

矿山用鋼絲繩

H.馬尔克曼 著

王維德 譯



冶金工业出版社

礦 山 用 鋼 絲 繩

H. 馬尔克曼 著

王維德 譯 李儀鈺 校

冶 金 工 業 出 版 社

И. Маркман
СЛУЖБА КАНАТОВ НА КАРЬЕРАХ
Металлургиздат (Свердловск 1955)

矿山用鋼絲繩

王維德 譯

編輯：王世昌 設計：魯芝芳、童照庭 責任校對：楊德昭

1958年7月第一版 1958年7月北京第一次印刷 1,500冊

850×1168 · $\frac{1}{32}$ · 42,900字 · 印張 $2\frac{16}{32}$ · 定價(10)0.50元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

統一書號 0828

冶金工業出版社出版 (地址：北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

在这本小冊子里闡述了矿山采用的各种类型的鋼絲繩，敘述了影响鋼絲繩寿命的因素。列举了各类鋼絲繩在几个矿山上的使用数据、提高鋼絲繩使用期限的措施。根据几个矿山的先进經驗总结，提出了有关鋼絲繩的选择及其维护的指示。

小冊子可供金屬矿山和其他矿山使用鋼絲繩的中級和下級人員閱讀。

目 录

前言.....	5
第一章 鋼絲繩的構造和特性.....	7
1. 鋼絲繩的种类.....	7
2. 圓股双捻鋼絲繩（索）.....	11
3. 鋼絲繩特性的几点比較.....	17
4. 工作鋼絲繩中鋼絲所受的应力。影响 鋼絲繩工作性能的各种因素.....	18
第二章 鋼絲繩的使用.....	28
1. 电鍍所用的鋼絲繩.....	28
2. 鑽机所用的鋼絲繩.....	38
3. 技术經濟指标.....	52
第三章 鋼絲繩的选择和維護.....	60
1. 鋼絲繩的选择.....	60
2. 鋼絲繩的維護.....	63
附录.....	77
参考文献.....	79

前 言

苏联正广泛地用露天法开采有用矿物，並且根据国民經济的發展任务正繼續扩大此法的使用范围。

高度的技术水平和作業的綜合机械化是露天采矿的生产特点。每年露天矿采用的机器台数都有增加，机器的質量在逐漸改进，其效能、寿命和經濟性亦在提高。

露天矿中采用的許多种設備（电鍍、鑽机等）都使用鋼絲繩，其寿命常比机器其他部件的寿命短得多。

战后几年以来，苏联在鋼絲繩制造的理論和实践方面已取得很大成就。現在正研究各类鋼絲繩的优缺点，从理論上探討各类經久耐用的鋼絲繩的設計方法和制造方法，研究和掌握鋼絲繩的生产方法，准备生产新型的鋼絲繩。鋼絲繩的使用經驗已愈加丰富和广潤。

在战后年代中，有关鋼絲繩制造和使用方面的文献也有显著增多。

通过正确地选择鋼絲繩的类型，运用合理的構造和改善使用条件，来提高露天矿使用的鋼絲繩的寿命确实是当前迫切的任务，並要求使用鋼絲繩的工人具备相应的知識。

在技术文献中，对各露天矿使用鋼絲繩的先进經驗、提高鋼絲繩寿命的措施、各类鋼絲繩的使用結果和鋼絲繩在各种条件下工作能力的指标闡述得尚不充足。因此，作者認為在这本提請讀者注意的，根据某些个别露天矿先进經驗总结写成的小册子中闡明这些問題是适宜的。

