

開鑿礦井用的 鋼 絲 繩



苏联 普·普·聶斯切洛夫等著

煤炭工業出版社

內 容 提 要

本書闡述了掘進提昇鋼絲繩、穩繩及懸掛鋼絲繩的使用問題；根據鋼絲繩不同的用途，說明了不同構造的鋼絲繩的使用範圍。

書中列舉了不扭轉的圓形掘進提昇鋼絲繩的構造原理及使用經驗，還研究了掘進提昇繩的橫向振動問題。

本書供礦井建設、鋼絲繩製造工廠以及與礦井建設有關的科學研究機構等方面的工程技術人員參考。

ПРОХОДЧЕСКИЕ КАНАТЫ

П. П. НЕСТЕРОВ С. Т. СЕРГЕЕВ

根據蘇聯國立黑色與有色金屬科技書籍出版社1953年莫斯科第一版翻譯

325

開鑿礦井用的鋼絲繩

白 振 鑾譯

*

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

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

開本78.7×109.2公分 $\frac{1}{16}$ * 印張8 $\frac{2}{5}$ * 字數149,000

1955年5月北京第1版第1次印刷

統一書號：15035·209 印數：1—3,100冊 定價：(10)1.30元

序 言

在第十九次党代表大会關於苏联發展第五个五年計劃的指示中表示出來的是一个偉大的工作計劃，这一計劃規定在第五个五年計劃時期內，要比第四个五年計劃大大地提高礦井投入生產的能力。

为了增加礦石和煤的產量，必須擴大新的礦山建設的規模及加快建設的速度，改善工作組織並顯著地提高工作機械化的水平。於掘進豎井井筒時，应对清除岩石工作的綜合機械化予以特別注意。

在礦井建設中，与掘進井筒有關的一些过程，首先是与打眼及清除岩石有關的一些过程，是最費力的过程。在豎井井筒中清除岩石、砌井壁及下放材料等工作，是利用掘進提昇裝置來進行的。因此，掘進提昇裝置的可靠与否及其能力的大小，与進一步機械化及提高井筒掘進速度都有密切關係。

提昇鋼絲繩及穩繩为掘進提昇的最重要的環節。

为了採礦、採煤以及其他目的的需要，冶金工業部金屬製造品總局於1953年內所生產的鋼絲繩，幾乎为1940年的三倍。

掘進提昇鋼絲繩不僅应当堅固耐用，而且应当符合使用中的特殊条件，还应当保證能安全地進行工作。

但是，直到最近为止，所採用的按照普通編捻法捻成的掘進提昇鋼絲繩（苏联國家標準 3070—46, 3071—46, 3088—46）

还不能符合这些要求。於降落時，尤其是於提昇時，鋼絲繩及懸於其自由端的重物將圍繞其中心緩急劇地旋轉。這樣一來，就須將工作面到滑架間一段上的吊桶運動速度降低，同時吊桶也不能滿裝岩石，因為這樣會降低掘進提昇的能力。

此外，於雙程提昇時，當於出車台上進行調度工作而鋼絲繩搭接在工作面時，在鋼絲繩上組成繩套和繩結，因此須重新使鋼絲繩的終端通過嵌輪，彎曲後貼近其本身再利用鋼夾箍緊，使提昇停頓。

用普通的不扭轉扁鋼絲繩（蘇聯國家標準 3092—46）代替扭轉的圓繩股鋼絲繩，不能解決問題，因為製造不扭轉的扁鋼絲繩非常困難；此外，按使用方面的質量來說，扁鋼絲繩是遠遜於圓繩股鋼絲繩的；同時，現有的絞輪式提昇機，不能担负深度超過 400 公尺的井筒掘進工作。

