

苏联硫化礦礦山坑內 防火須知

冶金工業部有色金屬工業管理局譯校

烏拉爾銅工業科學研究設計院

蘇聯硫化礦山坑內(自燃火災)

防 火 須 知

江蘇工業學院圖書館
藏 書 章

莫 斯 科 1 9 5 5 年

本書譯自苏联 Унипромедь 編写的 Инструк-
ция по борьбе с подземными эндо...ыми
пожарами на колчеданных рудниках。

沈元昌譯，金同和、楊永甫、溫知新校。

(內部資料)

目 录

I. 概 論

1. 自燃火災的性質 (1)
2. 硫化矿氧化作用的化学亲和力 (2)
3. 自燃火災发生时木材的作用 (3)
4. 各种矿山技术条件对于硫化矿床火災危險程度的影响 (4)

II. 開采硫化礦床時所采用的火災預防措施

1. 火災預防組織工作的一般問題 (7)
2. 观测氧化作用发展的組織工作 (8)
3. 預防坑內自燃火災的一般措施 (14)
4. 預防性的灌泥漿 (17)

III. 開采黃銅礦床時坑內自燃火災的撲灭

1. 坑內灭火工作組織的基本問題 (38)
2. 坑內自燃火災的撲灭 (41)
3. 火災区的开啓 (43)

附 表

I 概 論

1. 自燃火災的性質

1. 硫化矿矿山所发生的坑内火災,按其发生的原因可以分为两种:

(1) 由于硫化矿本身氧化而发热所产生的自燃火災;

(2) 易燃物質在某种外来热源影响下而引起的觸燃火災。

2. 硫化矿矿山的自燃火災只在矿体范围内有破碎矿石的已采部分发生并延續。但已采区的火災也可能沿着木支柱而蔓延到矿体范围以外的坑道——岩层沿脈坑道、各种硐室、井筒及淺井等。

3. 矿山自燃火災的另一特征是:如果防火措施效果不大,或措施采取得不及及时,則自燃火災延續的时间很長。在这种情况下要撲灭自燃火災就需要大量的財力和物力。

4. 自燃火災在适当的条件下也可能在地面发生:露天采矿場和堆矿場。

5. 矿山自燃火災的发生是由于在开采硫化矿时氧化过程发展的結果。

6. 硫化矿的氧化成分是含硫矿物 (FeS_2 ; CuFeS_2 ; ZnS ; FeS 等)。

7. 含硫矿物在氧化过程中不断放热;氧化作用的强度取决于矿物的氧化能力以及周圍介質的性質。

8. 极易引起硫化物氧化的主要因素是:

(1) 足以氧化的含氧气流;

(2) 氧化物質有极大的暴露面;

(3) 氧化时散热的蓄聚。

9. 在坑内,氧化过程所必須的氧气,系来自空气,和矿坑水。

10. 在硫化矿床中，引起矿石自燃的氧化作用的强度是在开采过程中发生的。

11. 在矿床开采初期，即掘进基建、准备和切采坑道时，由于矿石氧化面较小，在氧化过程中所放出的全部热量，都分散在坑内空气中，因而不能加强氧化作用。

12. 在进行采矿工作中，由于已采区积有破碎的矿石、木材、水份，并能蓄聚散热，因而可以造成发展和强化氧化作用的最为有利的条件。

13. 如果采取适当的预防措施，在开采硫化矿床时就可以避免氧化作用发展到矿石自燃的危险阶段。这些措施应能杜绝剧烈氧化作用发展的根源和自燃火灾源地的形成，而在已有发火根源的情况下，应能使氧化作用不可能得到发展。

2. 硫化矿氧化作用的化学亲和力

14. 在有水份的情况下发生氧化作用，是坑内条件下最明显的特征，因为坑道内的物质几乎总是饱含水份，并常有积水。但是，黄铁矿也可在无水的条件下氧化。

15. 当温度约为 100°C 时，开始有二氧化硫生成。但是在坑内条件下，即使温度较高，也不是随时可以发现空气中有二氧化硫存在，因为二氧化硫可以完全溶于已采区的水中。

16. 试验工作证明，硫化物矿石破碎得越小，则黄铁矿的氧化速度和温度升高也就越快，而粒度越小，硫化物自燃的温度也就越低。

17. 同样证明，氧化介质温度越高，则其中黄铁矿的氧化进行越快。因此，在地下坑道内氧化过程中热量的积聚，可以加强这种氧化作用。

18. 根据矿石破碎的块度大小和矿石中的含硫量多少，含铜黄铁矿在温度为 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 时可以发生自燃。

