

减速器图册

航空工业部第六〇八研究所二室 编著

国防工业出版社

V 233.1-64
H 21
C.1

减 速 器 图 册

航空工业部第六〇八研究所二室 编著

国防工业出版社

210552

内 容 简 介

本书是国内首次较全面系统地收集和加工整理国外航空减速器资料。共提供了 47 种航空减速器以及传动系统的结构图片、说明图片 290 幅, 以及大量技术数据。并从性能、结构、润滑和试验等方面介绍了各种减速器的特点。列出了主要参考资料 110 篇。

本书对从事航空和非航空的机械传动有关工程技术人员均有参考价值。

减 速 器 图 册

航空工业部第六〇八研究所二室 编著

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
河北涿中印刷厂印刷

787×1092 1/8 印张 18 482 千字

1983年6月第一版 1983年6月第一次印刷 印数: 0,001—47,500册
统一书号: 15034·2443 定价: 2.85元

前 言

迄今为止, 齿轮减速器仍然是航空发动机驱动旋翼和螺旋桨所必不可少的部件, 它是现今直升机旋翼传动系统、涡轮螺旋桨发动机和涡轮轴发动机的组成部分。在航空减速器诸用途中以传动直升机旋翼所占地位尤为重要。由于直升机有它的独特优点, 因此在军用、民用领域中被广泛采用, 数量逐年增加, 它对减速器的性能、可靠性、可维护性、成本和生存力等要求也日益提高。目前减速器的传动功率已达到 20000 马力, 预计在未来的应用中可能达到几万马力。大型减速器的功率重量比已达到 6:1 马力/公斤。发动机功率涡轮的转速已有很大的提高, 目前已超过 40000 转/分, 它与旋翼的减速比达到了 120:1。三级传动减速器的效率已达到 98%。减速器翻修寿命已达到 2000 小时, 新研制的减速器要求翻修寿命为 4000 小时。

在民用航空领域, 为了减少噪音污染, 国外陆续研制了低噪音、低污染的涡轮风扇发动机, 多数采用齿轮减速器传动风扇, 以保持高的循环效率和简化气动部件的结构。随着减速器在大型低压比风扇发动机中的应用, 可能使传动功率大大提高, 并对减速器的效率提出更高的要求。此外, 在各种垂直和短距起落飞机以及组合动力飞机推进系统的研制中, 人们常用减速器作为动力传动的手段。可以预料, 航空减速器的应用范围将会扩大。

本《图册》第一次较全面系统地收集整理了国外航空减速器的资料。目的是: 向有关人员提供国

外航空减速器现状及发展情况; 特别是向有关专业技术人员提供有价值的技术资料, 以便作为技术工作中的参考和借鉴, 从而有利于吸收国外先进技术, 促进我国航空工业现代化建设。本《图册》经加工整理提供了 47 种国外减速器的资料, 其中包括: 直升机减速器及传动系统 27 种, 垂直起落飞机减速器 1 种, 涡轴、涡桨及涡轮发动机的减速器 19 种。它包括了国外目前生产和使用的很多典型机种, 还包括一些在研制的和属于方案论证的机种。着重提供了减速器和传动构件的结构图片。每个机种都有简要的文字说明, 并尽可能提供有关性能、结构、润滑和试验等方面的有用数据和情况。

为使《图册》的图面清晰, 便于阅读, 我们将图中的某些结构(主要是连接件)作了适当的简化和省略, 谨作说明。

本《图册》在编辑过程中, 承蒙有关单位和有关同志热心提供资料, 特此致谢。

本《图册》由周志烈、吴玉书、陈志宽主编, 参加编制的主要人员有: 汤亮钧、易治国、石晶辉、颜厥新、林晨, 参加部分工作的还有我室其他同志, 秦德成同志审阅了文字部分, 由钟爱民、杨雪梅描图。

由于我们水平有限, 加上有的资料残缺不全, 错误之处在所难免, 衷心希望广大读者给予批评指正。

作 者

1981.5.

目 录

1 S-58T 直升机减速器.....	1	25 SA-365 (海豚-2) 直升机减速器	101
2 S-61直升机减速器.....	5	26 BO-105直升机减速器	104
3 S-61直升机滚柱齿轮减速器.....	9	27 PAH-2 直升机减速器方案	108
4 S-64直升机减速器.....	14	28 SV-20直升机减速器	109
5 S-65直升机减速器.....	20	29 T-56发动机减速器	111
6 自由行星减速器方案 (一).....	26	30 250-C、T 63发动机减速器.....	113
7 贝尔204直升机减速器	28	31 T 53-L-1 发动机减速器.....	115
8 OH-58直升机减速器	33	32 T 53-L-11发动机减速器.....	116
9 贝尔214直升机减速器.....	34	33 TPE 331 发动机减速器.....	117
10 波音·伏托耳107直升机减速器.....	41	34 TFE 731 涡轮风扇减速器	118
11 CH-47直升机减速器	43	35 T 65发动机减速器.....	119
12 XCH-62直升机减速器	51	36 AM-20 发动机减速器	120
13 自由行星减速器方案 (二).....	60	37 AM-24 发动机减速器	122
14 OH-6A 直升机减速器.....	61	38 HK-4 发动机减速器	124
15 F14-43B 直升机减速器	63	39 HK-12 发动机减速器	125
16 SH-2D 直升机减速器	66	40 达特 (Dart) 发动机减速器	126
17 XC-142A 垂直起落飞机减速器	67	41 苔茵 (Tyne) 发动机减速器	128
18 Mx-4 直升机减速器	70	42 宝石 (GEM) 发动机减速器	129
19 Mx-6 直升机减速器	74	43 阿都斯特 (Artouste) ■ B 发动机减速器.....	130
20 Mx-8 直升机减速器	79	44 透默 (Turmo) ■ C 发动机减速器	131
21 山猫 (Lynx) 直升机减速器	83	45 阿赫耶 (Arriel I) 发动机减速器.....	133
22 云雀 (Alouette) ■ 直升机减速器	86	46 PT 6 A-27 发动机减速器.....	135
23 SA-321 (超黄蜂) 直升机减速器	89	47 PT 6 T-6 发动机减速器	137
24 SA-330 (美洲豹) 直升机减速器	95		

1 S-58T直升机减速器

概 况

S-58 是美国西科斯基公司生产的单旋翼直升机，装有一台 1525 马力的 R-1820-84 B/D 活塞式发动机，原型机于 1954 年 3 月首次试飞。S-58T 是该机的涡轮型，于 1970 年 9 月首次试飞。最大起飞重量 5896 公斤。S-58T 装有一台 PT 6 T-3 涡轮轴发动机，起飞功率 1800 轴马力。1974 年 6 月开始改为装一台 PT 6 T-6，起飞功率 1875 轴马力，输出转速 6600 转/分，旋翼转速 248 转/分，尾桨转速 1489 转/分。S-58T 在正常情况下仅需 1450 马力，剩余功率用作储备功率。

S-58 传动系统与该公司以前设计的传动系统相比有较大的改进，减少了 25% 的零件。与 S-58 相比增加了角减速器。动力传动系统见图 1-1。

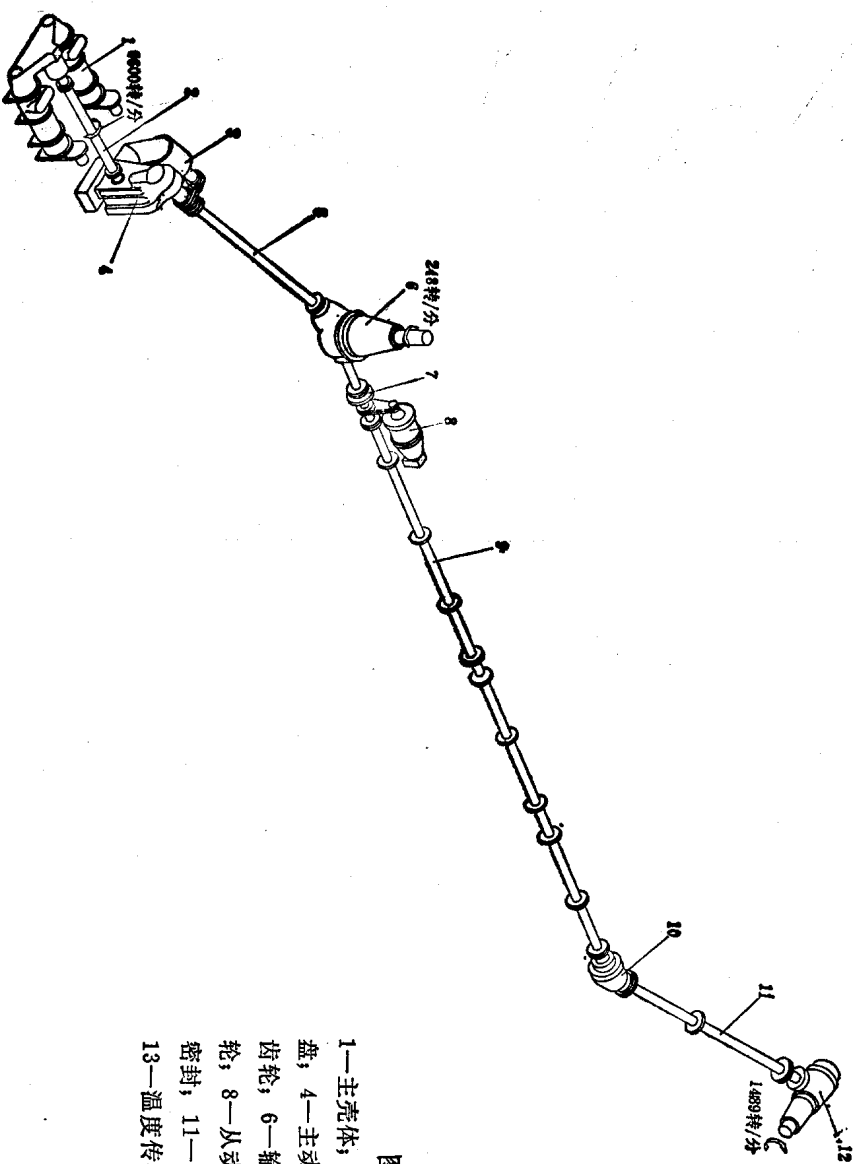


图 1-1 动力传动系统

1—PT6T-6 涡轮轴发动机，2—发动机传动轴，3—角减速器滑油冷却风扇，4—角减速器，5—主传动轴，6—主减速器，7—刹车盘，8—主减速器滑油冷却风扇，9—水平传动轴，10—中间减速器，11—斜传动轴，12—尾减速器。

角 减 速 器

新设计的角减速器放在发动机与主减速器之间，为适应发动机输出轴和主减速器输入轴的转向等要求，角减速器由两级传动组成。第一级斜齿轮减速，第二级螺旋锥齿轮换向减速。角减速器输出转速 2804 转/分，总减速比 2.35。重量 152 公斤。翻修寿命 1750 小时。

结构 如图 1-2 所示。主动斜齿轮轴用一个滚子轴承和一对向心推力球轴承简支，中间斜齿轮与主动锥齿轮轴用花键连接。一对锥齿轮轴交角 35°，都用两个圆锥滚子轴承和一个向心滚子

轴承支承。壳体上铸有 4 个安装孔，用螺栓固定在发动机舱内。角减速器具有独立的滑油系统，装有一个滑油泵和一个辅助液泵，输出法兰盘还带动皮带轮驱动滑油冷却风扇工作。

