

採礦手冊

(5)

A. M. 切爾皮果列夫 主編
H. A. 耶 爾 切 夫

冶金工业出版社

探 礦 手 冊

(5)

院 士 A. M. 切爾皮果列夫

工程師 H. A. 耶爾切夫

主 編

重工業部專家工作室 譯

冶金工業出版社

本書是根據蘇聯冶金出版社 1952 年出版的採礦手冊第二卷下半部譯出的，其中包括防火、防塵及參考表三章。

本書由前重工業部專家工作室王金武和許潛龍同志翻譯，經有色局生產技術處李曉惠同志和前重工業部專家工作室劉天瑞同志校對。

在翻譯過程中，中南礦冶學院採礦系採礦工程教研組汪占南同志曾給譯者很大的幫助，特此致謝。

院士 А. М. Терпигорев、工程師

Н. А. Ярцев

СПРАВОЧНИК ПО ГОРНОРУДНОМУ ДЕЛУ

Металлургиядат (Москва—1952)

採礦手冊 (5)

重工業部專家工作室 譯

1956 年 3 月第一版 1959 年 8 月第四次印刷 5,000 冊 (累計 14,053 冊)

$787 \times 1092 \cdot \frac{1}{25} \cdot 165,000$ 字 • 印張 $6 \frac{8}{25}$ • 插頁 3 • 定價 0.85 元

北京五三五工廠印

新華書店發行

書號 0414

冶金工業出版社出版 (地址：北京市燈市口甲 45 號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 號

目 錄

第二十章 開採金屬礦床時井下火災的預防與撲滅

第一百零一節 內因火災的定義、對象、原因與性質	(6)
§ 369 井下火災的概念	(6)
§ 370 井下火災的對象及原因	(7)
§ 371 硫化礦礦山中內因火災的性質	(7)
第一百零二節 礦山火災的識別、預防及撲滅	(10)
§ 372 礦山火災的識別	(10)
§ 373 井下火災的預防	(13)
1. 一般技術上的防火措施	(13)
2. 採礦技術上的特殊防火措施	(15)
3. 組織上的防火措施	(19)
§ 374 礦山火災的撲滅	(20)
§ 375 火災熄滅後的徵象與滅火後工作的恢復	(33)

第二十一章 巷道中的礦塵及防止礦塵的方法

第一百零三節 總論	(35)
§ 376 礦塵的分類及特性。礦塵的來源	(35)
1. 礦塵的分類及特性	(35)
2. 礦井中礦塵的來源	(37)
§ 377 空氣中的礦塵能引起的疾病	(40)
第一百零四節 防塵措施	(41)
§ 378 總論	(41)
§ 379 巷道通風	(42)
§ 380 減少礦塵及鑿岩時的捕塵	(44)
§ 381 濕式鑿岩	(46)
§ 382 乾式捕塵	(49)
§ 383 呼吸器	(51)
§ 384 洒水、水幕及水霧	(52)

§ 385	新生產技術問題	(59)
§ 386	医务衛生措施	(59)
§ 387	礦山的防塵機構	(60)
第一百零五節	空气中礦塵的分析	(60)
§ 388	總論	(60)
§ 389	空气含塵量的測定方法	(60)
1.	分離彌散相的礦塵測定法	(61)
2.	不將礦塵的彌散相分離的測定法	(65)
3.	礦塵彌散性的測定	(65)
§ 390	用岩石學法測定礦石与岩石中自由体二氧化矽的含量	(66)

第二十二章 参考表

第一百零六節	數學	(68)
§ 391	面積、体積和平面	(68)
§ 392	一些常用的常數	(86)
§ 393	乘方、開方、自然对數、倒數、圓周、圓面積	(87)
§ 394	普通对數的假數	(112)
§ 395	三角函數表	(115)
第一百零七節	各种量度和單位	(119)
§ 396	公制量度	(119)
§ 397	英制变为公制	(121)
§ 398	長度的換算	(122)
§ 399	平方和立方量度的換算	(123)
§ 400	重量換算	(124)
§ 401	英寸換算公厘, 1英寸=25.400公厘, 1公厘=0.394英寸	(125)
§ 402	英寸的分數換算公厘	(127)
§ 403	英尺換算公尺	(128)
第一百零八節	物理化学數值	(129)
§ 404	最主要的物理常數	(129)
§ 405	衡量單位	(129)
§ 406	國際溫度表的度數 (°C) 換算列氏溫度表 和華氏溫度表的度數	(132)

