

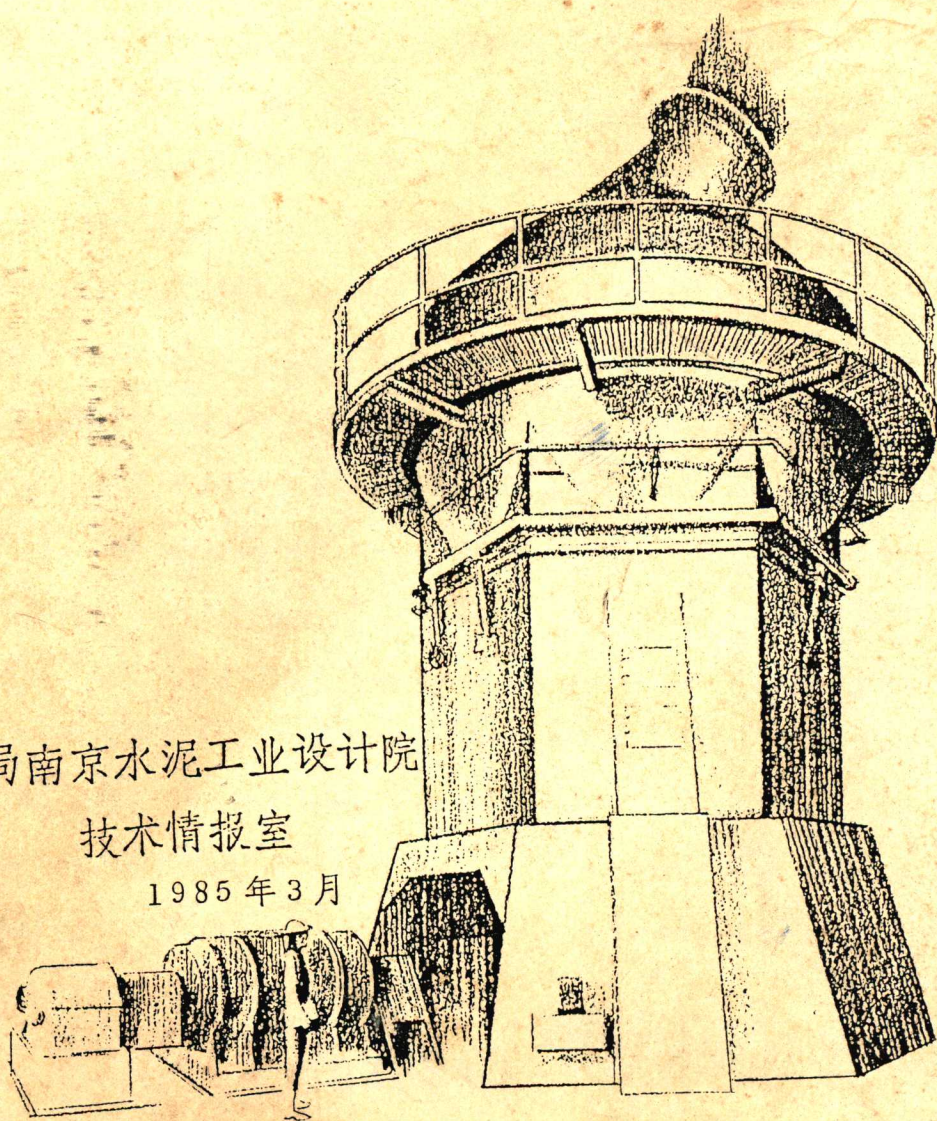
927
ROLLER MILL

辊式磨

专辑资料之二

国家建材局南京水泥工业设计院
技术情报室

1985年3月



目 录

1. 水泥工厂辊式磨的齿轮减速箱.....	(1)
2. 辊式磨的大型行星齿轮传动.....	(21)
3. 磨机中行星传动的发展和应用.....	(30)
4. KPAV250圆锥——行星齿轮减速机的结构设计.....	(37)
5. 水泥工业的大型传动装置.....	(45)
6. 用载荷集中方法设计水泥磨、煤磨减速机新的可能性.....	(49)
7. 辊式磨(GB 2001553).....	(60)
8. 辊式磨驱动装置(GB 2108864).....	(66)
9. 辊式磨磨盘轴承布置和驱动装置(GB 4218023).....	(74)
10. 具有低速旋转立轴设备的传动装置(SU 935126).....	(84)
11. 辊式磨(DE 2839815).....	(90)
12. 碗磨(GB 2094661).....	(94)
13. 辊式磨(GB 2118066).....	(98)
14. 辊式磨(US 4004740).....	(103)
15. 磨辊部件(GB 2004953).....	(107)
16. 粉磨机(GB 1541026).....	(111)
17. 磨辊径向轴密封圈的润滑装置(EP 30678).....	(116)
18. 中速辊式磨(SU 613804).....	(121)
19. 辊磨研磨部件用的耐磨性材料.....	(123)
20. 辊式磨传动电机.....	(129)

TQ17216/3/2

水泥工厂辊式磨的齿轮减速箱

作者：H. Brundiek

R. Beckmann

1. 磨机及其传动装置的发展：

