

# 零件损坏的鉴定



FOS

机修技术丛书



78.2

4724

上海科学技术出版社

# 第五章 齿轮

## 齿轮的术语

本章讨论的齿轮零件示于图 A。这些名称适用于所有型式的齿轮。

图 B 还指出了在啮合齿轮间有一定间隙的一对齿轮。在突然停止或齿轮反转时,间隙太大在齿轮上会造成严重的撞击。

## 序言

齿轮损坏的主要原因是:

- 磨损
- 起麻点,剥落,渗碳层碎裂
- 疲劳
- 撞击
- 波纹,起棱和冷变形
- 综合的影响

许多齿轮的损坏是因为齿轮载荷过大,或者因不正确的换挡或操纵离合器引起撞击或震动载荷。在推荐的正常载荷下,大多数齿轮工作得很好。

如果一个齿轮内部有缺陷,只有通过冶金试验室的检查才能确定。

有些齿轮是在它们加工到最后的形状后,用热处理方法进行表面硬化的。热处理产生硬化层(图 A),形成一个由低硬度、坚韧的心部支承的坚硬抗磨的表面。

## 磨损

磨损是表面材料从齿轮上去除。它可能是缓慢的,如划伤,或是迅速的,如擦伤。有三种型式的磨损:

- 粘附磨损——由金属与金属接触,并且表面焊接到一起而后撕离所造成。原因可能是润滑油不足,或齿轮没有正确啮合。
- 磨料磨损——由外界颗粒,如灰尘和砂粒造成。
- 腐蚀磨损——由污染的润滑油或者添加剂产生的对齿轮表面的化学侵蚀。

起麻点、剥落和渗碳层碎裂

起麻点是一种疲劳缺陷,当齿轮上有小颗粒从齿面脱落后出现。当啮

合齿轮的表面进入接触状态时,这些表面上的反复应力能造成麻点。

它们沿接触线开始,这里是配合零件的齿上压力最大的地方,一般地是由于载荷过大造成的。疲劳裂纹常常在麻点区开始。剥落是麻点进一步发展的严重形式,齿轮的一部分可能裂掉。

渗碳层碎裂(齿轮齿外部的硬化表面碎裂)通常表现为沿齿面裂开的裂纹。它常常是由过大的作业载荷造成的。

## 疲劳

疲劳一般是由重复的、过大的载荷造成的,它常常是在齿轮齿根或靠近齿根处断裂。

疲劳缺陷可能是从特别高的负荷造成的小裂纹开始,并且在正常使用状态下继续发展,直到齿轮失效。断裂的表面通常显示为两个区域:

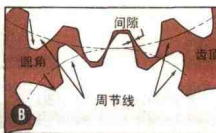
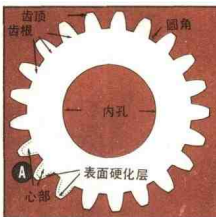
- 有裂纹线生长发展阶段的光滑疲劳区
- 粗糙的最终破裂区(图 C)

## 撞击

撞击缺陷一般地是由粗暴操纵产生的沉重载荷引起的。通常发生在齿根或近齿根处,并折断的表面呈灰色粒状,没有缺陷发展过程的痕迹。

波纹、起棱和冷变形

(在室温下受高压产生的金属移动)



波纹、起棱和冷变形较少发生,并且破坏性似乎也较小。它们显示的是材料发生变化和表面变形的一种表面状态。

有些表面损伤形式是麻点和疲劳、波纹和剥落以及其它损伤的总合。

作为大概的规范,下列百分比代表了对所有失效的一个分析。它是从对使用中失效的200个齿轮的研究中综合出的。(齿轮为什么损坏金属评论 1966年3月)

|                | 百分数 |
|----------------|-----|
| 疲劳             | 24  |
| 撞击             | 15  |
| 表面状态: 麻点、剥落、   |     |
| 渗碳层压碎          | 20  |
| 表面状态: 过量磨损、划伤、 |     |
| 擦伤、卡滞          | 18  |
| 外界物体落入齿轮副      | 10  |
| 其他             | 13  |

