

銅矿及銅精矿的反  
射炉熔炼

苏联技工学校教学用书

# 銅矿及銅精矿的反射爐熔煉

Н.П. 吉耶夫 А.С. 潘尼科 著

С.А. 魏尔敏尼契夫

冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

冶金工業出版社

本書敘述銅礦與銅精礦在反射爐內的處理方法。敘述含銅物料和熔煉產物的特性，在爐內發生的過程、爐結構、所採用的耐火材料和燃料。論述反射爐的實際操作。列舉有熔煉的技術經濟指標，並概述生產組織和安全技術等。

原書為蘇聯工長培訓教學參考書。本書可作為我國煉銅廠技工學校的教學參考書，也可供中等專業學校學生及工廠技術人員參考。

參加本書翻譯工作的為冶金工業部有色金屬工業管理局技術處編譯科陳恆慶（原序、前言、1—5章）、鄧泳林（6、12—14章）、徐珍妮（15—16章）、鄧相汙（17章）、賀卓伍（18章）、肖有為（附錄）與中南礦冶學院傅崇說（7—11章）。校者為傅崇說教授。

Н.Ц. Днев, С.А. Верменичев, А.С. Пенько

ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ ПЛАВКА МЕДНЫХ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

Металлургиздат (Москва—1954)

銅礦及銅精礦的反射爐熔煉

冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯 傅崇說 校

編輯：吳學文，設計：趙香苓 周廣珍 責任校對：夏其五

1957年 11月第一版

1957年 11月北京第一次印刷 700冊

850×1168·1/32·240,000字·印張 $9\frac{10}{32}$ ·定價(10) 1.60元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0730

冶金工業出版社出版（地址：北京燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

苏联技工学校教学用书

# 銅矿及銅精矿的反射爐熔煉

Н.П. 吉耶夫 А.С. 潘尼科 著

С.А. 魏尔敏尼契夫

冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

冶金工業出版社

本書敘述銅礦與銅精礦在反射爐內的處理方法。敘述含銅物料和熔煉產物的特性，在爐內發生的過程、爐結構、所採用的耐火材料和燃料。論述反射爐的實際操作。列舉有熔煉的技術經濟指標，並概述生產組織和安全技術等。

原書為蘇聯工長培訓教學參考書。本書可作為我國煉銅廠技工學校的教學參考書，也可供中等專業學校學生及工廠技術人員參考。

參加本書翻譯工作的為冶金工業部有色金屬工業管理局技術處編譯科陳恆慶（原序、前言、1—5章）、鄧泳林（6、12—14章）、徐珍妮（15—16章）、鄧相汙（17章）、賀卓伍（18章）、肖有為（附錄）與中南礦冶學院傅崇說（7—11章）。校者為傅崇說教授。

Н.Ц. Диев, С.А. Верменичев, А.С. Пенько

ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ ПЛАВКА МЕДНЫХ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

Металлургиздат (Москва—1954)

銅礦及銅精礦的反射爐熔煉

冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯 傅崇說 校

編輯：吳學文，設計：趙香苓 周廣珍 責任校對：夏其五

1957年11月第一版

1957年11月北京第一次印刷 700冊

850×1168·1/32·240,000字·印張 $9\frac{10}{32}$ ·定價(10) 1.60元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0730