早在前一世紀的八十年代中，就有了製造不扭轉的圓繩股掘進鋼絲繩的理想了。但是，直到現在還未能規定出計算這種鋼絲繩編捻因素的方法。

穩繩對於工作安全及掘進提昇的能力，也有很大的影響。

選擇豎井井筒掘進的穩繩構造及其工作方式問題，現在尚未完全解決。實際上所採用的在每 100 公尺長度上穩繩張力等於 1 噸的這一數值，未能與提昇速度、穩繩構造及穩繩的中間鋼絲繩之間的距離配合起來。同時，在井筒中（尤其是於掘進深井筒時）發生過運動方向相反的吊桶滑架相撞的情形。

在本書中敘述了初次解決穩繩選擇問題的嘗試工作，並根據所進行的研究，提出了穩繩使用方面的建議。

編寫本書時，曾利用了全蘇建井組織及機械化科學研究所（ВНИИОМШС）在掘進提昇鋼絲繩方面所進行的科學研究工作的資料。

目 錄

序 言

第一篇 開鑿豎井井筒用的鋼絲繩及與其有關的設備

- 1. 掘進鋼絲繩的功用及其使用的特點6
- 2. 與掘進鋼絲繩有關的各提昇要件7

第二篇 掘進用提昇鋼絲繩

第一章 圓提昇鋼絲繩 16

- 1. 用普通編捻法製成的圓提昇鋼絲繩 16
- 2. 普通編捻法的提昇鋼絲繩於使用中的缺點 18

第二章 普通鋼絲繩的編捻因素對於鋼絲繩扭轉的影響 22

- 1. 鋼絲繩扭轉的因素 22
- 2. 受有終端荷重時鋼絲繩扭轉的實驗室試驗 27
- 3. 圓股掘進鋼絲繩圍繞其中心綫扭轉對於疲勞強度的影響 31
- 4. 由於終端荷重而發生的扭轉應力的求法 34
- 5. 鋼絲繩自由端的旋轉角與其捻距變化的解析關係 36
- 6. 在 1+6 構造的螺旋鋼絲繩中由於扭轉而發生的補充應力的求法 39

第三章 扁鋼絲繩 40

- 1. 扁鋼絲繩的功用及構造 41
- 2. 扁鋼絲繩的製造過程 44

第四章 圓形掘進提昇鋼絲繩製造的理論基礎 49

1. 消除圓鋼絲繩扭轉的現有方法	43
2. 由構造相同及直徑相同的繩股所組成的不扭轉鋼絲繩編捻因素的求法	52
3. 由不同繩股組成的不扭轉鋼絲繩編捻因素的求法	53
4. 彎曲時及扭轉時繩股剛度的求法	53
第五章 繩股編捻方向不同的多層鋼絲繩層間的分離現象	67
1. 鋼絲繩繩股的一個同心層落後於另一個同心層的原因	67
2. 製造同心層不分離的鋼絲繩的方法	75
第六章 不扭轉鋼絲繩的構造及其製法	88
1. 對掘進鋼絲繩所提出的基本要求	88
2. 不扭轉鋼絲繩的編捻因素的計算例題	89
3. 不扭轉鋼絲繩的構造	91
4. 不扭轉鋼絲繩的製造	98
5. 初次製造的 ВНИИОМШС 型圓形不扭轉鋼絲繩	99
第七章 初次製造的五種 ВНИИОМШС 型試驗用不扭轉鋼絲繩在礦井中的不扭轉試驗	104
1. ВНИИОМШС-1 型不扭轉鋼絲繩的試驗	104
2. ВНИИОМШС-2 型不扭轉鋼絲繩的試驗	106
3. ВНИИОМШС-3 及 4 型不扭轉鋼絲繩的試驗	109
第八章 在頓巴斯的掘進井筒中使用不扭轉鋼絲繩的經驗	111
1. ВНИИОМШС 型不扭轉鋼絲繩的工作指標	111
2. 不扭轉鋼絲繩的使用方面和技術方面的優點	125

