



# 煤炭工业企业 废水的净化及利用

MEI TAN GONG YE QI YE FEI SHUI DE JING HUA JI LI YONG

---

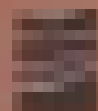
〔苏联〕B·A·高尔什可夫 著

胡益之 徐能仁等 译

---

山西科学教育出版社

中国市政工程学会 中国给水排水学会  
中国环境科学学会 中国城市环境卫生学会



# 废水的净化及利用

主编 王 强 副主编 王 强 王 强

主编 王 强 副主编 王 强

主编 王 强 副主编 王 强

# 煤炭工业企业废水的净化及利用

〔苏〕B·A·高尔什可夫

胡益之 徐能任 李伟雄 陈瑞南 李步云 译

陈正华 校

山西科学教育出版社

# 煤炭工业企业废水的净化及利用

〔苏〕B·A·高尔什可夫

胡益之 徐能仁等译

\*

山西科学教育出版社出版（太原并州北路十一号）

山西省新华书店发行 山西新华印刷厂印刷

\*

开本：850×1168 1/32 印张：9 字数：200 千字

1987年3月第1版 1987年3月太原第1次印刷

印数：1—3,000册

\*

书号：15370·31 定价：3.45 元

## 内 容 提 要

本书阐明了煤炭工业企业废水形成问题，论述了废水组成及其分析方法；讨论了废水净化、沉渣除水、沉渣和盐水利用的设施和设备结构，以及煤炭工业部门和国民经济其他部门中煤层伴生水的利用方向；叙述了矿井废水、露天矿废水、工业废水和日常生活污水的净化工艺流程；提供了设计净化设施所需的原始资料；论证了净化应用的基本理论，以及水资源保护措施的经济评价。

本书可供煤炭工业和其他工业部门从事工业废水净化和利用工作的工程技术人员参考，也可供矿业和冶金院校师生参考。

## 译 者 的 话

众所周知，能源是人类生存的基本要素，是国民经济的重要物质基础。我国煤炭资源丰富，全国有许多煤矿，如何净化和利用煤炭工业企业废水是一项非常重要的任务。目前国内不少矿务局已对企业废水的净化和利用做了大量工作，特别是1984年“中华人民共和国水污染防治法”公布以后，废水的净化和利用更引起了各地煤炭企业的重视。为了更好地贯彻执行水污染防治法，使煤炭工业企业的废水得到净化和利用，我们翻译了这本书。

本书第一章由徐能任译，第二、三、五、六章由陈瑞南译，第四章由李伟雄译，第七、八章由胡益之译，第九章由李步云译，全书由陈正华校订，范仁礼作了文字整理工作。限于译者的水平，在译文中难免有不妥之处，祈请广大读者批评指正。

译 者

# 目 录

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <b>第一章 煤炭工业企业废水的形成、组成和性质</b> | ( 1 )  |
| 1.1 煤炭工业的废水                  | ( 1 )  |
| 1.2 矿井水                      | ( 3 )  |
| 1.3 露天矿水和排出水                 | ( 20 ) |
| 1.4 工艺-生产废水                  | ( 23 ) |
| 1.5 地表流水                     | ( 28 ) |
| 1.6 日常生活污水                   | ( 30 ) |
| <b>第二章 废水的化学分析及工艺分析法</b>     | ( 34 ) |
| 2.1 废水流量的测定                  | ( 34 ) |
| 2.2 废水的组成分析                  | ( 42 ) |
| 2.3 悬浮物沉降动力学                 | ( 46 ) |
| 2.4 药剂类型及剂量的选择               | ( 48 ) |
| 2.5 废水过滤的基本特性                | ( 50 ) |
| 2.6 沉渣基本特性的测定                | ( 54 ) |
| <b>第三章 矿井和露天矿的排水及下水系统</b>    | ( 58 ) |
| 3.1 减少地下水流入矿区                | ( 58 ) |
| 3.2 减少矿井涌水                   | ( 59 ) |
| 3.3 排水装置和设施                  | ( 61 ) |
| 3.4 下水系统                     | ( 70 ) |
| 3.5 废水排入水库的条件                | ( 71 ) |
| <b>第四章 废水的利用</b>             | ( 74 ) |