§ 407	水蒸气在标准大气压及飽和情况下的含量 (克)	(133)
§ 408	乾式溫度計与濕式溫度計讀數表示的空气相对濕度	(133)
§ 409	在各种溫度下的空气密度	(134)
§ 410	各种分級硬度的換算	(135)
§ 411	門捷列夫的元素週期表	(挿頁)
§ 412	元素的原子量	(135)
§ 413	主要元素的物理化学常數	(139)
	符号	(142)
	参考文献	(143)
	名詞对照表	(157)

探 礦 手 冊

(5)

院 士 A. M. 切爾皮果列夫

工程師

H. A. 耶爾切夫

主 編

重工業部專家工作室 譯

冶金工業出版社

本書是根據蘇聯冶金出版社 1952 年出版的採礦手冊第二卷下半部譯出的，其中包括防火、防塵及參考表三章。

本書由前重工業部專家工作室王金武和許潛龍同志翻譯，經有色局生產技術處李曉惠同志和前重工業部專家工作室劉天瑞同志校對。

在翻譯過程中，中南礦冶學院採礦系採礦工程教研組汪占南同志曾給譯者很大的幫助，特此致謝。

院士 А. М. Терпигорев、工程師

Н. А. Ярцев

СПРАВОЧНИК ПО ГОРНОРУДНОМУ ДЕЛУ

Металлургиядат (Москва—1952)

採礦手冊 (5)

重工業部專家工作室 譯

1956 年 3 月第一版 1959 年 8 月第四次印刷 5,000 冊 (累計 14,053 冊)

$787 \times 1092 \cdot \frac{1}{25} \cdot 165,000$ 字 • 印張 $6 \frac{8}{25}$ • 插頁 3 • 定價 0.85 元

北京五三五工廠印

新華書店發行

書號 0414

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市燈市口甲 45 號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 號

目 錄

第二十章 開採金屬礦床時井下火災的預防與撲滅

第一百零一節 內因火災的定義、對象、原因與性質	(6)
§ 369 井下火災的概念	(6)
§ 370 井下火災的對象及原因	(7)
§ 371 硫化礦礦山中內因火災的性質	(7)
第一百零二節 礦山火災的識別、預防及撲滅	(10)
§ 372 礦山火災的識別	(10)
§ 373 井下火災的預防	(13)
1. 一般技術上的防火措施	(13)
2. 採礦技術上的特殊防火措施	(15)
3. 組織上的防火措施	(19)
§ 374 礦山火災的撲滅	(20)
§ 375 火災熄滅後的徵象與滅火後工作的恢復	(33)

第二十一章 巷道中的礦塵及防止礦塵的方法

第一百零三節 總論	(35)
§ 376 礦塵的分類及特性。礦塵的來源	(35)
1. 礦塵的分類及特性	(35)
2. 礦井中礦塵的來源	(37)
§ 377 空氣中的礦塵能引起的疾病	(40)
第一百零四節 防塵措施	(41)
§ 378 總論	(41)
§ 379 巷道通風	(42)
§ 380 減少礦塵及鑿岩時的捕塵	(44)
§ 381 濕式鑿岩	(46)
§ 382 乾式捕塵	(49)
§ 383 呼吸器	(51)
§ 384 洒水、水幕及水霧	(52)

§ 385	新生產技術問題	(59)
§ 386	医务衛生措施	(59)
§ 387	礦山的防塵機構	(60)
第一百零五節	空气中礦塵的分析	(60)
§ 388	總論	(60)
§ 389	空气含塵量的測定方法	(60)
1.	分離彌散相的礦塵測定法	(61)
2.	不將礦塵的彌散相分離的測定法	(65)
3.	礦塵彌散性的測定	(65)
§ 390	用岩石學法測定礦石与岩石中自由体二氧化矽的含量	(66)