3. 自燃火災发生时木材的作用

19. 在开采含銅黃鉄矿床时使用木材支柱，就不可避免地有木材积聚在采空区，因此，自燃火災主要也就在此处发生。

20. 在坑内开采硫化物矿床的条件下，支柱木材在含有硫酸的矿坑水的影响下，可能受到水解作用，因此，木支柱的发火溫度降低。

21. 木材在各种情况下的临界发火溫度，以及木材分解最初阶段的溫度，可用以下的数值来说明：

标准木材的发火溫度为 $280\sim 300^{\circ}\text{C}$ ；

酸性矿坑水長期影响后木材的发火溫度为 $230\sim 250^{\circ}\text{C}$ ；

破裂和劈开的木材的发火溫度为 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ ；

碳化木材的发火溫度为 220°C ；

木炭的发火溫度为 $200\sim 220^{\circ}\text{C}$ ；

从 150°C 起，木材中可迅速分解出含氧气体以及芳香气体（树脂、醚、有机酸等）。

22. 关于开采黃銅矿床时坑内火災的发生原因，根据近代的研究資料，可以完全推翻以前原有的理論，这种以前的理論認為，采空区木材的发热和自燃是坑内自燃火災的首要原因，應該指出，木材的存在于采空区，只是促进自燃火災更快发生和更为剧烈的因素。

23. 木材在自燃火災的发生和发展中的作用如下：

(1) 在采空区中，支柱木材一般常与氧化和发热的矿石接觸，而且在矿山压力的影响下木材常被压坏和破裂，而在酸性矿坑水的浸蚀下常发生化学变化；

(2) 因为木材的发火溫度比矿石的燃燒溫度低得多，所以木材由于矿石氧化而首先发火；

(3) 木材从燃燒时起，便开始放出大量的附加热，因而加强矿石进一步的氧化；

(4) 火焰通过采空区的木材蔓延到新的地区；例如，沿放矿

漏斗或天井的支柱向下蔓延到運輸坑道——距火災發源地 100 公尺上下。

4. 各種礦山技術條件對於硫化礦床 火災危險程度的影響

24. 礦床的厚度是衡量礦床火災危險性的主要標準。

根據實際資料可以知道，厚度小於 8 公尺的礦體無火災危險性。

25. 由於木材和礦石內能夠混入大量的圍岩，因此；緩斜礦體（ 45° 以下）的火災危險性比急斜礦體要小。

26. 含硫量在 40~45 % 以上的礦石的火災危險性最大，但含硫量較低的礦石也可能發生自燃。

27. 在採礦時可以產生許多粉礦的破裂礦石和脆礦石，比整體礦石和粘滯礦石具有更大的火災危險性。

28. 在採礦過程中，礦石冒頂和片幫的地点，是氧化作用的發源地，如不採取預防措施，這種氧化作用可以釀成急劇的坑內火災。

29. 留於採空區中尺寸不大的礦柱在短期內就會被破壞，變成礦石堆，即變成氧化作用的源地。

30. 礦體發生地質變動（斷層、平移斷層、狹縮及局部擴大等）的地方，在開採時通常比礦體埋藏要素穩定的地方有更大的火災危險性，因為前者的礦山技術條件複雜，採礦工作進行緩慢，並通常帶來大量的礦石損失。

31. 所用硫化礦床坑內開採法的火災危險性的主要標誌，應是採掘中礦石的損失量，積聚在採空區的木材量以及損失礦石和木材的隔絕程度，這種隔絕程度可以決定氧氣和水份能否滲入氧化作用急劇的源地。

