

81.594  
452



# 1600瓩减速机的修复

中国建筑工业出版社

763 13

# 1600 吨减速机的修复

邯 郸 水 泥 厂

中国建筑工程出版社

本书介绍邯郸水泥厂本着自力更生、勤俭办企业的精神，群策群力，土法上马，对国外进口的1600瓩大型减速机四段大齿轮齿圈断裂进行修复的方法、步骤和经验。书中对齿圈修复中铲制坡口、齿圈复位、断口焊接、焊口探伤、齿圈热处理、齿圈与轮毂热装配、齿形粗修和精研等各个工序，都作了具体的介绍。可供水泥厂及其它企业有关的机修工人和技术人员参考。

## 1600瓩减速机的修复 邯郸水泥厂

\*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：1 1/8 字数：22 千字  
1976年4月第一版 1976年4月第一次印刷  
印数：1—4,430册 定价：0.10元  
统一书号：15040·3295

15040·3295

# 毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地  
建设社会主义。

要使全体干部和全体人民经常想到  
我国是一个社会主义的大国，但又是一  
个经济落后的穷国，这是一个很大的矛  
盾。要使我们富强起来，需要几十年艰  
苦奋斗的时间，其中包括执行厉行节  
约、反对浪费这样一个勤俭建国的方  
针。

# 目 录

一、设备及事故概况 .....	1
(一) 设备概况 .....	1
(二) 事故概况 .....	3
二、断裂齿圈的修复 .....	5
(一) 铲制坡口 .....	6
(二) 齿圈复位 .....	8
(三) 断口焊接 .....	10
(四) 焊口探伤 .....	13
(五) 齿圈热处理 .....	13
(六) 齿圈与轮毂热装配 .....	25
(七) 齿形粗修和精研 .....	27
(八) 试车 .....	31
(九) 投产 .....	31

# 一、设备及事故概况

## (一) 设备概况

ZM1600/17型1600瓩减速机系东德德骚水泥机械制造厂产品，用于我厂 $\phi 3 \times 14$ 米水泥磨上。磨机设计产量为50吨/小时（硅酸盐水泥，闭路系统生产）。实际产量为40吨/小时，钢球装载量为108.5吨。减速机主要性能见表1，结构示意图见图1。

减 速 机 性 能 表 1

型 号	ZM1600/17	轴承型式	滑动钨金
功 率	1600瓩/2560瓩(运转/起动)	驱动方式	侧 动 式
入 轴 转 数	1000转/分	电机型号	SDH148/6
出 轴 转 数	17转/分	电机性能	1750瓩, 1000转/分
速 比	58.8	额定电流	395安
减速机中心距	$A = 900 + 1250 + 1800 = 3950$ 毫米	实际电流	290安

减速机通过 I ~ IV 段轴上的三组人字齿轮实现三级减速，其各组齿轮啮合主要特性见表 2。

齿 轮 啮 合 主 要 特 性 表 2

组 别	齿 数	法 向 模 数	压 力 角
(1)/(2)	28/128	10	20°
(3)/(4)	32/132	15	20°
(5)/(6)	43/144	18	20°