第二十二章 参考表

第一百零六節	數學	(68)
§ 391	面積、体積和平面	(68)
§ 392	一些常用的常數	(86)
§ 393	乘方、開方、自然对數、倒數、圓周、圓面積	(87)
§ 394	普通对數的假數	(112)
§ 395	三角函數表	(115)
第一百零七節	各种量度和單位	(119)
§ 396	公制量度	(119)
§ 397	英制变为公制	(121)
§ 398	長度的換算	(122)
§ 399	平方和立方量度的換算	(123)
§ 400	重量換算	(124)
§ 401	英寸換算公厘, 1英寸=25.400公厘, 1公厘=0.394英寸	(125)
§ 402	英寸的分數換算公厘	(127)
§ 403	英尺換算公尺	(128)
第一百零八節	物理化学數值	(129)
§ 404	最主要的物理常數	(129)
§ 405	衡量單位	(129)
§ 406	國際溫度表的度數 (°C) 換算列氏溫度表 和華氏溫度表的度數	(132)

§ 407	水蒸气在标准大气压及饱和情况下的含量 (克)	(133)
§ 408	乾式溫度計与濕式溫度計讀數表示的空气相对濕度	(133)
§ 409	在各种溫度下的空气密度	(134)
§ 410	各种分級硬度的換算	(135)
§ 411	門捷列夫的元素週期表	(插頁)
§ 412	元素的原子量	(135)
§ 413	主要元素的物理化学常數	(139)
	符号	(142)
	参考文献	(143)
	名詞对照表	(157)

第二十章 開採金屬礦床時

井下火災的預防與撲滅

第一百零一節 內因火災的定義、

對象、原因與性質

§ 369 井下火災的概念

井下火災的特点之一是：假如火災的發源地並不靠近通風風流，則火災在有限的空氣流中蔓延。因此井下火災沒有像地面火災所發出的那麼大的濃煙，特別是火焰，而燃燒過程也較為緩慢。

在很難進入的採空區發生火災時，在最初階段一般只是慢慢地（幾乎難以發覺）提高井下空氣的溫度和濕度，並且空氣的化學成分發生很小的變化（僅用化驗室分析方法才能測定這種變化）；可以看到的或可以感覺到的燃燒徵候是沒有的〔266〕。

在井下到火源地去直接撲滅火災，通常是很困難的，同時這也是冒生命危險的行為。在燃燒過程中所產生的窒息性的及有毒的氣體，可以造成大批人員的傷亡，甚至在遠離火災發源地的巷道中工作着的工人也難避免。

當礦井裡有爆炸性瓦斯放出或有爆炸性的礦塵時，火災會使瓦斯及礦塵爆炸，這就進一步加重了消滅火災的困難。

井下火災可以使礦山遭受巨大的物質損失：

- 1) 撲滅火災的直接費用；
- 2) 火災地區及防火礦柱內礦產的損失；
- 3) 滅火後用於恢復巷道的費用；

4) 所謂「間接」的損失：由於工作線的縮小及採礦工作的中斷，致使產量降低而遭受虧損；由於在發生火災的礦井中勞動生產率的降低及開採條件惡化而引起的損失；由於部分有價值的成分之燃燒及礦石的灰分增加，礦產的質量降低；

- 5) 火災傷亡撫卹金。

§ 370 井下火災的對象及原因

井下火災按燃燒對象可分為下列幾類：

1. 材料及設備的燃燒（支柱，液體燃料及潤滑材料，電線，炸藥，草料等）。
2. 礦產燃燒（煤、碳質岩石，硫化礦石）：
 - a) 在疏鬆的狀態中（礦塵，粉礦，採下的礦石塊，貯礦堆，堆礦場等）燃燒；
 - 6) 在原礦體中燃燒。
3. 混合性的火災。

可燃物按其本身的性質和條件在下列情形下可以着火：

- 1) 直接用燃着的或赤熱的物體點火；
- 2) 受熱雖弱但長期受熱，熱傳導；
- 3) 自熱；
- 4) 化學反應（其中包括爆炸）；
- 5) 電火花；
- 6) 機械作用（摩擦，震動，壓力，衝擊，墮落）；
- 7) 放射能的作用；
- 8) 爆炸。