冶金工業出版社出版（地址：北京燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

## 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 序言 .....                          | 7  |
| 引言 .....                          | 9  |
| 1. 苏联铜工业的发展 .....                 | 10 |
| 2. 铜的性质 .....                     | 10 |
| 3. 铜的应用 .....                     | 12 |
| 4. 苏联铜生产事业中的主要任务及其解决方法 .....      | 12 |
| 5. 先进工人在技术进步中所起的作用和铜工业干部的培养 ..... | 14 |
| 第一章 铜矿及其特性 .....                  | 19 |
| 1. 地壳中和个别矿床中的含铜量 .....            | 19 |
| 2. 多金属矿石和单金属矿石及其综合利用 .....        | 20 |
| 3. 全世界矿石中的储铜量和苏联的铜矿床区 .....       | 21 |
| 4. 自然铜矿 .....                     | 22 |
| 5. 氧化铜矿 .....                     | 22 |
| 6. 硫化铜矿 .....                     | 23 |
| 第二章 铜矿石的准备和处理 .....               | 25 |
| 1. 铜矿石的处理方法 .....                 | 25 |
| 2. 硫化铜矿石的选矿 .....                 | 28 |
| 第三章 铜矿石和精矿的焙烧 .....               | 33 |
| 1. 铜矿石和精矿焙烧的目的 .....              | 33 |
| 2. 炼铜工业中所采用的焙烧爐 .....             | 34 |
| 3. 焙烧爐爐料 .....                    | 37 |
| 4. 焙烧时發生的各种物理化学过程 .....           | 37 |
| 5. 焙烧产物 .....                     | 40 |
| 6. 氧化焙烧方面的新观念 .....               | 44 |
| 第四章 反射爐熔煉的各种方式及进入其中的物料特性 .....    | 46 |
| 1. 反射爐熔煉及其特性的概念 .....             | 46 |
| 2. 反射爐熔煉的各种方式 .....               | 47 |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 3. 加入反射爐熔煉的物料特性 .....            | 48         |
| <b>第五章 反射爐熔煉產物及其物理化學特性 .....</b> | <b>56</b>  |
| 1. 根據狀態圖研究冶煉產物性質的概念 .....        | 57         |
| 2. 冰銅 .....                      | 63         |
| 3. 反射爐熔煉的爐渣 .....                | 68         |
| 4. 反射爐煙塵 .....                   | 77         |
| 5. 氣體 .....                      | 79         |
| <b>第六章 反射爐內發生的各種過程 .....</b>     | <b>80</b>  |
| 1. 燃料燃燒時對爐料的傳熱 .....             | 81         |
| 2. 反射爐內發生的熔煉過程及化學反應 .....        | 87         |
| 3. 廢渣中銅的損失 .....                 | 101        |
| <b>第七章 近代反射爐的構造 .....</b>        | <b>107</b> |
| 1. 主要尺寸 .....                    | 111        |
| 2. 反射爐結構上的組成部分 .....             | 113        |
| 3. 反射爐的縱斷面及水平斷面 .....            | 129        |
| 4. 反射爐結構中的某些改變 .....             | 130        |
| <b>第八章 耐火材料 .....</b>            | <b>132</b> |
| 1. 砌爐用的耐火材料及對其提出的要求 .....        | 132        |
| 2. 補爐材料 .....                    | 142        |
| 3. 耐火塗料 .....                    | 144        |
| 4. 隔熱材料 .....                    | 146        |
| <b>第九章 裝料方法 .....</b>            | <b>148</b> |
| <b>第十章 反射爐的加熱 .....</b>          | <b>152</b> |
| 1. 用於反射爐熔煉的燃料 .....              | 152        |
| 2. 煤粉的製備和運輸 .....                | 156        |
| 3. 石油、重油及氣體燃料的輸送 .....           | 162        |
| 4. 反射爐燃料的燃燒 .....                | 163        |
| 5. 爐內抽力及其調整 .....                | 173        |
| 6. 廢氣熱的利用 .....                  | 175        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 7. 廢气的成分 .....                       | 177        |
| <b>第十一章 反射爐作業的實踐 .....</b>           | <b>181</b> |
| 1. 裝料 .....                          | 181        |
| 2. 吹爐爐渣注入反射爐 .....                   | 183        |
| 3. 爐壁及料坡的照應 .....                    | 185        |
| 4. 反射爐熔池的照應 .....                    | 187        |
| 5. 廢渣的放出 .....                       | 199        |
| 6. 烟道的清理 .....                       | 203        |
| 7. 反射爐的燒熱 .....                      | 205        |
| 8. 停爐 .....                          | 207        |
| <b>第十二章 反射爐爐頂的壽命及反射爐的大修 .....</b>    | <b>210</b> |
| 1. 造成爐頂壽命縮短的原因及其消除方法 .....           | 210        |
| 2. 爐頂的熱修 .....                       | 217        |
| 3. 爐頂的隔熱 .....                       | 221        |
| 4. 反射爐的大修 .....                      | 223        |
| <b>第十三章 反射爐生產的技術控制和作業的自動管理 .....</b> | <b>225</b> |
| 1. 技術控制 .....                        | 225        |
| 2. 反射爐作業的自動管理 .....                  | 229        |
| <b>第十四章 收塵 .....</b>                 | <b>234</b> |
| 1. 烟塵的機械沉降 .....                     | 235        |
| 2. 氣體經袋濾器的過濾 .....                   | 237        |
| 3. 氣體在洗滌塔內的洗滌 .....                  | 238        |
| 4. 氣體的电除塵 .....                      | 240        |
| <b>第十五章 生產組織 .....</b>               | <b>245</b> |
| 1. 勞動組織與技術定額的制定 .....                | 246        |
| 2. 工作組按指示圖表進行工作 .....                | 249        |
| 3. 工作地點情況的相互報導與熔煉工作指示圖表的執行 .....     | 251        |
| 4. 經濟核算制 .....                       | 251        |
| 5. 車間、班、工作組的行政機構 .....               | 252        |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第十六章 安全技术 .....             | 254 |
| 第十七章 反射爐操作的技术經濟指标 .....     | 258 |
| 1. 反射爐的生产率 .....            | 258 |
| 2. 銅精矿反射爐熔煉时的燃料消耗量 .....    | 261 |
| 3. 空气消耗量 .....              | 262 |
| 4. 銅和貴重金屬进入冰銅的回收率 .....     | 262 |
| 5. 反射爐車間費用的主要項目 .....       | 263 |
| 6. 降低反射爐車間成本的途徑 .....       | 265 |
| 第十八章 冰銅的处理及反射爐熔煉廢料的利用 ..... | 267 |
| 1. 冰銅的处理 .....              | 267 |
| 2. 廢渣的利用 .....              | 270 |
| 3. 廢爐气的利用 .....             | 276 |
| 4. 烟塵的利用 .....              | 278 |
| 附录: 反射爐熔煉的配料計算和热平衡計算 .....  | 282 |
| 参考文献 .....                  | 308 |