|            |                                  |               |
|------------|----------------------------------|---------------|
| 4.1        | 废水利用的主要方向                        | ( 74 )        |
| 4.2        | 矿井水用于矿井生产                        | ( 77 )        |
| 4.3        | 露天矿水用于露天采矿                       | ( 83 )        |
| 4.4        | 废水用于选煤厂和煤砖厂                      | ( 85 )        |
| 4.5        | 废水用于机器制造厂和机修厂生产                  | ( 88 )        |
| 4.6        | 废水用于建筑业及其他用户                     | ( 91 )        |
| 4.7        | 废水用于灌溉农田、休息场所及养鱼                 | ( 92 )        |
| 4.8        | 废水利用的技术经济问题                      | ( 93 )        |
| 4.9        | 水消费与给水定额                         | ( 95 )        |
| <b>第五章</b> | <b>矿井水及露天矿水中悬浮物的清除</b>           | <b>( 98 )</b> |
| 5.1        | 澄清                               | ( 98 )        |
| 5.2        | 颗粒填料层过滤                          | (104)         |
| 5.3        | 薄隔板过滤                            | (117)         |
| 5.4        | 矿井水及露天矿水中悬浮物的净化工艺                | (125)         |
| <b>第六章</b> | <b>矿化矿井水及露天矿水的净化</b>             | <b>(147)</b>  |
| 6.1        | 热法淡化                             | (147)         |
| 6.2        | 薄膜淡化法                            | (152)         |
| 6.3        | 防止水污染的水力工程法                      | (155)         |
| 6.4        | 盐水及干盐的加工和利用                      | (157)         |
| 6.5        | 矿化矿井水和露天矿水的净化工艺                  | (161)         |
| <b>第七章</b> | <b>矿井和露天矿酸性水的净化和沉渣的<br/>加工利用</b> | <b>(170)</b>  |
| 7.1        | 净化的主要方法                          | (170)         |
| 7.2        | 酸性水净化工艺                          | (176)         |
| 7.3        | 矿井和露天矿水沉渣加工                      | (182)         |
| 7.4        | 沉渣的利用                            | (202)         |



|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| <b>第八章 工艺-生产废水和日常生活污水的净化</b> ····· | (204) |
| 8.1 选煤厂循环水净化的基本方法和流程·····          | (204) |
| 8.2 工艺-生产废水净化的主要方法和流程 ·····        | (206) |
| 8.3 日常生活污水生物净化的基本方法·····           | (215) |
| 8.4 日常生活污水的净化工艺·····               | (233) |
| 8.5 污水的消毒·····                     | (243) |
| <b>第九章 废水净化与利用的经济问题及净化设</b>        |       |
| <b>施的使用</b> ·····                  | (255) |
| 9.1 净化设施的使用·····                   | (255) |
| 9.2 耐腐蚀材料及涂层的选择·····               | (261) |
| 9.3 废水净化与利用的技术经济评价·····            | (270) |

# 第一章 煤炭工业企业废水的形成、组成和性质

## 1.1 煤炭工业的废水

煤炭工业由采矿和加工企业所组成。它包括矿井和露天矿、选煤厂和煤砖厂、机器制造和修理厂、建筑工业企业和工业运输业。每一个企业在经营和生产过程中会形成不同数量的废水，它的组成和性质主要取决于生产的产品和所采用的工艺过程。

现从废水形成的观点出发来考察工业企业废水的主要类型。

开发矿区，就必须把流入巷道的水抽出。在一些煤层含水多的矿山，为了创造一个有利于采煤的良好环境，可预先在矿山进行排水。在煤矿内抽出的水是煤层伴生水<sup>\*</sup>，它是一种废水，因为这种水已遭到污染（图1.1）。

煤层伴生水是天然水，它可分成三种类型：矿井水、露天矿水、排出水。

矿井水是由地下水和地表水经过滤后流入巷道而形成，与围岩的组成、矿山地质和技术条件以及开采机械和掘进方法有关。流入回采巷道或准备巷道内的水会遭到各种形式的污染，这样的水未经净化不能排入水库，没有经过适当的处理也不能用于工业

