

# 矿山机器零件 损坏的主要类型

苏联 M·M·傑羅巴烏姆著

煤炭工业出版社

## 內 容 提 要

本書分析煤礦機器在運轉中零件損傷情況的方法，研究了零件及其夾層損壞的主要類型以及各種損壞類型影響零件強度的因素。

本書適合煤炭工業部各設計院，機械製造廠和礦山機械修理廠和礦山的机电工作人員參考。

М. М. Тонченко  
ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАЗРУШЕНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ УГЛЕВЫХ МАШИН  
Металлургиздат, Москва, 1956

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社1956年版譯

702

### 礦山機器零件損壞的主要類型

孫 剛譯 邵荷生校

煤炭工業出版社出版（地址：北京東長安街煤炭工業部）

北京市書刊出版登記證出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

開本787×1092 1/32 印張3 1/16 字數54,000

1958年4月北京第1版 1958年4月北京第1次印刷

統一書號：15325·43 印數：0,001—5,000冊 定價：(10)0.55元

在煤炭工業繁重的生產過程綜合機械化的條件下，機器工作的可靠程度和使用期限，能够直接影響采煤生產率和煤的成本，并且也是機器質量的重要指標。

由于煤炭工業中機器的使用條件，在工作的可靠程度方面不得不对機器提出較高的要求。井下機器繁重复雜的操作程序、煤礦機器的技術維護和運行條件等都使得延長機器壽命的工作復雜化了。

由于運轉負荷的復雜性和不定性，就常常不能可靠地計算出一些機器零件和部件的程度，特別是在負荷具有動力特性的情況下。這樣，就要求製造廠找出薄弱的零件和部件，并在分析零件工作能力所以低的原因的基礎上，對機器進行了細研究和改進。

关于對試制品最初所進行的研究改進工作，在機器轉入成批生產后还应繼續進行，因為觀察零件的工作情況和檢查延長零件壽命措施的效果都需要較長的時間。目前各主要煤礦機械製造廠都把這一工作當作改善煤礦機械製造的全部工作中的一个組成部分。

分析機器零件在運轉時的工作情況，能準確地預測出所研究的零件損壞和磨損的類型。這一點之所以必要，是因為對於零件的各種損壞或磨損類型都有一定的延長壽命的方法。不考慮零件損壞或磨損的類型而把這些方法隨便加以採用，可能得不到顯著的效果，甚至相反地會造成零件質量的降低。

本書根據對零件損壞進行分析的結果，敘述了煤礦機器零件損壞的主要類型。

零件磨損的問題本書不進行研究，因為確定煤礦機器

零件磨損類型的工作，作者還沒有完全結束。可以說，一方面，零件強度的問題，對於機械製造各部門來講，是一個老問題，相反地，對於型式眾多的煤礦機器的零件磨損問題，在研究上，特別是在對金屬磨損過程的一般性的研究尚且不足的情況下，則具有很大的困難。

每一種損壞類型本書內都用煤礦機器零件的實例來說明，同時還敘述了零件的外部 and 內部損壞的特徵，以及確定可能產生該種損壞的零件的工作條件。在本書內簡單地敘述了在每種損壞類型下，材料情況對不同工藝加工的零件的強度的影響，並指出了延長零件壽命的途徑。根據每種損壞類型，書中敘述了在其他書籍中論述過的強化方法，充分地介紹了對因疲勞而損壞的零件簡便易行而且有效的機械強化方法。

由於研究的內容比較廣泛，故材料的敘述做了壓縮。

因此，本書相當於一篇對機器零件損傷的分析和提高強度問題的概論性的論文。本書的基礎是作者1954年在煤炭工業科學院研究所作的講演提綱。

可以相信，本書對確定零件損壞類型和強化方法問題的系統敘述，對於煤礦機械製造工作者來講，在延長機器壽命的工作上，將是一種實際的幫助。

積累延長煤礦機器壽命的經驗，今後就能把強化各種零件的方式和方法系統起來並作出結論，使其成為技術條件、工藝過程、零件恢復和修理的方法。

本書採用了全蘇礦山機械製造科學研究院的某些材料。這些材料是作者和B. M. 古節爾曼、P. A. 費施尊、B. B. 米西嚴柯、B. H. 阿爾奇莫維奇和H. K. 羅曼年柯等在進行研究頓巴斯采煤康拜因、KMII-1型截煤機、風鑽、風鎬和其他機械零件過早損壞原因的工作時獲得的。