## 序 言

苏联人民在共产党的领导下顺利地实现着共产主义的建设。

苏联共产党和苏联政府过去和现在都始终不倦地关怀着冶金工业的发展。

在各个五年计划的年度里，在苏联领土内，发现了新的巨大的铜矿床，改建了旧的并建设了新的炼铜厂。根据苏联共产党第十九次代表大会关于 1951—1955 年发展第五个五年计划的指示，精炼铜的生产应增加 90 %。为保证生产的增长，应依靠新企业的投入生产，依靠改建现有企业和安装新设备以增加其生产能力，还要依靠机械化和增强生产以及改进技术操作过程。

为了进一步增加铜的生产必须利用较贫的矿石。由于这一缘故，广泛推行了选矿。用冶炼方法处理得自铜矿浮选的精矿而炼出的铜的生产比重正在不断地增长着。

在现在，处理铜精矿的最合理的方法是铜精矿的反射炉熔炼。

在苏联大约占铜总产量 70 % 的铜是利用反射炉熔炼的方法炼出的。

反射炉熔炼在苏联境内首先是在乌拉尔采用。同时，在乌拉尔掌握和发展了反射炉熔炼。

在综合实践经验及科学研究的基础上，产生并发展了有关反射炉熔炼时所发生的各种过程的理论概念。苏联科学家、研究家、设计人员、工长以及先进工人对于反射炉熔炼的理论和实践的研究以及运用均有很大的贡献。举世闻名的科学家和研究家有：A.A. 巴依科夫、H.C. 库尔纳科夫、B.Я. 莫斯托维奇、B.A. 瓦纽科夫、等等，反射炉熔炼的工长先进工作者有：Ф.П. 波斯特尼科夫、A.A. 雅鲁索夫、Л.А. 雅鲁索夫、Я.Е. 菲尔索夫及其他许多人。

现代反射炉都装备有能保证其操作自动调节和连续控制的新

式控制測量仪表。由於这种緣故，照应这些設備的工長和工人应对銅生产理論和实践方面的一般問題具有足够的知識並对反射爐熔煉过程具有深刻的了解。

在出版这本銅矿及銅精矿反射爐熔煉时，著者希望它对煉銅厂的工長和工人在获得銅生产技术操作的必要知識方面能有所帮助，以便保証进一步提高劳动生产率、改进煉出銅的質量，增加其数量。