第三篇 掘進繩纜

第一章 在頓巴斯掘進礦井中使用穩繩的情形	133
第二章 在實驗室條件下穩繩振動的實驗研究	140
1. 穩繩的張力和構造對於其振動的影響	141
2. 在大實驗架上試驗的結果	144
3. 重物的提昇速度及穩繩的張力對於滑架振動的影響	147
4. 在小實驗架上的試驗結果	151

第三章 掘進豎井井筒時穩繩的強迫振動	152
1. 穩繩振動的理論研究	152
2. 於張力不同時對於不同深度的井筒及不同的提昇速度求 滑架及吊桶運動的軌跡	156
第四章 在礦井條件下穩繩的振動	161
1. 礦井井筒的情況	161
2. 在“卡切加爾加”1—5 號礦井中的實驗工作	162
第五章 掘進穩繩的擺動	167
1. 穩繩擺動的減小	167
2. 穩繩的構造	168

第四篇 掘進用的懸掛鋼絲繩

第一章 懸掛鋼絲繩及其工作條件	173
1. 懸掛鋼絲繩的功用	173
2. 懸掛吊盤用的鋼絲繩	176
3. 懸掛吊泵用的鋼絲繩	177
4. 懸掛壓縮空氣管及風筒用的鋼絲繩	178
第二章 於掘進豎井井筒時懸掛裝置用鋼絲繩中的動力	180
1. 試驗進行的順序和方法	180
2. 懸掛吊盤用鋼絲繩中的動力研究	183
3. 在弗·康礦井中對於吊泵鋼絲繩的動力研究	188

第五篇 掘進鋼絲繩的計算

1. 鋼絲繩根據保安規程的計算	192
2. 懸掛鋼絲繩及穩繩的計算靜荷重	194
附錄	196

第一篇 開鑿豎井井筒用的鋼絲繩

及與其有關的設備

1. 掘進鋼絲繩的功用及其使用的特點

在開鑿豎井井筒及砌築井壁時，矸石的運出、材料的下放及人員的昇降等，全是用吊桶提昇來進行。

在完成與井筒掘進有關的各項工序時，須有輔助的提昇裝置，隨着井筒掘進工作面的推進，用以移動掘進設備。屬於這種掘進設備的有：吊盤、吊泵、風筒、壓縮空氣管、安全梯、注漿管、電纜、鉛錘等。所有這些設備都是用鋼絲繩掛在導輪上並用絞車維繫着，而導輪則是裝置在掘進井架上。用於豎井井筒中的鋼絲繩達 20 根，有時還多些。

在開鑿斯大林建井公司的慕什凱托夫斯卡雅豎井井筒時，全部掘進設備的佈置情形，如圖 1 所示。

開鑿這一豎井所用的設備有：管狀的可拆卸的掘進井架，高為 22.5 公尺及重為 48 噸；兩台掘進用的提昇機：一台是 EM-30 型，其電動機是 290 瓩；另一台是 ПМ-16 А 型，其電動機是 135 瓩。

出車台上有二卸貨溜槽，裝置於離地面 6 公尺之處。

在地面上運送矸石及其他重物是利用窄軌觸輪電機車（由 6—8 輛礦車組成的列車）。

排水是利用 НПП-1 型水泵直接將水汲到容積為 1 公尺³的吊桶內。空氣壓縮設備由五台空氣壓縮機組成，每台空氣壓縮

机的能力是 20 公尺³/分。打眼 是使用 OM-506 型風鎬。除矸 是使用兩台 B4-1 型气力抓岩机。

開鑿豎井井筒時所使用的鋼絲繩，按其用途的不同可分为 三類：提昇鋼絲繩，穩繩及懸掛鋼絲繩。由於鋼絲繩用途的不 同，对每种鋼絲繩应有不同的技術要求；並在計算時应採取不 同的安全係數。

提昇鋼絲繩的功用为提昇人員、矸石和材料；穩繩的功用 为維持掘進容器在井筒中運動的方向；懸掛鋼絲繩的功用为將 設備懸掛於空中，並隨着井筒掘進工作面之前進而移動此項設 备。