(被研究的齿轮是重载载荷任务的正齿轮、斜齿轮和圆锥齿轮。)

下列有关各节用以判定:

- 普通类型损坏——对所有齿轮都通用,不管使用和装配条件如何
- 特殊类型损坏——对后轴和传动系齿轮通用



## 普通类型损坏

### 磨损

一种粘附型磨损示于图1。可能的起因是润滑油不足,或是齿轮啮合不正确。

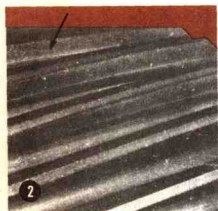
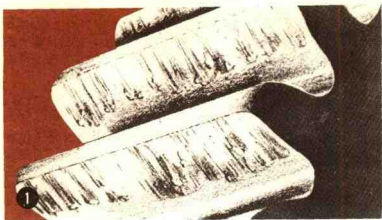


图2中齿轮齿面的中等磨损使工作的节线变得清晰可见(箭头所指)。这种磨损大概是由于润滑油中磨料引起的。

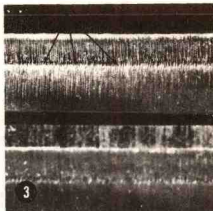


图3中齿轮因为润滑油不足在重压力下造成金属与金属直接接触而产生刻伤。磨损表面上的水平线是节线(箭头所示)。

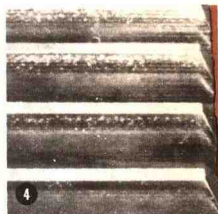
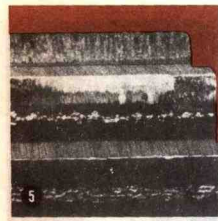


图4中刻伤的早期阶段在齿轮上部显示出斑点的覆霜似样式。损伤在这个阶段是轻微的。



破坏性的刻伤示于图5。重的刻伤发生在节线以上和以下。通常损伤会迅速发展致使齿轮不能使用。



一种磨料磨损的形式示于图6。



一个特别严重的形式示于图7。金属陶瓷或青铜小齿轮齿的大部分已经由于润滑油中磨料颗粒的积聚而磨掉。



腐蚀磨损示于图8。是由润滑油中的污染物或添加剂引起的。

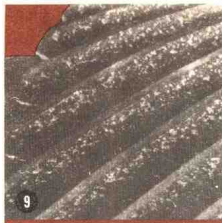


图9所示的齿轮表面是因受化学作用而损伤的。这种磨损将要继续下去,直到齿轮不能使用为止。化学磨损是由污染的润滑油、润滑油的混合物或添加剂造成的。



起麻点、剥落和渗碳层压碎

图10所示偏轴小齿轮中的“修正”的麻点是由很小的坑穴组成的,这些坑穴不会发展到超过起初阶段的样子,并且常常会“痊愈”变好的。

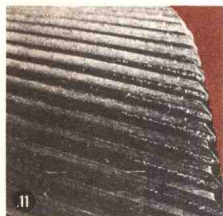


图11中的麻点在螺旋面的外端(此图中齿轮的右边)开始,原因是中心线稍有失调,麻点慢慢地向齿的中部进展最后停止进展,表面开始抛光,表示载荷沿齿面分配变得更均匀了。这种麻点是无害的。