近年来，由于辊式磨既经济又能灵活地“”因而在水泥工厂粉磨生料中占有相当的比例。在过去的十年里，利用大型窑的废气在磨机中烘干和输送生料粉的能力的提高，使得辊式磨的产量从每小时 100 吨左右，提高到目前每小时 600 吨。同时，驱动功率从原来的大约 800 千瓦发展到目前的 3400 千瓦。

2 辊式磨齿轮传动装置的特性：

驱动辊式磨的齿轮减速箱是一种特殊的齿轮减速箱。它由两个部分组成：

一、作为传递扭矩的实用齿轮。通常是使用齿轮制造业中的标准齿轮。

二、轴向推力轴承 它放在减速箱内，承担磨辊的研磨力和动态惯性力。

扇形推力轴承的滑环和齿轮的驱动法兰紧固。磨盘固定在法兰上。由于这种减速装置的刚性箱体是一种精密部件，因此有可能被设计成适用于轴向推力轴承，尤其是后者也是一个精密部件，必须设计成非常有效的支承（图 1）。为了把磨机轴承特别是磨盘的轴承同齿轮减速箱分开，就需要又一个高精度的轴承机壳，正象管磨机的二个耳轴轴承一样，但是这将提高成本。

因此辊式磨驱动系统的特点是磨机、磨机轴承和齿轮结合的概念。

这个概念使得设计有可能变得紧凑。齿轮减速箱放在磨机壳体内，这样构成了磨机的一个整体部件，而不是一些分离的机械设备（图2）。

使用了B3型电机适合于垂直圆锥——圆柱齿轮机构。水平输入轴驱动一对啮合圆锥齿轮（小齿轮和冕状轮）和一个或按顺序排列的多对圆柱齿轮，圆柱齿轮逐级驱动装在驱动法兰上的垂直主轴。

3. 辊式磨传动齿轮

3.1 齿轮设计

辊式磨是一种瞬时处理很少的物料（磨内粉磨物料的实际多少在这方面不予考虑）和带有脉动扭矩的设备。这些脉动频率起因于驱动机械的自振频率和粉磨过程本身产生的频率。

实际上，磨辊总是不在均匀的料层上运动的，磨盘在它们下方旋转时，它们上下跳动，就象汽车轮子在不平的道路上上下跳动一样，从而，在辊子运动的频率下，发生的垂直载荷通过料层和磨盘传递到齿轮，随之在磨机驱动机械上产生相应的脉动扭转。

