

苏联 A.A.斯闊成斯基編 Г.Д.李金著

王英敏譯

# 矿井瓦斯湧出量研究

二回

閱覽室用書不得携出室外

煤炭工业出版社

# 矿井瓦斯涌出量研究

苏联 A. A. 斯闊成斯基院士編 F. И. 李金著

王英敏譯

煤炭工业出版社

## 內 容 提 要

本書是苏联研究瓦斯涌出問題的專門論著。分上下兩篇：上篇，說明決定含煤地層現有瓦斯含量的自然因素，按瓦斯成因作出自然瓦斯的分類，確定各種因素對瓦斯含量的影響以及沼氣各種積存形式的意義；下篇，按瓦斯成因對礦井瓦斯涌出作出分類，並說明由各種來源涌出的瓦斯，在個別巷道及在全礦井瓦斯平衡中所占的地位。

本書可供煤礦科學研究人員、工程技術人員和礦業學院師生參考。

А. А. Скопинский Г. Д. Ледин

ГАЗООБИЛННОСТЬ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ШАХТ

Издательство Академии Наук СССР Москва 1949

根據苏联科学院出版社1949年版譯

693

## 礦井瓦斯涌出量研究

主 英 敏 譯

\*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

\*

開本850×1168公厘 $\frac{1}{32}$  印張8 $\frac{1}{2}$  插頁3 字數192,000

1958年5月北京第1版 1958年5月北京第1次印刷

統一書號：15035·429 印數：0,001—3,000冊 定價：(11)2.10元

## 編者的話

在苏联几个主要煤田中，随着开采工作的延深和煤田开采工作的加强，礦井沼气涌出量开始迅速升高，煤和圍岩的大量涌出瓦斯，有时迫使礦井的个别采区短期停止采礦工作，而在某些情况下，甚至限制全礦井的生產能力。

防止礦井中瓦斯（其中特别是沼气）的主要方法，就是加强礦山巷道的通風。然而，非常多的礦井增加入風量已几无可能，要增加这种可能性就需要進行大規模的工程（擴大井筒及石門的断面，开掘補助井筒等等）。

考慮到这些，苏联科学院礦業研究所从1937年开始，在苏联几个主要煤田首先是頓巴斯，对礦井的瓦斯涌出進行了系統的研究，其主要目的在于預測深部巷道的沼气涌出量及探求控制礦井中沼气涌出的方法。

這本書，系統化了和綜合化了：关于礦井瓦斯涌出量的資料；在礦井中觀測所得的数据；在試驗室中对煤層及圍岩的瓦斯容量及瓦斯含量的研究成果。上篇，闡明决定含煤地層現有瓦斯含量的自然因素，按瓦斯成因及其積存形式作出自然瓦斯的分类，确定各种因素对地層瓦斯含量的影响，并确定地層中沼气各种積存形式的意义。下篇，按瓦斯成因对礦井瓦斯涌出作出分类，并說明由各种來源涌出的瓦斯在个别巷道及在全礦井瓦斯平衡中所占的地位。

所進行的这些研究工作，为預測礦井瓦斯涌出量打下基礎，并成为选定瓦斯管理方法及調整礦山巷道中瓦斯的依据。

上述研究工作，是在我的总指導下及参加下由下列各位科

学家完成的：格·德·李金，波·阿·聶文尼，依·勒·艾琴格尔，阿·波·阿卜杜勒，波·克·卡塔林，維·特·巴里維列夫，維·維·霍多特及其他人員；还运用了苏联科学院地質研究所在波·依·斯切潘諾夫院士領導下阿·依·克拉夫措夫，莫·莫·艾林松，莫·格·左列維奇，耶·克·波里謝維奇，伊·莫·奧弗欽尼可夫等科学工作者参加下对礦区的煤田地質、水文地質、瓦斯的化学成分及礦水的研究成果。