与上述相反,图12中所示有害的麻点大约是因载荷过大而造成的。



麻点损坏了图13中正齿轮的齿面。

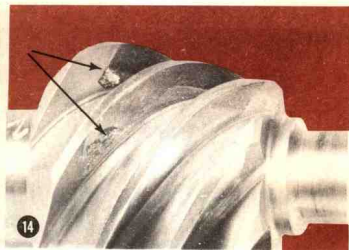


图14中的麻点发生在齿根接触处。沉重的接触发生在麻点位置,因为齿没有正确啮合,可能是因为超载荷。

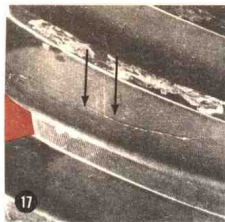


剥落的第一阶段,在齿的接触地区有纵长扩展的裂纹,如图15左面所

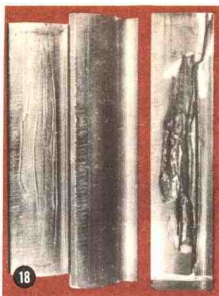
示。当大片的碎片脱落时,剥落就彻底地损坏了齿轮。



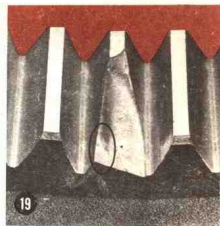
图16中的驱动小齿轮出现严重的麻点和剥落,在相邻的齿上,轮齿彻底毁坏。



渗碳层(硬化的表面)压碎(图17)表现在该锥形齿轮接触表面上是纵长的裂纹。主要的裂纹从渗碳层心部结构的深处开始,慢慢向表面延伸。长的大块材料看来要从表面上碎落下来。



渗碳齿轮(用加热表面,转变成高碳钢面后淬火硬化的齿轮)渗碳层压碎的初始形式示于图18左侧,最后的阶段示于图18的右侧。这个齿轮大概是由于超载荷造成的,但是也许需要作冶金分析以断定失效的可能原因。



### 疲劳

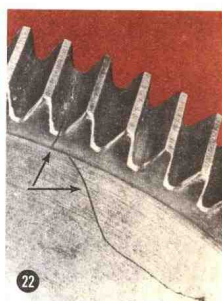
一个环状齿轮的典型疲劳缺陷示于图19,其特点是有光滑的地区。它大概是由重的载荷或震动载荷(不正确的换挡和操纵离合器)造成的。



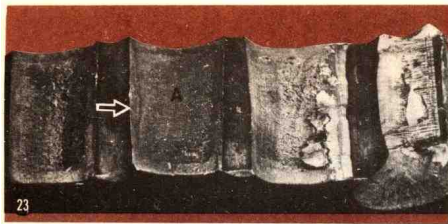
图20所示小齿轮有三个齿发生根部疲劳破坏。其余的齿只有轻微的磨损。



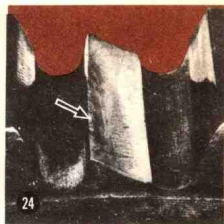
图21中油泵的从动齿轮由于疲劳断裂和齿严重磨损而不能使用。断裂从齿根圆角(联接齿基圆的地区)处伸展到齿轮的中心孔。这个齿轮应送冶金试验室检查以断定失效的原因。



一个从齿根圆角伸展到齿轮中心孔的疲劳裂纹示于图22。需要冶金试验室的检查以确定造成缺陷的起因。



在正齿轮的若干齿上,由于重复的重载荷引起的断折的情况示于图23。标有“A”字的齿看来是由于疲劳裂纹首先折断的(注意光滑、似天鹅绒般的地带)。



另一疲劳断折的情况示于图24。箭头指明裂纹在断折处左边缘开始,那里有一个小坑,靠近齿受压侧啮合区的底部。紧靠裂纹源(箭头指处)旁的地区受到充分的磨擦,说明裂纹起初发展缓慢。

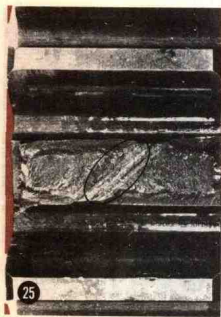


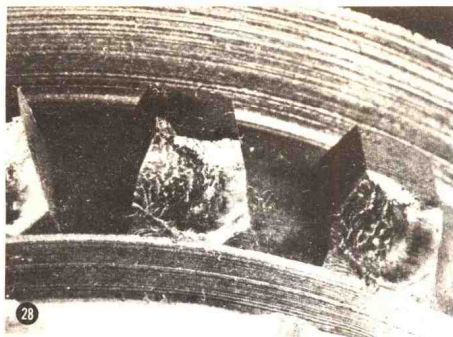
图25中齿轮缺陷包括一个断齿和在邻齿上有裂纹。因为断面不是光滑的,说明是一种瞬时的断折。也可以观察到一个显著的夹渣带(齿轮中的杂质),它的作用象刻痕一样,促进缺陷的发展。