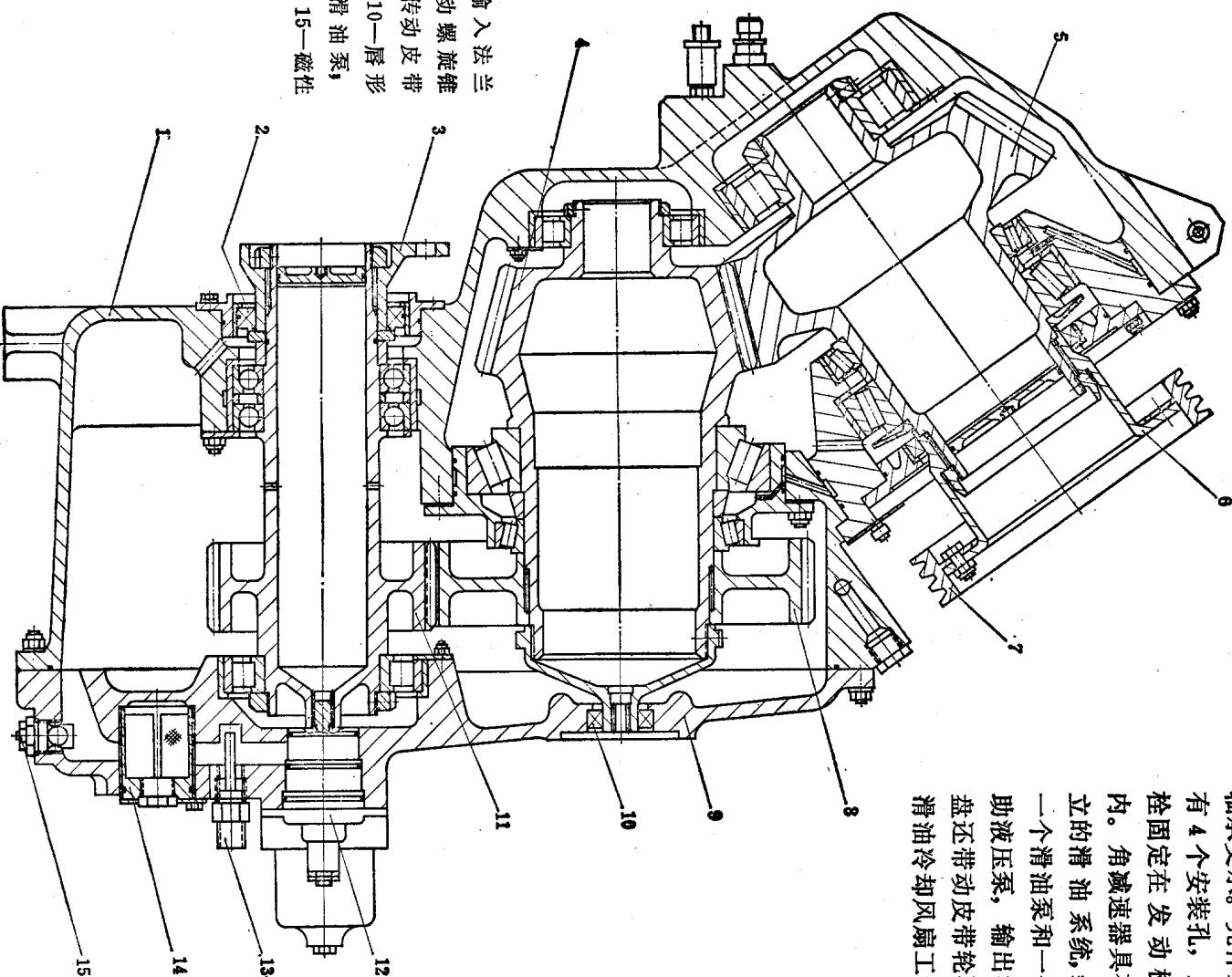


图 1-2 角减速器

1—主壳体；2—端面密封；3—输入法兰盘；4—主动螺旋锥齿轮；5—从动螺旋锥齿轮；6—输出法兰盘；7—风扇传动皮带轮；8—从动斜齿轮；9—后盖；10—唇形密封；11—主动斜齿轮；12—滑油泵；13—温度传感器；14—吸油滤；15—磁性屑检测器。

主 减 速 器

如图1-3所示。主减速器有两级传动，第一级为螺旋锥齿轮换向减速，轴交角 122° ，第二级为行星减速，总减速比11.3。重量282公斤。翻修寿命1500小时。

结构 如图1-4所示。主动锥齿轮用两个圆锥滚子轴承悬臂支承。从动锥齿轮与下轴用花键相连。下轴上部用两个圆锥滚子轴承支承，下部用滑动轴承支承。行星级有5个行星齿轮，里面各装有一个双列向心滚子轴承，行星架为板式组合结构，用钛合金制成。它与旋翼轴用螺栓连接，并用圆柱销传递扭矩。旋翼轴用两个滚子轴承和一个向心推力球轴承支承。太阳齿轮与下轴用花键连接，它可以浮动。

在尾传动输出齿轮轴上，装有附件传动直齿轮，以驱动滑油泵、转速表和液油泵等附件。

安装 上壳体下部有4个安装凸耳，通过8根钢杆与机身相连。下壳体上还备有辅助支点，减速器前倾 3° 。

润滑 滑油系统如图1-5所示。用外部管路引油到各壳体油路，供给齿轮和轴承润滑。

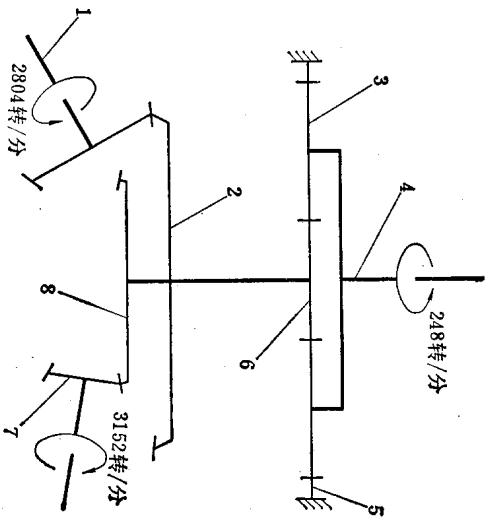


图1-3 主减速器传动简图
1—主动螺旋锥齿轮；2—从动螺旋锥齿轮；
3—行星齿轮（5个）；4—旋翼轴；5—固定齿
圈；6—太阳齿轮；7—尾传动从动螺旋锥齿轮；
8—尾传动主动螺旋锥齿轮。

1—输入法兰盘；2—主动螺旋锥齿轮；3—主壳体；4—行星齿轮；5—上壳体；6—旋翼轴；7—太阳齿轮；8—固定齿圈；9—轴承壳体；10—从动螺旋锥齿轮；11—尾传动输出法兰盘；12—尾传动从动螺旋锥齿轮；13—输入壳体。

图1-4 主减速器

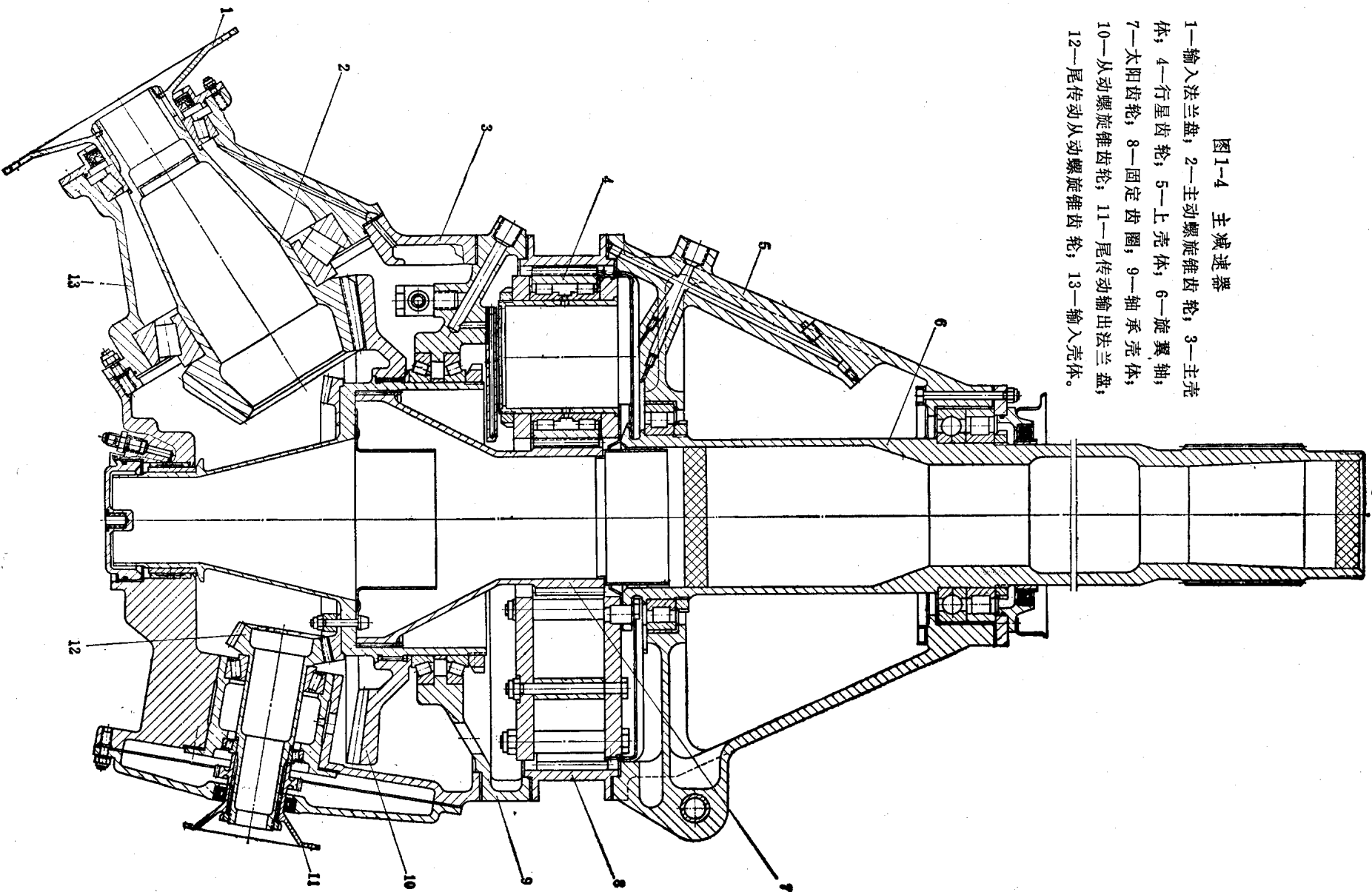


图1-5 主减速器滑油系统

1—滑油泵；2—吸油滤；3—温度传感器；4—温度指示器；5—压力开关；
6—低压报警灯；7—压力指示器；8—压力传感器；9—调压阀（4.2~5.6
公斤/厘米²）；10—散热器；11—旁路阀（71℃以下打开，71℃关闭）；12—
旁路阀（0.98~1.13公斤/厘米²）；13—供油滤。

中间减速器

如图1-6所示。有一对齿数相同的螺旋锥齿轮。工作转速3152转/分。重量13.2公斤。翻修寿命2000小时。锥齿轮轴用向心推力球轴承悬臂支承。齿轮和轴承采用飞溅润滑。

