



HANDBOOK  
MECHANICAL  
DESIGN

# 机械设计手册

第六版

成大先 主编



第 4 卷



化学工业出版社

# 机械设计手册

第六版

第 4 卷

主编单位 中国有色工程设计研究总院  
主 编 成大先  
副 主 编 王德夫 姬奎生 韩学铨  
姜 勇 李长顺 王雄耀  
虞培清 成 杰 谢京耀

HANDBOOK  
OF MECHANICAL  
DESIGN



化学工业出版社

· 北 京 ·

《机械设计手册》第六版共5卷,涵盖了机械常规设计的所有内容。其中第1卷包括一般设计资料,机械制图、极限与配合、形状和位置公差及表面结构,常用机械工程材料,机构,机械产品结构设计;第2卷包括连接与紧固,轴及其连接,轴承,起重运输机械零部件,操作件、小五金及管件;第3卷包括润滑与密封,弹簧,螺旋传动、摩擦轮传动,带、链传动,齿轮传动;第4卷包括多点啮合柔性传动,减速器、变速器,常用电机、电器及电动(液)推杆与升降机,机械振动的控制及利用,机架设计;第5卷包括液压传动,液压控制,气压传动等。

《机械设计手册》第六版是在总结前五版的成功经验,考虑广大读者的使用习惯及对《机械设计手册》提出新要求的基础上进行编写的。《机械设计手册》保持了前五版的风格、特色和品位:突出实用性,从机械设计人员的角度考虑,合理安排内容取舍和编排体系;强调准确性,数据、资料主要来自标准、规范和其他权威资料,设计方法、公式、参数选用经过长期实践检验,设计举例来自工程实践;反映先进性,增加了许多适合我国国情、具有广阔应用前景的新材料、新方法、新技术、新工艺,采用了新标准和规范,广泛收集了具有先进水平并实现标准化的新产品;突出了实用、便查的特点。《机械设计手册》可作为机械设计人员和有关工程技术人员的工具书,也可供高等院校有关专业师生参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计手册. 第4卷/成大先主编. —6版. —北京:  
化学工业出版社, 2016. 3  
ISBN 978-7-122-26048-2

I. ①机… II. ①成… III. ①机械设计-技术手册  
IV. ①TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第011797号

责任编辑:周国庆 张兴辉 王 焯 贾 娜

责任校对:边 涛

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张82¼ 字数2927千字

1969年6月第1版 2016年4月北京第6版第36次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

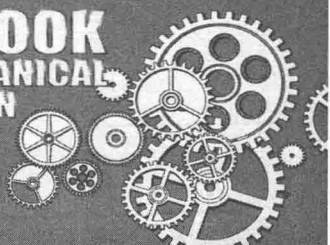
定 价:160.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2016—02

## 撰稿人员

- 成大先 中国有色工程设计研究总院  
王德夫 中国有色工程设计研究总院  
刘世参 《中国表面工程》杂志、装甲兵工程学院  
姬奎生 中国有色工程设计研究总院  
韩学铨 北京石油化工工程公司  
余梦生 北京科技大学  
高淑之 北京化工大学  
柯蕊珍 中国有色工程设计研究总院  
杨青 西北农林科技大学  
刘志杰 西北农林科技大学  
王欣玲 机械科学研究院  
陶兆荣 中国有色工程设计研究总院  
孙东辉 中国有色工程设计研究总院  
李福君 中国有色工程设计研究总院  
阮忠唐 西安理工大学  
熊绮华 西安理工大学  
雷淑存 西安理工大学  
田惠民 西安理工大学  
殷鸿樑 上海工业大学  
齐维浩 西安理工大学  
曹惟庆 西安理工大学  
吴宗泽 清华大学  
关天池 中国有色工程设计研究总院  
房庆久 中国有色工程设计研究总院  
李建平 北京航空航天大学  
李安民 机械科学研究院  
李维荣 机械科学研究院  
丁宝平 机械科学研究院  
梁全贵 中国有色工程设计研究总院  
王淑兰 中国有色工程设计研究总院  
林基明 中国有色工程设计研究总院  
王孝先 中国有色工程设计研究总院  
童祖楹 上海交通大学  
刘清廉 中国有色工程设计研究总院  
许文元 天津工程机械研究所
- 孙永旭 北京古德机电技术研究所  
丘大谋 西安交通大学  
诸文俊 西安交通大学  
徐华 西安交通大学  
谢振宇 南京航空航天大学  
陈应斗 中国有色工程设计研究总院  
张奇芳 沈阳铝镁设计研究院  
安剑 大连华锐重工集团股份有限公司  
迟国东 大连华锐重工集团股份有限公司  
杨明亮 太原科技大学  
邹舜卿 中国有色工程设计研究总院  
邓述慈 西安理工大学  
周凤香 中国有色工程设计研究总院  
朴树寰 中国有色工程设计研究总院  
杜子英 中国有色工程设计研究总院  
汪德涛 广州机床研究所  
朱炎 中国航宇救生装置公司  
王鸿翔 中国有色工程设计研究总院  
郭永 山西省自动化研究所  
厉海祥 武汉理工大学  
欧阳志喜 宁波双林汽车部件股份有限公司  
段慧文 中国有色工程设计研究总院  
姜勇 中国有色工程设计研究总院  
徐永年 郑州机械研究所  
梁桂明 河南科技大学  
张光辉 重庆大学  
罗文军 重庆大学  
沙树明 中国有色工程设计研究总院  
谢佩娟 太原理工大学  
余铭 无锡市万向联轴器有限公司  
陈祖元 广东工业大学  
陈仕贤 北京航空航天大学  
郑自求 四川理工学院  
贺元成 泸州职业技术学院  
季泉生 济南钢铁集团