用下列方法可以很好地改变驱动装置上的扭矩工况：

a、在生产工艺过程中保证均匀的喂料，用快速控制装置获得最佳的喂料率、风量、温度、水份含量。从而使磨盘上的料层达到恒定的目的。这样就使磨辊保持最小量的垂直运动。

b、在设备设计中，适当地选择磨辊的大小

除了由气动悬挂的磨辊施加在料层的静态研磨力外，辊子的垂直运动产生一个外加的动载荷，它相对提高了磨辊的质量。由于这个原因，辊子的直径要保持较小。使用较多的磨辊来限制单个磨辊的质量，（因此磨机可能有2个、3个或4个辊子）就象汽车的轮子，同样道理，它可以通过用铝代替钢制造轮缘来减小轮子的质量。

磨机里磨辊的实际数量对齿轮制造来说只是第二个重要因素。从统计上看，所有的磨辊决不会恰好在同一瞬间产生它们全部的惯性力，因此，在设计两个磨辊的磨机齿轮时，在计算扭矩中，只考虑一个磨辊施加的惯性力。原则上，对安装有四个磨辊的磨机也是成立的。不过，设计者出于安全的需要，考虑两个磨辊（较小！）的动载荷的作用。对于同样的磨机驱动功率计算，四个磨辊磨机里的惯性力为相等的两个磨辊磨机的三分之二。

在这方面，轻易地采用“冲击力”这个名词是与“磨辊动态力”相混淆了。把磨辊在磨碗上上下下跳动和在料层上的一连串的冲击作为“冲击力”的议论是错误的。事实上，磨辊上升和下降产生的脉动动态力迭加在静态研磨力上（磨辊的接触压力）。只有当磨辊碰到异物（例如：铁块）时，才产生真正的冲击力，并由此而引起振动。

关于齿轮设计同样重要的是驱动电机传递到齿轮的起动转矩，所有大的磨机可以在满负荷条件下起动。这样就可以体现一定的工艺技术优点，又能避免有些类型的磨机在磨盘和磨辊之间金属与金属不可避免的接触，但是在这种情况下磨机的启动阻力是很高的，以致通常电机不能直接起动，即电机的起动转矩不能克服磨机的惯性力矩。由于这个原因，由费弗尔和伯力鸠斯公司造的辊式磨除了主电机和主减速机外还装备有辅助电机和辅助减速机。磨机是由辅助传动装置来起动的，以低速驱动磨盘，直到磨机的料层均匀和平稳为止。一般管磨也装备辅助传动装置。

在另一方面，莱歇磨却省去了辅助传动装置，它的磨辊是独立地铰接在液压气动弹簧悬挂系统的摇臂上，磨机可以在卸载状态下起动。为了这个目的，它的磨辊用液压的方法提升起来以脱离料层，这样就可

以在工艺控制过程中组成自动操作。见图3。

磨辊在提升时，全负荷的磨机的临界转矩是齿轮转矩的40%。大约在2秒钟内缩减到额定转矩的10%。用这种方法，齿轮平稳地起动，几乎没有冲击。起动转矩的曲线如图4所示。上部曲线代表驱动电机的转速。在磨辊提升时，停止喂料，当电机达到它的速度时，磨辊慢慢落下，（磨机的运转力矩上升），并开始喂料。

最后提到二种运转方式综合在莱歇磨系统中，当喂料器起动后，磨辊逐渐自动下落，慢慢地落在料层上，所以几乎不产生附加动态载荷，这对齿轮是一个最大的好处。

前面所研究的关系，通过测量实际运行中的齿轮，已经得到充分的证实。

根据德国DIN 3990标准，辊式磨齿轮系统的设计是以所谓的运转系数 K_v 为基础的，这样扩大了齿轮传递功率。计算的主要目的是确定齿面抗疲劳点蚀和齿根抗疲劳裂缝的安全系数，适当地考虑 K_v 。对于辊式磨 K_v 值至少需要 $1.8 \sim 2.0$ 。根据德国工业标准（DIN）的方法，不是根据服役寿命值计算，由于它是依照疲劳强度设计齿轮，而不是为与时间有连系的强度而设计齿轮。莱歇磨的齿轮是用上述运转系数而设计的，运转了若干年，没有发现齿面或齿根的损坏。