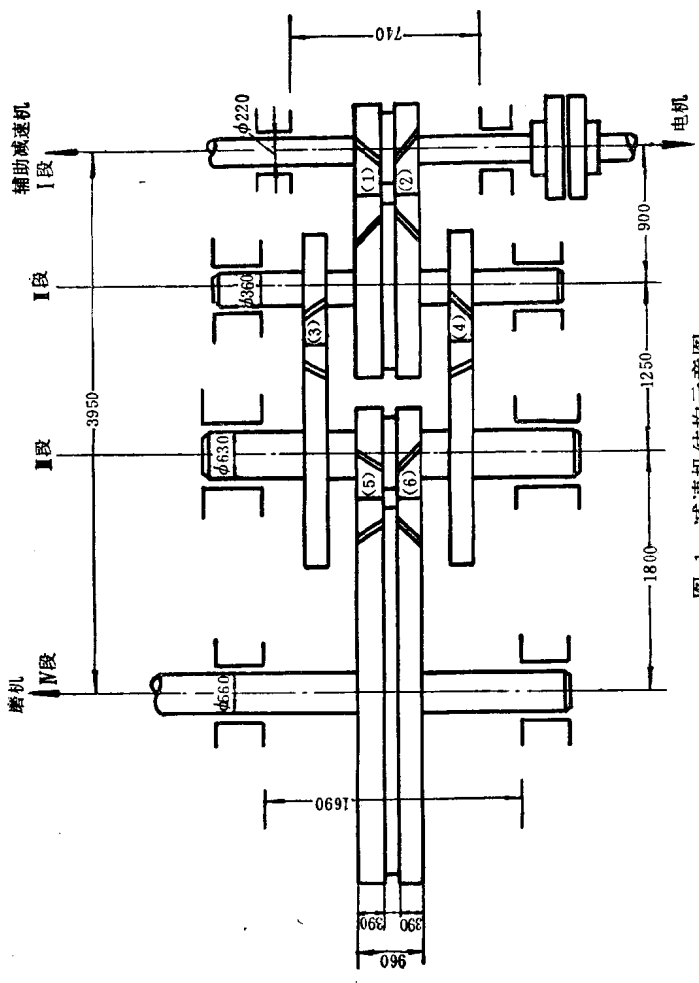


图 1 减速机结构示意图

## (二) 事故概况

减速机于一九六九年四月十六日正式投运，由于减速机在原设计、加工精度及齿轮研磨等方面，均存在一定的缺陷，一九七五年二月四日，在正常运行中，突然发生Ⅳ段齿圈崩裂事故。自投产起，截至事故发生止，该机共运行27152小时。

Ⅳ段齿轮是由铸铁轮毂和两个材质为K38MnSi<sub>1</sub>（东德牌号，其金属化学成分近似于我国的42SiMn）、齿的旋向相反的齿圈热装组成的人字齿轮。铸铁轮毂的外缘按圆周角 $120^\circ$ 等分留有宽35毫米的收缩缝，用6个 $\phi 50$ 毫米销钉楔紧。左右旋齿圈宽度均为390毫米，间距180毫米，齿圈厚度为105毫米（其中齿全高为40毫米）。Ⅳ段齿轮结构见图2。

事故发生后，右旋齿圈完好，左旋齿圈沿齿宽方向斜断，裂纹从其中一个齿（齿长90毫米处）向两侧延伸，横跨两个齿槽，除使该齿断裂外，并使相邻的齿根受到破坏。断口张开40毫米，端面错位10毫米，齿圈轴向窜位21毫米，圆周窜位640毫米。

齿圈断裂后在轮

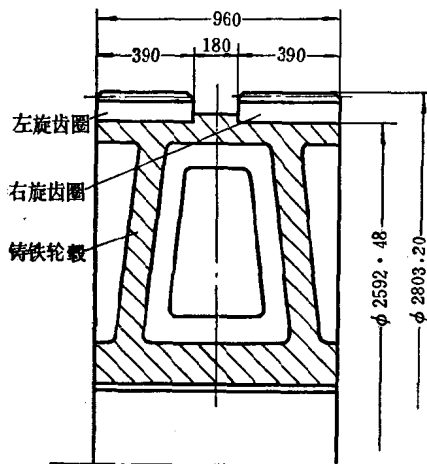


图 2 Ⅳ段齿轮结构



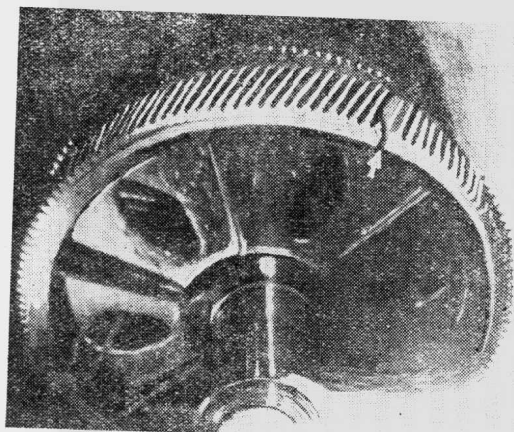


图 3 断裂齿圈在轮毂上的位置  
(箭头所指位置)