机械设计手册

第六版

第 4 卷

HANDBOOK  
OF MECHANICAL  
DESIGN

第16篇 多点啮合柔性传动

主要撰稿

郑自求

贺元成

季泉生

方正

马敬勋

冯彦宾

袁林

审

稿

方正

季泉生

林鹤



# 第 1 章 概 述

## 1 原理和特征

### 1.1 原理

末级减速装置由多个主动件同时驱动主轴，并把全部或部分低速级传动装置悬挂安装于主轴或从动件，再将悬挂的主传动装置架体通过柔性支承与地基连接的传动方式称为多点啮合柔性传动，可简称为“多柔传动”。

### 1.2 特征

末级减速装置有多点啮合、悬挂安装和柔性支承是“多柔传动”的主要特性。多柔传动和以前的初级或中间减速装置或有多点啮合、或有悬挂安装、或有柔性支承的特点是不同的，它具有如下性能特征。

多柔传动适用于重载低速的大型设备主传动，重载低速传动需要解决传递大转矩，具有很大冲击和振动，以及末级偏载较严重等问题。该偏载产生的主要原因：其一为安装误差，两轴心线相互位置偏差；其二为在工作载荷作用下轴心线的挠曲、温度变化及基础沉降等引起的末级从动件位置的偏移；其三为保证最小侧隙，人为地将中心距拉开而导致的接触面积的减少。这些误差的积累将导致末级齿轮不能正确啮合而致载荷在轮齿上分布不均。针对大转矩采用多点啮合，其末级从动件由多个主动件同时驱动以减少单点传动力；为解决末级偏载，它将全部或部分低速级传动装置悬挂在主轴或末级从动件上，使末级主动件能适应从动件位置的变化而同步变化，从而使末级传动保持良好的传动状态；为缓和冲击和减振，在相关传动链上设置了具有“柔性”的零部件或装置，如通过柔性支承将悬挂在主轴或末级从动件上的架体与地基相连等。这些具体设计构思的有机结合就形成了性能优良的多柔传动。