# 目 录

## 前 言

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第一節 煤礦機器零件損壞的主要類型·····             | 5  |
| 一、零件工作的可靠程度和使用期限·····              | 5  |
| 二、確定損壞類型是延長零件工作壽命的基礎·····          | 8  |
| 三、煤礦機器零件損壞的主要類型·····               | 8  |
| 四、損壞類型的鑑定·····                     | 9  |
| 第二節 零件的塑性變形、韌性和脆性損壞·····           | 11 |
| 一、零件的塑性變形·····                     | 11 |
| 二、零件的韌性損壞·····                     | 17 |
| 三、零件的脆性損壞·····                     | 19 |
| 四、材料狀態和某些工藝因素對零件脆性<br>損壞抗力的影響····· | 24 |
| 五、強化方法選擇的不正確時關於損壞類型<br>變化的可能性····· | 32 |
| 第三節 零件的疲勞損壞·····                   | 33 |
| 一、金屬的疲勞·····                       | 33 |
| 二、零件的疲勞損壞及其特徵，提高疲勞<br>強度的方法·····   | 39 |
| 三、表層質量和其對零件疲勞強度的影響·····            | 41 |
| 四、關於嚴格區分零件脆性損壞和疲勞損<br>壞的必要性·····   | 52 |
| 五、關於限制因疲勞損壞的零件的使用期限問題··            | 53 |
| 第四節 提高零件疲勞強度的機械方法·····             | 61 |
| 一、定向冷作·····                        | 62 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 二、零件的“賦能鍛鍊” .....                 | 62  |
| 三、噴丸冷作 .....                      | 63  |
| 四、滾壓 .....                        | 63  |
| 五、球击強化 .....                      | 77  |
| 六、錘击冷作 .....                      | 81  |
| 七、水磨料加工 .....                     | 84  |
| 八、用風動工具冷作（凿击） .....               | 86  |
| 九、切削时的強化 .....                    | 88  |
| <b>第五節 零件表層的塑性变形和損坏</b> .....     | 90  |
| 一、表層的塑性变形 .....                   | 90  |
| 二、表層的脆性損坏 .....                   | 94  |
| 三、表層的疲勞損坏 .....                   | 96  |
| 四、因過度冷作結果使材料軟化而引起的<br>表層的損坏 ..... | 101 |

## 第一節 煤礦機器零件損壞的主要類型

沒有統一的煤礦機器零件損壞類型的分類（包括統一採用的詞彙）是有效地開展延長機器壽命方面工作的阻礙<sup>①</sup>。準確地判定零件損壞的類型，就能夠採取最有效的強化方法和利用祖國機械製造各先進部門在這方面的豐富經驗。如果煤礦機械製造廠有統一的零件損壞類型分類，就可以總結出延長機器壽命的工作經驗，並能在廠際之間交換這方面的經驗。

全蘇礦山機械製造科學研究院擬定的煤礦機器零件損壞和磨損的主要類型的分類，在各煤礦機械製造廠和煤炭部一些其他組織機構內都已廣泛採用。

本書敘述了這個業經補充並比較廣泛地加以解釋了的分類。

### 一、零件工作的可靠程度和使用期限

工作的可靠程度決定於零件能否毫無損壞地完成所規定的使用期限（例如，機器使用的修理間隔期限）。對於煤礦機器來講，零件工作的可靠程度是其質量的主要指標。

如果零件使用期限與機器使用的檢修間隔期限不等或不成倍數時，零件的使用期限就決定機器修理的必要性，

---

① 例如，鐵路運輸有統一採用的路軌損壞類型分類。在運行過程中所遇到的路軌的各種損壞，巡道工都可以準確地判斷出來，並通知有關組織，該組織即可確定損壞的原因並採取必要的措施。

同时也决定机器工作的可靠程度。

因此，構成零件寿命这一概念的使用期限和工作的可靠程度，是相互連系的。但是在这两个概念之間又具有根本的區別。

工作的可靠程度主要是和零件的强度性能有关（在磨損时，僅在零件發生卡住时才能直接导致机器發生事故）。

零件使用期限的先决条件，主要是工作表面的磨損速度和最大容許磨損量（从各种損坏类型來看，只有疲劳損坏和零件工作的時間長短有关，并且能决定零件的使用期限）。

确定主要煤礦机器零件使用期限的工作，目前已經結束。在圖1內所示的实例是“風动工具”厂制造的風鑽零件使用期限表。

煤的產量及其成本与礦山机械零件工作的可靠程度有关。

零件的使用期限不是經常都会影响到生產过程的生產率的。例如，零件使用期限較短并不是由于机器事故的直接原因造成时就是这样。修理間隔使用期限的長短，只能决定維持全部机器在良好工作下的費用。