所有对本書的指正与批評，著者均將以感激的心情来接受。

著者謹向紅色烏拉爾煉銅厂冶金师技术科学碩士M. И. 科奇涅夫、A. A. 巴巴德然及 П. C. 庫薩金在审閱本書的原稿时所提供的許多宝贵意見表示謝意。

著 者

---

## 引 言

在很多世紀以前，人类就学会了利用金屬——主要是青銅（銅与錫的合金）代替石头来制作生产工具和器械，从此以后，在人类生活中就产生了整个「青銅时代」的名称。

在現代人类的生活和文化中如不运用金屬，那是不可思議的。因此，冶金工業，即用矿石生产金屬及其以后初步加工的技术部門，在技术發展的国家里於国民經济中佔有主导地位。

从全世界地壳中开采的产品总价值中，金屬类約佔35.4%。如果將熔煉和金屬加工时所消耗的燃料价值計算在內，这类金屬的比重將更要增加。

必須指出，过去所应用的有色金屬比起鉄来說，曾一度是不够广泛的，因为鉄是較便宜的金屬，而現在，在过去仅应用鉄的部門里有色金屬已获得了广泛的应用。鉄常常与有色金屬成合金状态而得到新的利用范围。

有色金屬的生产比鉄增長得快，例如，全世界（不包括苏联）1913年的生鉄产量为7335万吨，至1937年增加到8776万吨，即約增長了20%，而全世界（不包括苏联）1913年的銅产量为987,900吨，至1937年却增加到2,177,000吨，即約增長了1.2倍。在資本主义国家中，1943年粗銅的生产量为2,585,000吨，1950年为2,460,000吨，以价值表示，1929年銅的比重为全世界金屬总生产量的19%。

## 1. 苏联銅工業的發展

在苏联領土上，从远古时代就开始了銅的开采。众所週知，亞美尼亞的銅曾供应給阿西里亞，瓦維洛尼亞及旧彼尔西亞。在开采地点所發現的旧廢石堆及采掘工具証实，銅在远古时代在烏拉尔、西伯利亞及哈薩克斯坦便已开采。

第一个煉銅厂——培斯科尔斯克厂曾於 1641 年建立在烏拉尔卡勒卡尔加河索利卡姆斯克区域。19 世紀中叶、俄国在全世界銅生产上佔据了主导的地位，在这一时期，銅产量每年达 3000 吨，或約佔全世界总生产量的 20 %。但是，以后俄国銅的生产便衰落下去。

在几个五年計劃的年代里，苏联煉銅工業与所有国民經济部門强烈發展的同时，亦得到了蓬勃的發展。在第三个五年計劃結束时，与 1914 年相比，銅产量已增加到 3.5 倍以上。在第四个五年計劃中曾拟定銅的产量較前一时期增加到 1.6 倍。在第五个五年計劃中精煉銅的生产应增加 90 %。

苏联銅产量增長的速度，超过各个資本主义国家銅生产增加速度的好多倍。

## 2. 銅的性質

純銅的比重在溫度 20°C 時等於 8.89，但由於其多孔性、含有氧化亞銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) 及其他雜質，普通等級的工業用銅具有較小的比重。熔融銅的比重等於 8.22。

致密銅塊的顏色是淺黃紅色的。壓延成極薄的銅片可使光綫透過並在透過的光綫中具有淺綠青的色彩。

退火的軟銅具有比較小的強度——拉伸強度每平方毫米為 21.23 公斤，冷壓或冷拉的銅具有相當大的強度——每平方毫米為 42.5—49.5 公斤。

純銅容易加以鍛壓，可壓延成厚度達百分之几毫米的薄片，可拉成細的銅絲。

銅在  $1083^{\circ}\text{C}$  的溫度下熔化，在  $2310^{\circ}\text{C}$  時沸騰，因此，在電弧切割和焊接時，電弧的火焰被銅蒸氣塗染成綠色；銅蒸氣是有毒的。