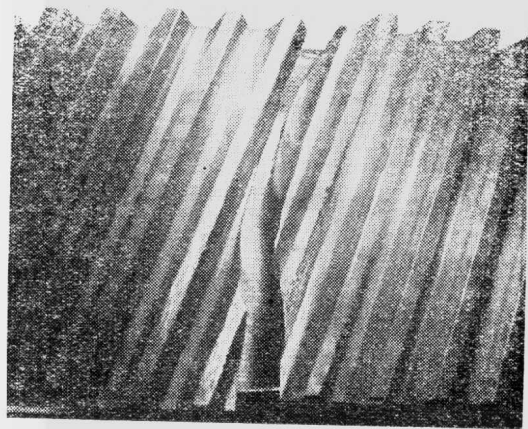


图 4 断口正面情况

毂上的位置见图3(箭头所指位置);断口正面情况见图4;  
断口端面情况见图5。

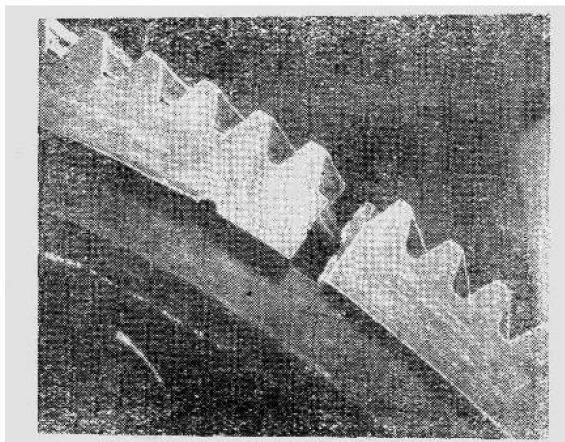


图5 断口端面情况

从断裂面的观察可以看出,裂纹并不是在齿圈断裂的瞬间猝然发生的,而是在断裂之前就出现了。

齿圈断裂后,虽然采取了立即停车措施,但由于其运行惯性,齿轮仍处于运行状态。这时,齿轮已脱离了正常的工作位置,在外力的作用下,使断口两侧共五个齿发生了较严重的变形,齿顶部齿距差最大达到4.5毫米。其表现形式为齿顶沿圆周方向倾倒,测量基节变形误差为0.3毫米。

## 二、断裂齿圈的修复

断裂齿圈的修复按其工艺顺序分为:铲制坡口、齿圈复位(即断口合拢)、断口焊接、焊口探伤、齿圈热处理(回

火)、齿圈与轮毂热装配、齿形粗修和精研、试车和投产。  
现分述如下。

### (一) 铲制坡口

#### 1. 坡口形式的选择:

(1) V型坡口: V型坡口铲制较为容易,但是对于此种断裂情况, V型坡口会使断口两侧的齿形受到较大的破坏,而且,坡口内焊条金属不是对称分布,焊接时,焊缝内应力和齿圈的局部变形也较大,故不是可取的坡口形式。

(2) X型坡口: 齿圈属于大厚度工件,从理论上讲,采用对称的X型坡口,对称地填加焊条金属,焊接时,可以减少焊缝的内应力和齿圈的局部形变。

但从图3裂纹分布情况看,由于裂纹跨两个齿槽,并使一个齿在齿长90毫米处断开,在这种情况下,如采用对称的X型坡口,将使三个齿的齿形受到较大的破坏。这样,不仅会增加补焊齿和修齿的工作量,而且会造成齿形误差,这对齿轮实现平稳传动是有害的。