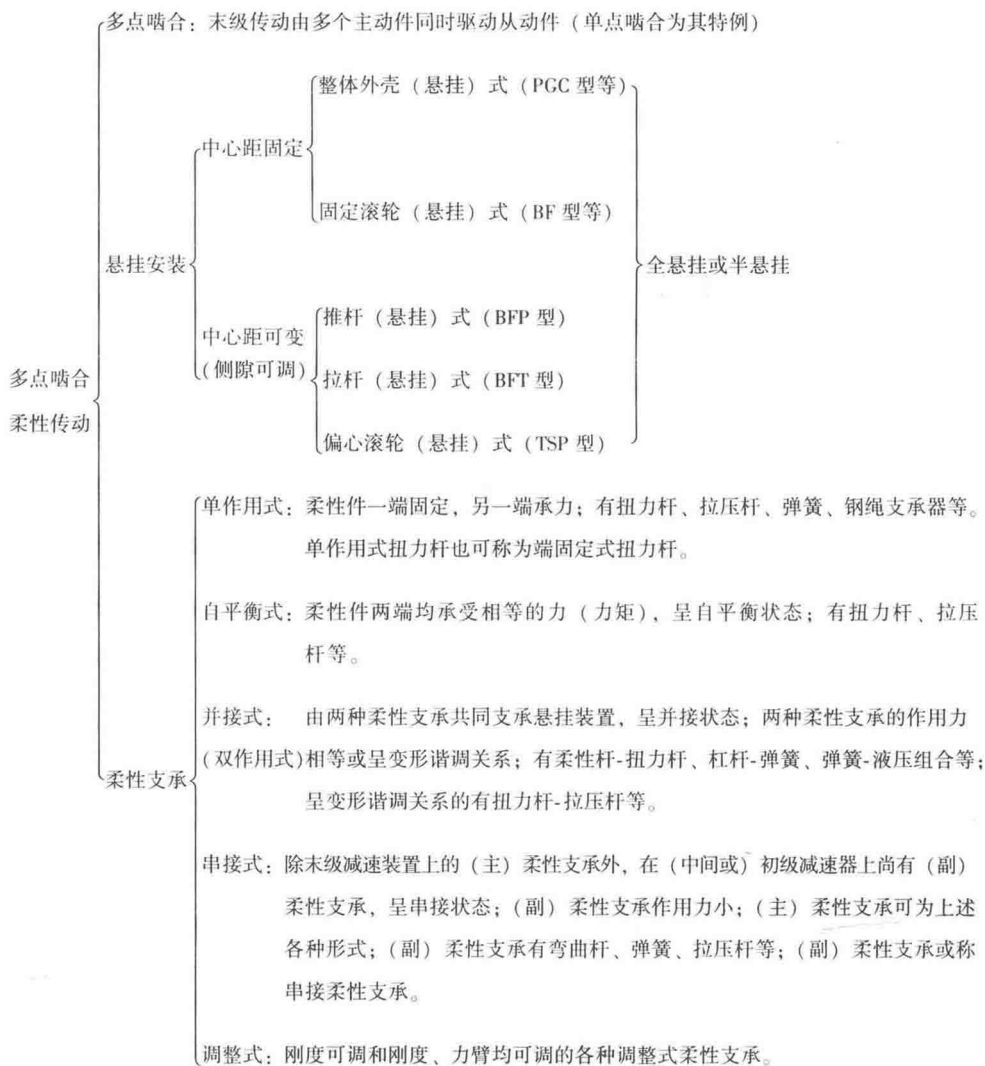
## 2 基本类型

### 2.1 分类

主要根据多柔传动的特征——多点啮合、悬挂安装、柔性支承的作用原理和结构来分类；悬挂安装结构是“多柔传动”的主要特征和区别，是划分类型的依据；柔性支承使悬挂结构和基础之间获得“柔性”连接，保证各种悬挂安装结构的性能得以完美实现；啮合点数是由多少个主动件分担总转矩所决定。除悬挂安装结构形式外，根据传动装置是全部或部分安装在悬挂壳体上还可分为：

- ① 全悬挂 全部传动装置（包括原动机，如电机）都悬挂安装在主轴上；

② 半悬挂 部分低速级传动装置悬挂安装于主轴或末级从动件上，而其高速级传动装置则仍安装在地基。  
“多柔传动”的结构分类形式如下。



## 2.2 悬挂形式与其他特征的组合

可根据大型设备主传动要求，如传递总转矩、转速、设备结构，如从动件装于主轴或简体、传动装置处于中部或端部、设备长度和大小、传动端预留位置和空间大小、均载要求、载荷性质等选定悬挂形式后再确定几点啮合，全部或部分悬挂安装（全悬挂或半悬挂）、适用的柔性支承形式，从而形成结构形式各不相同的上述各种悬挂形式与其他特征组合的各种多柔传动装置。

## 3 结构和性能

现就五种悬挂安装形式中较常用的实例汇总在表 16-1-1 中，从中可见各种形式实例的结构和性能，可供选型确定结构作参数。



结构和性能

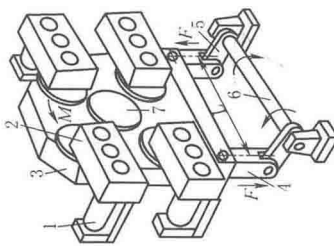
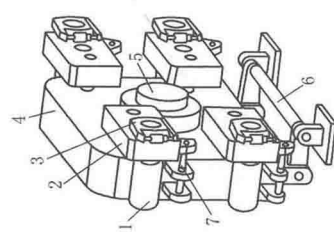
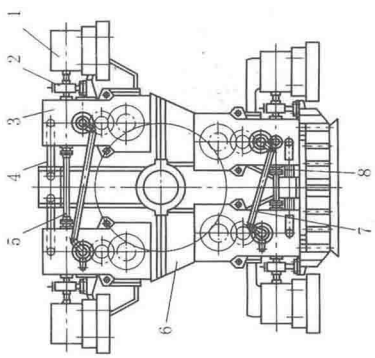
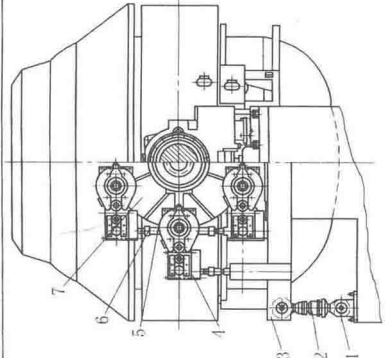
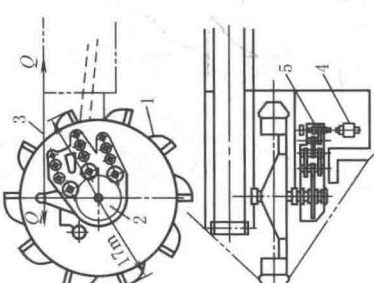
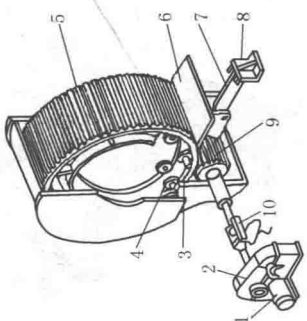
序号	形式	结构简图	简述	结构特征			优缺点	
				啮合点数	全部或部分悬挂安装	柔性支承		其他特征
1	整体外壳式之一 (PGC 型)	 <p>1—电机; 2—初级减速器; 3—末级减速器(整体外壳); 4—直杆; 5—曲柄; 6—扭力杆; 7—输出主轴</p>	<p>以一个末级减速装置(整体外壳)悬挂于主轴, 初级减速器出轴与末级减速器箱体固定于末级减速器壳体上, 因此, 中心距固定, 末级齿轮传动侧隙不能调整</p> <p>四点负荷均衡由电机特性及电器控制系统确定</p> <p>用于转炉倾动机构等</p>	4	全悬挂	自平衡扭力杆	<p>啮合点数可在 2 ~ 12 之间</p>	<p>① 可设有限制扭力杆过载的限制器; ② 基础简单; ③ 1~2 点传动损坏, 仍可维持操作; ④ 主轴承载重量大</p>
2	整体外壳式之二	 <p>1—电机; 2—初级减速器; 3—制动器; 4—末级减速器(整体外壳); 5—主轴; 6—扭力杆; 7—串接弯曲杆</p>	<p>主要结构和上面相似, 不同者为初级减速器并不固定于末级壳体上, 而是悬挂于末级输入轴上, 并以弯曲杆作为初级减速器的(副)柔性支承, 与末级减速装置的(主)柔性支承扭力杆组成串接式柔性支承</p> <p>用于转炉和烧结机的主传动</p>	4	全悬挂	自平衡串接弯曲杆	<p>啮合点数可在 2~8 之间。初级减速器也采用悬挂安装</p>	<p>① 可设有限制扭力杆过载的限制器; ② 基础简单; ③ 1~2 点传动损坏, 仍可维持操作; ④ 主轴承载重量大</p>