因此，井下火災按它的起因可分為：

- 1) 內因火災，即由礦產或圍岩本身自熱而發生的火災。
- 2) 外因火災，即由外部各種原因所引起的火災。

最難撲滅的是內因火災，特別是當其發生在（經常可以看到）遺留有相當數量的具有促進強烈氧化作用的礦石及坑木的老採空區中，充填不嚴實的區中，冒頂地點及陷落地點等等。

在可能發生火災的礦山中，為了防止內因火災，除嚴格遵守一般的防火規程外，還必須嚴格地施行全盤的專門預防措施。

§ 371 硫化礦礦山中內因火災的性質

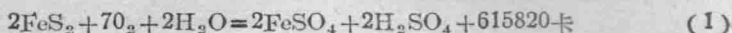
- 物理上的自然決定於下列主要因素的相互作用：1) 該可燃物的氧化趨勢；2) 空氣流入可燃物的條件；3) 可燃物與其周圍介質之間熱交換的條件。

硫化礦石中主要的礦物是硫與金屬（鐵、銅、鋅、鉛等）的各種化合物，即所謂硫化物。硫化物有與空氣中的氧氣氧化的性質；氧化發出熱量。

假如硫化礦氧化所產生的熱有條件在巷道中集聚，那麼在這裡，就會發生這

种礦石的自熱，它逐漸蔓延，最終就能形成內因火災。

硫化礦物中最容易自熱的礦物是黃鐵礦(FeS_2)，其次為黃銅礦(CuFeS_2)，閃鋅礦(ZnS)等。下面為黃鐵礦在潮濕的空氣介質中氧化作用的反應式：



這就是說，放熱反應很劇烈。

硫化礦物的緩慢氧化在 $10-20^\circ$ 的溫度下便可發生。氧化速度隨着溫度的增高和礦物顆粒的變小而迅速加大。例如：在 $30-60^\circ$ 之間，溫度每增加 10° ，黃鐵礦氧化的速度大約增加一倍。

水分有很大的作用：硫化物在乾燥介質中的氧化速度比在潮濕介質中的氧化速度慢得多。

圖 822 表示硫化礦自熱速度与粒度的關係，而圖 823 表示乾燥硫化礦和潮濕硫化礦自熱速度。在潮濕的介質中，當具有不同化學電位的硫化礦物相接觸時，

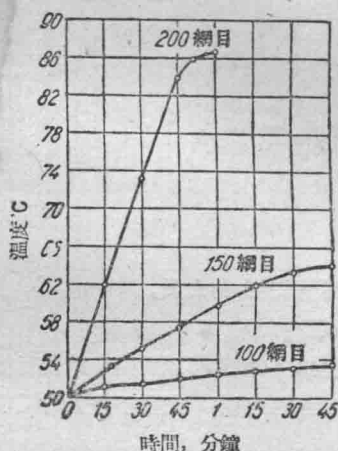


圖 822 在絕熱器裡硫化礦的自熱曲線圖。自然與通過 100, 150, 200 網目的礦石粒度的關係

硫化礦物之間就會發生電流，該電流由帶有高電位的礦物流向低電位的礦物；這種電流加速氧化作用。例如，當閃鋅礦與白鐵礦接觸時，其氧化要比單獨的氧化加速 9—13 倍。

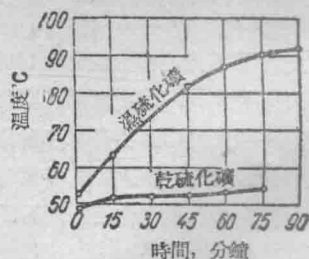


圖 823 在絕熱條件下潮濕的硫化礦與乾燥硫化礦的自熱曲線圖

由具有不同電位的硫化物形成局部電池這一事實，可以局部地說明與硫化物相接觸的水的強烈催化作用。

在自然界，硫化礦是一種為地下水所浸濕的各種硫化物的礫岩。可以認為，在某些情形下，全靠硫化物的電活動性形成促進各種硫化物氧化的條件。

在礦體中造岩礦物的成分和數量對於氧化過程有着巨大的影響；其中中性混合物（石英，方解石，絹雲母等）愈多，則自然性愈小。反之，在礦石中硫的含

量愈大，則自然性愈大。根据分散的程度，硫的含量与惰性混合物的含量之不同，硫化礦的着火溫度在 $380—400^{\circ}$ 之間或更高些。含銅硫化物与含鉄硫化物較含鉛和含鋅硫化物等更容易自燃。