在熔化狀態下，銅能吸收大量的二氧化硫氣體 ( $\text{SO}_2$ ) 及氫氣，這時氣體的溶解度隨着溫度的升高而增加，當金屬凝固時急劇降低。

銅具有高度的導熱率。如果把銀（極易導熱的金屬）的導熱率作為 1，則銅的導熱率等於 0.736。

按其導電率來說，純銅稍微低於銀，但遠遠超過所有其他的金屬。下面引証有關各種金屬導電率的比較數值，以百分比表示（設銅的導電率為 100 %）。

|        |       |        |      |
|--------|-------|--------|------|
| 銀..... | 109.5 | 鋅..... | 30.0 |
| 銅..... | 100.0 | 鎳..... | 23.2 |
| 金..... | 74.4  | 鐵..... | 21.1 |
| 鋁..... | 52.3  | 鉑..... | 10.3 |
| 鎂..... | 37.1  |        |      |

銅的這種性質可作為其純度的標準，因為即使是少量的雜質也會使銅的導電率降低（圖 1）。

在濕空氣中銅緩慢地氧化，蓋復着淺綠色的碳酸化合物的薄層。隨着溫度的升高，氧化作用進行逐漸加快，當加熱到赤熱的情況下，銅便被外部由氧化銅 ( $\text{CuO}$ ) 而內部由氧化亞銅組成的氧化物層蓋復着 [1]。

銅易溶於硝酸及硝酸與鹽酸的混合物中，不易溶於硫酸和鹽酸中。

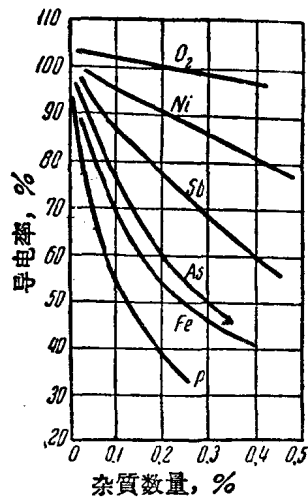


圖 1 雜質對銅導電率的影响

### 3. 銅的应用

銅的产量比鉄增長得較迅速是由於所有技術部門的技術進步，這種進步我們眼見實現着，而技術進步又不可能不採用銅。

電工技術，鐵路的電氣化、高壓輸電線路和變电站工程、飛機制造、汽車運輸、無線電、器械和家常用具的生產以及在近代特別蓬勃發展的其他工業部門，均需要使用有色金屬，特別是銅。例如，汽車工業、其全世界的生產量每年約為 1500 萬輛汽車，每年消耗將近 10 萬噸銅。

大量的銅應用於合金的制造。

具有高度拉伸強度的銅鎳合金應用於制造空中輸電線。

含鍍的銅合金，其機械性能超過高級優質鋼。它們具有良好的導電率並廣泛應用於制造各種不同部件、工具、無線電設備。

在制造軸承、聯軸器、制動裝置時，利用含鉛有時將近 45% 的銅鉛合金。為制造某些制品須採用磨得極細的粉末狀的金屬。

銅與錫的合金（青銅）以及與鋅的合金（黃銅）成各種各樣的部件——軸承、塞栓、開關、管、油管、熱交換器等等的外形，在所有工業部門中、尤其在機械制造業中獲得了廣泛的應用。

銅在國防事業中具有重大的意義。

隨着技術的發展，有色金屬有了許多新的應用範圍，因而銅的消費也隨之增大起來。在現時，銅主要是消耗在電工用途上。

### 4. 蘇聯銅生產事業中的主要任務及其解決方法

黨第十九次代表大會關於 1951—1955 年蘇聯發展第五個五年計劃的指示，對有色冶金工作者提出了巨大的任務：“大大擴大有色金屬的生產。在五年期間，有色金屬生產的大約增加情形如下：精制銅增加 90%，鉛增加 1.7 倍，鋁至少增加 1.6 倍，鋅增加 1.5 倍，鎳增加 53%，錫增加 80%。”“使採礦和費力的勞動機械化，使生產過程自動化並提高其速度，提高礦石中金屬