2. 与掘進鋼絲繩有關的各提昇要件

掘 進 井 架

掘進井架是臨時的井上建築物，供豎井建設時期使用，等 到安裝生產用的永久井架時才把它拆掉。掘進井架的主要用途 是支持提昇鋼絲繩、懸掛鋼絲繩及穩繩的各种導輪。在掘進井 架上还有供傾卸吊桶用的平台。

金屬的可拆卸井架的用途最廣。这种井架的特點如下：耐 久，容易製造，並且易於安裝和拆卸。

在圖 2 中表明了全苏建井組織及機械化科學研究所設計的 金屬井架。这种井架的組成部分如下：導輪平台 1，其上置有 懸掛設備的導輪及輔助裝置；主構架 2，此構架係由斜腿組 成，斜腿彼此間用拉条 3 及橫梁聯繫，並敷有木板；導輪平台 以上的井棚 4，此井棚由金屬骨架組成，金屬骨架支持着帶滑 車的單軌 5，以備安裝及拆卸井架主導輪（穩繩導輪及吊盤導 輪）之用。井棚骨架的四周敷以木板 6，用石棉瓦 或他种材料 鋪頂蓋，形成高度为 6—7 公尺的屋子，供服務人員、鋼絲繩 及各項設備避風雨用；井架的立架 7，於此立架上置有卸矸台

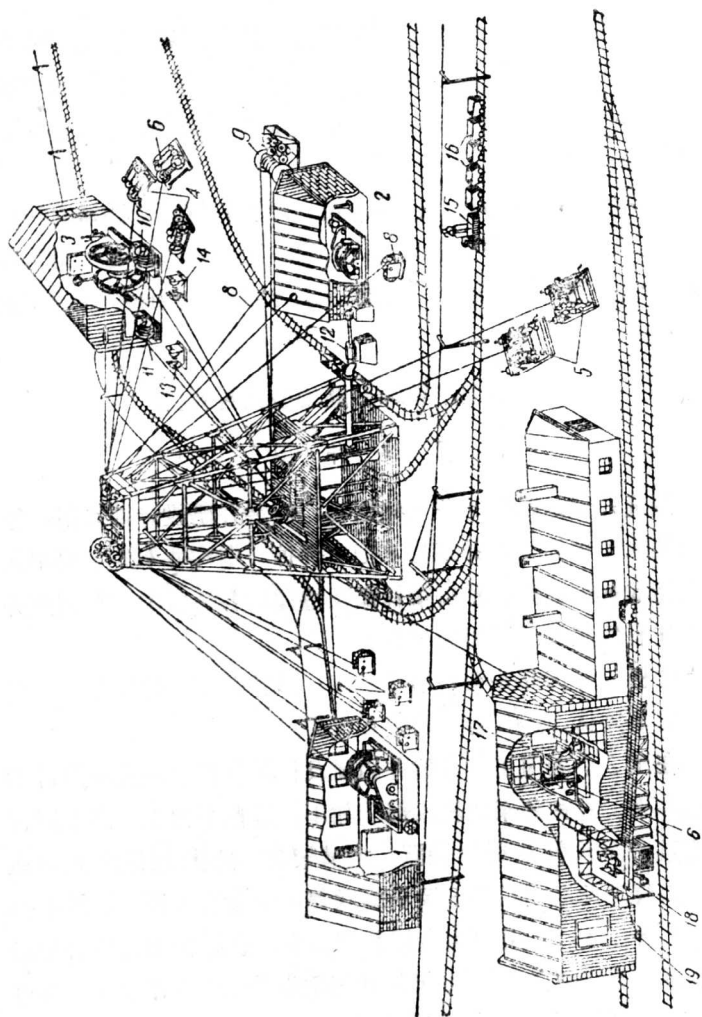


圖 1 開鑿豎井井筒時地面設備的佈置情形:

1—BM-30 型提昇機; 2—ПМ-16 А 型提昇機; 3—載重能力為 45 噸的供吊盤用的慢動絞車; 4—二手搖絞車, 載重能力為 15 噸, 供壓縮空氣管用; 5—二手搖絞車, 載重能力為 15 噸, 供風扇用; 6—一手搖絞車, 載重能力為 15 噸, 供吊盤用; 7—四個五噸的手搖絞車, 供 BM-30 型提昇系統的手搖繩用; 8—兩個五噸的手搖絞車, 供 ПМ-16 А 型提昇系統的手搖繩用; 9—一手搖絞車, 供吊架的電纜用; 10—放炮電纜用絞車; 11—照明電纜用絞車; 12—ЦАГИ 型軸流式扇風機; 13—五噸手搖絞車, 供照明電纜鋼絲繩用; 14—五噸手搖絞車, 供放炮電纜鋼絲繩用; 15—兩個 П-TP-2r 型風輪電機車, 軌距為 600 公厘; 16—30 輛容積為 0.75 公尺³的蘇聯礦車; 17—兩輛容積為 375 公升的“礦工之光”號泥凝土攪拌機; 18—碎石機; 19—柱架式絞車

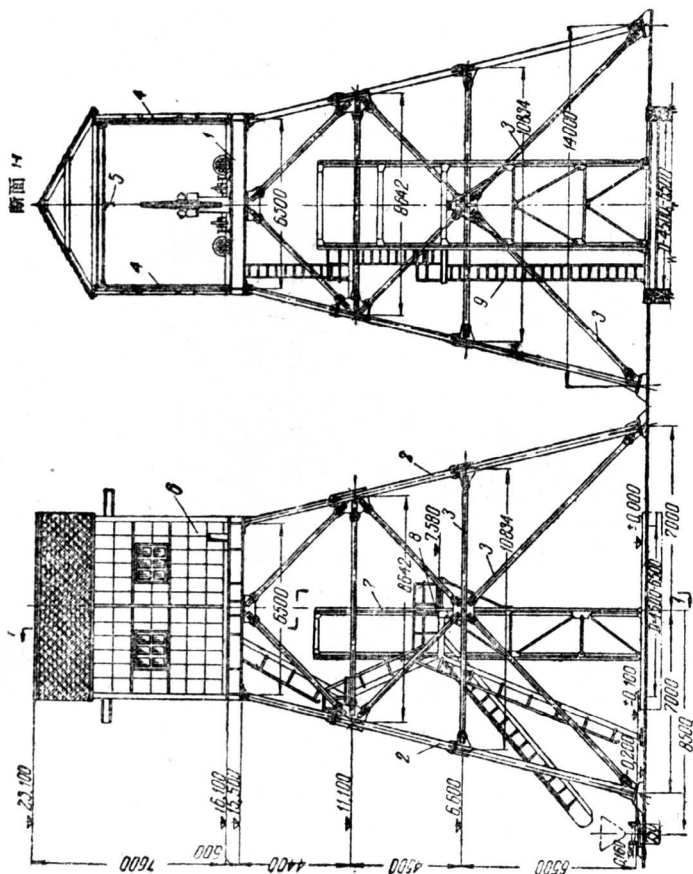


圖 2 ВНИИОМШС 型可拆卸的金屬井架

8 供备傾卸吊桶用；梯子 9，供服務人員攀登到出車台及導輪平台用。

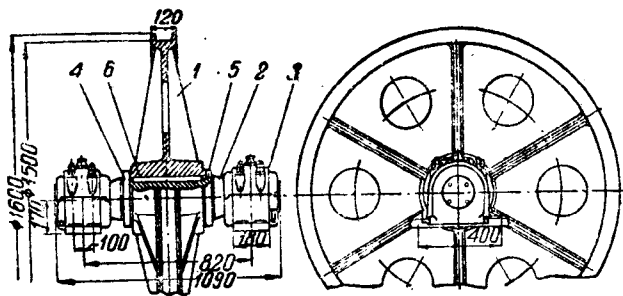


圖 3 供扁鋼絲繩使用的帶旋轉軸的 ШПБ 型導輪：
