速/(r/min)	43.029	36.697	34.687
齿轮箱质量/kg	6390	10500	11500

注：生产厂：南京高速齿轮箱厂。

3　辊压磨减速器

辊压磨机（见图13.2-3）通常用于水泥熟料、石灰石、砂石、煤或其他矿石物料的粉磨。物料通过下料溜于重力式喂入辊压机内两个相对旋转的辊子之间，在极高的压力下对物料进行挤压和粉磨。其工作特点为：两个辊子分别由电动机通过减速器驱动，且功耗不等；必须有一个活动辊可横向移动，粉磨压力通过活动辊由一个带有蓄能装置的液压站提供，以适应运转中物料性能的变化。及墙料或辊子磨损后再加工尺寸减小引起的中心距变化（一般10～40mm）；当喂料量变化或堵料时，转矩波动较大，机组的冲击振动较大。使用系数 K_A 一般取2.5以上。因辊压机需要一个辊缝间距，且一个减速器必须悬挂在频繁移动的活动辊上，这就对减速器的性能提出很高的要求。减速器有圆柱齿轮和行星齿轮两种结构，因行星结构体积小、重量轻，节省空间且可靠性高而获得更广泛的应用，两种结构的比较见图13.2-4。

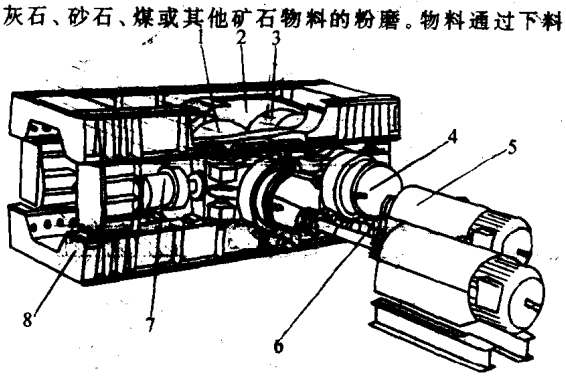


图13.2-3　辊压磨机
1—活动辊　2—喂料口　3—固定辊　4—行星齿轮减速器　5—电动机　6—万向轴　7—液压缸　8—机框

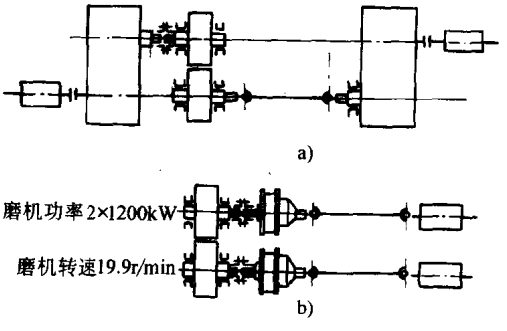


图13.2-4　辊压磨机用两种减速器比较
a) 用圆柱齿轮减速器　b) 用行星齿轮减速器

(1) 圆柱齿轮减速器　采用图 13.2-5 所示的功率分流结构，第 1 级第 2 轴装有两个螺旋线方向相反的小齿轮，每一小齿轮分别与高低位置不同的轴上的大齿轮啮合，最后这两轴上的小齿轮同时与第 3 级的大齿轮啮合。均载是靠第 2 轴上的两个小齿轮自由地沿轴向自位移动来实现的。

该减速器小齿轮是硬齿面，大齿轮调质，如全采用硬齿面磨齿，尺寸将约缩小到 60%；如果不采用功率分流，即使使用硬齿面，尺寸也只能减小到 80%。

(2) 行星减速器　其结构见图 13.2-6。电动机可直接装在减速器上，用传动带驱动减速器，也可装在地面上，用万向联轴器联接驱动减速器。收缩盘把减速器

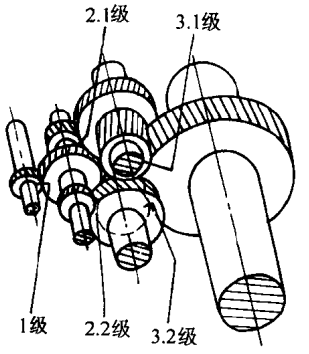
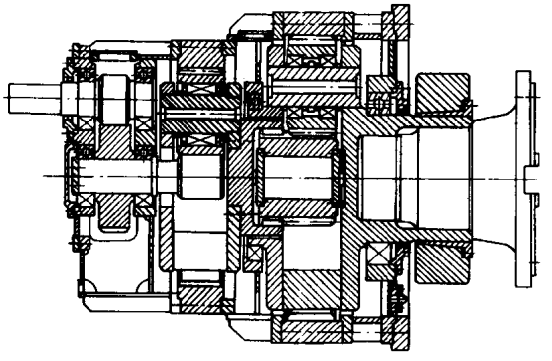
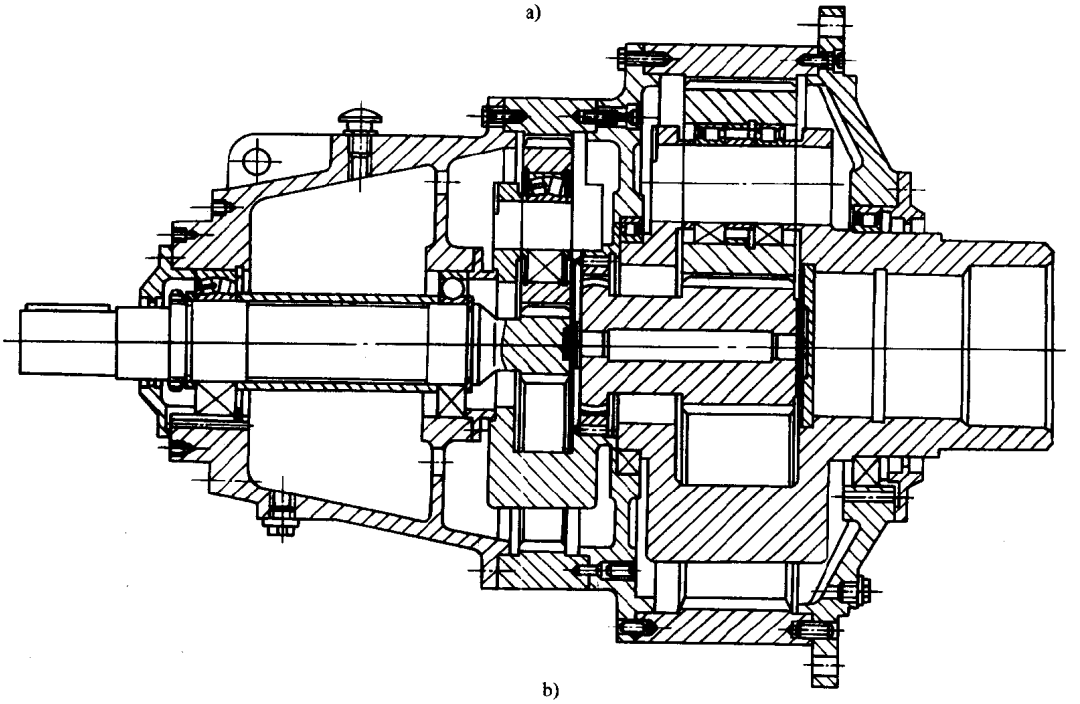