采煤的綜合机械化和个别礦山机器的作用（例如，回采和运输机器）在相互联系的条件 下，其中任何一部机器的不可靠的工作，都不可避免地要影响到整个生產循环，使其工作時間无法穩定。

在机械制造的某些部門內应有意識地减少使用期限來提高机器工作的可靠程度。例如，航空用發动机，由于必

須使發動機工作的絕對可靠，故使用期限很有限。其他一些機器——船舶用、運輸用坦克用等——工作的可靠性也具有同樣重要的意義。

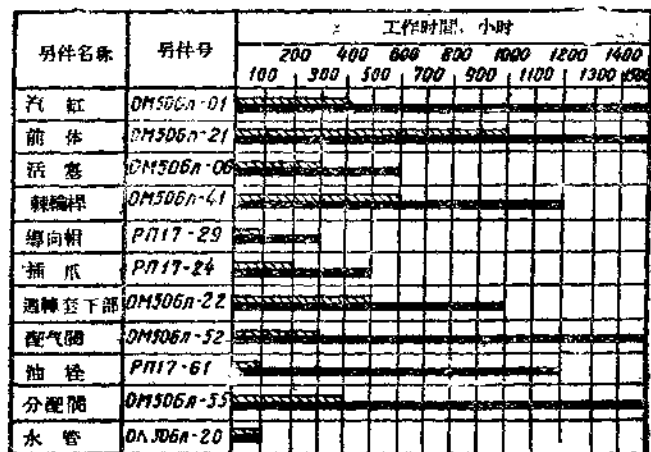


圖1 “風動工具”廠DM-506A型風鑽主要零件的使用期限表  
垂直線表示保險使用期限(1000小時)，水平虛線表示1952年零件的實際使用期限，水平實線表示零件使用期限的預定值

清楚地區分工作的可靠程度和使用期限這兩個概念是具有意義的，因為這兩個因素對於煤礦機器是有不同的含義的。為了延長零件的使用期限，常常採用了一些能顯著降低零件工作可靠程度的強化方法。結果，增加了機器的事故次數，而零件耐磨性的提高又難以實現。

關於延長煤礦機器壽命這方面的工作任務，綜合起來，就是要徹底消滅機器事故和最大限度地延長檢修間隔工作期限。

## 二、确定损坏类型是延長零件工作寿命的基础

机器运转和检修的经验，对于延長机器零件和部件的工作寿命，能提供基本的原始资料，同时还可以列出最薄弱的零件的明细表，并确定出强化这些零件的方法。

必须在精确分析零件损坏类型的基础上，选择强化方法并制订结构和工艺方案。在不同的损坏类型的情况下，必须使嚴格区分零件损坏原因成为区分强化方法的先决条件。同样的一种强化方法，对于某一种损坏类型可能顯著地提高零件强度，相反地，如果损坏性质不同时，也可能降低零件的工作能力。例如，增加渗碳的深度可以提高牙齒接触疲劳的抗力，但是同时，照例又降低了表层脆性损坏的抗力。噴丸硬化处理可以顯著地提高疲劳强度，但对零件脆性损坏的抗力却没有影响（或影响很小）。鋼的晶粒的大小对于材料的抗冲强度有很大的影响，但实际上并不說明强度極限和其他性能。

因此，只有精确地規定了零件的损坏类型时，才能有根据地采用某一种强化方法、结构和工艺方案，并且計算出它們的效能。由此可見，正确地分析损坏类型是延長零件寿命的工作方法，以及決定这一工作的成績的基础。