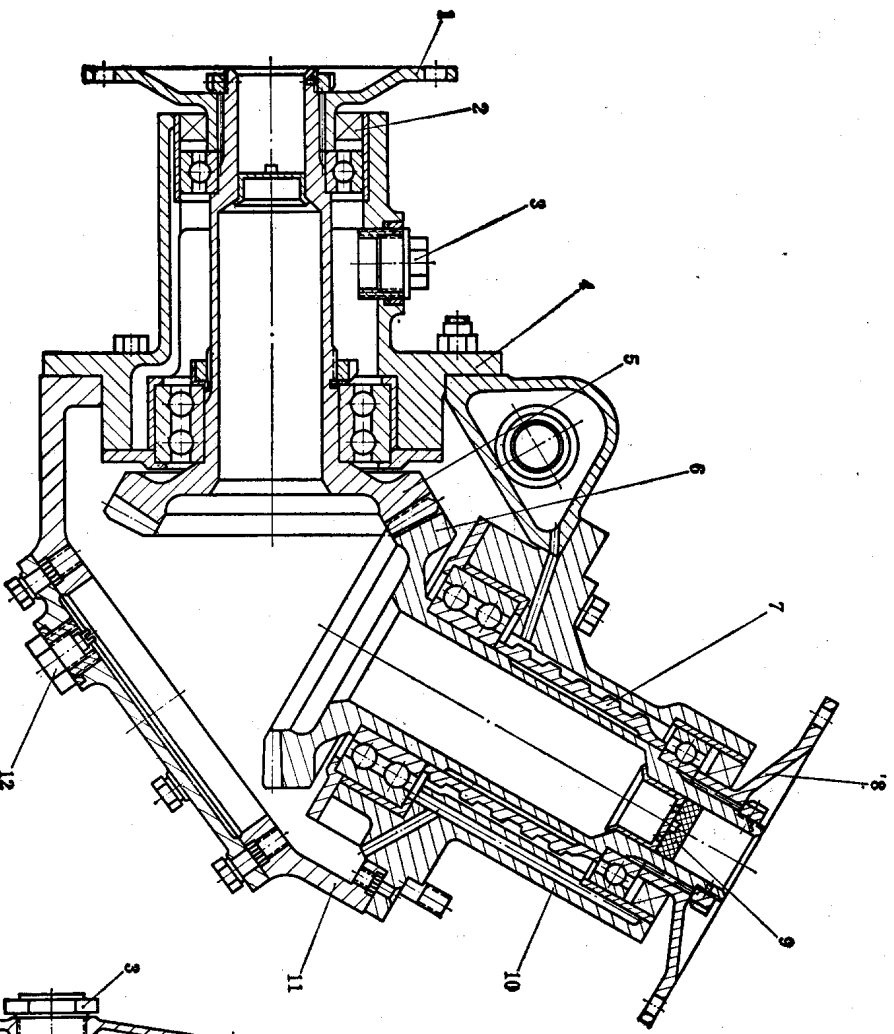


图1-6 中间减速器
1—输入法兰盘；2—唇形密封；3—加油口；4—输入壳体；5—主动螺旋锥齿轮；6—从动螺旋锥齿轮；7—螺旋回隔套；8—输出法兰盘；9—通气窗；10—输出壳体；11—主壳体；12—放油塞。

尾减速器

如图1-7所示。是一对轴交角为 90° 的螺旋锥齿轮换向减速传动装置，输入转速3152转/分；输出转速1489转/分，减速比2.12。重量21公斤。翻修寿命2000小时。主、从动齿轮轴各用两个圆锥滚子轴承悬臂支承，从动齿轮轴还有一个球轴承作为辅助支承。减速器内装有桨距操纵机构。齿轮和轴承采用飞溅润滑。

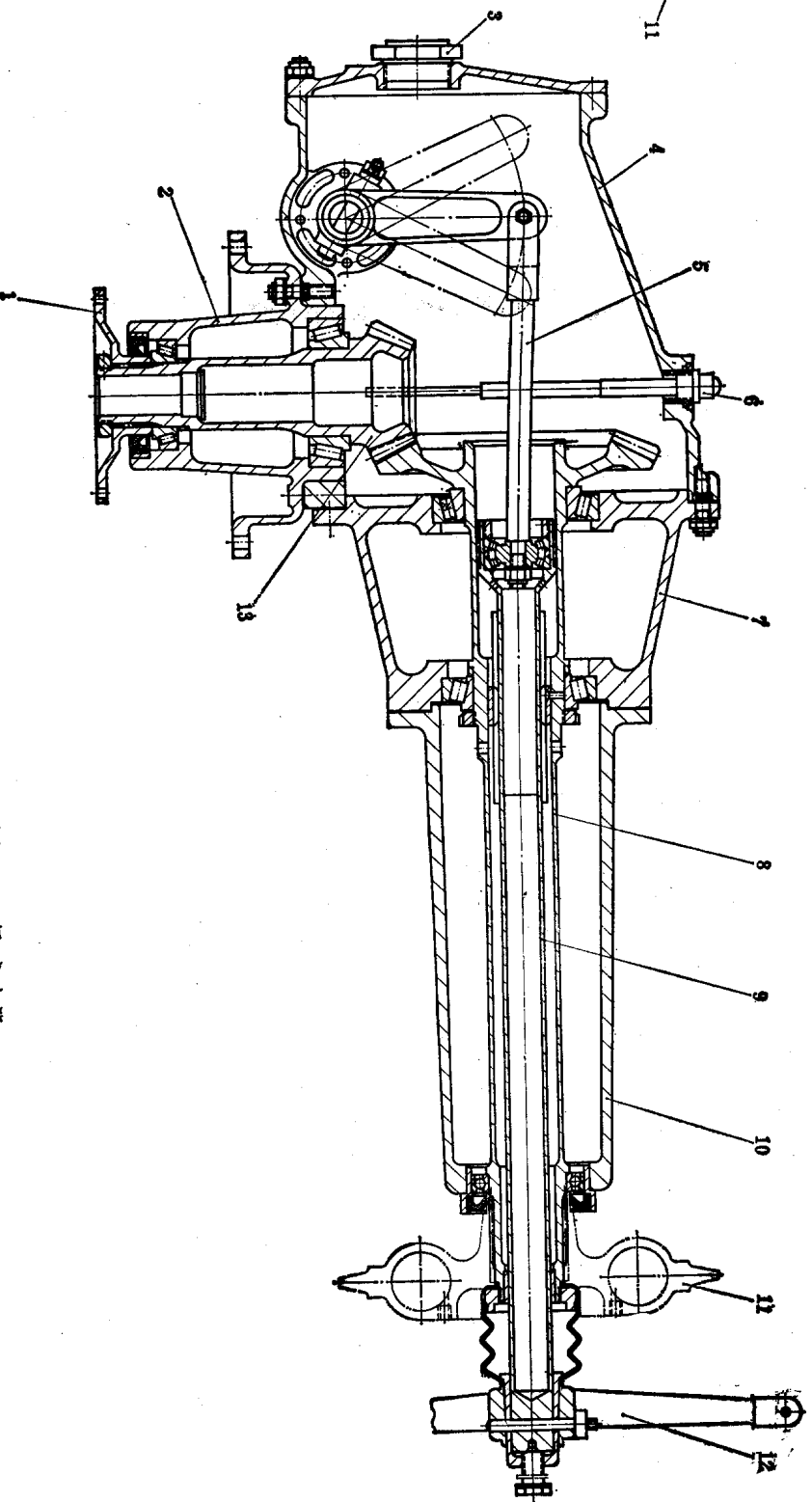


图1-7 尾减速器
1—输入法兰盘；2—输入壳体；3—油面观察窗；4—主壳体；5—桨距操纵杆；6—量油尺和加油口；7—中间壳体；8—尾桨轴；9—操纵轴；10—锥形壳体；11—尾桨毂；12—变距横杆；13—主动齿轮。

传 动 轴

发动机传动轴 如图 1-8 所示。为一根钢轴，两端装有叠片联轴器，中间无支点。叠片联轴器是直升机传动轴系上广泛使用的联轴器，它由十多片薄不锈钢片组成，与螺栓连接的两边装有球型垫片。不需要润滑，安全可靠，装卸方便，能适应较大范围的转速和扭矩，但补偿的角度偏斜较小，限于 1° 以内。

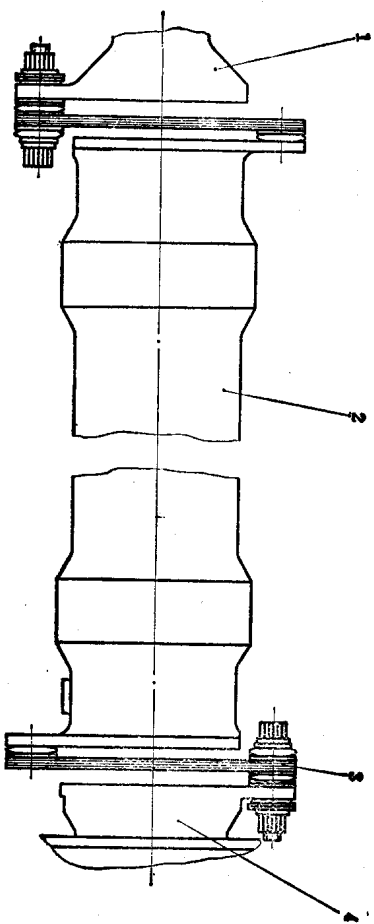


图1-8 发动机传动轴

1—法兰盘 (接发动机); 2—发动机传动轴; 3—叠片联轴器; 4—角减速器输入法兰盘。

主传动轴 如图 1-9 所示。为一根钢轴，两端用螺栓与法兰盘接头相连。通过法兰盘接头与橡胶联轴器连接。传动轴中间无支点。

水平传动轴 如图 1-1 和 1-10 所示。有五段轴，每段的结构与主传动轴相似，只是轴与接头

的连接采用了如图所示的方式，轴与轴之间用橡胶联轴器相连。第一段轴和第五段轴中间无支点。第二段轴用两个密封轴承支承，并装有皮带轮，驱动滑油冷却风扇。第三段轴用三个轴承支承。第四段轴用四个轴承支承。

橡胶联轴器是一种弹性联轴器，在早期的直升机轴系中使用比较普遍。利用橡胶的剪切弹性和压缩刚性以适应角度偏斜，并传递扭矩。联轴器有两个带凸爪的法兰盘，两盘的凸爪不直接啮合，它们之间隔着一块橡胶。这种联轴器适用于中等的转速和扭矩。

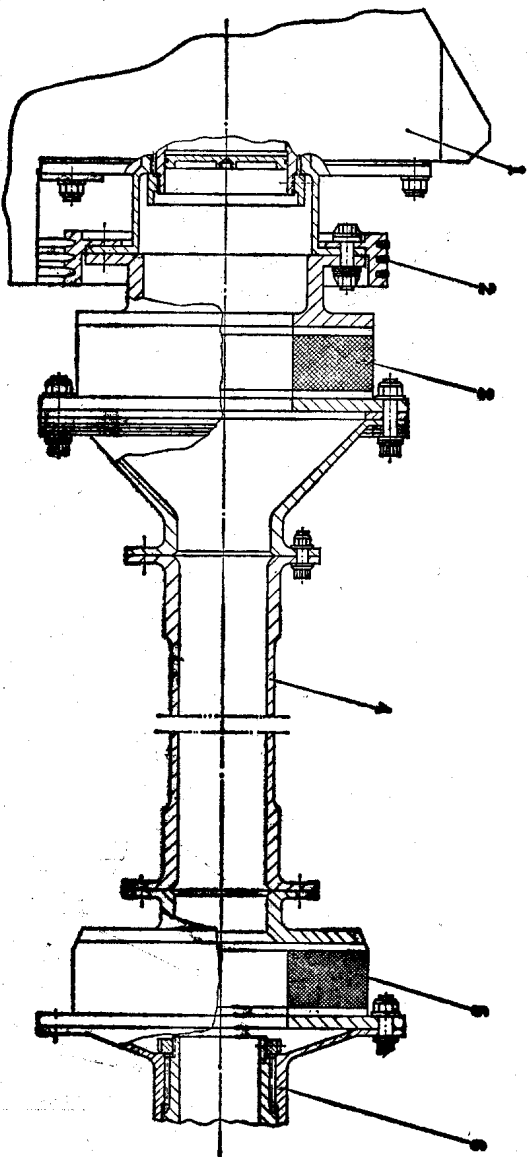


图1-9 主传动轴

1—角减速器; 2—风扇传动皮带; 3—橡胶联轴器; 4—主传动轴; 5—橡胶联轴器; 6—主减速器输入法兰盘。

斜传动轴 一根，结构与水平传动轴相似，中间有一个支点。
(1)