为了使坡口的铲制工作,尽量少破坏原有齿形,我们采用了非对称形式的X型坡口。坡口实际上是由两个大小不同的V型坡口组成。根据少破坏原有齿形的原则,进行“里大铲、外小铲”,即:使齿圈内圆周坡口(简称里坡口)尺寸大于外圆周坡口(简称外坡口),坡口角度为 $55^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ,其尺寸及布置情况见图6。

#### 2. 坡口制法:

(1) 气割: 气割制坡口虽然可以提高制作速度,但是,工件在热作用下,母材金相组织容易发生变化,出现淬火组织,而且表面不平整,易出现裂纹和氧化层,这样会降

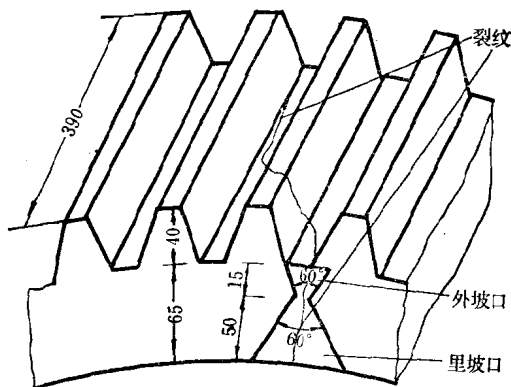


图 6 齿圈裂纹分布及坡口布置

低母材强度，影响焊接质量和焊缝承受动载的能力。而引起齿圈断裂因素之一，即为其断面强度不够，因此，气割法制坡口在此情况下是不可取的。

(2) 手工铲制：手工铲制虽然速度较慢，却避免了气割制坡口的弊病，所以，我们选用了此法铲制里坡口。

采用手工铲制，首先将断裂齿圈从轮毂上取下，选择一平坦地面放平。根据确定了坡口角度和尺寸，画好线，用预制的铲自上而下铲。

(3) 电弧气刨：从图 6 可以看出，外坡口位于有齿的一面，用手工铲制较为困难，我们采用了电弧气刨的方法制作外坡口。它的优点是速度快、表面平整。但必须由技术较为熟练的工人掌握，因为处理得不好，会改变母材的金相组织，并会造成表面的微小裂纹。

坡口铲制时，齿圈断口尚未合拢。为了给断口合拢留有依据，外坡口留在齿圈复位，里坡口焊好后铲制。

## (二) 齿 圈 复 位

齿圈复位是使齿圈断口合拢，恢复到断裂前的正确位置。显然，这不仅是施行断口焊接的必要前提，也是保证修复质量的关键，因此，必须慎重地进行。

### 1. 复位卡箍：

从断口示意图（图7）可以看出，齿圈断口张开40毫米，端面错位10毫米，变形较为严重。齿圈刚度较大，欲使其复位，必须施加很大的外力。为此，我们特制了两个复位卡箍，其内圆卡在齿圈的外圆上。每个卡箍由两个半环组成，用 $\delta=30$ 毫米钢板焊接而成。内圆经车床加工，其尺寸

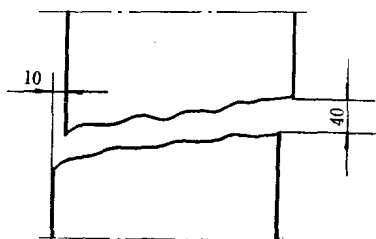


图 7 断口示意图

要大于齿圈外圆0.5~1毫米。两个半环对口处用8个M36的螺栓把紧。为了保证卡箍对齿圈有足够的卡紧力，加工卡箍内圆尺寸前，在对口处加 $\delta=15$ 毫米的垫，