如果按美国齿轮制造业协会（AGMA）标准设计齿轮，必须有一个所谓使用系数 $S_F \geq 2.5$ ，（涉及到齿轮的传递功率），基于这些不同的设计方法DIN和AGMA的安全系数不能直接相比。

用特殊方法设计圆锥齿轮以适应其用途，西克鲁—柏鲁特齿轮现在已广泛用于由路易斯方法设计的辊式磨传动装置，安全系数为5~6。

在水泥工业中，由 Technische Stelle Holderbank 推荐的一种方法经常使用于磨机传动齿轮的分析。（由计算校对其强度），根据上述原理，这些设计将满足 T S H 分析的要求。T S H 分析是根据 M A A G 公司建议的一种方法。

3.2 辊式磨传动装置的型式

3.2.1 圆锥齿轮

圆锥齿轮通常被采用于下列系统中齿轮减速箱的输入级。

- (1) 克林格尔拜尔格—西克鲁—帕鲁特齿轮传动装置。
- (2) 格里森弧齿齿轮传动装置。
- (3) 格里森螺旋齿轮传动的装置。

克林格尔拜尔格圆锥齿轮——表面硬化和磨光的一种齿轮，最广泛地用于辊式磨的传动装置。该齿轮易受一定的条件限制，超过这个限制，该齿轮就不能用于这种传动装置。首先，这个限制是由现有的制造设备及其必要的高质量所造成的，从这个观点看，最大可行的圆锥齿轮直径大约为 1000 毫米。此外，也是由于最大可能的圆周速度和/或最大能传递的转矩造成的限制。允许圆周速度基本上是一齿轮传动装置的质量问题和齿面质量问题。目前，达到极限的圆锥齿轮能十分可靠地用于 2000 千瓦和 1500 转/分的磨机传动装置中。

对于较大的传递功率，基本上有两种可能的解决方法：

a) 可采用两台电机，每台电机驱动一组圆锥齿轮，两部分输入功汇集在最后一级的正齿轮上。（图 5），选择这种方法不是在于圆锥齿轮的问题，而是要使从动齿轮的尺寸能减小。

b) 另一种方法是：这组匹配圆锥齿轮可以省略，最初的一级齿轮和其后各级一样，由一对圆柱齿轮组成。这种布置方式就需要一

台立式电机。(见图6)。

这两种型式的齿轮减速箱都已在实际运转中使用了相当长的时间,而且运转可靠。

3·2·2 园柱齿轮

第一级以后的齿轮总是园柱齿轮,通常它们是单斜齿轮,但有时也采用人字齿轮。直齿园柱齿轮不能用于辊式磨的减速机中,因为它的啮合性能较差,噪声大。

达到200千瓦功率的齿轮减速箱通常用两级减速,即除了圆锥齿轮(第一级),只有一级园柱齿轮。对于较大的传递功率,使用三和四级的齿轮减速箱,已经成为标准做法。

园柱齿轮的大小基本受磨机内磨盘下面的有效空间所限制。理论上,齿轮减速箱内最大园柱齿轮尺寸可按磨盘或磨碗的尺寸成正比地增加,但是,最大的实际直径,由制造安装的可能性和费用等条件来决定。

实际上,齿轮直径取决于:

- 材料的强度
- 热处理工艺
- 齿的加工方法
- 齿轮质量

具有拉伸强度大约在1000—1300牛顿/毫米²范围内的热处理(淬火和回火)合金钢可用于较低功率的齿轮减速箱中的小齿轮和大齿轮,用于小齿轮的钢,其拉伸强度取上限值,因为它们承受较多荷载循环次数。

对于较大的功率,这些材料的强度不能长久地满足所需的安全系

数，小齿轮轮齿采用淬火硬化。这样，使用同样的材料和不增加其尺寸，达到增加约20%的容许赫兹接触压力是可能的。然后由合适的齿轮模数和合适的轮齿修形来补偿在齿轮齿根出现的较大的弯曲应力。