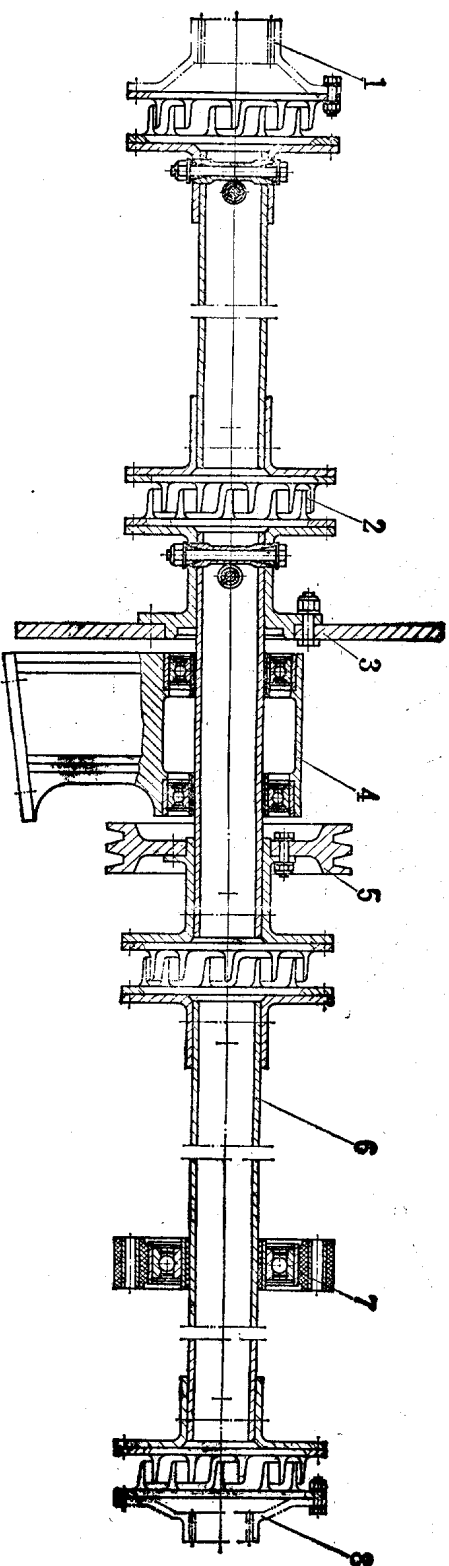


图1-10 水平传动轴

1—主减速器尾传动输出法兰盘; 2—橡胶联轴器; 3—刹车盘; 4—轴承座; 5—风扇传动皮带轮; 6—传动轴; 7—橡胶轴承座; 8—中间减速器输入法兰盘。

2 S-61直升机减速器

概 况

S-61 是美国西科斯基公司生产的中型单旋翼直升机。1961年9月开始交付使用。目前已有多种型号(表2-1), 主要用于海军。被许多国家使用。

表2-1 S-61 飞机有关数据

编 号	最大起飞重量 (公斤)	发 动 机	总安装功率 (轴马力)
SH-3A	8700	2台GE-T58-8	2500
VH-3A	8700	2台GE-T58-8	2500
SH-3D	9300	2台GE-T58-10	3000
CH-3C	9980	2台GE-T58-8	2500

动力传动系统如图2-1所示, 两台T-58涡轮轴发动机并排安装在主减速器前方, 通过主传动轴将功率输送给主减速器, 经并车和减速后传动旋翼及尾桨。发动机输出转速18966转/分。旋翼转速203转/分, 旋翼功率2100 马力。尾桨转速1243转/分。

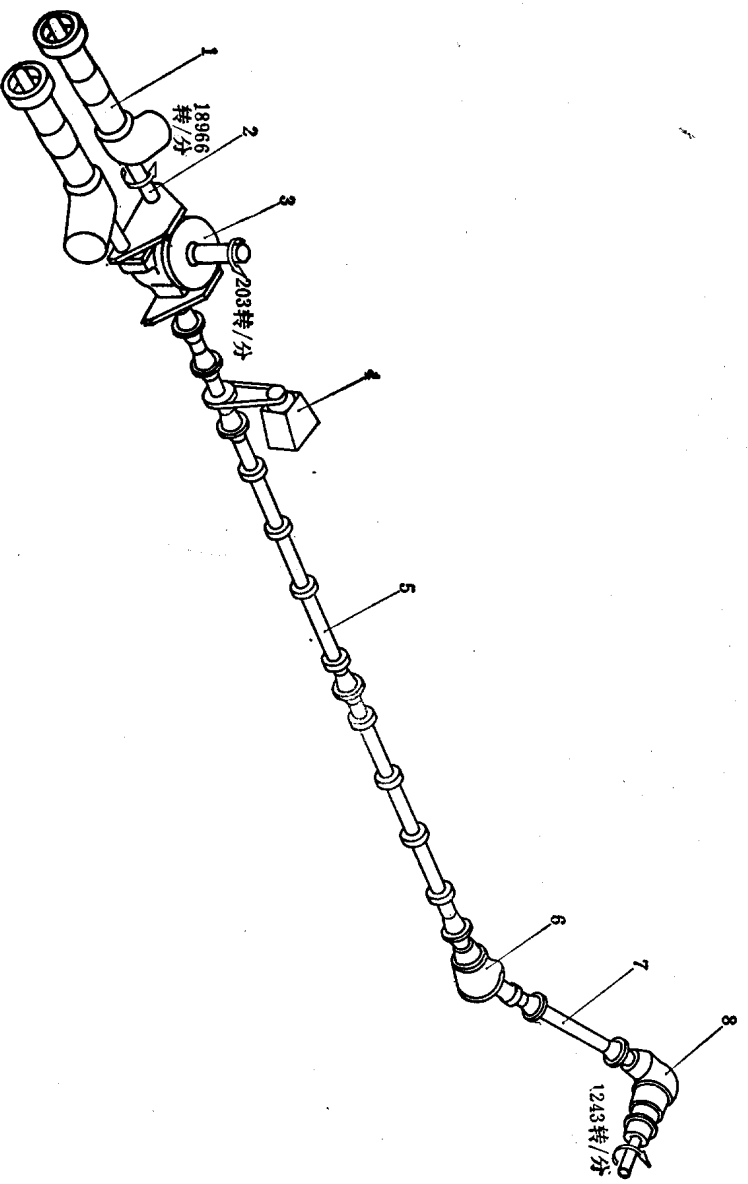


图2-1 S-61 动力传动系统
1—T-58发动机(两台); 2—主传动轴; 3—主减速器; 4—散热器; 5—水平传动轴; 6—中间减速器; 7—斜传动轴; 8—尾减速器。

主 减 速 器

主减速器包括四级传动: 第一级直齿轮减速, 第二级斜齿轮并车减速, 第三级螺旋锥齿轮换向减速, 第四级行星减速。总减速比93.4。效率96.7%。重量613公斤。

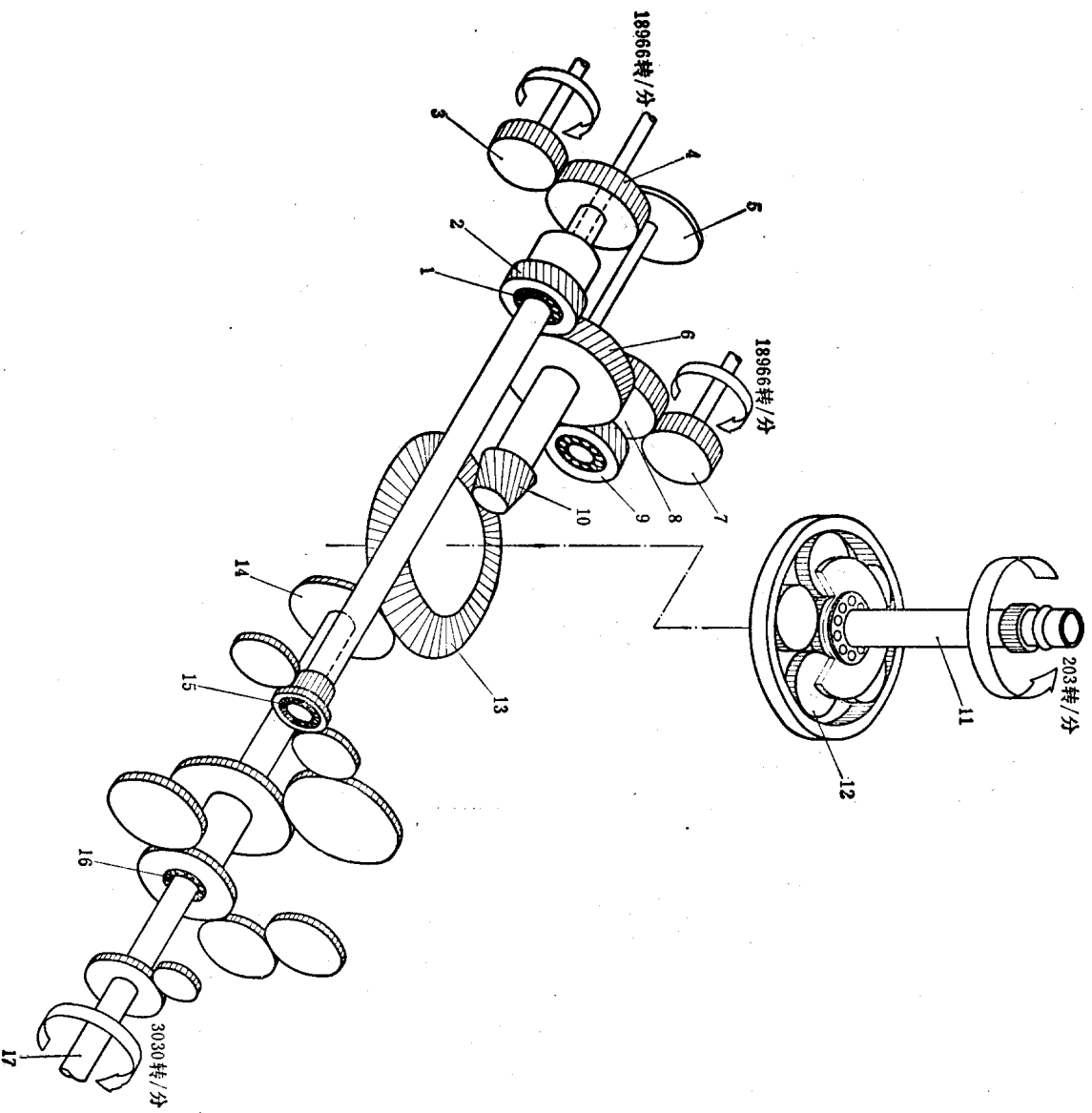


图2-2 主减速器传动简图
1—左单向离合器; 2—左并车主动斜齿轮; 3—左主动齿轮; 4—左从动齿轮; 5—刹车盘; 6—并车从动斜齿轮; 7—右主动齿轮; 8—右从动齿轮; 9—右并车主动斜齿轮; 10—换向主动螺旋锥齿轮; 11—旋翼轴; 12—行星轮系; 13—换向从动螺旋锥齿轮; 14—尾传动从动锥齿轮; 15—附件传动离合器; 16—尾传动离合器; 17—尾传动输出轴。

结构 并车传动如图2-3所示。第一级主动直齿轮由两个滑动轴承简支，从动直齿轮用螺旋固定在离合器的主动轴上。滚柱式单向离合器位于第一级减速之后，以保证该组件在较低转速下可靠工作。主动轴前端有液活活塞式测扭机构，利用斜齿轮产生的轴向力与油腔压力平衡的原理测量齿轮传递的扭矩。在左离合器内装有旋翼脱开操纵机构，当要求左发动机在地面只带动附件