阿·阿·斯闊成斯基院士

## 序 言

为了实现約·維·斯大林关于發展苏联煤炭工業的指示及完成年產 5 億噸煤的指标，新的采礦技術必須能够在保証最安全的劳动条件下，顯著提高礦工的劳动生產率。采煤工作的加强，除了普遍的使礦山巷道向煤田深部延深以外，还引起了礦井瓦斯涌出总量的增加，瓦斯涌出随時間的不均匀性以及增加了各种劇烈形式的瓦斯涌出（突出，噴出及其他）。为了使瓦斯因素不致障碍新采煤技術的广泛应用，必須使礦山巷道的通風方法更趨完善，并尋求有效的防止礦內瓦斯的方法。

瓦斯因素对我國煤礦的意义逐年增加，因之，提出了預測和控制瓦斯涌出的課題；只有在深入而广泛的研究煤田中瓦斯積存的性質以及在开采时各种瓦斯涌出过程的性質的基础上才可能解决这一課題。

上述課題应按下列方向加以解决：

- 1) 預測礦井瓦斯涌出量；
- 2) 全面降低涌入礦山巷道的沼氣量；
- 3) 在時間上（降低瓦斯高峰）和地点上（按巷道系統）使瓦斯涌出均匀化；
- 4) 防止非一般型的瓦斯涌出；
- 5) 綜合开采煤田中沼氣含量高的煤層，預先排除煤層中的瓦斯并加以利用。

在本書中試圖說明解决上項問題的基本知識。

对阿·阿·斯闊成斯基院士在本書編著过程中的科学指導和直接参加，表示深切的謝忱；并且，对技術科学博士維·波·闊馬洛夫，地質科学博士維·維·別洛烏索夫，化学科学博士阿·阿·切列賓尼可夫，礦長維·維·弗拉基米爾斯基及采礦工程師格·阿·切普里茨克對本書的評閱及所提供的寶貴指示，表示感謝。

# 目 錄

## 編者的話

## 序 言

### 上篇 決定煤矿瓦斯涌出量的自然因素

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一章 含煤地層中煤和瓦斯的生成        | 7   |
| 第1节 概 述                 | 7   |
| 第2节 煤和瓦斯生成的开始階段         | 7   |
| 第3节 煤和瓦斯生成的最后階段，煤和瓦斯的變質 | 10  |
| 第4节 放射性蛻變作用生成的瓦斯        | 32  |
| 第5节 空气中來的瓦斯             | 35  |
| 第二章 煤層中瓦斯的化学成分及瓦斯帶      | 36  |
| 第6节 煤層中瓦斯化学成分           | 36  |
| 第7节 瓦斯帶                 | 44  |
| 第8节 瓦斯帶的生成              | 76  |
| 第三章 含煤岩層中的瓦斯运动          | 82  |
| 第9节 煤的瓦斯渗透性             | 82  |
| 第10节 岩石的瓦斯渗透性           | 89  |
| 第11节 瓦斯沿未破坏岩石的运动        | 94  |
| 第12节 瓦斯在地質構造破坏帶中的运动     | 95  |
| 第13节 地下水以溶解状态帶动瓦斯       | 97  |
| 第14节 煤田地壳中瓦斯运动的总过程      | 98  |
| 第四章 影响煤、岩石及水的瓦斯容量的因素    | 100 |
| 第15节 瓦斯含量及瓦斯容量的概念       | 100 |
| 第16节 孔隙度对煤及岩石的瓦斯容量的影响   | 101 |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 第17节       | 煤的瓦斯容量与其吸附能力的关系              | 103        |
| 第18节       | 煤的瓦斯容量与瓦斯成分的关系               | 105        |
| 第19节       | 瓦斯压力对煤及岩石的瓦斯容量的影响            | 106        |
| 第20节       | 温度对煤及岩石的瓦斯容量及瓦斯含量的影响         | 111        |
| 第21节       | 水的瓦斯容量                       | 116        |
| <b>第五章</b> | <b>煤的瓦斯含量</b>                | <b>118</b> |
| 第22节       | 各种因素对煤的瓦斯容量及瓦斯含量的影响          | 118        |
| 第23节       | 根据試驗資料來看煤的瓦斯含量               | 127        |
| 第24节       | 煤的變質程度对其瓦斯含量的影响              | 128        |
| 第25节       | 煤層中的瓦斯压力                     | 130        |
| <b>第六章</b> | <b>岩石的瓦斯含量</b>               | <b>132</b> |
| 第26节       | 岩石的孔隙度                       | 132        |
| 第27节       | 岩石的瓦斯容量                      | 136        |
| <b>第七章</b> | <b>水的瓦斯含量</b>                | <b>142</b> |
| 第28节       | 概 述                          | 142        |
| 第29节       | 水的化学組成与地層瓦斯含量之間的关系           | 143        |
| 第30节       | 頓巴斯地表水的瓦斯含量                  | 152        |
| 第31节       | 頓巴斯地下水的瓦斯含量                  | 157        |
| 第32节       | 溶解于水中的瓦斯的运动                  | 164        |
| <b>第八章</b> | <b>瓦斯地質</b>                  | <b>167</b> |
| 第33节       | 煤田的地質發展歷史及釀床的瓦斯含量            | 167        |
| 第34节       | 煤層層位及瓦斯含量                    | 170        |
| 第35节       | 礦区地質構造对地層瓦斯含量的影响             | 173        |
| 第36节       | 在構造破裂帶中地層的瓦斯含量               | 178        |
| 第37节       | 地層瓦斯容量及瓦斯渗透性对个别地区<br>瓦斯含量的影响 | 181        |
| 第38节       | 地層瓦斯含量与其含煤量的关系               | 182        |