各種坑內採礦方法可能發生火災危險的程度大小比較如下（依逐漸降低為序）：

礦石和復岩陷落法——不進行預防性灌泥漿的礦塊、小中段及分層陷落；

进行預防性灌泥漿的小中段和分层陷落法；

联合采矿法，用这种采矿方法时，矿块中有大部分的矿石用空硐法开采，然后用水力充填法充填，而房間矿柱用分层陷落法回采，并进行預防性的灌泥漿；

支柱充填法，采用湿法充填比乾法充填更能降低火災危險性；

采空区不进行支护，以后全部充填的水平和傾斜分层連續長壁采矿法。

32. 采用分层陷落法时（如正确采用这种方法），矿石的损失要比其他陷落法少得多，但由于采空区积有大量木材，所以火災发生的可能性仍然很大。

33. 采用联合法开采时，最有火災危險的部分——房間矿柱通常被不支护的或已充填的矿房所隔开，这样就使火災比較难于沿走向蔓延很大的距离。

34. 合理采用的支柱充填采矿法，特別是不进行支护而以后用水力充填的連續長壁开采法，在黃銅矿矿山所采用的全部坑內采矿法中是最安全的。

采用陷落法时，与采用条件无关（开采密列的矿体或房間矿柱），可以通过在采矿工作过程中有組織地进行預防性的灌泥漿而使火災危險性降至最小。

35. 在开采过程中組織正常的坑道通风，是保証矿工正常劳动条件的必要措施，在降低火災危險性的問題上具有重大的意义。

相反，在旧坑內应尽可能杜絕空气的任何流动。要做到这一点，可將采空区与生产坑道和地面严密隔絕。

通风工作組織得不合理（特別当采用陷落采矿法时），是加剧氧化作用以致釀成火災的原因之一。

36. 造成坑內自燃火源地的基本条件就是：

（1）破碎矿石的局部堆积。实际工作表明：虽然矿石的堆积量不大（数吨以內），在具有易于造成火源的其他条件下时，也可能造成火災源地。

（2）空气或水中的氧气侵入矿石；

(3) 氧化过程中热量的蓄积；

(4) 木材与已破碎且氧化的矿石接触，这样可以促进火灾的发生更为迅速，并使火灾达到最大的强度。

37. 实践表明，坑内自燃火灾的发生地点是：

(1) 采用陷落采矿法时——旧的天井和放矿漏斗，以及直接靠近采矿工作面的弹性垫板层；

(2) 采用充填法时——未充填的，但已被压缩变形的旧天井和放矿漏斗，以及存有破碎矿石但未充填的空洞地段（已被压缩变形的沿脉和穿脉坑道、未充填的矿房），这些地段与生产坑道或与地面相连；

(3) 个别的准备坑道（如在准备坑道中有采下矿石与木材，缺乏良好的通风，对抗道情况缺乏监督）；

(4) 露天采矿时——矿石在爆破后长期未清理的工作阶段，以及矿石堆。火源通常位于矿石堆的坡面上，主要是在迎风面。

II 开採硫化矿床时所采用的 火災預防措施

1. 火災預防組織工作的一般問題

38. 开採硫化矿床时火災預防措施的主要目的，在于造成防止坑道中矿石可能发热的条件，在于防止氧化作用的加剧，并进而防止其釀成火災。

39. 在貫徹火災預防組織和技术措施时，必須：

(1) 及时編制良好的矿床开采設計，并严格按照已批准的設計組織工作；

(2) 在矿床开采过程中，严格遵守已規定的工作制度、开采强度、年进度計劃，以及不断执行降低矿石損失的措施；

(3) 在开采矿床时經常观测氧化的进程。如氧化过程开始加剧，应采取紧急的防禦措施，或限制氧化过程加剧区的措施（在必要时临时停止开采工作）；

(4) 根据工作的規模和矿床火災危險的程度，进行必要規模的預防性的灌注泥漿工作。

40. 应將火災預防措施列入企业的年、季、月計劃。

預防計劃中应規定：

(1) 預防性灌注泥漿工作，并指出工作量；

(2) 新防火建筑物和設備的建造，以及旧防火建筑物和設備的修理；

(3) 預防性坑道的掘进、装备和修理：用于穿鑿坑內灌漿孔的硐室、瓦斯掩蔽室、氧化过程观测站坑道、防火器材庫房及其他；

(4) 已采区段的隔絕工作；

(5) 对采空区氧化过程发展的监督工作。

41. 预防措施年计划应經总管理局批准，并按照工作量規定撥款事項和技术材料的保証供应。

42. 企业领导人員对矿山防火的职責規定如下：

矿务局局长和总工程师負責矿山和坑口总的防火安全、負責監督預防措施计划的执行；

矿山或坑口的負責人和总工程师負責执行全矿（坑）所有的預防措施计划；

区长和班長負責执行本区和本班的預防措施计划；

矿务局的总測量师和总地質师負責按矿山技术操作規程監督矿量的充分采出和采空区空硐的消除。

43. 矿山地質測量部門，应負責在本單位的編录中提供在火災危險区进行采矿工作时需要得到的以下資料：

(1) 采矿方法；

(2) 坑道的掘进時間及其支护方法；

(3) 采矿过程中矿石片落和陷落的一切情况；

(4) 未充填的空硐；

(5) 水文地質因素。

44. 矿山和坑口的总工程师应檢查地質測量編录的拟制，并利用这种編录来消除在采矿工作进行时消防安全受到破坏的可能性。

45. 地質測量編录要保証絕對完善，以便在计划和貫徹預防措施和撲灭火災時有所遵循。

2. 觀測氧化作用发展的組織工作

46. 为了預防坑內火災的发生，每个矿山对于氧化过程和矿石发热程度的特征，应組織有系統的觀測。

这种觀測工作由矿山、坑口和專职坑內防火車間的通风部門派人进行。这一工作总的领导，如同配合矿山消防安全一切問題总的领导一样，根据企业的規模，由矿务局、矿山的总工程师或專职副