工作时，便操纵该机构使发动机与旋翼脱开。离合器保持器上开有斜槽，当操纵杆向前移动时，脱开机构便拨动保持器转动，使滚柱处于脱开位置。由于离合器主动轴支点距离较大，后滚子轴承采用外圆球面轴承，以保证轴承可靠工作。并车主动斜齿轮与离合器外套圈制成一体，从动斜齿轮用花键与换向主动锥齿轮轴连接。

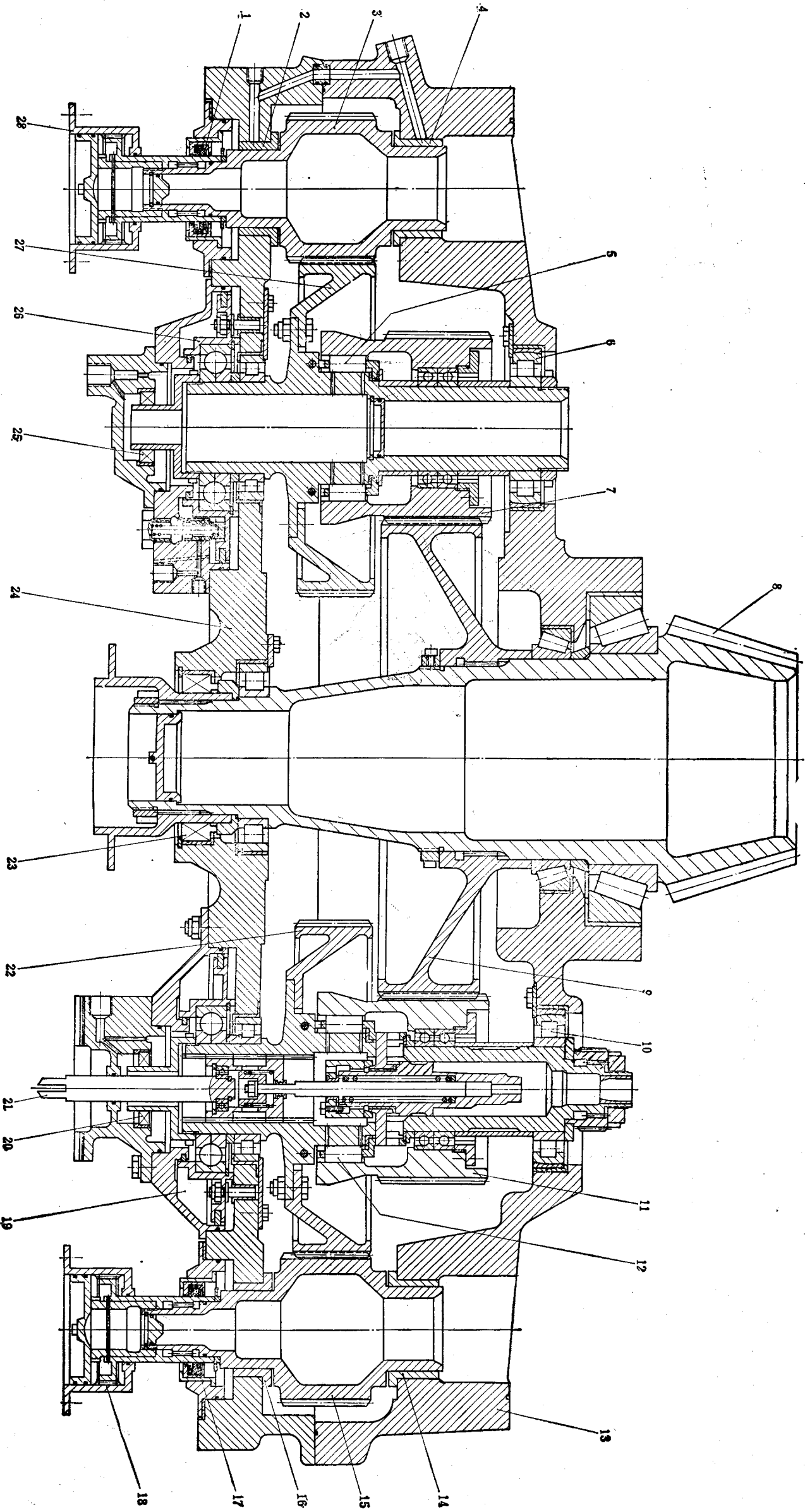


图2-3 主减速器(一)

- 1—圆周石墨密封；2—滑动轴承；3—右主动齿轮；4—滑动轴承；5—滚柱单向离合器；6—外圆球面滚子轴承；7—并车主动齿轮；8—换向主动锥齿轮；9—并车从动齿轮；10—外圆球面滚子轴承；11—并车主动齿轮；12—滚柱单向离合器；13—前壳体；14—滑动轴承；15—左主动齿轮；16—圆周石墨密封；17—左联轴器；18—测扭油腔；19—端面密封；20—唇形密封；21—旋翼脱开操纵杆；22—左从动齿轮；23—端面密封；24—前盖；25—唇形密封；26—测扭活塞；27—右从动齿轮；28—右联轴器。

换向减速传动如图2-4所示。换向锥齿轮减速比3.39。主动螺旋锥齿轮轴用两个圆锥滚子轴承和一个圆柱滚子轴承简支。从动锥齿轮背面的锥齿轮带动尾传动从动锥齿轮。换向从动锥齿轮与下轴用螺栓连接，下轴采用大直径薄壁结构，具有良好的刚性。行星级减速比4.63。共有五个行星齿轮，由两排圆柱滚子支承在行星架上。行星架采用板式组合结构，用钛合金板制成，上

板与旋翼轴用螺栓连接，销钉传扭。太阳齿轮可以径向浮动。固定齿圈兼作减速器的钢壳体。旋翼轴一直伸到减速器底部，上支点为滚子轴承，下支点为双排向心推力球轴承，承受飞机的全部载荷。减速器通过下部四个安装支点固定在飞机上。

S-61N主减速器系S-61改进型，翻修寿命达到1000小时。

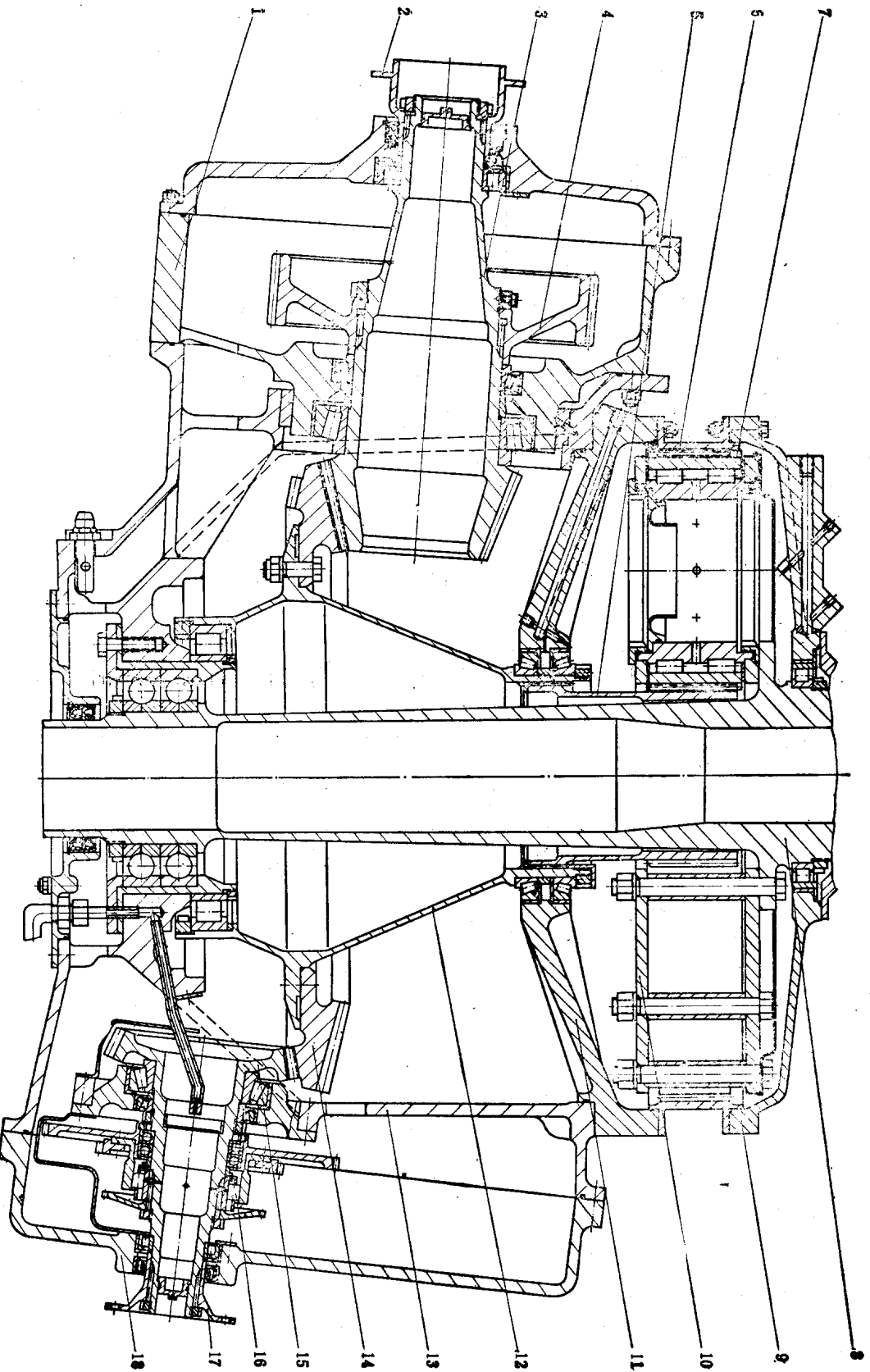


图2-4 主减速器(二)

1—前壳体，2—刹车传动法兰盘，3—换向主动锥齿轮，4—并车从动齿轮，5—太阳齿轮，6—固定齿圈，7—行星齿轮(5个)，8—旋翼轴，9—上壳体，10—行星架，11—中间壳体，12—下轴，13—主壳体，14—换向从动锥齿轮，15—尾传动从动锥齿轮，16—尾传动离合器，17—尾传动输出法兰盘，18—后壳体。

中间减速器

中间减速器有一对螺旋锥齿轮，速比1.0，工作转速3030转/分，齿数29，直径4.46（模数5.69毫米），典型飞行任务的当量功率为126马力。齿轮轴用两个圆锥滚子轴承悬臂支承，齿轮和轴承系飞溅润滑。S-61N中间减速器寿命3000小时。

在直升机传动系统中，如果使用油脂润滑，可有效地改善易损性、减轻重量和简化维护要求。为了探讨中、尾减速器采用油脂润滑的可能性，在修改后的S-61中、尾减速器中，采用MIL-G-83363润滑脂进行润滑试验，经过300小时正常载荷试验、90小时高负荷试验和50小时低温试验，结果表明：中、尾减速器运转良好，没有明显的磨损、胶合或过热损坏。在此成果的基础上，在该公司为陆军研制的YUH-60A直升机中、尾减速器中采用了油脂润滑。