內因火災常發生在硫化銅和硫化鉄含量達 $80—85\%$ 以上的礦石的地方，因为这种礦石中的含硫量達 $40—45\%$ 。在開採浸染硫化礦時，見不到內因火災。

硫化礦物的氧化及燃燒过程只是在其表面上或不很深的內部進行，因此礦体中緻密的礦石不会自燃。自燃只能在裂縫分裂的、能透入空气与水分的^①礦柱中或採下的礦石、粉礦及礦塵聚集体中發生。

在巷道裡木料与硫化礦接觸時，能增加火災的危險。

普通木料着火溫度在 $300—360^{\circ}$ 之間（根据木料的性質及其濕度等）。假如木料遭受酸性地下水的長期作用，則在木料中就会發生水解作用，使木料着火溫度降低到 250° 或更低些〔205〕。因此，硫化礦的自然可能先使坑木着火，这样也就加速了礦產發火。少量木料（例如 4—5 个棚子）的燃燒，所發生的毒气，足以使相当大範圍內的巷道裡的空气毒化〔262〕。在一定的情形下，不論坑木是乾燥的还是潮濕的，是完整的还是折断的，在空洞中还是在充填區中，都可以起火。礦石与圍岩的物理机械性質對內因火災的發展也有很大影响。假如頂板是硬的，但是容易大塊崩落的裂縫多的岩石，則因礦柱承受巨大的压力而產生大量碎塊，且底板岩石越硬，則碎塊產生愈多。碎礦比大塊礦石顯然更容易氧化，生出的熱量也較多，並且由於岩石破碎還要產生一些輔助熱。

当底板軟而有塑性、頂板是粘性岩石而穩定時，則由地压所造成的危險較小。在發生火災地區的介質之熱力学的參數—導熱性，導溫性，比熱都有一定的數值。硫化礦，花崗岩，緻密晶質砂岩，鈉長斑岩及類似岩石，其導熱性比煤，碳質与粘土質頁岩的導熱性大得多（幾倍）〔206〕。

在厚度不大的礦床中，硫化礦物氧化的熱就会或快或慢地消散在圍岩中。因此，在硫化礦礦山中的內因火災大都發生在比較厚的礦体中。根据統計： 90% 的火災都發生在厚度为 $5—10$ 公尺或更厚的硫化礦体中^②。火災的最初發源地常常是在散粒的高硫硫化礦的堆中或夾層中，这些礦堆或夾層上覆盖着傳熱和散熱不良的岩石。濕度增加時，岩石及充填料的導熱性隨之急劇地增加。例如，含飽和水的粘土及砂子的導熱性要比其乾燥時大 5 至 7 倍。如果粒狀礦渣的含水量達到 $20—25\%$ ，則其導熱性就要增大 $3—4$ 倍。当隣近礦房已經採空並已充填，在房間礦柱裡發生火災的情況也是有的。一般当充填料还保持着乾燥狀態時，在礦房的火

① 其數量不足以冷却硫化礦。

② 在煤礦中，厚度更小的煤層也能自燃。

災區對面不會發現生熱現象，但是，一旦充填料潤濕以後，則在接近火源地的巷道中，溫度就急劇地上昇。這種現象產生的原因，是由於乾燥充填料和潮濕充填料的導溫和導熱性有很大的差異。