鋼絲繩的使用問題是根据各种露天矿（鉄矿、石灰石矿等）使用鋼絲繩的具体条件闡述的。一些資料是作者在与生产人員合作中获得的。

本書原稿在矿山科学技术学会馬格尼托戈爾斯克矿分会的會議上和馬格尼托戈爾斯克大林冶金联合企業阿加波夫斯克灰質白云石露天矿工程技术人员會議上討論过，並得到同意。

作者仅向馬格尼托戈爾斯克矿和阿加波夫斯克矿的全体工程技术人员对标定鋼絲繩的工作和討論本書原稿时所給与的协助和巨大帮助深表感謝，仅向曾在本書原稿付印前給作者提出宝贵意見的副教授 П. Э. 祖尔科夫和 А. В. 加根-多尔恩，采矿工程师 М. П. 馬里年科，А. Ф. 齐霍維多夫，Ф. П. 古罗夫和 А. И. 克利斯托尔涅尔致以謝意。

作 者

第一章 鋼絲繩的構造和特性

一百多年以前，就已开始采用捻制的鋼絲繩。鋼絲繩在許多場合很快地就代替了有机物繩索和金屬鏈條，因為鋼絲繩更能滿足于機器對撓性傳動機構提出的要求。

最初，鋼絲繩用強度極限為 5000—7000 公斤/平方公分 以下的軟鋼絲製造。以後，開始采用強度較大的鋼絲。

在金屬冷加工(拔絲)及與其相配合的特种熱處理發展的現代水平條件下，可製出高機械性能的鋼絲。抗張強度極限可達 35000 公斤/平方公分。

現在提升機械中多采用鋼絲 抗張強度極限為 14000—20000 公斤/平方公分 的鋼絲繩，而且鋼絲的含碳量達 0.75%。

由於鋼絲繩的強度大，工作可靠（鋼絲逐漸破斷預告鋼絲繩已磨損和必須更換），工作中無声响（甚致速度很大時），比鏈條更適于承受振動和沖擊等，所以它被廣泛地用于提升機械和一些運輸設備中。

在露天采礦工作中用鋼絲繩裝備電鏟、鋼繩沖擊式鑽機、耙礦設備、架空索道和其他一般用途的機器。

在許多露天礦（金屬和其他有用礦物）普遍采用鏟斗容積為 3—4 立方公尺的電鏟和鋼繩沖擊式鑽機。電鏟的提升用鋼絲繩和鑽機的沖擊鋼絲繩的使用期限很短，並需要經常更換。本書主要是闡明此類鋼絲繩的使用問題。

1. 鋼絲繩的種類

鋼絲繩在使用上的優點和在製造中已取得的技術成就使得工業各部門廣泛地采用它。由於它的使用條件多種多樣，所以過去和現在都製造出各種類型的鋼絲繩。

例如，列入 1945 年國家標準的鋼絲繩就有 38 種。此外，現

在又制造和掌握了几种尚未列入 1946 年国家标准的新型鋼絲繩。

鋼絲繩就其結構特征而言，其断面形狀、捻法、股数和鋼絲數、繩股和鋼絲的排列方法都可彼此不同。現在广泛使用断面为圓形的，主要是單捻和双捻鋼絲繩。

螺旋形鋼絲繩是最普通的一种。此种鋼絲繩是在一根直的中心鋼絲周圍，將其他鋼絲按螺旋狀作同心多層捻轉。这样捻成的鋼絲繩，称为單捻鋼絲繩。图 1, a 所示为 —37 根等徑鋼絲捻成的标准單捻鋼絲繩的断面图。

半封閉型單捻鋼絲繩的外層由圓鋼絲和型鋼絲組成（图 2, a）。

封閉型單捻鋼絲繩有一層或數層是由型鋼絲組成（图 1, n；2, b）。

双捻鋼絲繩（索）的構造比較复杂，但較柔軟（图 1, b—o）。鋼絲繩由許多圍繞在繩心周圍捻成的繩股組成，組成鋼絲繩的繩股由鋼絲捻成。

繩股的断面有圓形的和異形的。大多数圓鋼絲繩由圓股捻成，但也有由三角形股（图 1, k——三角股鋼絲繩），弓形股（图 1, m——扁股鋼絲繩）和橢圓形股（图 1, n——橢圓股鋼絲繩）組成的。