图26所示为表面硬化齿轮(齿的外表面硬化)的疲劳断裂,开始于齿根处,出现在齿的两侧(箭头所指)向齿的中部发展会合。可能需要进行冶金试验来断定缺陷的起因。



图27中行星齿轮的大部分齿顶已碎掉。作业载荷产生的应力在这个点引起裂纹。最后,可能是由于疲劳,这些裂纹继续发展,直到齿的表面。如果这是在短的使用之后发生的,可能表面硬化深度过大,需要作冶金试验室检查来作出判断。



撞击

图28所示为渗碳齿轮齿角被敲坏和碎落的情况，齿角在破断之前受到重复的撞击，潜留下许多表面断折的特性。多半是由于不正当的换挡引起了这种缺陷。

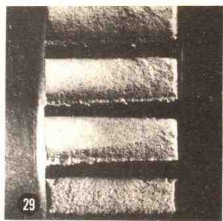
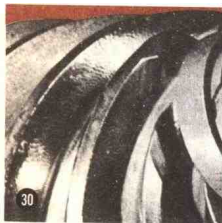


图29所示硬化的正齿轮为断面上呈现灰色颗粒状外观的典型的撞击缺陷。它没有疲劳断折的光滑外观的特征。这种缺陷多半是由于不正当的操纵离合器或不正当的换挡造成的。



波纹、起棱和冷变形

波纹，起棱和冷变形(金属在室温下受高压的移动)比前述缺陷较少发生，并且造成的损伤较小。图30所示内轮，表面上有波纹，是在硬化的偏轴伞齿轮上产生波纹的典型状态。波纹一般出现在高载荷的齿轮上。

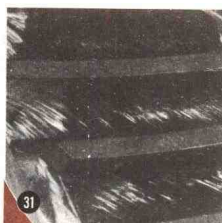


图31所示硬化内轮起棱可能是由于超载荷造成的。

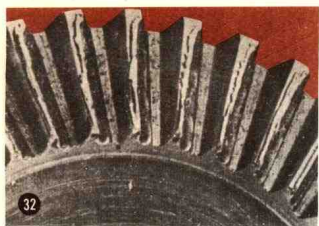


图32所示为中等硬度齿轮的冷变形推进阶段的情况。这种齿轮比表面硬化的齿轮更易于产生冷变形，材料已经翻卷到轮齿顶边之上，结果齿轮的齿型损坏。重载荷多半是引起这种金属移动的原因。

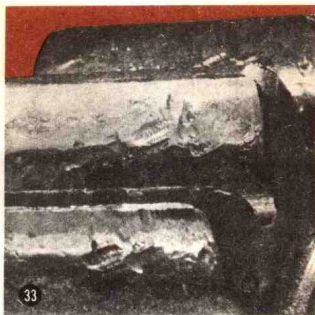
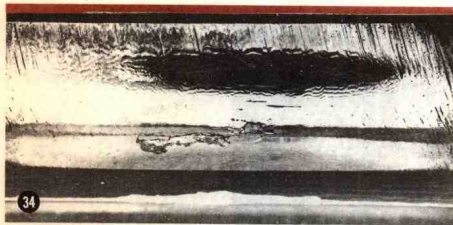
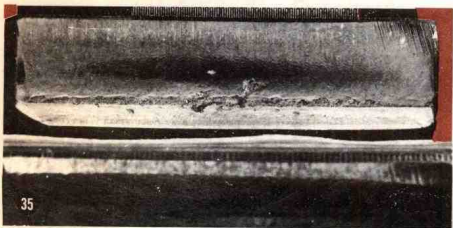