## 下篇 矿井的瓦斯涌出量

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第九章 个别矿区和个别区域地層的瓦斯含量 | 183 |
| 第39节 自然因素的影响         | 183 |
| 第40节 頓巴斯区地層的瓦斯含量     | 187 |
| 第41节 庫茲巴斯区地層的瓦斯含量    | 191 |
| 第十章 瓦斯帶及礦內大气         | 192 |
| 第42節 煤層的瓦斯成分对礦內大气的影響 | 192 |
| 第十一章 礦井中沼气的涌出        | 203 |
| 第43节 沼气涌出的分类         | 203 |
| 第44节 开采的煤層中的沼气涌出     | 205 |
| 第45节 岩石中的沼气涌出        | 210 |
| 第46节 开采层鄰近煤層中的沼气涌出   | 213 |
| 第十二章 开采煤層的沼气涌出       | 215 |
| 第47节 煤層中涌出瓦斯的成分      | 215 |
| 第48节 急傾斜煤層工作面空間的沼气涌出 | 217 |
| 第49节 緩傾斜煤層工作面空間的沼气涌出 | 228 |
| 第50节 落煤时的沼气涌出        | 234 |
| 第51节 煤压出及抛散时的沼气涌出    | 239 |
| 第52节 沼气突然噴出          | 239 |
| 第十三章 煤層圍岩中的沼气涌出      | 242 |
| 第53节 岩石中涌出瓦斯的成分      | 242 |
| 第54节 采空区岩石中的沼气涌出     | 244 |
| 第十四章 來自鄰近煤層的沼气涌出     | 255 |
| 第十五章 采区和礦井瓦斯的平衡      | 263 |
| 結束語                  | 267 |

## 編者的話

在苏联几个主要煤田中，随着开采工作的延深和煤田开采工作的加强，礦井沼气涌出量开始迅速升高，煤和圍岩的大量涌出瓦斯，有时迫使礦井的个别采区短期停止采礦工作，而在某些情况下，甚至限制全礦井的生產能力。

防止礦井中瓦斯（其中特别是沼气）的主要方法，就是加强礦山巷道的通風。然而，非常多的礦井增加入風量已几无可能，要增加这种可能性就需要進行大規模的工程（擴大井筒及石門的断面，开掘補助井筒等等）。

考慮到这些，苏联科学院礦業研究所从1937年开始，在苏联几个主要煤田首先是頓巴斯，对礦井的瓦斯涌出進行了系統的研究，其主要目的在于預測深部巷道的沼气涌出量及探求控制礦井中沼气涌出的方法。