然后进行内圆车削加工。

齿圈的圆周复位是靠卡箍对齿圈外圆和卡紧力实现的（见图8）。端面错位的纠正较为容易，没有制作专用卡具。卡箍半环结构见图9。

### 2. 如何确定复位的正确性：

前面已提到，复位前外坡口没有铲制，这部分断裂面（在齿板处的厚度为10~15毫米）是断口合拢的依据。复位后，首先要仔细观察断裂面是否已紧密结合。达到密合后，

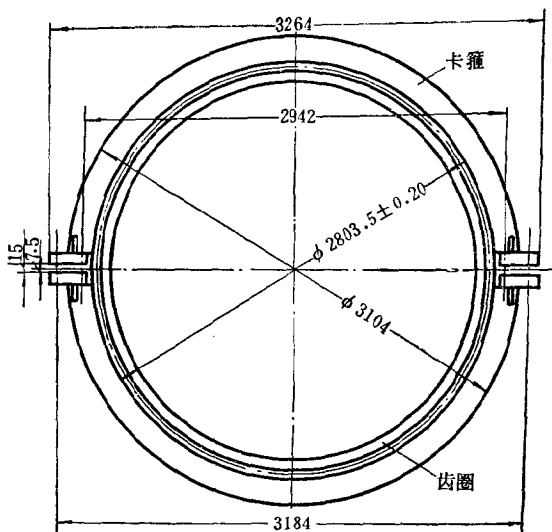


图 8 齿圈复位

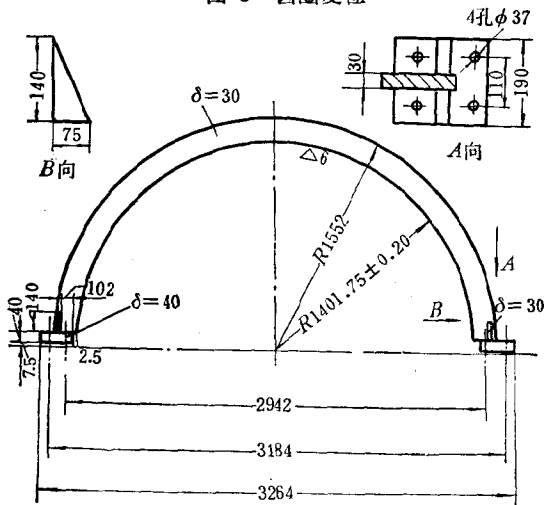


图 9 卡箍半环结构

再用游标卡尺检查断口两侧齿的齿距是否一致。由于齿圈断裂时，齿形受到破坏，产生了永久变形，所以，复位后，断口两侧的齿距要达到完全符合标准是不可能的。复位后，存在0.20毫米的误差。这一误差留在修齿时加以消除。复位工作进行到此，将全部螺栓把紧，用电焊将断口点固。

### (三)断 口 焊 接

#### 1.焊条的选择:

依据母体材质的化学成分，正确地选择焊条是保证焊接质量的关键。焊条金属的化学成分和机械性能应尽可能接近于被焊齿圈。减速机原说明书中，虽对该齿圈的材质及其机械性能有所介绍，但为了获取可靠的科学数据，我们用电钻从断口处取5克母体金属粉末进行了化验。为了便于对齿圈材质进行全面的比较分析，还向首都水泥厂索取了他们修复该种齿圈时的化验结果和选用焊条的资料。

$K38MnSi_4$ 是一种中碳低合金钢材。根据对其化学成分的化验结果，我们选择了国产 T707 碱性低氢型涂料的低合金高强度钢焊条(上海东风电焊条厂制造)。现将齿圈母材、选用焊条的化学成分及性能列于表3。

由表3可以看出，T707焊条有害杂质P、S的含量较少，除延伸率低于母材外，抗拉强度及冲击值均与母材接近，是一种较能满足焊接要求的焊条。

#### 2.齿圈刚性夹紧:

$K38MnSi_4$ 是中碳低合金钢，可焊性较差。焊接中因金属的组织变化而产生内应力较为显著，这将引起工件的变形。为了防止变形，焊接时，复位用的卡箍不应拆除。这样，焊接中焊件内产生的大部分膨胀力、收缩力与卡箍抵抗力抵