鋼絲繩的股数各不相同。在 1946 年标准中，双捻鋼絲繩股数最少为 3，最多为 18。單層排列时股数一般不超过 8（图 1, e）。股数很多时，多分为双層排列。此种鋼絲繩称为多股鋼絲繩（图 1, o）。

标准的鋼絲繩用同样的繩股制成，但也有用不同繩股捻成的。

最常采用的为圓形断面的鋼絲，仅在封閉型和半封閉型鋼絲繩中，以及在型股鋼絲繩中常用異型钢絲。

标准鋼絲繩由光鋼絲（無鍍鋅層的）或鍍鋅鋼絲制成。

各类鋼絲繩中的鋼絲数都不相同。在單捻和双捻标准鋼絲繩中，ГОСТ 3062—45 螺旋形鋼絲繩的鋼絲数最少，为 7 根；而 ГОСТ 3072—46 双捻鋼絲繩的鋼絲数最多，为 366 根。

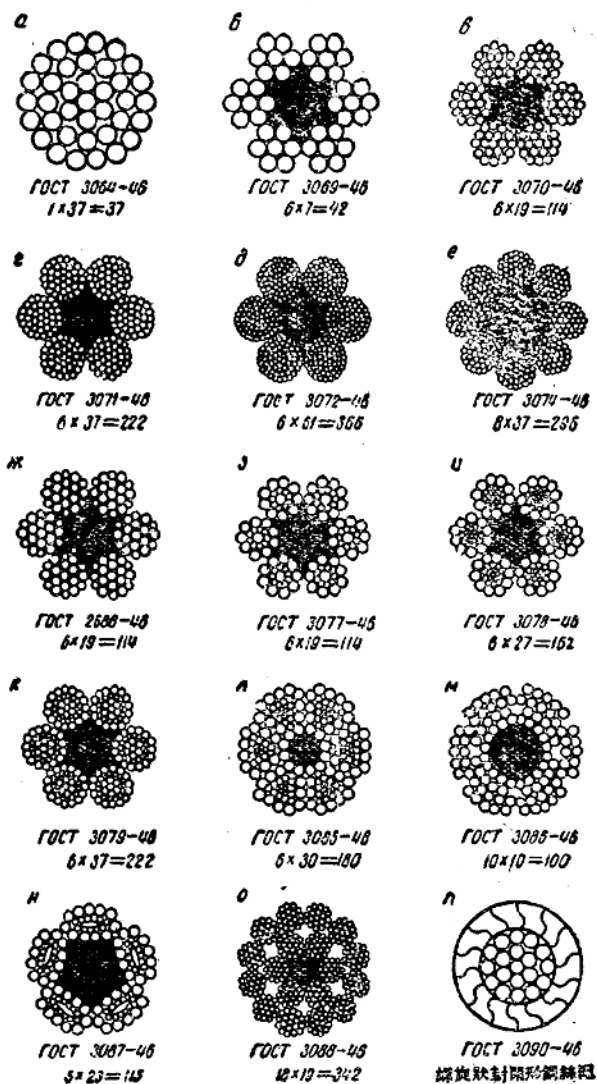


圖 1

1946 年国家标准中的几种鋼絲繩的構造

鋼絲繩可用等徑的鋼絲（圖1, $a-e$ ）或不等徑的鋼絲（圖1, $\kappa-\kappa$ ）捻成。繩股中的鋼絲相互間可能為綫接觸或點接觸。

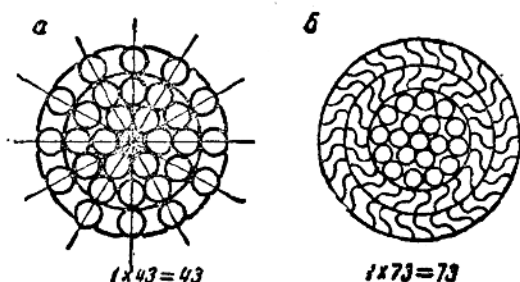


圖 2

半封閉型鋼絲繩（a）和封閉型鋼絲繩（b）

鋼絲繩有左捻和右捻之分。右捻時，螺紋旋進方向從下往上，自左向右，而左捻時，自右向左。

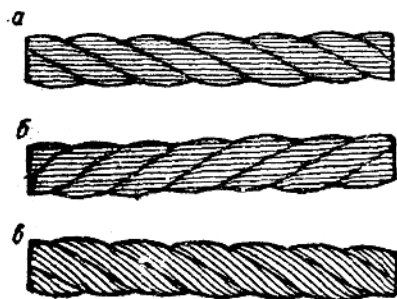


圖 3

鋼絲繩的各種捻法

a —交叉右捻； b —交叉左捻； c —同向右捻

如繩股內的鋼絲及鋼絲繩內的繩股捻向一致，則鋼絲繩的捻法稱為同向捻法，而鋼絲和繩股的捻向相反時，則叫做交叉捻法。圖3所示為鋼絲繩的幾種捻法。