总工程师負責。

47. 为了获得相当精确的对氧化过程的观测結果，在坑道中应設有观测站和观测点。

观测站和观测点的主要不同点在于：前者具有永久性，而后者是临时性的。

48. 設立观测站和观测点的原則，应規視內空气流动路線上（从入风井口起到出风井口为止）是否必要布置而定。

49. 观测站和观测点的数量和設立地点，应由矿山总工程师根据矿床火災危險的程度而确定。观测站主要設于主风流途中——基建和准备坑道中，而观测点則設于采矿場和老塘中。

50. 观测站和观测点应繪在坑道图上，标以号碼，用适当的标记（Трафарет）真实标明，并移交有关区段的矿山技术檢查处負責保管。

51. 根据观测站的服务性質，站中可設有固定的控制測量仪表，例如：

- (1) 用于測量空气、水和圍岩溫度的最高最低溫度計；
- (2) 用于測量空气湿度的仪器；
- (3) 用于測量风流速度的仪器；
- (4) 气体分析器；
- (5) 气压計等。

52. 要設立观测站和观测点，应在坑道頂板和側壁中及底板上設置用于安放測量仪表的設備。

53. 对矿山瓦斯情况和溫度情况的变化，以及对矿坑水成分和酸度的变化作以下的綜合观测，应是确定氧化作用的性質及其强度的基础。

观测的內容包括：

- (1) 測量溫度：

地面空气的溫度；

各主要中段的整个坑道系統、某一中段每一区段采矿工作面、每一个中段的坑，以及地面鑽孔和地下坑道的空气溫度；

采矿工作面矿柱的矿石温度；

围岩柱的岩石温度；

矿坑水温度。

(2) 确定坑内空气的以下特征和性质：

氧气、二氧化碳、一氧化碳及二氧化硫在空气中的含量（体积百分比）；

入风量和风流速度；

空气的相对湿度；

仪表大气压力。

(3) 确定水的酸度和水中含铜量。

54. 观测站和观测点所得到的全部观测资料，均应载入专用的观测记录表中（附表5）。

55. 还应有观测站和观测点的清册，其中载有下列资料：

观测站和观测点一览表；

这些观测地点的编号；

观测地点的位置；

观测地点看管责任者的姓名；

观测地点成立和撤除的日期。

56. 矿山防火条件的日常综合观测的主要任务为：

(1) 系统地按各项目（周围的温度和湿度、风流方向和速度等）检查防火条件的实际情况，确定坑道一般情况变化的性质，将观测结果记入专用的记录表，分析观测结果，并就防火条件稳定情况，或就其各项目与以前观测指标的差别作出结论；