1—導輪；2—軸；3—軸承；4—止動環；5—止動螺釘；6—楔

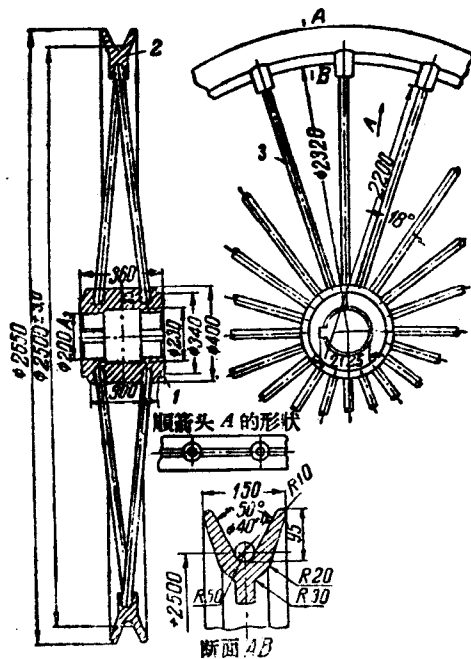


圖 4 供圓鋼絲繩使用的帶旋轉軸的 ШКВ 型導輪：
1—輪殼；2—輪緣；3—輻條

井 架 導 輪

安置於導輪平台上的井架導輪，供支持掘進設備的穩繩及提昇鋼絲繩之用，並能維持其方向。這裏所說的掘進設備是指吊桶、吊盤、安全梯、水泵，以及懸掛排水管、壓縮空氣管、

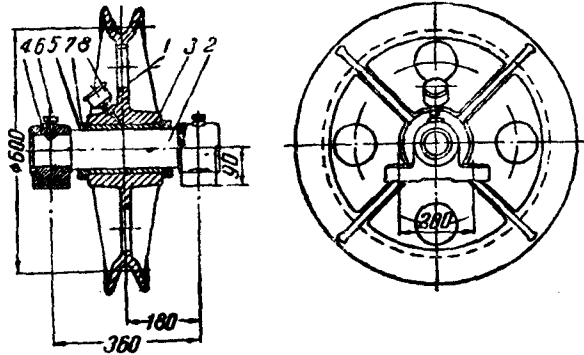


圖 5 供圓懸掛鋼絲繩或圓穩繩使用的帶固定軸的 TKH-1 型導輪：
1—導輪；2—軸；3—套管；4—軸承；5—止動環；
6、7—定位螺釘；8—油壺

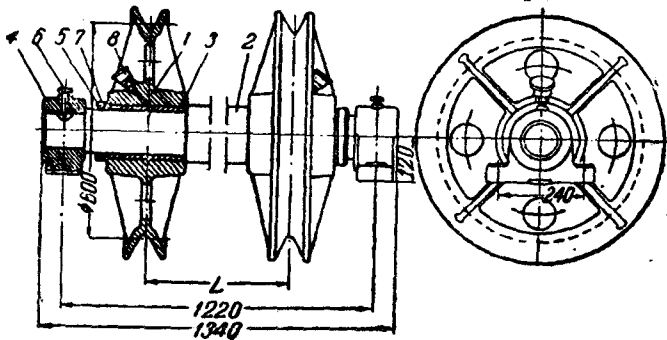


圖 6 供圓懸掛鋼絲繩使用的帶固定軸的 LKH-2 型雙導輪：
1—導輪；2—軸；3—套管；4—軸承；5—止動環；
6、7—定位螺釘；8—油壺

風筒、注漿管的鋼絲繩等而言。

至蘇建井組織及機械化科學研究所設計的單導輪及雙導輪，示於圖 3—6 中。

根據蘇聯國家標準 4052—48，現在開鑿豎井時所使用導輪的直徑為 1、1.5、2、2.5 及 3 公尺，適用的鋼絲繩的直徑相應為 12.5、18.5、25.5、31 及 37 公厘。導輪槽的斷面應與鋼絲繩的直徑相適合。