鋼絲繩可有不同的繩心：用有機物制成的（圖1, $6-o$ ）或礦物材料和金屬絲制成的^①。繩心的構造也可不同。

鋼絲繩除一個主繩心之外，每個繩股中也可有繩心。

現在直接用於露天開采工作中的機械設備（電鏟、鑽機）都

① 參看圖13。

使用圓股雙捻鋼絲繩（索）。

2. 圓股雙捻鋼絲繩（索）

鋼絲繩按照繩股內隣層鋼絲相互接觸的特点，可分為繩股中鋼絲為點接觸和綫接觸的兩種。

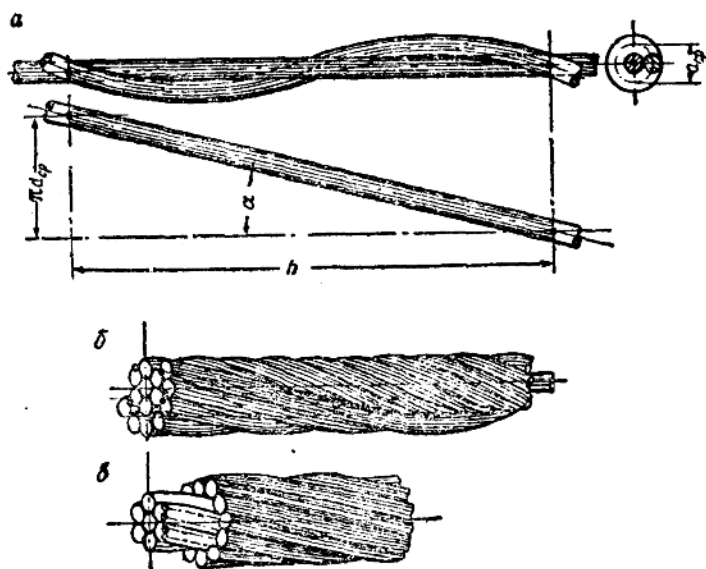


圖 4

繩股的構成

α —第一層鋼絲的排列； b —鋼絲為點接觸的繩股（第二層不完全）；

c —鋼絲為綫接觸的繩股

在露天礦中一般多使用鋼絲為點接觸的標準圓股鋼絲繩，以後稱它為普通構造的鋼絲繩。此種鋼絲繩的繩股由 7, 19, 37 或 61 根等徑鋼絲組成，其中有一根是中心鋼絲（圖 1, $b-0$ ）。每股為 19 絲和每股為 37 絲的鋼絲繩應用最廣。

此種鋼絲繩的繩股依下列方法構成。第一層由 6 根鋼絲圍繞

着中心鋼絲呈螺旋綫排列，第二同心層由 12 根直徑同上的鋼絲組成，第三同心層為 18 根，而第四同心層為 24 根。

捻制繩股時，將鋼絲捻成捻距為 h 和捻角為 α 的螺旋綫狀（圖 4, α ）。

在普通構造的鋼絲繩繩股中，各同心層的鋼絲具有不同的捻距，這樣做是為了使一層的每根鋼絲始終纏繞在內一層的所有鋼絲上和始終與其相接觸。鋼絲的此種排列方式被稱為交叉式（圖 4, 6）。它使鄰層鋼絲之間發生所謂的點接觸。