齿圈、焊条成分及性能

表 3

成分及性能 名称		化学成分(%)					机械性能			
		C	Mn	Si	P	S	Mo	抗拉强度 公斤 厘米 <sup>2</sup>	延伸率 %	冲击值 公斤·米 厘米 <sup>2</sup>
齿圈	东德化验	0.42	1.25	0.96	0.029	0.025	—	78.8	45.2	23.6
	首都水泥厂	0.37	1.10	0.78	0.036	0.035	—	—	—	—
	邯化 邯水泥厂	0.47	1.06	0.93	0.028	0.035	—	—	—	—
焊条	首都水泥厂 选用 T506	≤0.12	0.8~ 1.3	≤0.65	≤0.04	≤0.035	—	50~59	≥20	≥13
	邯化 邯水泥厂 选用 T707	0.10	1.5	0.4	≤0.035	≤0.035	0.5	70~82	20~26	16~24

消，不致使焊件由于内应力发生永久变形。

### 3. 焊接工件环境:

工作环境要保持恒定的室温，并防止冷风侵入。因为在寒冷和有风的环境中施焊，会促使近缝区出现淬火组织，从而降低焊口的机械性能。为此，我们将工件放入用帆布搭成的工棚内，保持棚内温度在18~20°C，并把工件立起，使坡口处于平焊的有利位置。焊前，将坡口清理干净。

### 4. 焊前预热:

(1) 预热目的: 焊件预热后，可以减少焊接部分与非焊接部分之间的温度差别，同时也可以减低焊接的冷却速度，使焊接部分与非焊接部分的温度作同时等量的降低或增高，这样就减少了内应力以及变形和裂纹的发生。

(2) 预热的温度及方法: 对于此种材质的齿圈，预热温度以200°C为宜。因为这种轻微预热，不仅会使内应力大大减少，并且易于控制均匀。特别是工件当时处于较低的范围温度，效果更为显著。



先用炭火将焊口两侧长共1米左右范围烘烤至 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，然后，撤掉炭火，在焊口下面距齿圈200毫米左右，对称放置两个间距200毫米的2000瓦的电炉，并随时测量预热温度，使其保持在 $200^{\circ}\text{C}$ 。

#### 5. 焊条烘焙，焊接电流、速度：

焊条使用前应经 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 高温烘焙2小时，驱除药皮水分。采用直流电焊机焊接。选用较小电流、快速焊接的办法可以减少焊件的变形。焊条的规格为 $\phi 4\times 400$ 毫米，要求电流为 $160\sim 190$ 安。除第一层焊接采用190安电流外（为了使焊条金属与母体在较高的温度下更好地熔合），其余各层均采用160安电流。为了加快焊接速度，由三名技术较好的焊工连续作业六小时，使焊接一次完成，并尽量减少各焊层的间隔时间，以减少变形。

#### 6. 施焊方法：

(1) 逆向分段焊接：由于坡口较大，显然必须采取多道焊法。用逆向分段焊接法（见图10）可以造成焊接部分均匀冷却的条件，能显著减少焊缝收缩过程引起的变形。如从端面开始引弧，则端面焊缝质量不易保证，故焊接应由中间逆向进行，起、灭弧点要交错开来。焊缝填敷方法见图11。

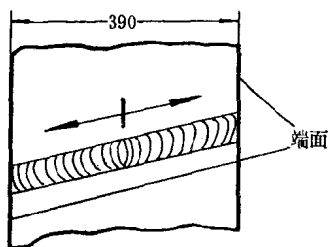


图 10 逆向分段焊接

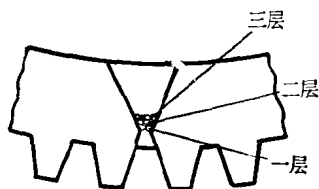


图 11 焊缝填敷