(2) 如发现防火条件与正常的指标有差别，应立即进行重复观测和测量，而在确证存在实际差别时，应查明发生差别的原因；

(3) 在查明发生差别的原因后，应在最近几天内消灭不正常的情况，并防止其重复发生。

57. 对防火条件进行综合观测时，应采用以下的方法：

(1) 按规定的图表经常进行观测和测量；

(2) 各观测站和观测点的整体观测，对全矿通风应每昼夜进

行一次，对个别区段的通风应定期进行；

(3) 采礦場和采空区的測量和觀測地点，应选择紧靠氧化作用极为剧烈的場所；

(4) 不得进行平均測量和采取平均与混合样品；

(5) 防火条件与正常指标不符的地点，应經常进行比较性的測量；

(6) 測量前应檢查器械和仪表的精确性。

58. 在矿山总工程师規定的地点，每經以下的期限采取一次水样：

(1) 采礦工作才开始的地点——經 2 个月；

(2) 氧化作用无加强征兆的老塘区——經 1 个月；

(3) 氧化作用显著加强的地点——經 15 天；

(4) 在撲灭火災中的事故地点（火災区）經 1~2 晝夜，由企业总工程师考虑决定。

59. 在每个觀測点取水样 1 公升作为标准；把样品裝入普通透明的瓶中，用橡皮塞塞紧并附以标牌轉交化学實驗室作适当的分析。

进行水样的化学分析时，应在数量上确定：

(1) 一般的游离硫酸；

(2) 銅的硫酸鹽。

同时，如在进行灌泥漿的情况下，应确定水中固体成分的含量。

60. 为了檢查坑內空气的質量，应进行有系統的取样工作，并須在化驗室內分析样品。

61. 在采取坑內空气样品的同时，应測量：

(1) 空气溫度；

(2) 影响空气溫度的周圍介質溫度（矿石、岩石、水）；

(3) 空气湿度。

62. 在有火災危險的硫化矿矿山，或其个别地区的正常开采条件下，必須每月在下列地点采取一次坑內空气样品：

(1) 由地面送入新鮮空气的 矿井、淺井及天井各中段的坑內調車場；

(2) 將廢空气排出地面的 矿井、淺井及天井各中段的坑內調車場；

(3) 由地面或由与采空区相連的地下坑道所穿鑿的鑽孔，排出成分正常的廢空气的陷坑和裂罅；

(4) 隔牆以外的老塘；

(5) 坑內的一切采矿工作面。

63. 在个别地段氧化作用加强时，通常取样应进行兩次，如氧化作用进一步加剧时，則应改按矿山总工程师所規定的紧急取样图表进行。

64. 在开采黃銅矿床的条件下，坑內自燃火災的源地主要在采空区，或多半在氧化（发热）矿石与木材支柱接觸的开采区中形成，因此，木材的发火应是迅速发生坑內火災的开端。

65. 坑內自燃火災的可靠特征是：空气、矿石、岩石及水的溫度的升高；矿坑水中硫酸含量的增高；坑內空气成分的改变——氧气消失、二氧化碳增加、二氧化硫和一氧化碳的出現；在較后一个阶段——支柱发潮、芳香族气体和燒焦臭味的散发、火星的窜出。

66. 在当前开采的黃銅矿床深度下，矿柱中矿石的正常溫度应不超过 20°C ；更高的溫度是由于氧化作用发展的結果。

67. 矿柱中矿石溫度以及圍岩溫度的測量，应在預先穿鑿的炮眼中进行。

68. 为了檢查采空区的溫度情况，应由地面或由地下坑道穿鑿檢查性的鑽孔，并在鑽孔的各个不同深度測量溫度。

69. 根据本期观测結果的分析，按溫度特征作出关于現有火災危險程度的結論。

70. 通风水平以上坑道中空气的正常溫度，在当前开采深度下应不超过 20°C 。在老塘中或在采矿工作面空气超过正常的溫度，应認為是火災危險性的象征，为此，应采取措施查明发热源地，以便消灭或予隔絕。

71. 矿山正常的开采条件下，矿坑水的温度在 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 以下。水温较高是由于以检查用水冲洗的采矿工作区中氧化作用的结果。

72. 开采硫化矿床时，游离硫酸在矿坑水中的容许含量为 $0.2\sim 0.3$ 克/升以下。矿坑水中有上述含量的游离硫酸时，证明在矿山或其中个别部分发生不同强度的氧化作用。

在涌水量不减少的情况下，水中游离硫酸含量的降低，是火灾危险性在某种程度上降低的因素。

73. 坑内空气的质量比其正常的成分和性质更为恶化，是矿山火灾危险性的可靠特征。

坑内空气的正常特征：

氧气含量	—20%；
氮气含量	—79%；
二氧化碳含量	小于0.5%；

空气中无二氧化硫、一氧化碳、有毒杂质，而且没有臭气和味儿；

空气有足够的透明度（视度）。

74. 开采黄铜矿床时发生坑内火灾的征象：坑道中出现明火、烧红的木炭、烟等各种情况；每隔 $3\sim 4$ 小时采取的空气样品中连续二晝夜总是含有重量 0.01% 以上一氧化碳或 0.001% 以上的二氧化硫，散有芳香味儿的空气湿度很高及非风流通过的坑道空气温度升高至 45°C ，而这种温度不是火灾被扑灭后矿石和岩石蓄热的余温。在坑内火灾发生时，在进入观测的坑道中可以发现上述的任何征象，多半只能见到一部分，而有时只能见到一种征象。

发现火灾的这些征象，是矿山宣布紧急状态的根据。

75. 以下这些征象：（1）坑内空气中有微量的二氧化硫和一氧化碳、（2）空气中氧气减少而碳酸气增加以及（3）水的酸度增加，不是随时随地都可以作为表明坑内火灾发生的十分精确的标准。这些征象有时只表明，在采矿工作区刚发生急剧的氧化作用。