圖 4, 6 所示僅為第二層鋼絲的一部分（12 根中的 7 根），黑點表示其中一根鋼絲與第一層鋼絲相接觸的位置。鋼絲繩工作時，在交叉鋼絲的切點（接觸點）上產生接觸應力^①。由於鋼絲接觸面積很小，接觸應力可能很大，因此，這在一定限度上縮短鋼絲繩的壽命。

為了避免交叉，制作繩股時應使各層鋼絲的捻距相等，但這不能實現，因為在此種情況下，鋼絲繩在載荷作用下一些鋼絲就要下陷。例如，在圖 5, a 所示的繩股中，如捻距相等，則外層的鋼絲 1, 3, 5, 7, 9, 11 就可能陷入內層鋼絲的夾槽中。陷入後，繩股表面將不平整，凸出的鋼絲就要很快被破壞，從而將大大縮短鋼絲繩的使用期限。

繩股內隣層鋼絲的交叉和鋼絲成點接觸是普通構造的鋼絲繩所具有的重大缺點之一。

用鋼絲為綫接觸的繩股捻成的鋼絲繩就沒有這個缺點。這種繩股的構造很複雜並且用不等徑鋼絲捻成。

圖 5, 6 表示 KJK-C 型標準鋼絲繩繩股的斷面形狀。在各同心層內有數量相同的不等徑鋼絲。除中心鋼絲之外，鋼絲直徑的比要使每根鋼絲與本層內的相鄰二鋼絲相接觸，並安置在隣層兩根鋼絲中間的夾槽中。在繩股全長上鋼絲的接觸呈螺旋綫（綫接觸）。當為綫接觸時，鋼絲的接觸面積就增大許多，因之，接觸

① 如一物體壓于另一物體上，其相互接觸面積與物體本身的面積比較很小時，則產生的應力稱為接觸應力。

应力就显著减小。

另一种类型 (KJK-B 型) 鋼絲繩的鋼絲为綫接触的繩股示于图 4, б 和图 5, в 中。此繩股中鋼絲直徑的比是使外同心層鋼絲数的一半排列在內層鋼絲上, 而另一半排列在夾槽內, 因此, 第二層的鋼絲数比第一層多 1 倍。所有鋼絲的捻距都相同, 鋼絲不再交叉, 且彼此接触呈螺旋綫狀。

在實踐中愈加广泛采用的 KJK-CB 型和 KJK-3 型非标准鋼絲繩亦屬繩股內鋼絲为綫接触鋼絲繩之類。

KJK-CB 型鋼絲繩繩股断面图如图 5, в 所示。繩股由 1 根中心鋼絲和不等徑鋼絲的三層同心層組成。第二層由兩種不等徑的鋼絲制成。繩股的構造比前述鋼絲繩繩股的構造更为复杂。它由 31 根鋼絲組成 $\left(1 + 6 + \frac{6}{6} + 12\right)$ 。

图 5, д 所示为 KJK-3 型鋼絲繩的由 37 根鋼絲 $\left(1 + \frac{6}{6} + 12 + 12\right)$ 組成的繩股断面图。6 根小直徑 (δ_2) 的鋼絲用于充填空隙和保証第二層鋼絲正常排列, 此外, 它增大了繩股的金屬断面。

綫接触的鋼絲繩与普通鋼絲繩比較, 其总的优点是使用期限長和繩股的金屬断面較大。Л. Г. 瑞特科夫和 И. Т. 波斯別赫夫將韌性与高度耐磨性一並列为这类鋼絲繩的特点 [4]。