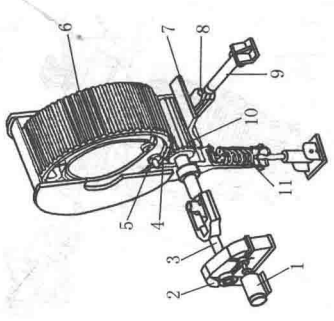
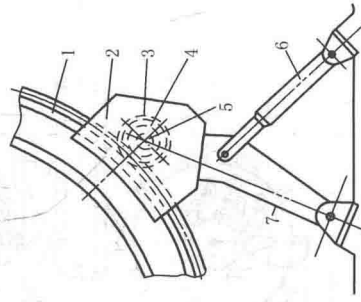
表 16-1-1

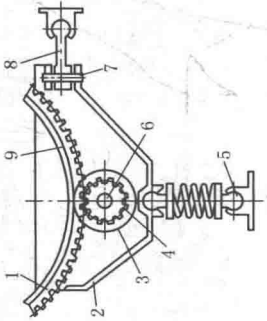
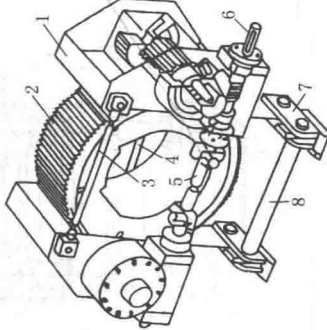
续表

序号	形式	结构简图	简述	结构特征				优缺点
				啮合点数	全部或部分悬挂安装	柔性支承	其他特征	
3	整体外壳式之三	 <p>1—电机;2—制动器;3—初级减速器; 4—串接拉压杆;5—同速轴;6—末级减速器; 7—均载装置;8—弹簧缓冲装置</p>	<p>主要结构和整体外壳式之二相似,但它以拉压杆(副)柔性支承,以弹簧作为(主)柔性支承,组成串接式柔性支承装置。上面两个初级减速器的高速轴通过二者的同速轴同样通过下面二者的同速轴相连接,经从动圆锥齿轮轴中的行星差动机构和曲柄摇杆机构,并采用机电控制均载技术实现均载功能。</p> <p>电机底座和初级减速器壳体固接,以保证和末级减速器整体外壳相对运动的一致性。</p>	4	全悬挂	<p>弹簧串接拉压杆</p>	<p>有均载机构,采用均载技术保证各点载荷比较均匀 初级减速器也采用悬挂安装</p>	<p>① 各点负荷比较均匀; ② 1~2点传动损坏,仍可维持操作,保证安全; ③ 基础简单; ④ 结构比较复杂; ⑤ 主轴承承载重量大</p>
4	整体外壳式之四	 <p>1—支座;2—弹簧液压组合器;3—壳体横梁; 4—初级减速器;5—支撑;6—串接弹簧; 7—末级减速器</p>	<p>为主轴两端驱动结构,每端均有同样6点啮合的整体悬挂末级减速器,两个末级减速器壳体及其横梁均悬挂于主轴,横梁则支承在(主)柔性支承弹簧液压组合器上;末级减速器的6个输入轴上都悬挂着初级减速器,其壳体则支承在(副)柔性支承即6个弹簧缓冲器上。</p> <p>应用于转炉倾动机构等</p>	6×2	全悬挂	<p>弹簧液压串接弹簧</p>	<p>两端同驱动,双边有可达16点初级减速器也采用悬挂安装</p>	<p>① 啮合点多,传动装置尺寸小; ② 1~4点传动损坏,仍可维持操作; ③ 主轴承承受重力,传动负荷为纯扭,无传动附加力; ④ 基础简单; ⑤ 两端必须同时驱动</p>

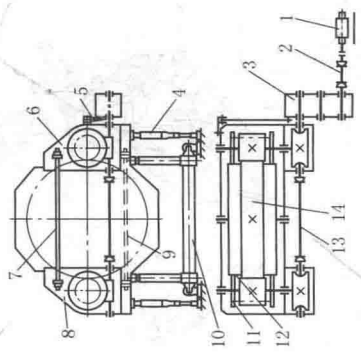
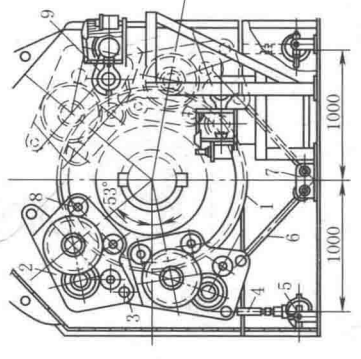
续表