对一个给定的齿轮增加其传递功率的另一个可能的方法是把齿轮表面淬硬。它与上述不经表面硬化的齿轮相比，功率和转矩值大约增加二倍。

齿轮是由表面淬硬的合金钢制造。滚齿机粗加工，而非表面淬硬的轮齿则由一般的方法直接精加工。在粗加工中，齿根随带着空刀，过渡圆角半径增加了，这样可以使齿轮在表面淬硬后进行精磨时，磨轮可以滑出，而且，在齿根上减少应力集中（图8）。在表面淬硬的热处理中，淬硬深度是模数的 $0.1 \sim 0.2$ 倍，原则上，淬硬层必须大于齿根面下发生最大剪应力的深度。

迄今，用于辊式磨传动装置经表面淬硬和磨光的最大轮齿外径为2500毫米，齿面宽度为600毫米。该齿有一标准模数 $m_L = 27$ 毫米，此模数与齿高为65相对应。磨光齿面的粗糙度（峰与谷之高差） $R_t = 3$ 微米。在磨齿过程中，可得到周节偏差 $f_u = 1.2$ 微米，周节累积偏差为 $F_p = 1.5$ 微米。

注：西德标准DIN 3960给予下列定义

——周节偏差 f_u ：齿根面左侧和右侧两个相邻节距实际尺寸之间的偏差。

在弧形的节距测量中，偏差 f_u 是两个相邻节距的测量偏差直接得到的。

——周节累积误差 F_p ：在齿轮上最大累积周节误差； F_p 没有一个代数符号来表示，而是从代数最大值与代数最小值之间的累积

周节误差中得到。

根据 D 1 N 3 9 6 2, 这种齿轮的几何特性与节距偏差精度指数 $Q = 3$ 相符, 并与全部节距偏差, 精度指数 $Q = 1$ 相符, 见图 9。

这些结果为辊式磨传动技术建立了新标准。较小的表面淬硬齿轮已经有达到满意的工作年限, 具有上述精度指数性能的大齿圈从 1976 年 10 月在 L M . 4 3 . 4 0 型莱歇四辊辊式磨上的 3400 千瓦的传动装置上使用, 这台磨机用在希腊通用水泥公司的澳洛斯工厂。

对超过 1000 毫米直径的大齿轮, 因为成本的原因, 通常采用与全部由整体制造的齿轮不同的组合齿轮, 可采用下列型式:

——带有热套配合齿圈的铸钢件, 这种齿圈既可以表面淬硬又可以热处理, 提高强度, 这种结构型式经常用于莱歇磨的齿轮上。

——焊接齿轮。一个高合金钢齿圈焊在普通钢的腹板上, 由这种方法制造的带有淬硬齿的齿轮还没有在辊式磨传动装置上使用。

这二种结构形式的齿轮在个别的场合有些问题:

——在三个例子中, 技术上相同的 1400 千瓦的齿轮减速箱, 配备有热套齿圈的铸钢齿轮尽管由测量机构按照规范规定实现热配合, 但这些人字齿轮的齿圈仍有轴向松动。

第一级齿轮的损坏发生在 1974 年 11 月; 于是该齿圈借助轴肩固定。以后, 1975 年开始, 齿轮运行良好。亦即有二年光景。

——在焊接齿轮方面, 尽管按照了焊接两种金相组织有差异的金属所需的特殊要求, 而腹板(轮盘)和热处理齿圈之间的高强度焊接还是失效了。但必须认为辊式磨传动装置齿轮所承受的脉冲循环力是导致焊接的疲劳断裂的原因; 为了避免这类问题, 在西德开始废弃了

用焊接作为制造大齿圈的方法。而集中于在铸钢圈上热套齿圈的这种方法。

现在，其它一些磨机的齿轮减速箱已成功地运行了十年左右，不需要装设任何固定齿圈的强制设备，但是在轮毂与齿圈之间要使用金钢砂粉，而且这种方法只使用于非淬硬的齿轮上。

与表面淬硬齿圈可比较的经验还没有得到，用这种金钢砂粉末的方法对于施加一定的紧缩力，在配合接合面处的抗滑力确实大大提高了，但是因为表面淬硬的齿上允许有较高的应力，所以齿轮的直径就减小了，齿上的切线力相应地增加。即使在热套结合面上用金钢砂，但上述的力在什么程度上易于超出可能得到的滑动阻力多少仅是估计。尽管威南特氏的调查研究走了第一步，但齿轮螺旋角的影响、齿圈和轮体的刚性以及扭矩的波动的频率和振幅等都是一些未探测过的参数。