供试验的中间减速器如图2-5所示。其中两个轴承加了挡油盘，油槽区加了铝制折板，以保证轴承和齿轮的润滑。唇形密封去掉了弹簧。

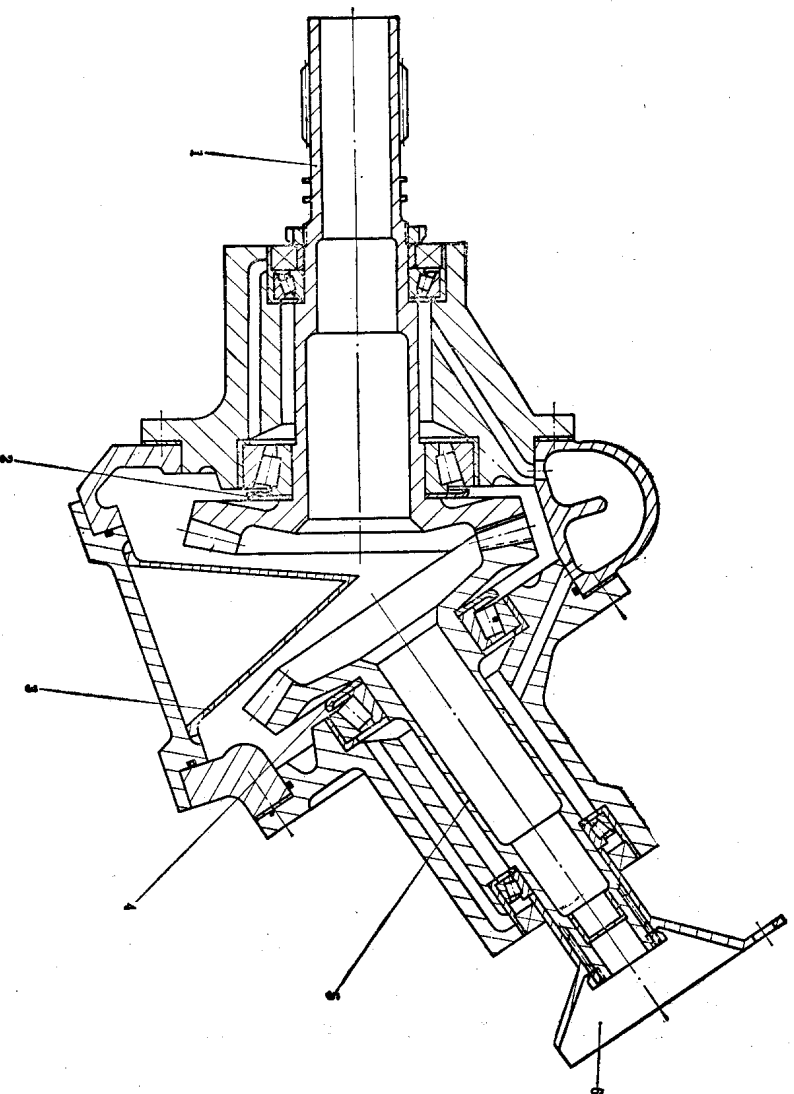


图2-5 供试验的中间减速器

1—主动螺旋锥齿轮；2—挡油盘；3—铝折板；4—挡油盘；5—从动螺旋锥齿轮；6—输出法兰盘。

尾减速器

尾减速器有一对90°轴交角的螺旋锥齿轮。典型飞行任务的当量功率为126马力。输入齿轮轴用两个圆锥滚子轴承悬臂支承，输出轴用两个圆锥滚子轴承和一个向心球轴承支承，齿轮和轴承采用飞溅润滑。S-61N尾减速器寿命3000小时。传动数据见表2-2。

供试验的尾减速器如图2-6所示，在轴承上增加了挡油盘。

表2-2 尾减速器传动数据

名称	齿数	直径	模数 (毫米)	转速 (转/分)	减速比
主动锥齿轮	16	4.05	6.27	3030	2.44
从动锥齿轮	39			1243	

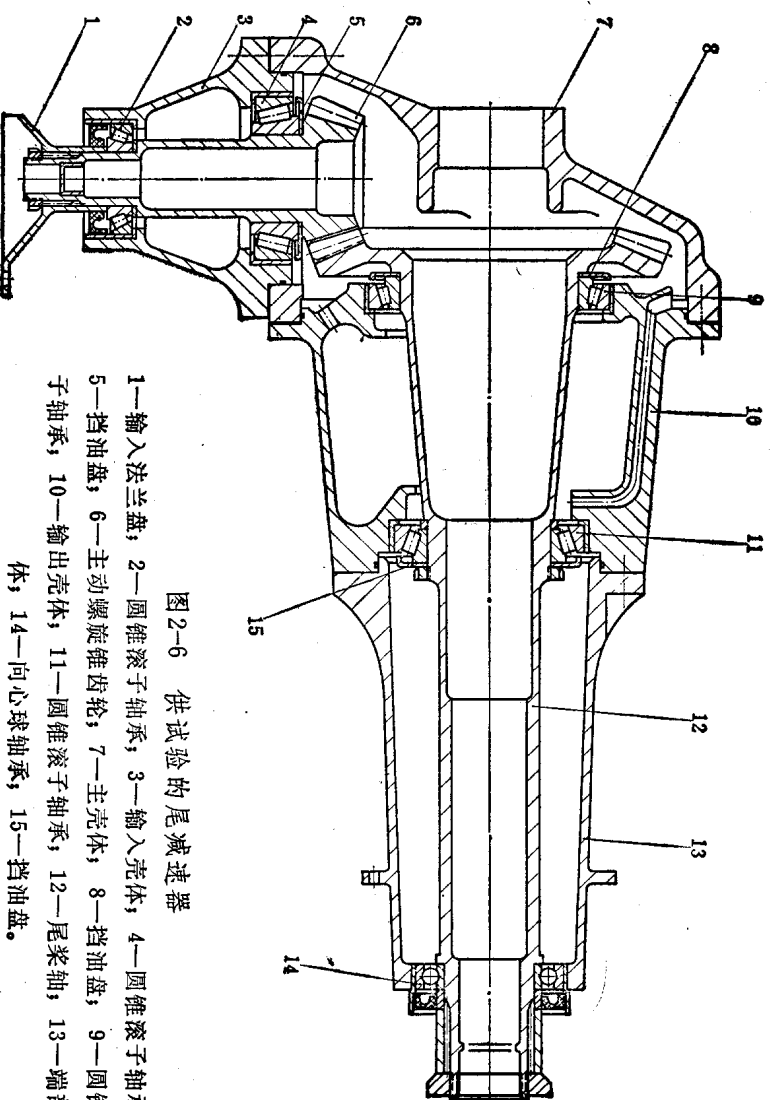


图2-6 供试验的尾减速器

1—输入法兰盘；2—圆锥滚子轴承；3—输入壳体；4—圆锥滚子轴承；5—挡油盘；6—主动螺旋锥齿轮；7—主壳体；8—挡油盘；9—圆锥滚子轴承；10—输出壳体；11—圆锥滚子轴承；12—尾桨轴；13—端部壳体；14—向心球轴承；15—挡油盘。

传动轴

尾传动轴是亚临界轴，工作转速3030转/分。水平传动轴系配置有多个支点，各段轴之间用叠片联轴器连接。滑油冷却风扇由水平传动轴通过皮带传动。斜传动轴只有一段，两端的叠片联轴器分别与中、尾减速器连接。

〔2〕〔3〕〔4〕〔5〕

3 S-61直升机滚柱齿轮减速器

概 况

滚柱齿轮传动是一种新的传动类型。直升机减速器采用这种传动方式有许多优点。它可以提高效率，增加可靠性，减轻重量，减小高度和降低低齿轮噪音。

1963年，美国TRW公司首先开展滚柱传动的方案探讨，其后又进行了200马力和1100马力的滚柱齿轮减速器的试验研究，取得了初步成果。西科斯基公司和贝尔公司也相继进行了在直升机减速器中采用滚柱齿轮传动的可行性研究。其中西科斯基公司的研究导致了在改型的S-61直升机上装滚柱齿轮减速器计划的实施，1971年完成滚柱齿轮减速器的设计和制造，提供了四套减速器和两套主要备件进行试验。

改型的S-61直升机总重12247公斤。装两台T58-GE-16涡轮轴发动机，每台功率1870马力，输出转速18966转/分。旋翼转速203转/分。尾桨转速1241转/分。

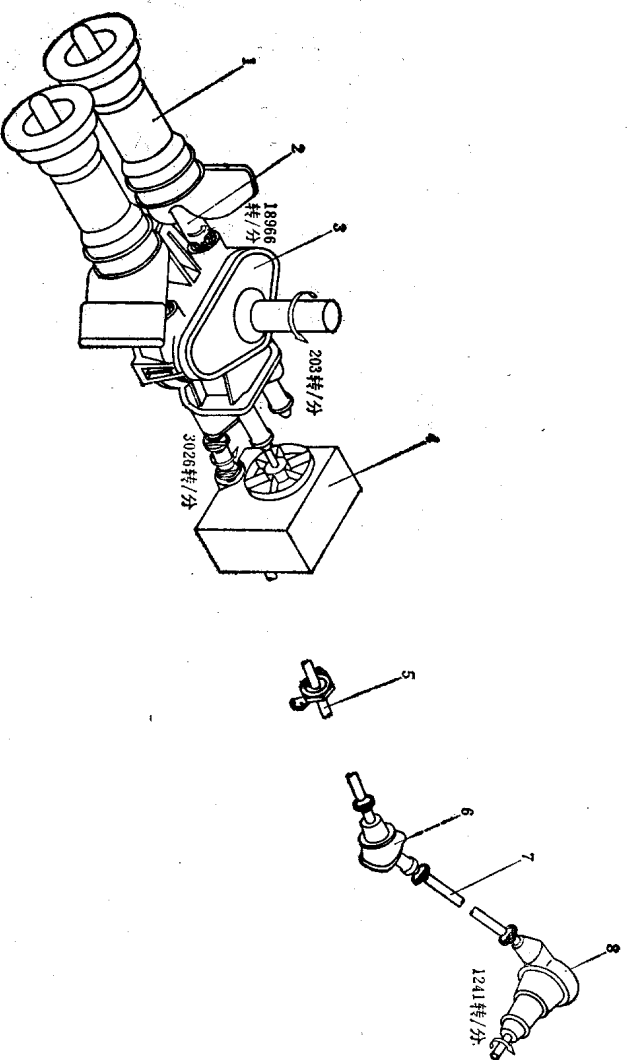


图3-1 动力传动系统

1—T58-GE-16发动机（两台）；2—主传动轴；3—主减速器；4—散热器；5—水平传动轴；6—中间减速器；7—斜传动轴；8—尾减速器。

滚柱齿轮传动原理

滚柱齿轮传动装置如图3-2、3-3所示，由主动齿轮、两排中间齿轮和从动齿圈组成。滚柱齿轮元件由滚柱与齿轮组合而成。在运转中齿轮只传递扭矩，其定心则通过滚柱的互相作用。为此必须仔细选择齿轮设计参数，使滚柱在齿轮啮合力的作用下自动预压紧，实现齿轮的准确定心并稳定工作。否则需要外部压紧装置，向滚柱施加预载，以便克服使滚柱分离的径向力，图3-4为S-61滚柱齿轮传动装置自动预压紧的情况。采用滚柱定心使齿轮不再需要轴承支承，但是，为了传递轮系的反扭矩，将最后一排中间齿轮通过轴承安置在壳体上是必要的。另外，由于齿圈沿径向的作用分力是向心的，所以在齿圈上不需要设置滚柱。