根据 1946 年标准, 每根鋼絲繩都应由抗張强度極限相同的鋼絲制成。但是, 近来多設計鋼絲抗張强度極限不同的鋼絲繩。在以上兩種情況下, 鋼絲繩中所有鋼絲的总断裂力都不应小于规定值。

捻制时, 由于鋼絲成曲綫形, 于是在其中产生应力, 所以鋼絲發生变形^①。鋼絲的曲度不同, 因之繩股內各層鋼絲的变形程度亦不相同。考虑到变形程度, 要選擇机械性質 (强度極限) 最合

① 物体受載荷作用, 其尺寸和形狀發生的变化称为变形。

适的鋼絲作繩股，以使捻制应力尽可能小和繩股內各層鋼絲的捻制应力尽可能相等。这类鋼絲繩具有良好的使用性能。

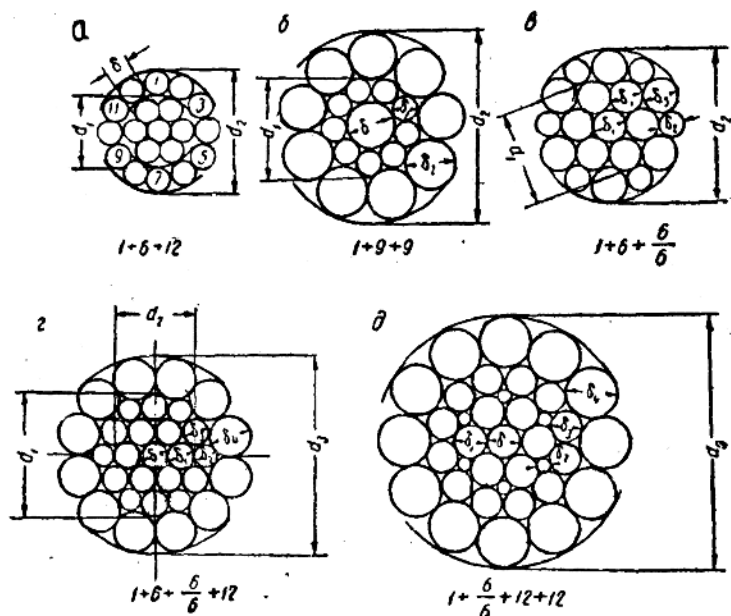


圖 5

繩股的各种構造 (数字表示繩股內鋼絲的分配情况)

双捻鋼絲繩的股数及其配置方法均可不同，其中六股鋼絲繩在露天矿中应用最广。虽然增加股数和减小鋼絲直徑能增强鋼絲繩的韌性，但采用标准的 8 股鋼絲繩的效果並不好。鋼絲繩与滑輪接触面上的接触应力亦有减小。如繩股內的鋼絲数不变，則股数多的鋼絲繩所有鋼絲总断面减小。例如，直徑为 24 公厘的 $8 \times 37 + 1 \text{ o.c.}$ (即：8 股 37 絲單蕐心) 鋼絲繩 (ГОСТ 3074—45) 所有鋼絲的断面积等于 189 平方公厘，而直徑同上的 $6 \times 37 + 1 \text{ o.c.}$ (即：6 股 37 絲單蕐心) 的鋼絲繩 (ГОСТ 3071—45) 鋼絲总断

面积为 221 平方公厘。

当鋼絲繩的股数很多时，可分二層排列，即構成所謂多股鋼絲繩（图 1, o）。它比較柔軟，其断面形狀近似于圓形。

在露天矿多不采用标准的多股鋼絲繩，因为使用經驗証明，多股鋼絲繩纏繞在滑輪（卷筒）上时，在动載荷的作用下被压扁，即断面發生变形，鋼絲繩很快就不能使用。有关其他类型多股鋼絲繩（綫接触、繩股直徑不等的鋼絲繩）使用經驗的資料目前还没有。