## 三、煤礦机器零件损坏的主要类型

在运转中，可以把發現的零件所有外部的各种损坏情况归納为几个組。这种归納起來的零件的基本特征，是引起零件损坏原因的通性和有关延長零件寿命的方法的通

性。

在礦井、中央机电修理厂和礦山机械修理厂內，从对煤礦机器中损坏了的大量的零件所進行的分析中就可以看出，在这些零件上可發現下列几种损坏类型：

甲) 韌性损坏；乙) 脆性损坏；丙) 疲劳损坏。

此外，还可以看出，一部分零件因为塑性变形过大而失去了工作能力。

各种表層的损伤也可能成为零件损坏的原因。在煤礦机器零件上可以看出表層的塑性变形和下列各种损坏类型：

甲) 表層的脆性损坏；

乙) 表層的疲劳损坏；

丙) 因为过冷作碱化引起材料弱化的表層损坏。

所有上述零件的损坏类型和表層的损坏类型都或多或少地具有明顯的特征。根据这些特征可以确定出损坏的性質。

#### 四、损坏类型的鑒定

零件及其表層的塑性变形与各种损坏类型都具有許多特征，根据这些特征就能够可靠地把零件的损伤進行分类。鑒定方法可采用下列几种：

1. 零件外形或斷口表面的分析（利用放大鏡或顯微鏡的目視分析）；

2. 零件工作的外部条件和寿命的分析（連接的运动学、負荷的大小和性質、連接零件的相互作用等）；

3. 零件的試驗室分析（材料的化学成分、結構，材料的机械性能，工作时零件材料内部的变化等）。

檢查零件时同时注意到零件的工作条件，就可以編制出损坏类型的初步鑑定書。对于具有同样外部特征的一些损坏类型，这些方法还能够做出精确的损坏类型的鑑定。

因此，下面对于每种损坏类型都有其特有的外部特征的介紹，并举一个或数个煤礦机器零件相应的损坏情况的实例進行解釋。

分析零件的工作条件时，必須找出决定某种损坏类型產生的“决定性”的条件。例如，对于零件的疲劳损坏，决定性条件是在超过疲劳極限的应力下具有重复-交变)循环性的)的負荷。对于脆性损坏來講其特征为包括冲击性在内的單位过負荷，它們形成超过强度極限的应力。

零件在介質中工作，介質（含腐蝕剂的湿介質及磨料、潤滑油等）的特性在判断造成零件损坏的外界因素中起着重要的作用。

零件在损坏前工作的時間長短也可作为判断损坏类型的憑据之一。例如，疲劳损坏的过程是随着時間而發展起來的。与此相反，脆性损坏則是由于零件的过負荷而突然發生的。

，零件的試驗室分析不僅是为了定出损坏的类型，而且也是为了确立这种损坏的原因和拟定强化零件的方案。進行这种分析一般都采用标准的金相研究方法。大部分煤礦机械制造厂都是采用这些方法。

损坏类型的分析应当建立在具有大量零件的基础上，

以便避免發生偶然性的判断的可能。如果所研究的零件在运轉中發現有各种损坏类型，則必須确定出每种类型的比值。对机器工作情况作正确布置的有系統的观察能够得出最有价值的結果。

## 第二節 零件的塑性变形、韌性和脆性损坏

煤礦机器的大部分零件当受到單一的或經常重复的靜力或动力的过負荷时，是在非靜力的条件下工作的。煤礦机器零件工作的动力学（此动力学很难用計算方法完全算出），能够决定零件由于塑性变形、韌性损坏或脆性损坏而破坏的原因。

与零件使用时间長短无关而突然產生的脆性损坏最为可怕。防止这类损坏有很大的困难，因为影响零件抵抗脆性损坏的因素很多，在大多数情况下不能准确地計算出冲击力，并且各种工藝上的缺点对材料性質也有很大的影响。

現在我們研究一下零件的塑性变形、韌性损坏和脆性损坏的特征、發生条件和防止方法。

### 一、零件的塑性变形

外部观察或測量零件时所發現的外形或尺寸的变化是零件塑性变形的基本特征。

对于發現零件的塑性变形來講，主要的是上述的外部特征。至于研究材料的机械性能和金相分析只是提供对这

种现象的解释和幫助定出強化零件的方法。

零件塑性变形典型的現象如圖 2 所示。在刮板运输机鏈子的鏈环（圖 3）与刮板上，在运输机机槽上，在“頓巴斯”康拜因破碎杆的支座和破碎杆本身上，在煤車車箱和其他机械的一些零件上，都可發現許多明顯的外形变化。