這本書，系統化了和綜合化了：关于礦井瓦斯涌出量的資料；在礦井中觀測所得的数据；在試驗室中对煤層及圍岩的瓦斯容量及瓦斯含量的研究成果。上篇，闡明决定含煤地層現有瓦斯含量的自然因素，按瓦斯成因及其積存形式作出自然瓦斯的分类，确定各种因素对地層瓦斯含量的影响，并确定地層中沼气各种積存形式的意义。下篇，按瓦斯成因对礦井瓦斯涌出作出分类，并說明由各种來源涌出的瓦斯在个别巷道及在全礦井瓦斯平衡中所占的地位。

所進行的这些研究工作，为預測礦井瓦斯涌出量打下基礎，并成为选定瓦斯管理方法及調整礦山巷道中瓦斯的依据。

上述研究工作，是在我的总指導下及参加下由下列各位科

学家完成的：格·德·李金，波·阿·聶文尼，依·勒·艾琴格尔，阿·波·阿卜杜勒，波·克·卡塔林，維·特·巴里維列夫，維·維·霍多特及其他人員；还运用了苏联科学院地質研究所在波·依·斯切潘諾夫院士領導下阿·依·克拉夫措夫，莫·莫·艾林松，莫·格·左列維奇，耶·克·波里謝維奇，伊·莫·奧弗欽尼可夫等科学工作者参加下对礦区的煤田地質、水文地質、瓦斯的化学成分及礦水的研究成果。

阿·阿·斯闊成斯基院士

## 序 言

为了实现約·維·斯大林关于發展苏联煤炭工業的指示及完成年產5億噸煤的指标，新的采礦技術必須能够在保証最安全的劳动条件下，顯著提高礦工的劳动生產率。采煤工作的加强，除了普遍的使礦山巷道向煤田深部延深以外，还引起了礦井瓦斯涌出总量的增加，瓦斯涌出随時間的不均匀性以及增加了各种劇烈形式的瓦斯涌出（突出，噴出及其他）。为了使瓦斯因素不致障碍新采煤技術的广泛应用，必須使礦山巷道的通風方法更趋完善，并尋求有效的防止礦內瓦斯的方法。

瓦斯因素对我國煤礦的意义逐年增加，因之，提出了預測和控制瓦斯涌出的課題；只有在深入而广泛的研究煤田中瓦斯積存的性質以及在开采时各种瓦斯涌出过程的性質的基礎上才可能解决这一課題。

上述課題应按下列方向加以解决：

- 1) 預測礦井瓦斯涌出量；
- 2) 全面降低涌入礦山巷道的沼氣量；
- 3) 在時間上（降低瓦斯高峰）和地点上（按巷道系統）使瓦斯涌出均匀化；
- 4) 防止非一般型的瓦斯涌出；
- 5) 綜合开采煤田中沼氣含量高的煤層，預先排除煤層中的瓦斯并加以利用。

在本書中試圖說明解决上項問題的基本知識。

对阿·阿·斯闊成斯基院士在本書編著过程中的科学指導和直接参加，表示深切的謝忱；并且，对技術科学博士維·波·闊馬洛夫，地質科学博士維·維·別洛烏索夫，化学科学博士阿·阿·切列賓尼可夫，礦長維·維·弗拉基米爾斯基及采礦工程師格·阿·切普里茨克對本書的評閱及所提供的寶貴指示，表示感謝。