鋼絲繩是由繩股圍繞着繩心捻成的。繩心对鋼絲繩的使用具有很大影响。

有机物繩心由紡紗的植物纖維制成。最常使用的是大麻。

用俄罗斯大麻作繩心的鋼絲繩，經過耐久試驗，显示出俄罗斯大麻繩心的优点，以及使用長紗优越于短紗〔1〕。

有机質繩心作为繩股的支承物，由于它的柔性，繩股在弯曲时能發生一些移动，从而造成鋼絲繩很大的韌性。由于彈性作用，繩心在一定程度上能吸收鋼絲繩在工作时产生的震动和冲击。

浸过油的繩心对鋼絲繩从内部潤滑具有很大作用，受載荷的繩股把潤滑油从繩心挤出。

因为往繩筒上纏繞几層鋼絲繩时，內層鋼絲繩受外層的压力，以及受橫向压縮力的作用（冲击載荷很大或过載荷时），大麻繩心有时被破坏，而鋼絲繩就失去其圓形。因此，当載荷很大时，多使用鋼絲作繩心的鋼絲繩，最常見于双捻鋼絲繩中，而有时也見于繩股中（螺旋形鋼絲繩）。金屬繩心鋼絲繩要比有机物繩心鋼絲繩的剛性大很多。

在高溫条件下使用的鋼絲繩采用石棉繩心代替大麻繩心，但在露天矿中沒有必要用石棉繩心。

以前制造的各种鋼絲繩（現在也制造）在某种程度上都具有自动松捻的性能。例如，众所周知，取一小段長 500—800 公厘的此种鋼絲繩，若其兩端不捆紮就会自动松开，失去其正常的形

狀。當繩段松捻時，鋼絲不保持原有在繩中的螺旋形，但也不恢復成直綫，而是處於二者之間的狀態。

捻制繩股和鋼絲繩時，受捻搓的鋼絲產生彈-塑性變形^①。

取捻在鋼絲繩中的一根鋼絲與一根直鋼絲比較，在特種設備上（試驗機）後者所經受的彎曲次數要比前者大許多倍，由此試驗結果證明鋼絲繩中的鋼絲有很大的內應力。

鋼絲繩自動松捻的趨勢只有在使用過程中才能逐漸減小。

鋼絲繩的自動松捻將引起許多與使用條件惡化有關的不良後果。

準備捻制鋼絲繩的鋼絲已具有拔絲後殘留的一些張力。由於捻制時產生的應力和保留在新鋼絲繩中的應力（剩餘應力），使鋼絲的張力大大增加。

因之，尚未掛在機器上和尚未使用的鋼絲繩，因為它具有內部剩餘應力，好像已承受載荷。

根據一些資料所知，在鋼絲繩的某幾點內這種應力可能很大。П. П. 聶斯捷洛夫認為，捻制時產生的應力極大，它可能達到礦井提升鋼絲繩允許的抗張強度極限 $\sigma_{\text{нв}}$ 和勝過使用載荷的應力許多倍，這是鋼絲由於疲勞而斷裂的主要原因。

鋼絲繩工作時產生的應力與剩餘應力的總和常常超過鋼絲的疲勞極限^②，從而縮短鋼絲繩的使用期限。

顯然，通過減小剩餘應力的方法，能大大地減小總和應力，以使其不超過疲勞極限。於是能大大地延長鋼絲繩的使用期限。這樣就能製造不自動松捻的鋼絲繩。

一段不松捻的鋼絲繩，其兩端不捆紮時亦不松捻。從繩股中取出的鋼絲仍保持它原有的螺旋形。不松捻的鋼絲繩當工作時破

① 去載荷時變形消失的為彈性變形；去載荷後，變形保留的為塑性變形（永久變形）。

② 當應力小於強度極限時，金屬體在受交變載荷作用下發生破壞，最初產生裂縫，裂縫增大時使金屬體破壞，此種性質稱為金屬的疲勞。在交變應力作用下，金屬體沒產生裂縫和沒破斷前的極限應力值稱為疲勞極限。「疲勞」這個術語不具有物理上的含意。