为此，磨机设计者必须规定：即使金钢砂粉末方法用于热压配合，也要齿轮制造者提供紧固齿圈的压力装置（图10）。

4 齿轮轴的轴承：

安装功率达300千瓦的辊式磨齿轮减速箱的轴通常安装在滚动轴承上。如果按规定正确地维护，已经发现实际上可达到额定寿命60000小时，相当于连续几年满负荷运行。这样检修量很小。

对通常圆锥齿轮轴承为高速传动轴的轴承，应予特别注意。轴承安装时，带有可调的轴承间隙，已经发现这个间隙采用许可上限值的好处，如在加速运转时，由于摩擦的能量损失，传动轴承受最高的温升，工作温度引起的热膨胀使此间隙变小，为此，如果轴承间隙在安装时控制太小，那么很可能会发生事故。尤其是轴承要有较正确的位置，其滚动部件由环形轴肩导向，充足地提供润滑油将使轴承的运转

寿命增加。

只有最佳设计其轴承，额定使用寿命高的要求将保证其最佳的安全工况，这是一般的原则，不仅适用于辊式磨传动装置，对其它传动装置亦然。但是，由于设计使用寿命长的要求，必须有较大的直径，从而产生较高的圆周速度和产生更多的热，因此，最佳的安全工况也可能由此而达不到。

为此，在上述低速、一定的载荷的条件下，或者低载荷、一定的速度条件下，最好是用滑动轴承。在辊式磨的大型齿轮减速箱中输出轴安装在滑动轴承上是标准的做法。由于上述原因，3400千瓦的齿轮减速箱早已使用滑动轴承。所有的轴承都是强制润滑。用合适粘度和温度的润滑油，达到完美的流体摩擦状态。轴的重量以及斜齿轮的轴向力均通过液压润滑轴承承受（图11）。

这些轴承总是装有轴环套，它设计成轴环的端面起内部径向轴承和推力轴承的作用。

滑动轴承的轴瓦往往是作成二块的结构形式，以便安装。轴承的更换也非常简单。

5. 扇形推力轴承

如本文第二节所述，辊式磨磨碗或磨盘的轴承和齿轮传动装置不同，实际上由单独机械件组成。但是由于技术上和经济上的原因，它在齿轮减速箱内作为一个整体部件来安装的，在齿轮减速箱顶部的轴承的布置，解除了垂直轴的径向轴承的磨辊研磨力，因为推力轴承吸收了这些力。

大体上，用于辊式磨齿轮减速箱的扇形推力轴承有三种型式：

——液体润滑动压扇形轴承。

——带有辅助液体静压润滑的液体润滑动压扇形轴承。

——液体润滑静压扇形轴承。

5.1 动压润滑扇形轴承

圆形轴承表面分成许多扇形衬垫，在衬垫上面是一旋转滑环。该衬垫可倾斜传动地安装并带有巴氏合金表面。在转动滑环和每个衬垫之间形成一个楔形油膜（图 1 2）。

这种轴承只有在高于一定的圆周速度才能发挥它的作用，就象它的名称“动压”的含义一样，它的功能取决于液体（即油）和运动，它可与滑冰相比。更可与在湿的路面行驶的小车，其轮子显示出滑行的现象相比。在这种情况下，超出了一定的速度，运动部件——轮子、雪履——离开了固定部件——地面。因此滑行在液体润滑油薄膜上的滑环也是一样。