图33所示为中等硬度齿轮由于碾压和敲击作用而造成的表面变形。这个齿轮很可能是受到超载荷，并且在有了初步的损伤之后长期使用，造成表面敲坏。



#### 综合影响

剧烈的接触应力引起如图34所示齿轮表面的塑性流动，产生波纹，在靠近齿的中心处还有剥落（表面材料的碎落）。过大的载荷可能是这类缺陷的原因。



一渗碳的驱动小齿轮在靠近节线处产生麻点（图35）。沿节线的波纹和靠近齿顶的轻微粘附磨损也都是显而易见的，这些缺陷可能是齿轮超载荷引起的。



图36所示为损坏的最终驱动小齿轮。小齿轮齿内的接触部分完全损坏。这可能是由于重载荷或润滑不

足引起的。轮齿在损坏出现之前其全长是延伸到轴的端部的,如图中虚线所示。

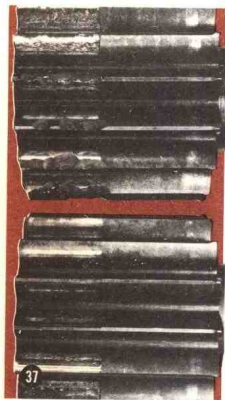


图37所示小齿轮是由于严重的麻点和粘附磨损而不能使用。过大的超载荷和润滑不足或不正确可能是产生这些缺陷的原因。

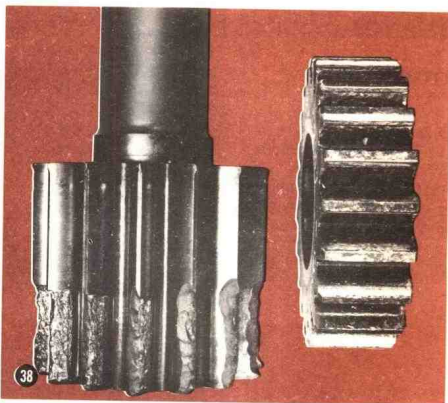


图38中齿轮显示严重的敲毁和疲劳断裂,可能是由于严重的超载荷或润滑不足引起的。



## 特殊类型的损坏

### 齿圈的齿

由于调整不当引起锥形齿轮齿折断的典型事例见图39和40中。图39中的缺陷是由于锥形齿轮根部载荷过大所造成的。图40中的断折是由于齿轮尖部载荷过大所造成的。

间隙过大多半会引起如图39所示的损坏。反之，图40所示的缺陷的起因则是间隙不足。

震动载荷也会引起上述损坏，甚至会使整个环状齿轮的齿破断。

### 齿环和驱动小齿轮(图41)

擦伤扩展到全部齿面。金属已经软化并沿着齿面挤拉。

如果润滑得不充分，齿轮之间的不正常的摩擦产生热，使金属软化并使齿损伤。

磨损的小齿轮轴承使小齿轮产生轴向移动，造成小齿轮与齿环接触不正确。

扭矩过大也能是损坏的原因。



齿环和驱动小齿轮 (图 42)

环齿出现变色和变形。这类缺陷是由于润滑油不正确、润滑油油面低或不经常更换润滑油产生的热所引起的。在上述任何一种情况下,表面由于过分的摩擦而出现过热现象。



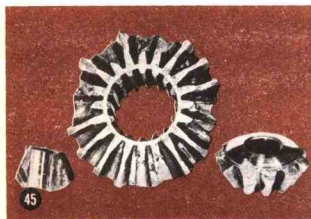
驱动小齿轮 (图 43 和 44)

在繁重的使用条件下,过大的载荷在齿的踵部造成集中的麻点区。在过大的载荷下,变形使小齿轮偏离与环状齿轮原有的正确位置,使载荷集中到齿踵上。



图 44 所示断齿齿面的光滑地区是裂纹起始地区。粗糙地区表示面积太小连一次载荷也承担不了而断折。

繁重的使用条件,使用有缺陷的材料和齿根部分圆角半径太小,或圆弧半径过渡不良均能造成这类缺陷。



差速器半轴齿轮和小齿轮 (图 45)

断齿呈颗粒状灰色断面表示是震动断折的。粗暴使用机器违反运行规程,如突然接合离合器,产生的应力大于齿轮的最大强度。



差速器十字轴和行星齿轮 (图 46)