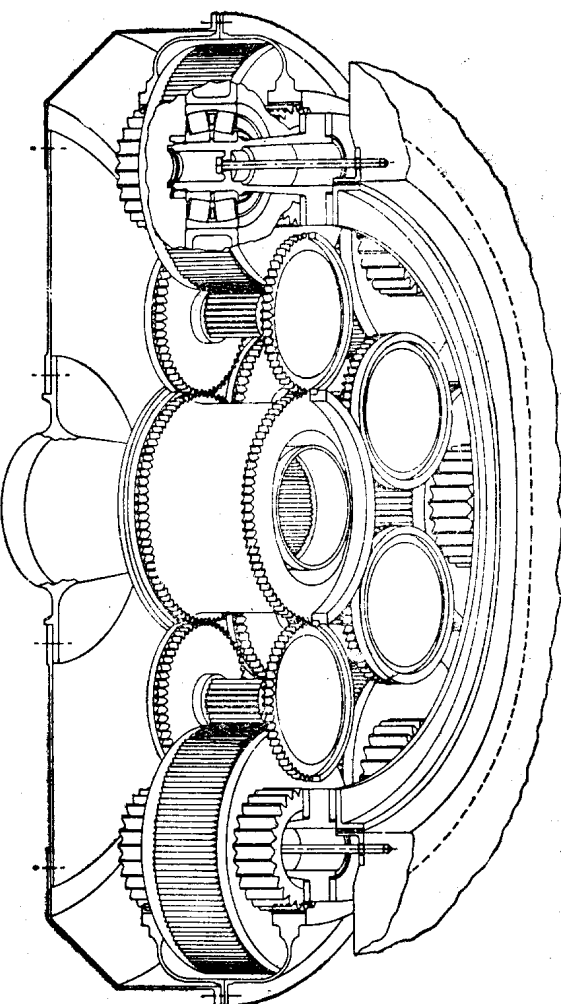


图3-2 滚柱齿轮传动

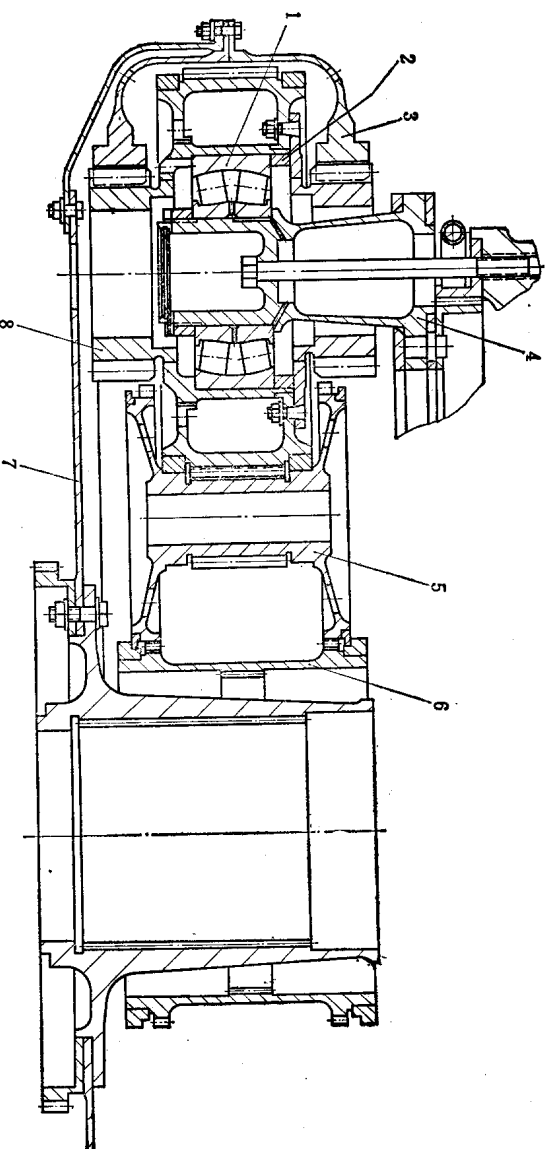


图3-3 滚柱齿轮传动部件

1—球面滚子轴承，2—间隔套，3—从动齿圈组件；4—第二排齿轮架；5—第一排中间齿轮（7个）；6—主动齿轮；7—输出法兰盘组件；8—第一排中间齿轮（7个）。

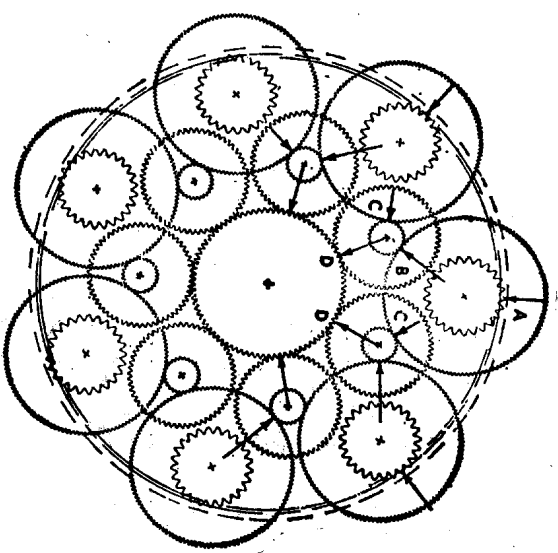
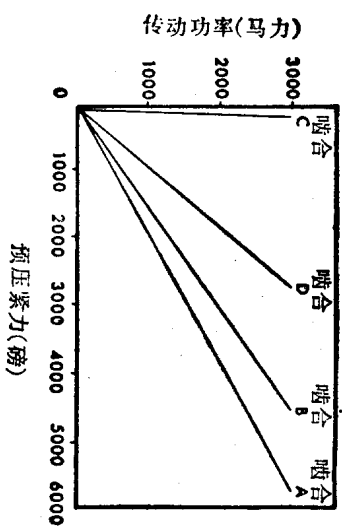


图3-4 滚柱预压紧力图

主减速器

主减速器包括三级减速(图3-5): 第一级螺旋锥齿轮换向减速, 减速比3.05; 第二级直齿轮并车减速, 减速比1.54; 第三级滚柱齿轮减速, 减速比19.85。总减速比93.06。效率97.3%。设计功率见表3-1。主要齿轮数据见表3-2。

表3-1 减速器设计功率(马力)

部 位	转 速 (转/分)	最大功率	最大连续功率	当量功率
主动锥齿轮	18966	1870	1770	1125
从动锥齿轮	6223	1870	1770	1125
并车从动齿轮 滚柱主动齿轮	4045	3700	3500	2250
旋翼轴	203	3000	2840	1850
尾传动	3026	565	535	200

表3-2 减速器主要齿轮数据

名 称	齿 数	径 节	模 数 (毫米)	压力角 (度)	螺旋角 (度)	齿 宽 (毫米)
主动锥齿轮	21	4.193	6.06	20	30	53
从动锥齿轮	64					53
并车主动直齿轮	78	6	4.23	22.5	0	—
并车从动直齿轮	120					—
主动齿轮	84	9.448	2.69	22.5	0	10×2
第一排大齿轮	58					10×2
第二排小齿轮	27	13.217	1.92	25	0	48
第二排大齿轮	126					56
第三排小齿轮	25	5.583	4.55	30	0	34×2
第三排大齿轮	154					33×2

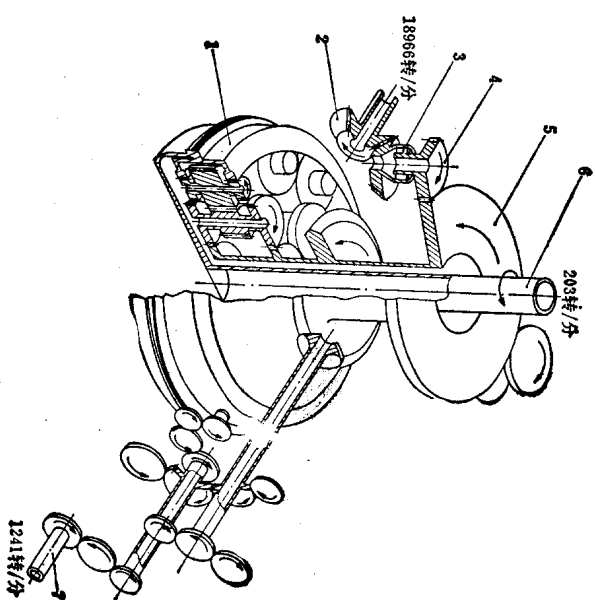


图3-5 主减速器传动简图

- 1—滚柱传动部件；2—主动螺旋锥齿轮；3—滚柱单向离合器；4—并车主动直齿轮；5—并车从动直齿轮；6—旋翼轴；7—尾传动输出轴。

结构 如图3-6所示。第一级锥齿轮节线速度126米/秒，重合度比2.68。主动锥齿轮用四排内环分开的向心推力球轴承和一个滚子轴承简支。轴承由轴内甩油润滑。从动锥齿轮用螺旋连接在轴上，轴的直径较大，上下用一对向心推力球轴承和一个滚子轴承简支。具有十四个滚子的滚柱单向离合器位于一级减速之后。外套圈主动，星形轮从动。并车齿轮用螺栓与轴连接。

滚柱齿轮传动由主动齿轮输入，经两排中间齿轮(每排7个)传动齿圈将功率传给旋翼。主动齿轮与短轴用花键连接，可以沿径向浮动。第一排中间齿轮是“自由”的，第二排中间齿轮由球面滚子轴承支承，轴承内部游隙按特定的原则选取。在滚柱公差和变形的极限情况下，轴承不承受齿轮的径向力，只承受扭矩引起的切向载荷。齿圈分为上下两部分，用螺栓连接传扭。齿牙表面和滚柱表面采用渗碳后磨削的工艺，滚柱与齿轮之间以及每排的大、小齿轮之间的组合采用电子束焊，这是该装置的关键工艺。齿轮架采用带有双层板的悬臂杆结构，这种双层板结构有效地扩大了齿轮架的横截面，使其在较轻的重量下获得较大的抗弯刚度。齿轮架通过固定花键盘与主壳体连接，这种结构形式可以消除壳体随温度变化对齿轮架产生的不良影响。S-61滚柱齿轮传动部件重量为260公斤，效率98.9%。