木質敷襯應由鑲入的木塊（橡木、櫟木以及其他硬木）組成，木塊的橫斷面與鋼絲繩接觸。導輪槽的兩側應組成不小於 60° 之角。導輪的邊緣應比鋼絲繩的外表面高出 1.5 根鋼絲繩的直徑。當敷襯木塊的磨損深度等於鋼絲繩的直徑及旁側磨損等於半根鋼絲繩直徑時，即須更換。

選擇提昇鋼絲繩導輪的直徑時，應以保安規程所規定的為根據

$$\frac{D}{d} \geq 80,$$

式中 D ——導輪直徑；
 d ——鋼絲繩直徑。

井筒中移動吊桶的裝置

為了防止運動的吊桶擺動，於井筒中設有穩繩 1（圖 7），吊桶 3 藉助滑架 2 沿穩繩運動。在距井筒工作面 15—20 公尺的高度上設置穩繩盤 4，穩繩盤的梁伸到井壁內。

穩繩 1 固定於穩繩盤上（每個吊桶有兩根穩繩）。穩繩的第二端引到地面上，通過安於掘進井架的導輪平台上的導輪而纏繞在絞車的繩筒上。這些絞車能將穩繩盤下放到需要的高度上並拉緊穩繩。

當吊桶下放達工作面時，滑架 2 即留在穩繩盤上。穩繩盤

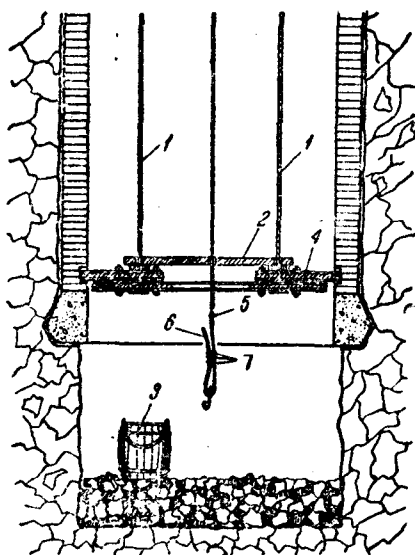


圖7 豎井井筒断面圖

罐籠。

- 2) 穩繩盤及穩繩;
- 3) 吊盤;
- 4) 水泵及導管;
- 5) 風筒;
- 6) 注漿管;
- 7) 压缩空气管;
- 8) 安全梯。

鋼絲繩通過平台上的各導輪，然後分別地纏繞在提昇机上、穩繩絞車上及懸掛鋼絲繩用的絞車上。

絞車對於井筒的位置，應以荷重的水平分力及垂直分子能平均分佈於井架上為條件來選擇。

距井筒工作面 15—20 公尺。井筒繼續掘進，穩繩盤即隨之轉移。

當由井筒工作面提昇吊桶時，吊桶經過穩繩盤並以其提昇鋼絲繩上的鋼夾帶動滑架 2。

掘進設備的佈置情形

一般情形，在豎井井筒中有下列懸掛在鋼絲繩上的掘進設備：

1) 於掘進豎井井筒時，有掘進吊桶，用以代替掘進水平巷道時的