# 目 錄

編者的話

序 言

## 上篇 決定煤礦瓦斯涌出量的自然因素

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一章 含煤地層中煤和瓦斯的生成        | 7   |
| 第1節 概 述                 | 7   |
| 第2節 煤和瓦斯生成的開始階段         | 7   |
| 第3節 煤和瓦斯生成的最後階段，煤和瓦斯的變質 | 10  |
| 第4節 放射性蛻變作用生成的瓦斯        | 32  |
| 第5節 空氣中來的瓦斯             | 35  |
| 第二章 煤層中瓦斯的化學成分及瓦斯帶      | 36  |
| 第6節 煤層中瓦斯化學成分           | 36  |
| 第7節 瓦斯帶                 | 44  |
| 第8節 瓦斯帶的生成              | 76  |
| 第三章 含煤岩層中的瓦斯運動          | 82  |
| 第9節 煤的瓦斯滲透性             | 82  |
| 第10節 岩石的瓦斯滲透性           | 89  |
| 第11節 瓦斯沿未破壞岩石的運動        | 94  |
| 第12節 瓦斯在地質構造破壞帶中的運動     | 95  |
| 第13節 地下水以溶解狀態帶動瓦斯       | 97  |
| 第14節 煤田地殼中瓦斯運動的總過程      | 98  |
| 第四章 影響煤、岩石及水的瓦斯容量的因素    | 100 |
| 第15節 瓦斯含量及瓦斯容量的概念       | 100 |
| 第16節 孔隙度對煤及岩石的瓦斯容量的影響   | 101 |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 第17节       | 煤的瓦斯容量与其吸附能力的关系              | 103        |
| 第18节       | 煤的瓦斯容量与瓦斯成分的关系               | 105        |
| 第19节       | 瓦斯压力对煤及岩石的瓦斯容量的影响            | 106        |
| 第20节       | 温度对煤及岩石的瓦斯容量及瓦斯含量的影响         | 111        |
| 第21节       | 水的瓦斯容量                       | 116        |
| <b>第五章</b> | <b>煤的瓦斯含量</b>                | <b>118</b> |
| 第22节       | 各种因素对煤的瓦斯容量及瓦斯含量的影响          | 118        |
| 第23节       | 根据試驗資料來看煤的瓦斯含量               | 127        |
| 第24节       | 煤的變質程度对其瓦斯含量的影响              | 128        |
| 第25节       | 煤層中的瓦斯压力                     | 130        |
| <b>第六章</b> | <b>岩石的瓦斯含量</b>               | <b>132</b> |
| 第26节       | 岩石的孔隙度                       | 132        |
| 第27节       | 岩石的瓦斯容量                      | 136        |
| <b>第七章</b> | <b>水的瓦斯含量</b>                | <b>142</b> |
| 第28节       | 概 述                          | 142        |
| 第29节       | 水的化学組成与地層瓦斯含量之間的关系           | 143        |
| 第30节       | 頓巴斯地表水的瓦斯含量                  | 152        |
| 第31节       | 頓巴斯地下水的瓦斯含量                  | 157        |
| 第32节       | 溶解于水中的瓦斯的运动                  | 164        |
| <b>第八章</b> | <b>瓦斯地質</b>                  | <b>167</b> |
| 第33节       | 煤田的地質發展歷史及礦床的瓦斯含量            | 167        |
| 第34节       | 煤層層位及瓦斯含量                    | 170        |
| 第35节       | 礦区地質構造对地層瓦斯含量的影响             | 173        |
| 第36节       | 在構造破裂帶中地層的瓦斯含量               | 178        |
| 第37节       | 地層瓦斯容量及瓦斯渗透性对个别地区<br>瓦斯含量的影响 | 181        |
| 第38节       | 地層瓦斯含量与其含煤量的关系               | 182        |

## 下篇 矿井的瓦斯涌出量

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第九章 个别矿区和个别区域地層的瓦斯含量 | 183 |
| 第39节 自然因素的影响         | 183 |
| 第40节 頓巴斯区地層的瓦斯含量     | 187 |
| 第41节 庫茲巴斯区地層的瓦斯含量    | 191 |
| 第十章 瓦斯帶及礦內大气         | 192 |
| 第42節 煤層的瓦斯成分对礦內大气的影响 | 192 |
| 第十一章 礦井中沼气的涌出        | 203 |
| 第43节 沼气涌出的分类         | 203 |
| 第44节 开采的煤層中的沼气涌出     | 205 |
| 第45节 岩石中的沼气涌出        | 210 |
| 第46节 开采层鄰近煤層中的沼气涌出   | 213 |
| 第十二章 开采煤層的沼气涌出       | 215 |
| 第47节 煤層中涌出瓦斯的成分      | 215 |
| 第48节 急傾斜煤層工作面空間的沼气涌出 | 217 |
| 第49节 緩傾斜煤層工作面空間的沼气涌出 | 228 |
| 第50节 落煤时的沼气涌出        | 234 |
| 第51节 煤压出及抛散时的沼气涌出    | 239 |
| 第52节 沼气突然噴出          | 239 |
| 第十三章 煤層圍岩中的沼气涌出      | 242 |
| 第53节 岩石中涌出瓦斯的成分      | 242 |
| 第54节 采空区岩石中的沼气涌出     | 244 |
| 第十四章 來自鄰近煤層的沼气涌出     | 255 |
| 第十五章 采区和礦井瓦斯的平衡      | 263 |
| 結束語                  | 267 |