序号	形式	结构简图	简述	结构特征				优缺点
				啮合点数	全部或部分悬挂安装	柔性支承	其他特征	
5	整体外壳式之五	 <p>1—斗轮; 2—末级大齿轮; 3—拉压杆; 4—电机; 5—减速器</p>	<p>三台电机, 通过各自的减速器输出轴带动末级减速器的三个小齿轮驱动主级大齿轮, 三台减速器在同一个非对称布置的壳体内, 并悬挂安装于主级, 从而带动回转直径达 17m 的斗轮挖掘机工作</p> <p>柔性支承为单作用式拉压杆, 一端固定在悬挂壳体的凸缘上, 一端则固定于机体上</p> <p>用于斗轮式挖掘机主传动</p>	3	全悬挂	单作用拉压杆	<p>非对称布置传动。啮合点数不可太多, 3 点左右</p> <p>初级减速器是和末级减速器壳体为一体的, 都悬挂安装于主轴</p>	<p>① 主轴还承受非对称布置的附加集中作用力;</p> <p>② 基础简单;</p> <p>③ 拉压杆最好承受拉力, 否则要作稳定校核</p>
6	固定滚轮式之一 (B 型)	 <p>1—电机; 2—初级减速器; 3—内轨道; 4—滚轮; 5—末级大齿轮; 6—悬挂架体; 7—拉压杆; 8—支座; 9—小齿轮; 10—万向联轴器</p>	<p>具有固定滚轮的小车悬挂在大齿轮内轨道上, 支持并定位; 小车通过拉压杆和地基连接</p> <p>维持传动的必要条件为前后滚轮都必须有轮压 (至少三个轮子要有轮压), 此时中心距是固定的</p> <p>此结构悬挂小车上无其他减速装置, 悬挂小重量较小</p> <p>用于圆筒混合机、回转窑等</p>	1	半悬挂	单作用拉压杆	<p>悬挂小车可以是 1~4 个, 即啮合点数为 1~4</p>	<p>① 悬挂重量小, 悬挂小车上无减速装置, 结构简单;</p> <p>② 啮合点数少时, 主轴附加集中力大;</p> <p>③ 初级减速器置于地基, 当速比大时, 体积较大;</p> <p>④ 末级非整体外壳, 润滑条件较差</p>

序号	形式	结构简图	简述	结构特征				优缺点
				啮合点数	全部或部分悬挂安装	柔性支承	其他特征	
7	固定滚轮式之二(特殊B型)	 <p>1—电机;2—初级减速器;3—万向联轴器; 4—内轨道;5—滚轮;6—末级大齿轮; 7—悬挂架体;8—销轴;9—拉压杆; 10—小齿轮;11—重力平衡器</p>	<p>和上面BF型不同点: ①从主轴轴线方向看的双滚轮(对称布置)可为四轮(对称布置)变为单轮(对称布置为两轮);②有重力平衡器,可平衡悬挂装置重量 应用于回转窑、干燥机等</p>	1	半悬挂	单作用拉压杆	<p>小车同样可以是1~4个,啮合点为1~4点;为单轮定位,并有重量平衡器</p>	<p>① 悬挂重量小,悬挂小车上无减速装置,结构简单; ② 不能丧失轮压; ③ 轮压受小车位置及拉压杆等部件相对位置影响;多个小车时必须都有轮压</p>
8	推杆式之一(BFP型)	 <p>1—大齿轮;2—悬挂架体;3—棍子; 4—小齿轮;5—小齿轮轴;6—弹簧推杆; 7—支杆</p>	<p>没有滚轮支持定位,依靠推杆将包含末级小齿轮在内的架体有压悬挂在大齿轮(主轴)上,以悬挂架体上小齿轮两轮侧的棍子接触大齿轮轮缘两侧的外轨道来保持齿轮副的最小传动侧隙 调整弹性推杆中弹簧的预压缩量,可以改变中心距,从而调整齿轮副的啮合侧隙 应用于造球机、水泥窑等</p>	1	半悬挂	单作用弹簧	<p>架体可以为1~4套,啮合点为1~4点; 齿轮径向力为柔性支承的作用载荷</p>	<p>① 棍子和外轨道间作用力较小,可以人为设定; ② 侧隙变大或磨损时,可以修配棍子来维持原啮合侧隙</p>