差速器十字轴和行星齿轮由于受热而变色,有金属与金属接触、擦伤并咬住的现象。

这种损伤是由于润滑不足、车轮空转或超载引起的。

上述原因的任何一个都能造成啮合表面之间润滑膜的丧失。没有润滑油的保护,摩擦促使接触地区过热,擦伤,如果运转继续进行,最终会咬住。



半轴齿轮(图 47)

断面上小的光滑地带是裂纹的起始处。粗糙的断折带是随后发生的事故。

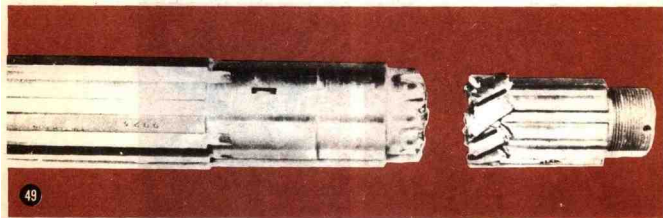
粗暴的操作,或是车轮轴承松动,将引起后轴在壳体中偏斜。



传动系斜齿轮(图 48)

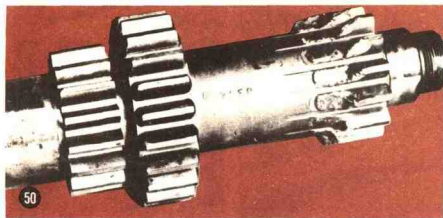
断面呈颗粒状灰色而没有发展过程的标识,是疲劳破坏的特征。

粗暴的操作造成极大的震动载荷。这种缺陷常常与加速因载荷而失速的发动机,和突然接合离合器伴随而生。



传动箱花键主轴(图 49)

负载车辆在离合器没有接合而传动箱挂着档的情况下滑行,会导致这种有颗粒状灰色断面的疲劳断裂。在离合器接合着的时候,突然的减速将产生震动载荷,并且损伤传动线路的各个元件,在这一例中损伤的是主轴。



变速器副轴(图 50)

敲短、崩碎、破裂的啮合齿表明换挡粗心大意,和两个相接触的齿轮速度不同步的缺陷。要保证啮合正确并且齿轮的速度同步。



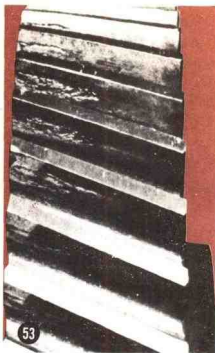
变速器主轴二速齿轮(图 51)

齿轮的齿崩碎并从齿的啮合端碎落,说明齿局部啮合并且离合器分离不彻底,致使副轴继续转动,以致齿轮啮合时有干扰。



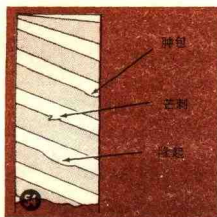
传动系统主轴超速传动齿轮(图 52)

发动机在低速和最大的扭矩之下强拖,从而在承受载荷的齿轮和轴承表面上产生极高的压力,造成断面是颗粒状灰色外表的断折轮齿(图 48)、断折的动力输出轴和剥落的轴承。



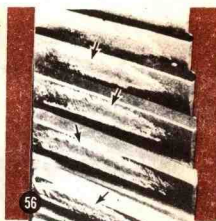
变速器副轴齿轮(图 53)

齿面破损,并且麻点和剥落地区集中在齿的边棱。这是由于在极其恶劣的作业条件下,传动线路中载荷过大造成的。这与壳体变形有关系,它使接触部位集中在齿的边棱。



工作中的传动齿轮上的肿包、芒刺和隆起(图 54)

肿包、芒刺和隆起出现在精加工过的齿轮的齿的边棱上是由于拿放粗心所致。



#### 损坏的外观

与图 57 中的正常形状对比, 图 55 和 56 所示的齿为接触不良的情况, 表现为抛光表面集中出现在齿的任一端上。这会造成轴在高速时, 发出高频的尖叫声。

可能是由于齿轮室的过度变形, 或者齿轮轴线失调引起了上述的缺陷。

这类磨损形式一般地不会造成损坏事故。

统一书号：15119·2169

定 价：0.38元