的綜合回收率，保證進一步增加上等金屬的產量，大大擴大和改進對現有企業生產能力的利用，並建立新的企業”<sup>①</sup>。

為了解決這些問題，必須大大地擴大勘探及採礦的規模、進一步發展科學研究工作，廣泛地利用複雜的礦石和廢料、在技術上運用最完善的設備，在科學與技術發展的基礎上，在我國勞動人民創造性的熱情和積極性的基礎上改進各種工藝過程。

在社會主義競賽中，在科學家與生產者的社會主義友誼關係上，在科學家們對優秀的先進生產工作者的負責經常幫助中、在大量的創造發明和合理化建議中、在節約資金和材料以及為企業的贏利性而鬥爭的過程中，我們都可以看到這種積極性和熱情的結果。紅色烏拉爾選礦廠銅鋅快速選礦工藝過程的創造，是在開展社會主義競賽和科學家與生產者合作的條件下得以取得成就的實例。〔烏拉爾機械選礦科學研究設計院〕科學工作者制定了新的混合優先浮選的工藝方法並在紅色烏拉爾廠工程師和工人的幫助下，在選礦廠推廣。

1949—1950年在掌握快速技術操作的基礎上，在工程技術人員與〔烏拉爾機械選礦科學研究設計院〕科學工作者保持合作的情況下，掀起了為提高礦石中有色金屬回收率和快速浮選工作革新者的運動。由於這種結果，1950—1951年在選礦廠銅精礦的回收率提高了2%，銅精礦中鋅的損失降低了10.4%（以絕對百分比計），銅精礦中銅的品位提高了2.5%，並且鋅的回收率也有顯著的提高。

在所有銅工業企業中，廣泛開展社會主義競賽可促使勞動生產率進一步提高，設備利用率進一步改善，銅生產進一步增長以及所得金屬的質量得到改進。

科學家與生產者的合作，使得在掌握各種原料的處理方法上的困難得以克服，並且，注意到原料的巨大儲量，乃迅速而顯著地超過已達到的生產水平，極快地增加銅的產量。

---

① 蘇聯共產黨（布）第十九次代表大會關於一九五——一九五五年蘇聯發展第五個五年計劃的指示，人民出版社，1953年。

国家經濟發展的主要指标是按人口計算每人所佔有的各种不同种类的工業产品的需要量，銅的需要量在各主要資本主义国家里达3.5—7公斤（表1）。

表 1

各主要資本主义国家里按人口計算每人佔有的銅需要量，公斤

| 年 度  | 美 国 | 法 国 | 德 国 | 大 不 列 顛 |
|------|-----|-----|-----|---------|
| 1912 | 3.9 | 3.0 | 3.4 | 3.1     |
| 1913 | 3.7 | 2.5 | 3.9 | 3.0     |
| 1914 | 3.4 | 2.2 | 2.2 | 3.7     |
| 1920 | 5.7 | 1.8 | 1.2 | 2.2     |
| 1925 | 6.4 | 3.0 | 3.7 | 3.0     |
| 1929 | 7.1 | 3.3 | 3.4 | 3.4     |
| 1939 | 5.5 | —   | 5.4 | 6.1     |

在我們国家里，由於生产力强有力的發展、由於运用新的技术和我国劳动人民中广大階層在提高劳动生产率的行动中創造性的热忱和積極性，按人口計算的每人的銅需要量逐年在增長着。

## 5. 先进工人在技术进步中所起的作用和

### 銅工業幹部的培养

在銅工業企業中，同在其它各个部門中一样，先进工人生产革新者的劳动成就，在技术进步中起着相当大的作用。先进工人生产革新者的成就，在使工人的技术和普通文化水平提高到腦力工作者的水平上，也起着很大的作用。

社会主义企業的先进工人力求將自己高度生产劳动的經驗傳播給其他的工人，以便使自己已取得的成效得到广泛的推广。

党第十九次代表大会具有历史意义的決議拟定了进一步增加矿石开采量 and 处理量的途徑，拟定了增加精矿产量和有色金属熔煉量的途徑。

在筹备第十九次党代表大会的日子里，紅色烏拉尔矿务局的采矿工作小組曾改成按晝夜循环圖表进行工作。現時在矿山和矿井的工段与工作班中均按这种圖表工作。如果說紅烏拉尔矿务局