序号	形式	结构简图	简述	结构特征				优缺点
				啮合点数	全部或部分悬挂安装	柔性支承	其他特征	
9	推杆式之二(BFP型)	 <p>1—大齿轮;2—悬挂架体;3—棍子; 4—小齿轮;5—弹簧推杆;6—传动轴; 7—销轴;8—支杆;9—外轨道</p>	与推杆式之一(BFP型)相同。柔性支承为承受定向力的弹簧推杆	1	半悬挂	作用 弹簧	啮合点可为1~4点,即传动架体可以为1~4套	<p>① 柔性支承固定点的位置在齿轮连心线方向时受力简化;</p> <p>② 棍子和外轨道间需要保持一定压力,以保证架体的悬挂可靠;</p> <p>③ 侧隙变大或磨损时难以修配棍子,获得理想侧隙</p>
10	拉杆式之一(BFT型)	 <p>1—悬挂架体;2—大齿轮;3—前拉杆; 4—后拉杆;5—万向接轴;6—输入轴; 7—曲柄;8—扭力杆</p>	借前后拉杆将左右传动架体悬挂于大齿轮上,这种最初应用的拉杆式(BFT型)悬挂架体无重力平衡器;两点负荷不平衡,因此小齿轮两侧需设两个棍子,负荷小侧棍子就和大齿轮上外轨道接触,从而保证负荷较小侧齿轮能保持啮合的最小侧隙 应用于烧结机车传动、混铁水车倾翻机构、矿井提升机、闸门启闭机等	2	半悬挂	平衡扭 力杆	未 输入轴减 悬挂初级 速器,属于 左右对称 BFT型	<p>① 只能用于端部传动;</p> <p>② 大齿轮直接和主轴连接输出转矩;</p> <p>③ 必须两侧即两点同时工作,一侧损坏就不能维持传动;</p> <p>④ 两点负荷不均衡</p>

续表

序号	形式	结构简图	简述	结构特征				优缺点
				啮合点数	全部或部分悬挂安装	柔性支承	其他特征	
11	拉杆式之二(BFT型)	 <p>1—电机;2—万向接轴;3—悬挂减速器; 4—重力平衡器;5—串接拉压杆;6—右传动架; 7—前拉杆;8—左传动架;9—后拉杆; 10—扭力杆;11—辊子;12—外轨道; 13—万向接轴;14—大齿轮</p>	<p>有重力平衡器,若按其位置 and 弹簧的预压缩量,可做到两点负荷均衡;右悬挂传动架输入端还悬挂(用拉压杆作串接柔性支承)有初级减速器,因此左右两悬挂传动架体安装后重量不相等,为非对称结构</p>	啮合点数 2	全部或部分悬挂安装 半悬挂	柔性支承 自平衡扭力杆串接拉压杆	其他特征 输入轴悬挂初级减速器,属于左右不对称的BFT型,有重力平衡器	<p>① 只能用于端部传动; ② 大齿轮直接和主轴连接输出转矩; ③ 必须两侧即两点同时工作,一侧损坏就不能维持传动; ④ 能做到两点负荷均衡; ⑤ 扭力杆(自平衡式)的传力直杆若做成弹性杆,则自平衡式扭力杆就变成并接式柔性支承(弹性杆-扭力杆)</p>
12	偏心滚轮式(LSP型)	 <p>1—大齿轮;2—悬挂小车;3—连接销; 4—直杆;5—扭力杆;6—拉压杆; 7—支座;8—偏心滚轮;9—初级减速器</p>	<p>四台电机通过非悬挂的初级减速器和悬挂小车上上的开式减速器驱动主轴上的大齿轮 上面的两个小车通过连接销和下面小车连接,下面的小车再通过并接式柔性支承(扭力杆-拉压杆)和地基连接 偏心滚轮在大齿轮内轨道上定位;用偏心机构可调整侧隙(中心距可变),如只要有一个小车失去轮压,在未级小齿轮两侧需设辊子与大齿轮外轨道接触,以保证传动最小侧隙 用于转炉倾动机构等</p>	啮合点数 4	全部或部分悬挂安装 半悬挂	柔性支承 并接式(扭力杆-拉压杆)	其他特征 可无级调整侧隙 并接式的两个柔性件受力不等,按两个柔性件的变形关系确定啮合点一般在1~4间	<p>① 一般用于端部传动; ② 扭力杆直径和长度可变,支承刚度变化范围大; ③ 偏心滚轮也可用固定滚轮式小车代替,但此时中心距固定,侧隙也不能调整</p>

## 4 优越性及应用

### 4.1 优越性

#### (1) 传动性能好

多柔传动采用悬挂安装,无论什么原因引起的末级从动件偏移都不会影响末级传动副的良好啮合,采用的柔性支承可缓和冲击和吸收振动,使传动比较平稳。

#### (2) 承载能力高

多点啮合不但使单点啮合力锐减,且对主轴的集中力减少,接近纯扭;同中心距及主轴直径承载能力可成倍提高;悬挂安装可避免低速级偏载,使齿宽基本不受限制;若同中心距,采用两点啮合,齿宽加大一倍时,与单点啮合、普通传动相比,能提高承载能力 5.6~14.7 倍。

#### (3) 体积小、重量轻

采用多点啮合,末级承载能力以接近啮合点数的倍数增加。若为 8 点啮合,末级中心距可减少近一半,重量减轻 3/4。鞍钢 180t 转炉所用多柔传动与 150t 转炉所用普通传动相比,占地面积由 84m<sup>2</sup> 减小到 30m<sup>2</sup>,重量减轻了 56t。对于固定于筒体的大齿轮,因结构已定不必减小者,可增大末级传动比以减小前置传动装置尺寸,重量进一步减轻。

#### (4) 制造和使用方便

一般可减小中心距使体积变小,对末级大齿轮固定于筒体而不必减小中心距和大齿轮尺寸者,因单齿啮合力减小,也可减小齿轮模数以便于制造。若采用末级中心距可调形式(推杆式、拉杆式、偏心滚轮式),就不会产生因齿厚超差而产生的废品,而且如果在使用中因磨损而侧隙增大时,可调小侧隙继续使用,十分方便。