图 13.2-5　圆柱齿轮减速器传动形式



a)



b)

图 13.2-6　辊压磨行星减速器

a) MXL 型行星减速器结构　b) GZL 型行星减速器结构

牢固地固定在辊子的轴径上。特殊的转矩支承用于补偿活动辊的位移，吸收减速器的反力并传到基础中去，其机构见图 13.2-7。

这种行星减速器的小齿轮、行星齿轮、平行轴齿轮均为硬齿面，内齿圈为中硬齿面调质齿轮。

MXL 型辊压磨行星减速器结构见图 13.2-6a，主要参数见表 13.2-5。GZL 型辊压磨行星减速器的结构见图 13.2-6b，主要参数见表 13.2-6。

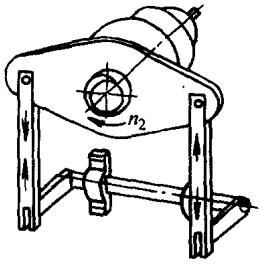


图 13.2-7 允许减速器位移的转矩支承

表 13.2-5 MXL 型辊压磨行星减速器主要参数

参数 \ 规格	MXL140	MXL150	MXL170	MXL190	MXL200	MXL224	MXL250	MXL265	MXL280
输入转速(r/min)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
传动比 i	40	40	40	40	40	40	40	40	40
功率/kW	75	105	142	185	232	300	377	490	600
质量/kg	1120	1290	1780	2225	2610	3750	494	5960	7330

注：生产厂：南京高速齿轮箱厂。

表 13.2-6 GZL 型辊压磨行星减速器主要参数

参数 \ 规格尺寸	GZL425-28	GZL600-40	GZL630-40	GZL710-40	GZL850-40	GZL950-40	GZL1060-40	GZL1400-56
输入转速(r/min)	980	1150	1150	1150	1150	1050	1000	1060
传动比 i	27.75	39.73	40.22	39.43	40.53	39.42	38.84	55.59
功率/kW	55	115	135	200	315	400	500	800
输出转矩/kN·m	15.0	33.2	44.8	66.4	105	146	191	288
适用辊压机规格/mm	ϕ800×150	ϕ1000×250～260	ϕ1000×250～300	ϕ1000×400	ϕ1000×630	ϕ1150×1000	ϕ1150×1000	ϕ1150×1050
轮廓尺寸/m	ϕ0.63×0.90	ϕ0.85×1.23	ϕ0.9×1.28	ϕ0.99×1.43	ϕ1.13×1.58	ϕ1.29×1.84	ϕ1.40×2.0	ϕ1.80×2.56
质量/kg	550	1210	1390	1890	2630	4150	5360	9680

注：生产单位：中信重型机械公司。

4 筒形磨减速器

筒形磨是有悠久应用历史的水泥粉磨设备，在长期的发展中形成了边缘传动和中心传动两大类传动形式，每类形式又有不同的结构。

筒形磨的载荷比碾磨和辊压磨平稳，使用系数 K_A 对棒球磨可取 1.75，对球磨可取 1.5。

4.1 边缘传动

边缘传动的输出级大齿轮(圈)装在筒形磨出料端法兰盘上，小齿轮设在其侧面水平中心线下约 30°的位置上，由电动机经由一台闭式单级（个别为两级）圆柱齿轮减速器和一根长轴拖动。典型的边缘单级传动装置见图 13.2-8。

与其他传动形式相比，由于输出大齿轮省去了轮心和支承，输出级齿轮的尺寸与磨机法兰协调的裕度大，且可用廉价的低技术水平的大型设备制造，制造容易、简单，故造价最低，使用较普遍。

这种传动的最大缺点是，输出级齿轮的防尘及密封设施曾长期难以完善，故称开式传动，润滑条件差，