动压润滑轴承的荷载能力取决于滑环的圆周速度。润滑油的粘度以及荷载本身的大小。设计者，根据这些参数的相对关系，决定轴承的规格。他的目标是针对不稳定状态尽可能得到最高的安全度，以防止出现半干式摩擦的不稳定状况，即防止基本上相当于界面润滑的较坏的状况出现。在这种润滑中，速度和润滑油膜不能充分地防止金属表面之间的接触。

轴承衬垫的巴氏合金面，单位接触面积的载荷主要取决于由磨辊施加的力（ $F_{\text{静态}}$ ）动态附加力也随辊子数的因素而考虑进去了（见 3.1 节）。

经验表明，随着磨机规格增大，以及相应较大的磨辊力（ $F_{\text{静态}}$ ），相对于过渡速度的安全性也必须增大，一方面，这是因为磨机质量的增加，动态磨辊力超比例的增加，而且对于扇形推力轴承座的安装间

隙，轴承座越大，要求的间隙也越大，图 13 中 n_B 和 n_u 分别是工作速度和过渡速度。

对于安装在莱歇磨内的扇形推力轴承，根据图 13，相对于过渡速度的安全系数随磨辊力（ F 静态）而变，已经得到充分的证明，在此基础上设计的轴承，并充分地满足这里所指出的其他必需的条件，可安全使用好几年。

除了过渡速度，单个轴承衬垫的稳定性必须特殊考虑，除非衬垫是完全刚性结构，否则它将很容易绕支承枢轴弯曲而变形，在这种情况下，巴氏合金面将经常承受疲劳龟裂和断裂以致很快地被破坏。此外，支承轴承的刚性轴承座（见第 6 节）充分的润滑（见第 7 节）和冷却是推力轴承正常运行的重要因素。

动压轴承适用于通过过渡速度范围磨机迅速转动并能在卸载条件下起动。在莱歇磨内磨辊可以升离磨盘（见 3.1 节和图 2），而在其它磨机内，只能消除施加于磨辊的气动弹簧的压力，由于这个原因，莱歇磨并不一定要在蠕变速度下起动，并且它如此快地通过过渡速度范围以致轴承衬垫表面运转多年才会发生一定量的磨损。

所有辊磨的设计，都可以在负载下很快地停车，这是因为磨盘的惯性动量低，停机后磨盘继续转一至两周，当速度下降到过渡极限值以下，轴承衬垫金属面由于摩擦温度升高前磨机就已经停止工作了，这是相对于管磨机的主要优点。管磨机在停机后会振荡和往复一段时间，因此需要特殊预防措施以保护耳轴承，如偶然断电时。检查推力轴承有无磨损发生，可以从外侧测量迷宫间隙宽度，并且用实际尺寸同图 14 中的理论校正尺寸 X 相比较的方法来得到。

5.2 带有动压和静压结合润滑的扇形推力轴承

用辅助驱动装置启动的辊式磨，首先以低于过渡速度的蠕变速度转动，如Morhart所述，扇形推力轴承装备有流体动压提升装置，以应付这些条件。为此，有些动压润滑衬垫在它们的转动面上有油槽，在起动过程中，高压油泵将油压入槽内，在压力下的油能够使轴承的旋转圈，连同减速箱的非传动法兰，和磨辊（弹簧压力已消除）一齐顶起。这样，即使在蠕变速度时，也不会发生金属和金属接触的半干摩擦，当开动主电机时，静压润滑停止，这以后轴承处于纯粹的动压润滑之中。

根据Holland的理论，这种静压和动压润滑相结合的系统会降低一些轴承的承载能力，“滑动轴承完美的动压作用，需要逐渐变窄的润滑间隙，而在油槽处这个条件不能满足，在那里，间隙变宽……”。