圖 2 KMII-1 型載煤机  
齒輪軸的塑性变形



圖 3 刮板运输机內鏈側  
鏈环的塑性变形

長期处于受力状态下的彈簧，在收縮時也可能發生塑性变形。彈簧逐漸变形，因而形成的彈力也逐漸降低。

为了提高对塑性变形的抗力，根据零件的結構、工作特点、制造工艺的可能性和技術經濟特性等方面情况的不同，可采取下列措施：

1) 防止零件在工作时發生过負荷的可能性（采用專門的保險裝置——保險銷、各种連接器等）；

2) 利用加强筋、捲边、紋稜等來提高零件的刚度；

3) 提高零件材料的机械性能，这方面的标志是强度極限和屈服極限（通过采用机械性能較高的材料和進行热处理的方法）；

4) 利用增大剩余应力的方法來降低零件的工作应力（定向冷作法等）。

下面簡單地敘述一下强化方法和一些影响零件塑性变形抗力的工藝参数。

**定向冷作法** 在彈性——塑性範圍內弯曲或扭轉零件时，材料外層可能有巨大的塑性变形。隨着向材料內部深入，应力逐漸变小而轉入彈性範圍。如果去掉負荷，則零件由于彈力作用將力求返回原始状态。这时候，在塑性变形的外層內產生一种內（剩余）应力<sup>①</sup>，它与外力造成的应力方向相反（圖4）。这种內应力則被零件其余的断面內的方向相反的剩余应力所平衡，在零件其余断面上的应力在外力的作用下也不至超出其彈性範圍。

如果零件的預加負荷与工作負荷是同一方向作用的，則內应力將有助于加大零件的彈性阻力極限（在应力不对称循环的情况下，对疲劳强度來講也是这样）。定向冷作法有提高零件彈性的效果，原因就是冷作法提高了材料的屈服極限，并且由于不同方向的內应力和工作应力相抵消的結果而降低了实际的作用应力。

① 不为外力所平衡的应力称为內应力。內应力分为3种。此处和下面所談的是第1种应力，即在全零件体積內被平衡的应力。

在預加負荷和零件工作时，如果力的作用方向不一致，則定向冷作法的效果相反，因为这时候內应力和工作应力的方向將是一致的。

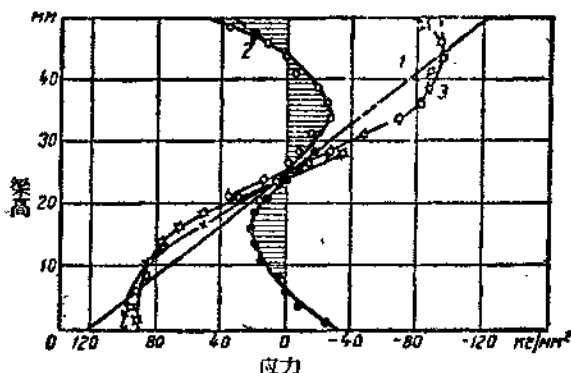


圖 4 塑性弯曲应力圖

1—外部負荷作用应力； 2—內应力（去掉外部負荷后）；  
3—合应力曲綫。

例如硬度为  $Rc19$  的扭曲軸，按  $90^\circ$  角逐次扭軸 5 次后，彈性恢复極限就从每平方公厘 80 公斤增加到 110 公斤（剩余扭轉角度  $30^\circ$ ）。如果在零件工作时其变形的方向不变，則强化作用的效果就穩定了。

应当指出，定向冷作所造成的强化（弱化也是），在零件一定的工作条件下，在运轉过程中可能自己產生。

**加荷时效。**預松釋 彈簧、条簧和其他类似零件变形时，塑性变形的成分与彈性变形相比較則小得不可比。但是随着时间的变化就使得一部分彈性变形轉化为塑性变形

的再分配。應力的松釋（減弱）可導致彈力降低，這就是在實際工作中常遇到的彈簧的收縮現象。

可以用選擇機械性能較高的材料的方法來消除這種缺點，也可用其他專門的方法——加荷時效和預松釋。

加荷時效處理時，在室內溫度條件下，使彈簧在能使材料產生塑性變形的負荷下保持一定時間。去掉負荷後，在彈簧內就產生一種有益的內應力（與定向冷作法的情形一樣）。

對壓縮彈簧進行加荷時效處理時，是給彈簧加以負荷，使其各圈完全接觸，並在此狀態下保持數十小時（可達48小時）。利用相應的方法也可對受拉力和扭力的彈簧進行加荷時效處理。彈簧的變形應與工作負荷的作用方向一致。

彈簧做加荷時效處理時，受應力的時效時間和收縮程度是利用試驗方法來確定的。經加荷時效處理後，彈簧不應再進行熱處理。因為熱處理時能降低內應力，會因此而消除了強化效果。

加荷時效處理後，彈簧所獲得的承載能力的增大量，將隨著時間的增加而逐漸降低，並且在不良的情況下可能完全消失。

採用加荷時效法作為彈簧在長期工作條件下降低其收縮的方法時，必須注意這一方法對彈簧的疲勞強度可能有兩重影響——彈簧受壓較小時提高了疲勞強度，而在較大時卻降低了疲勞強度。

**預松釋** 預松釋是使彈簧在溫度升高的條件下並在一