僅僅由於岩石的移動（冒頂，崩落）而產生的力變熱能是否會引起硫化礦自燃，這還是一個爭論着的問題。

從梯段上往溜礦道投擲礦石時，在巷道中經常可以看到硫化礦所發生的火花。然而在硫化礦礦山中許多大冒頂卻沒有引起過火災。

冒頂及崩落常常使裂縫產生，促使岩石破碎和造成礦塵，這促使井下氧化作用的發展。

第一百零二節 礦山火災的識別、預防及撲滅

§ 372 礦山火災的識別

消防工作順利與否在頗大程度上取決於：能否迅速地發現並消滅火災發源地，或最低限度把火災局限於較小的地區。

井下火災往往可根據其外表的特徵很容易識別出來，這些特徵用我們的感覺器官都可以發覺，但有時這種感覺還不夠，這時候就應採用下列方法：

- 1) 化學分析方法（分析井下空氣及水，有時也分析岩石成分）；
- 2) 測定溫度法（用專用儀器測定井下空氣的溫度及濕度，以及岩石的濕度和溫度和水的溫度）。

上面兩種方法中，究竟選用那一種，主要是決定於當地的條件，但一般兩法同時採用，藉以相互檢驗和補充所獲得的資料。

根據所有的各種特徵不僅可以確定在巷道內有無火災，並且（用普通經驗）還可以確定火災發生的相應階段。

內因火災的發展可分為四個階段：1) 自熱；2) 着火及起火；3) 燃燒；4) 熄滅^①。

外因火災沒有第一個發展階段；時間最短的算是第二階段（着火），其他階段，根據當地條件的不同，可以延續相當的時間（幾星期，幾個月甚至幾年）。

火災的外表特徵：a) 看到的（視覺的）特徵；b) 特別的气味（即所謂「火災的」气味）；c) 熱的特徵；d) 由於在井下巷道中造成不正常的大氣條

① 作為內因火災起因的「自熱」被假定為內因火災的發展階段。在實際工作中認為：自熱過程結束前，即礦產或坑木的發火前礦山即已處於火災狀態。

件，使器官反应出一种特别的病状的感觉。

礦產發熱的同時，还会分泌出一种吸濕水分和氧化時形成的水分，因此井下空气中的濕度增大。

这种现象可能以霧狀和水珠的形式出現在巷道裡。当水蒸气在空气中冷凝時形成霧，而水珠是落在冷表面（支柱上，巷道壁上等）的水滴所形成的。在所有的外表特徵中，这些特徵出現得最早同時又最为經常顯露出來。

在硫化礦礦山中，可燃物多半是坑木和硫化物碎末，同時在火源地有两个複雜过程——燃燒和乾餾相互配合地進行。

木料乾餾的同時，產生醋酸 ($\text{CH}_3 \cdot \text{COOH}$) 及雜酚油，因此巷道中發出一種特別的酸澀青味，这种气味可作为在火災冒煙以前很長時間內確鑿的特徵。

当硫化礦氧化和發熱時，也產生二氧化硫 (SO_2)，其气味辛辣。甚至当 SO_2 在空气中的成分佔 0.002 % 時也能強烈地刺激粘膜（特別是眼睛）。假如空气中含有 SO_2 的混合物時，則空气的气味会引起人們的咽喉和鼻子發癢和口腔乾燥的感觉。

在火災進行情形下，巷道裡往往可感觉到与石油和煤油相同的气味。隨着火災燃燒的程度，气味变成所謂火災的惡臭，如燒焦油的惡味一样，並冒煙（不全是这样）及出現火焰。

外表熱的特徵表現在井下空气和水的溫度 升高，岩石及礦石在各別地區發熱、巷道地區的地表上融雪等。

有時根据工人的虛弱感觉，（突然頭痛、呼吸困難、身體虛弱，身體與毒氣直接接觸部分輕微的刺痛等）可以在其他特徵發現前發覺火災。

然而所有上述这些感觉都是主觀性的，發生的也比較晚，因而不能作为及時發現巷道中自熱过程的有效方法。

化学分析及溫度測定是比較可靠的方法。

化学分析方法 一般都測定井下空气中氧的含量，二氧化碳的含量，一氧化碳的含量^①，二氧化硫的含量，有時也測定其它成分的含量。

非密閉區中的火災，其气体成分与密閉區中火災的气体成分有着顯著的區別。

在前一种的情形下，內因火災之最初階段的特徵是：井下空气中的成分变化比較小，而且变化的又特別緩慢。

在巷道內空气中氧含量，照例開始下降，但很少低於 18—17%，二氧化碳的含量可能增高到 2—2.5%。如果發現有一氧化碳，那麼也不超过 0.01%，然

① 準確性達到 0.001 %