#### (5) 运转安全可靠

若为两点以上啮合,当其中一套传动系统出现故障时,仍可维持运转。此外,采用的柔性支承除可降低动载荷外,在该支承上还便于设置过载保护装置,可减少断轴和螺栓剪断等事故,确保传动系统主要零部件的安全。

#### (6) 安装维护方便,基础简单

多柔传动的大部分部件成组安装及更换,减少了定位找正操作,故安装维护方便。若为半悬挂安装,低速级大转矩传动部分还是悬挂安装的并不安装在基础上,仅有高速级传动装置和柔性支承安装在基础上,基础上受力及动载荷均小;若为全悬挂结构基础上只安装柔性支承,基础简单,作用的动载荷更小;多点啮合对称布置时,主轴为纯扭,无集中力作用于基础。

#### (7) 易于实现通用化、系列化

对于不同的输出转矩,只需在原有装置的大齿轮上配置不同的啮合点数即可。

### 4.2 应用

20 世纪 70 年代中期,世界上已有百余台多柔传动装置,先后用于大型烧结机、破碎机、矿井提升机、水泥磨机、氧气转炉、链算机、回转窑、圆筒混合机、球磨机、棒磨机、斗轮挖掘机、混铁水车、搅拌机、闸门启闭机、港口起重机、雷达、制糖机和造纸机等设备上。在水泥磨上,电动机功率已达到数万千瓦;在一些低速传动装置上,主轴转矩可达千万牛·米级,速比达数千。目前氧气转炉倾动机构和大部分大型烧结机的台车驱动装置都已采用这种先进的传动装置,其理论研究和实践至今方兴未艾。

## 5 有关结构实例的说明

为了阐明多柔传动的原理、结构和性能等,本篇采用了部分现场实际使用的减速装置等结构图样,但因实例受现场具体情况限制,采用时并未筛选。转载时又未加评述,故有关参数、数据和结构仅供参考,一般不宜照搬。

实际设计选用时应根据使用现场实际,从结构及装置涉及的变位齿轮原理、减速装置设计规范、设计结构合理性和标准化要求等方面确定减速装置的技术参数和结构。

## 第 2 章 悬挂安装结构

悬挂安装结构是多柔传动的主要特征和划分形式的主要依据。悬挂安装的目的：一是使末级主动件能适应从动件位置的变化而随动，从而使末级传动保持良好的状态；二是为柔性支承连接创造条件，实现传动装置良好的缓冲减振性能。

对悬挂安装结构的要求是：结构简单；制造方便；自调位性能好且能满足工作中稳定的定位；传动可靠；安装和维护方便。

各种形式的悬挂安装结构分述如下。

### 1 整体外壳式

#### 1.1 初级减速器固定式安装结构

悬挂安装结构示意图如图 16-2-1 所示，初级减速器通过法兰用螺栓 4 和定位销与末级减速器整体外壳 6 连为一体，整体外壳上还有固定支座 2，用于安装电机 1 和制动器，这样就成为全部传动装置都悬挂安装在主轴上的全悬挂方法。这种安装结构造成重量对整体外壳的偏心较大。

另一种结构为电动机和初级减速器输出轴处于异侧，此时重量对整体外壳的偏心较小，初级减速器结构见图 16-2-2，它的低速轴伸出端安装的就是末级减速器的小齿轮，用它直接传动主轴的大齿轮，小齿轮另一端的滚动轴承被安装在整体外壳的镗孔内，这样初级减速器的输出轴为三支点静不定结构。类似的整体结构形式见表 16-1-1 序号 1，但初级减速器输出轴的具体结构也可能有所不同。图 16-2-3 就是和这种初级减速器固定式安装结构连接的末级减速器。

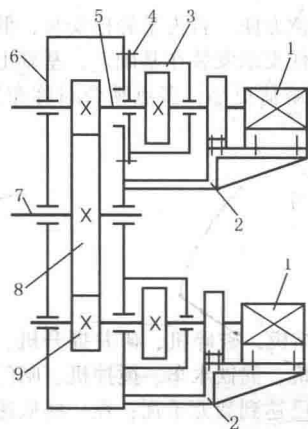


图 16-2-1 初级减速器固定式

- 1—电机；2—固定支座；3—初级减速器；  
4—螺栓；5—初级减速器输出轴；  
6—悬挂整体外壳；7—主轴；  
8—末级大齿轮（从动件）；  
9—主动小齿轮