# 上篇 決定煤矿瓦斯涌出量的自然因素

## 第一章 含煤地層中煤和瓦斯的生成

### 第 1 节 概 述

含煤地層中的瓦斯生成問題，在不久以前才开始研究，有很多問題還未能解決。例如，我們對於瓦斯的地質化學及地質學的知識就非常缺乏，並且，在很多情況下不是根據直接的實驗和觀察，而是根據對瓦斯的化學成分以及在煤層和圍岩中瓦斯分布的研究結果而獲得的間接資料。下面所引用的資料及在這些資料基礎上所尋得的規律性，希望能以闡明礦內瓦斯生成的若干問題，並指出今後對這一問題的研究途徑。

因為瓦斯的生成與煤的生成及其變質過程有緊密的聯繫，所以，對煤的生成及變質過程的現有假說，給予批判性的綜述並研究在這些過程中所發生的現象，是有意義的。

### 第 2 节 煤和瓦斯生成的开始阶段

所謂煤生成的開始階段，即為有機物質被後生沉積物復蓋以前，有機物質的積集和分解階段。在這些過程中所表現的特點，並未引起科學家們嚴重的意見分歧。

假若枯死的有機物質的積集是發生在陸地上，那麼在陸地上由於親氧細菌、黴菌和其他微生物活動結果而進行的生物化學作用，使積集的有機物強烈分解，這時所產生的各種氣體不能積集，而是擴散於大氣中。假如條件不變，則發生有機物質的完全分解，並產生氣體產物和水。氣體的成分取決於發生氣體物的物質，主要成分為：二氧化碳，氫，氮，沼氣及其高級



同系化合物。在特殊条件下可能放出硫化氢，也可能放出氢气。生成量最多的是氧化物——二氧化碳及水。个别成分間数量上的相对系数，取决于有机物質的成分，進入的氧气，温度，介質的反应及其他因素。气候条件对这种或那种微生物的發展有影响，从而也影响到有机物質分解过程和瓦斯生成过程。

当植物殘骸在水下積集或者复有沉積物的一段陸地沉于水下时，瓦斯生成过程將具有另外的特征，并与介質条件有关。

在陸地上或在活水中，氧气的流动很通暢，氧化作用比較發育，因此，就为生成二氧化碳創造了最有利的条件。在还原介質中——水池底部——沼气、氢和硫化氢的發酵作用比較發育；在这种条件下，二氧化碳的生成僅僅是由于分解物質中含有的氧气。

氧气越难于進入，也就是介質的还原特性越高，則微生物組成的变化越大，親氧菌大大少于厭氧菌，于是，就改变了有机物質分解过程。如果在親氧条件下大多数是產生氧化物——二氧化碳，水，氧化氮和过氧化氮及其他，那末，在厭氧介質中則生成沼气及其同系化合物，硫化氢，氨和氢。無論在上述兩種哪一种情况下，瓦斯都散布或溶解在水中。自然，在这种盆地中，水的循环都很困难或者完全停止，水中的氧气很少，在生物化学反应進程中生成了含有氢气的瓦斯。用这一点，可以說明在某些閉塞的鹹水区（黑海，斯拉維揚斯克的拉波諾湖，等等）存在硫化氢帶的問題。

在煤生成的第一階段發生了半液狀的稠濃的腐植物質的堆積，其中含有未腐朽的植物組織塊，孢狀角質層，積集的臘質，等等。

按齐托夫的研究，煤生成的次一过程由水的礦物成分來決