尾传动通过一对螺旋锥齿轮和一组直齿轮输出。附件传动位于减速器后部，装两台发电机，一个转速表，两个液压泵，一个滑油泵和一个公用液压泵。

安装 减速器主壳体下部有六个安装座，通过十二个螺栓固定在厚金属板上。金属板用六个螺栓与飞机机体相连。

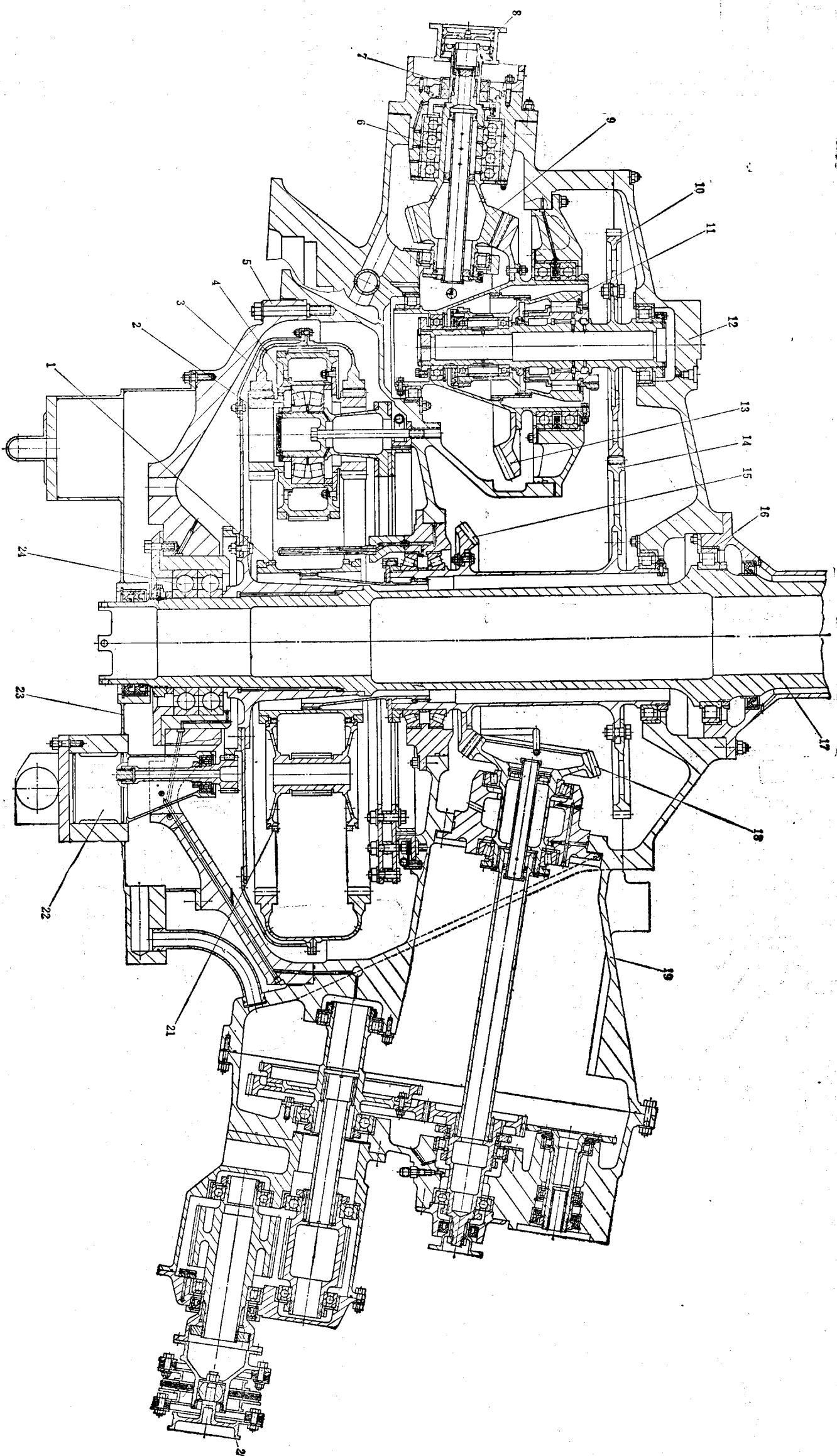


图3-6 主减速器

1—主动齿轮；2—第二排齿轮；3—从动齿圈；4—球面滚子轴承；5—下壳体；6—向心推力球轴承组件；7—密封；8—输入联轴器；9—主动锥齿轮；10—并车主动齿轮；11—滚柱单向离合器；12—上壳体；13—从动锥齿轮；14—并车从动齿轮；15—尾传动主动锥齿轮；16—向心滚子轴承；17—旋翼轴；18—尾传动从动锥齿轮；19—主壳体；20—尾传动输出联轴器；21—第一排齿轮；22—滑油泵；23—滑油槽；24—向心推力球轴承组件。

润滑 润滑系统如图 3-7 所示。两个叶片式滑油泵同时向油路供油，每个油泵都能单独满足减速器需要的供油量，两泵总容量为 83 升/分。油泵后设置 46 英寸的细油滤。分五个区域对减速器进行金属屑检测。设计选用滑油规格 MIL-L-7808 或 MIL-L-23699。滑油系统有关试验数据如下：

减速器滑油总管中测得油压： 3.2 公斤/厘米²
 最末端的喷嘴油压： 1.4 公斤/厘米²
 最高回油温度： 96°C
 减速器最高温度 (在从动锥齿轮双轴承处)： 130°C
 减速器最大温升： 33°C
 滚柱齿轮最高温度： 99°C
 滚柱齿轮部件供油量： 20.5 升/分
 加油量： 55 升
 在工作时油槽存油量： 16 升
 试验滑油： 粘度为 7.5 厘沱型合成滑油

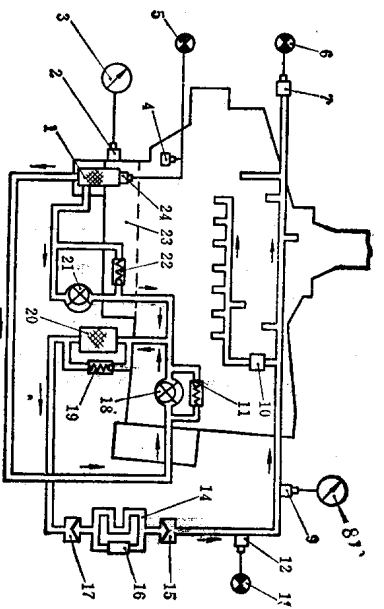


图 3-7 滑油系统
 1—吸油滤； 2—温度传感器； 3—温度指示器； 4—磁性屑检测器； 5—磁性屑报警灯； 6—低压报警灯； 7—压力开关； 8—压力指示器； 9—压力传感器； 10—油量分配器； 11—调压阀； 12—温度开关； 13—高温报警灯； 14—散热器； 15—快速自封接头； 16—旁路阀； 17—快速自封接头； 18—叶片泵； 19—旁路阀； 20—供油滤； 21—叶片泵； 22—调压阀； 23—滑油槽； 24—磁性屑检测器。

试验

无载润滑试验 试验目的是调整滑油系统和检查转动部件。此试验一共进行了 7 小时。如图 3-8 所示，减速器装在试验车上，由液压马达带动，在各种转速下运转到 100% 转速 (大约需 50 马力)。测量滑油温度、流量和压力，以确定最佳润滑参数。试验确定的最佳滑油容量为 55 升。这一试验在车台上也要进行。

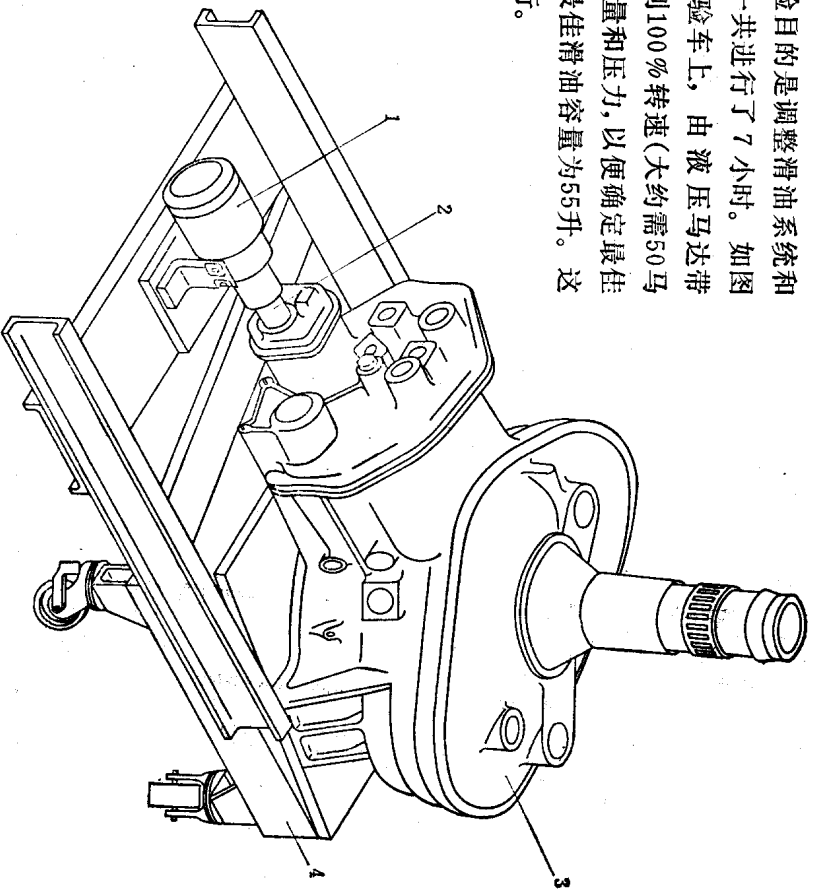


图 3-8 无载润滑试验设备
 1—液压马达； 2—尾传动输出轴； 3—主减速器； 4—试验车。

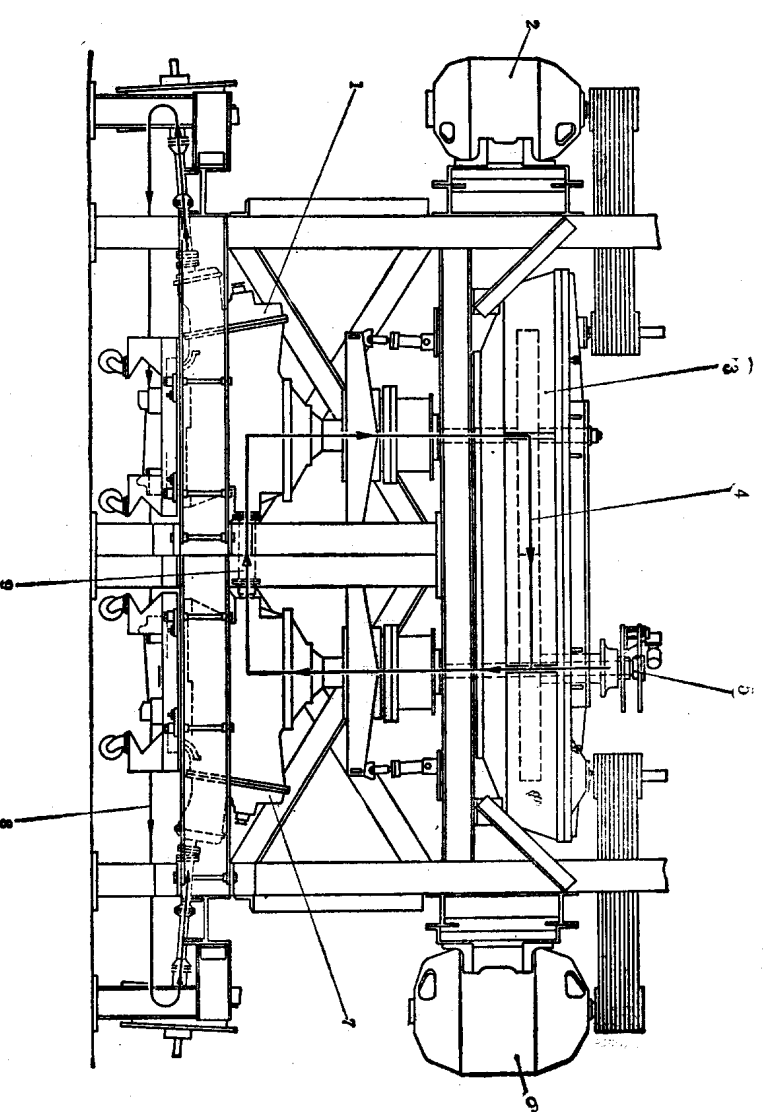


图 3-9 主减速器背靠背试车台简图
 1—被试减速器； 2—电动机； 3—上齿轮箱； 4—主封闭回路； 5—加扭器； 6—电动机； 7—设备减速器； 8—尾传动封闭回路； 9—封闭主传动轴 (两根)。

齿轮啮合试验 在改装的 S-61 主减速器背靠背试车台上进行 3.7 小时的试验 (图 3-9)。分别在 1/4、1/2、3/4 和全载荷下检查齿轮的接触印痕。
初期发展试验 共进行了 53.4 小时，出现了第一、二排中间齿轮焊缝的疲劳断裂和第一排小齿轮端部疲劳断裂问题。在故障分析之后，改进了焊接部位的设计和检验，对轮齿采取了鼓形修整以减小端部载荷，同时在轮齿两端去掉过渡段材料 0.76 毫米，并在该齿端进行喷丸，以便在危险应力区形成压缩层。

200 小时耐久试验 于 1973 年完成，试验后分解检查情况良好。在试验中测定了效率，其方法是：将被试减速器及滑油管路由玻璃纤维绝热，测量散热器进出水温及流量，即可算出被试减速器的摩擦损耗功率。表 3-3 给出了减速器各部件和全台效率的理论值和实测值。

系留试验 1973 年开始，在改装的 NSH-3A 直升机上，按照 MIL-T-8679 规范进行了 50 小时系留试验，试验后分解检查情况良好。
飞行试验 试验中测定了减速器的性能，包括减速器的噪音度、滚柱齿轮传动的效率和载荷均分情况。

在系留和飞行试验中，对修改的 S-61 中、尾减速器使用 MIL-G-83363 滑脂进行了鉴定性试验。

表 3-3 主减速器效率

	理论值 (%)	测量值 (%)
螺旋锥齿轮级	98.0	98.1
并车直齿轮级	99.5	—
滚柱齿轮部件	98.9	99.1
附件传动	99.4	—
全台减速器	96.5	97.3