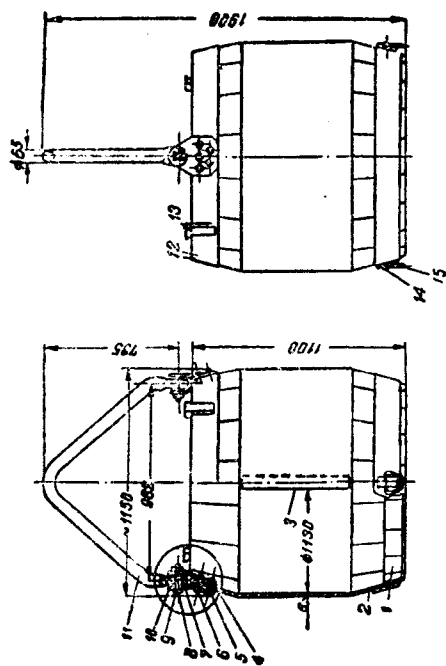


圖 8 容積為 1 公尺³ 的掘進吊桶:

1—底; 2—桶壁; 3—连接板; 4—销钉; 5—耳子; 6—垫板; 7—开口销; 8—螺帽; 9—销子; 10—耳子; 11—提梁; 12—锥形箍圈; 13—支持物; 14—扒钉; 15—环

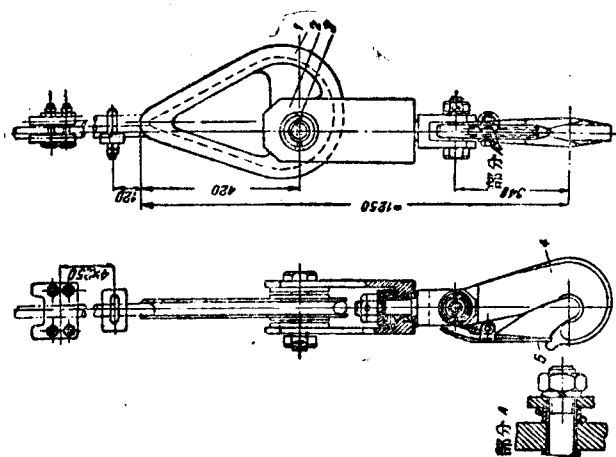


圖 9 全勞建井組織及機械化科學研究所設計的聯繫裝置:

1—根輪; 2—迴轉軸; 3—開口銷; 4—鉤;
5—鉤口保險器

提 昇 容 器

当開鑿豎井井筒時，吊桶为向地面运送矸石的主要提昇容器。

昇降人員僅許可利用不翻轉的掘進吊桶。运矸石的吊桶也可用以下降材料。

以前於開鑿豎井井筒時，曾使用圓筒形的吊桶作为提昇容器，因而時常發生故障。当吊桶通过穩繩盤的孔及保險盤的孔時，吊桶的上邊緣時常觸到穩繩盤及保險盤的槽鋼上，这样在大多數情況下鋼絲繩被断裂。

現在最常使用的是滾桶狀的吊桶，此种吊桶通过保險盤及穩繩盤的漏斗形開口，虽吊桶觸及漏斗形開口之壁，亦不会被制止因而不能移動。

圖8表明滾桶狀的矸石吊桶。此种吊桶由提梁及桶殼組成。提梁与桶殼上部的箍圈活動地相連結。

連 接 裝 置

吊桶藉助連接裝置懸掛在鋼絲繩上(圖9)。連接裝置由整體鍛造的鈎、迴轉軸(帶二止推滾珠軸承及軸)、嵌輪及鎖鏈組成。嵌輪的功用为將鋼絲繩連接在聯繫裝置上，迴轉軸的功用为防止圓鋼絲繩將其圍繞中心綫的旋轉運動傳給吊桶；但实际証明，迴轉軸不能防止吊桶轉動。当使用普通方法編捻的圓鋼絲繩且於吊桶運動中無穩繩時，吊桶旋轉的角速度幾乎与鋼絲繩相同。

吊桶的提梁掛在鈎上。为了防止提梁从鈎上脫落下來，鈎上有保險器，將保險器推到極限程度才能使提梁進入鈎中。