可是，倘若充分满足在5·1节里涉及的动压作用的要求的话，这样的轴承确实已实现了完全有效的操作。

5·3 静压润滑扇形轴承

由名字的含义可知，这种轴承依靠液体的压力工作（即油）它的功能，不取决于转动速度。当磨停止转动时，即处于静止时，高压油泵也强制润滑油进入轴承间隙。如5·1节所叙述的具有格外大直径的轴承，必须有大的安装间隙这是因为动压油膜厚度大小有一定的要求，在静压轴承中的油膜厚度比动压轴承的油膜大约要厚十倍，换句话说，在0·1毫米而不是0·01毫米范围内，基本上仅仅取决于油泵的输油速率。按照图13，莱歇磨的齿轮系统，由磨辊施加的运转力超过2650千牛顿，只装备了静压推力轴承。静压轴承扇形衬垫的设计和动压润滑轴承的衬垫相似，同样也有巴氏合金表面，同样在面上开有油槽，但是它们并不是转动地安装成许可倾斜的角度。此

时，由于油膜厚度并不取决于特定的转速，而仅仅取决于油泵的能力，因此，在巴氏合金面上增加一点接触压力是容许的，尽管如此，为了允许在意外事故条件下动压运行，已非常充裕地选定轴承表面的尺寸，这意味着象动压润滑轴承一样，在一个油道上运行，任何时候，油面都保持在轴承面以上。（参见图 14，油面由点划线表示）。

6. 齿轮减速箱壳

6.1 结构和功能

容纳齿轮的机壳可以是铸件，也可能是焊接件或铸件和焊接件的组合形式，完全铸造的结构形式，主要用于中等尺寸和大批量生产的减速箱，而大尺寸减速箱一般都采用焊接件。

减速箱水平对开，圆锥——圆柱齿轮的垂直驱动系统的机壳定位面与电机轴同高，通常，减速箱的上部另外带有一个可使圆锥齿轮和第一级垂直圆柱齿轮处的端盖快速移动的垂直结点。

尾盖包括上部径向轴承机壳和扇形推力轴承机壳，由于要承担磨辊的静压力和动压力，这个盖子要进行严格的设计，这个部件适合的材料是锻钢或铸钢，结构特点是它在支承推力轴承处具有高度抗弯能力。采用密集肋条蜂窝型、箱型和实心钢板型的设计。（Tacke 专利号：1916582）

减速箱盖也可作为扇形推力轴承的贮油器和油槽。

减速箱底座是肋板结构，根据它的型号和尺寸，肋条可能在箱内也可能在箱外，为了确保变速箱最佳地安装在磨基础上。减速箱的底法兰精密地机加工，平行于驱动减速箱的水平连接的配合面上，减速箱底法兰上带有用于和磨机机座连接的螺栓孔和校正用的楔形销，由于在侧向推动传递齿轮扭矩反力至基础上的制动螺栓，所以该法兰具

备机加工表面。减速箱底座也用作润滑齿轮的贮油器。

6.2 力的传递路线

减速箱承担齿轮施加于主轴承的反力，同时承担由磨辊施加的静态和动态力。

如图 16 所示，磨辊力通过扇形推力轴承传递到减速箱顶部，再由顶部传递到底部，并通过底部法兰到磨机基础上。

6.3 密封结构

在驱动轴进入减速箱处，有一迷宫密封件，还装有一个挡油环，根据离心作用该环切断了油的潜流，在大气湿度相对高的地方，迷宫环上还带有毡圈密封。

从动法兰同样装配一个迷宫式密封件以防止漏油和灰尘进入减速箱。

减速箱主体以及扇形推力轴承壳都装有粉尘过滤器的通风口，这些通风口，确保当减速箱内温度升高时，压力不会超过大气压力。

6.4 排油

减速箱主体和扇形推力轴承油槽的最低点分别都装有内螺纹排油旋塞，各个旋塞的出口带有一个方头的螺纹塞以防止不小心打开旋塞时意外漏油。

7 润滑和监控

7.1 润滑系统的作用

润滑系统必须确保有足够的油量供给齿轮主轴承和扇形推力轴承。

除了完成润滑的任务外，油还用来冷却齿轮和轴承的有关部件。确定齿轮油冷却器的合适的操作性能和能力的方法是众所周知的，然而选择油冷却器的能力是重要的，要充分排除磨机轴承产生的热