#### 1.2 初级减速器悬挂式安装结构

这种结构除了在悬挂的末级减速装置已有（主）柔性支承外，初级减速器还悬挂于末级减速装置的输入轴上，它又采用拉压杆为（副）柔性支承，即形成了串接式的柔性支承形式。

与固定式的主要差别是它的初级减速器是套（悬挂）在末级减速器的输入轴上的，这种串接式柔性支承在氧气炼钢转炉和烧结机等设备上

都有采用，目前初级减速器的（副）柔性支承即串接柔性支承有两种基本形式。

##### 1.2.1 初级减速器串接柔性支承为拉压杆（或弹簧）

图 16-2-4 所示为这种结构。其中上图为初级减速器通过拉压杆支承在整体外壳上的结构，下图为悬挂轴结



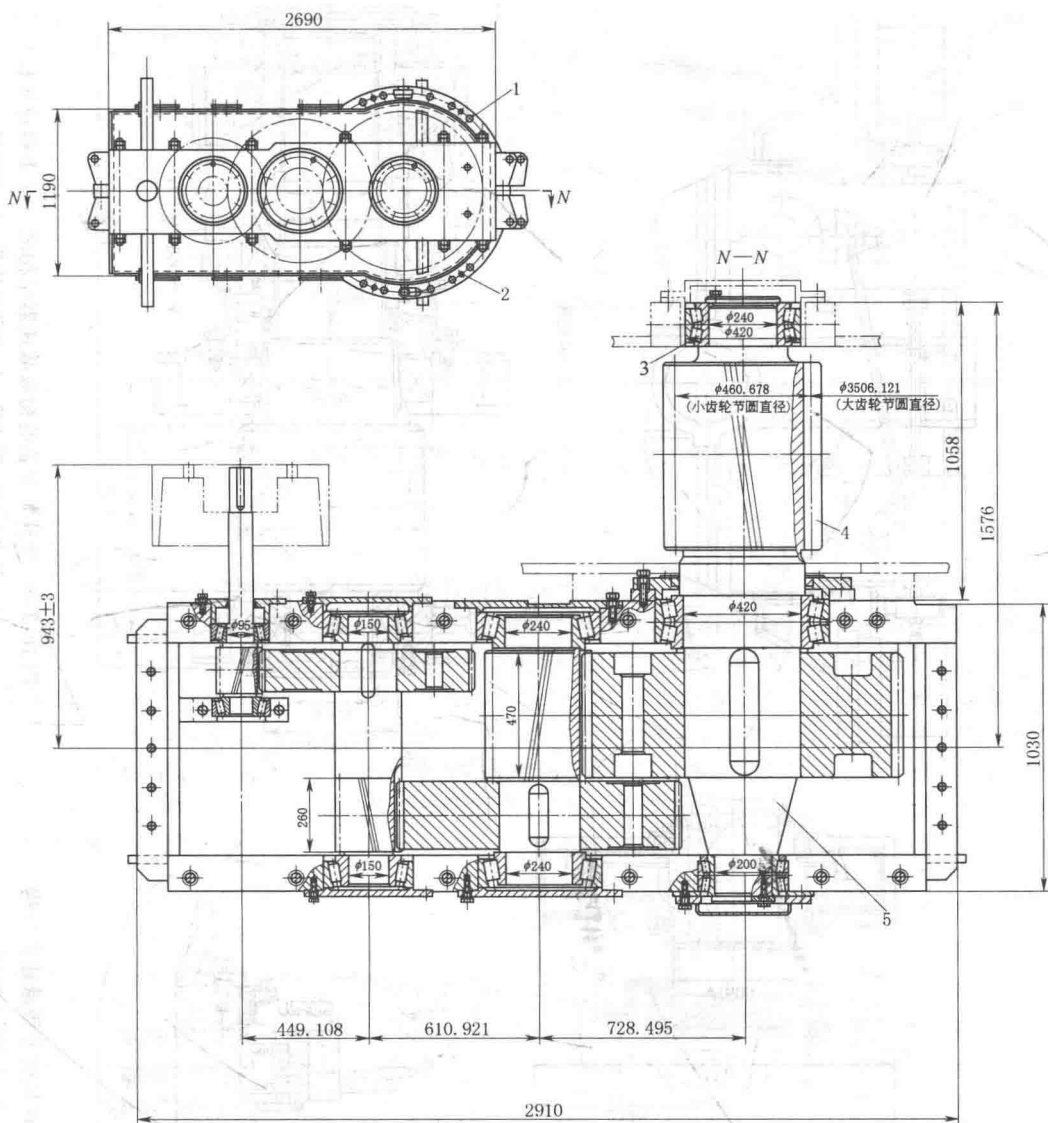


图 16-2-2 固定式安装的初级减速器结构

- 1—初级和末级减速器连接的螺栓孔；2—定位销孔；3—安装在末级减速器整体外壳镗孔内的轴承；  
4—末级减速器的小齿轮；5—初级减速器输出轴

构的剖面图；初级减速器的输出轴孔套（悬挂）装在末级减速器的输入轴6上的，并通过拉压杆4来定位初级减速器3，拉压杆两端分别铰接于初级和末级减速器5的壳体上，从初级减速器伸出的支架安装电动机1和制动器2（柔性支承为弹簧时结构原理相似）。

### 1.2.2 初级减速器串接柔性支承为弯曲杆

整体总图结构见表 16-1-1 序号 2，它的初级减速器的悬挂安装结构见图 16-2-5。其中，左图所示为外部结构，由弯曲杆作柔性支承来定位初级减速器，电动机1和制动器3都位于初级减速器2的高速轴一直线上，弯曲杆4的两个支点固定于末级减速器的整体外壳5上，弯曲杆头部（可变形微移）则和初级减速器的铰接点相连，可围绕末级减速器输入轴线作微小角位移；右图为悬挂轴结构的剖面图，初级减速器的输出轴孔套（悬挂）装在末级减速器的输入轴轴伸上。