---

<sup>\*</sup>在现有统计表中，把开采煤炭过程中抽出的水称为“煤层伴生水”。

供水。

露天矿水是由地表水和地下水汇集而成。流入露天矿的水与矿井水一样受到各种污染，所以它在排入蓄水池以前，或用于工业供水时，必须进行净化。

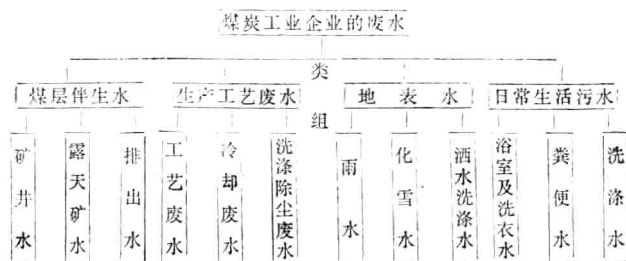


图 1.1 煤炭工业企业的废水

排出水是由地表水和地下水形成。为了使矿井或露天矿场地干燥，就要通过排水巷道或排水设施把矿井和露天矿的水排到地面上来。排出水没有接触矿业生产的各种污染物，所以这种水可以不用净化，也可经过净化后用于日常生活用水和工业供水。

选煤厂、煤砖厂、机器制造厂、机修厂、建筑和其他辅助工厂的生产过程都需要水。在很多情况下，这些工厂也形成工业废水。工业废水，按照它的形成，可以分成下列几种：工艺废水、冷却废水、洗涤除尘废水。

工艺废水是生产工艺过程中的工作介质。此类工艺过程包括：煤与页岩湿法洗选、水力开采、水力运输、水力除灰、水力剥离、机器制造中的电镀过程等。

冷却废水是在冷却机器和设备（压缩机、调节器、瓦斯抽放装置）过程中，以及热处理机器零部件时形成的。

洗涤除尘废水是在锅炉吹洗排污，机修厂和电机厂洗涤机器和机械的各种零部件以及在矿井、露天矿、洗煤厂、煤砖厂、机器创造厂和建筑“施工中进行防尘而形成的。所有工业废水在利用或排入水系时都必须进行净化。

浇水和雨雪水使工业场地形成许多地面水流，根据一般分类法，把这些水分成雨水水流、化雪水流和洒水洗涤水水流。

雨水水流。一年的暖和季节里大气降水、雨水在工业场地流动造成雨水水流。

化雪水水流。一年的寒冷季节里大气降雪，春季雪融化成水形成化雪水水流。

为了除尘、打扫卫生、青草和植物生长而湿润和浇灌场地，形成洒水洗涤水水流。

由于矿井和露天矿的办公用水以及工厂食堂和日常生活用水，形成了日常生活污水。这种污水一般可以分成下列三种：浴室污水和洗衣水、粪便水、洗涤水。

所有日常生活污水必须进行净化和消毒。

## 1.2 矿井水

矿井水和其他煤层伴生水的形成与人类开采矿藏有着密切联系。根据矿山地质和技术条件，矿井水中汇集着岩层的层间水、层间裂缝水和溶洞水，以及上部煤层的潜水和地表水。

流入巷道的水量，即矿井的涌水量是由许多因素决定的，其中包括矿区的地质构造、水文地质、水动力学和气候条件、岩层的岩石构造及物理和化学特性、矿床的破碎程度、矿床的剥离方法、煤层厚度及开采方法、顶板管理方法、开采工艺等。但是，

形成涌水的决定因素是矿床的地质构造、水动力学和矿山地质条件以及开采技术。

在矿井开采的初始阶段，流入巷道的水量是随采掘工作面的推进而增加。采空区面积的不断扩大，矿井涌水量可能增加，也可能趋向稳定或者逐渐减少。

流入巷道的水量主要与巷道周围含水层的水资源状况有关。如果矿井的涌水量只取决于统计的水储量，那么水量的平均值就渐渐减少。在水资源有限的情况下，矿井生产期间的水量大致保持稳定。在水资源较丰富的情况下，随着采空区面积的扩大，水量不断增加。如果地下含水层不断得到地表排水道或蓄水池中水的补充，那么靠近排水道或蓄水池的矿井巷道，流入的水量就增加。对水量影响最大的有下列一些因素，开采煤层总厚度、煤层倾角、开采深度和顶板管理方法。这些因素或者其中的某一种因素，在不同阶段内会促使岩层上部煤层裂缝的发展，而水将通过这些裂缝流入巷道。一年四季水量的变化是与裂缝的发展、岩层致密性的破坏程度有密切的关系，在很大程度上这种变化与每天开采造成的表面裂缝有关。

全国的煤田和矿区，其地质构造、水动力学、矿山地质和矿山技术条件等方面均不相同，所以矿井涌水量与产量之比的煤层含水系数也各不相同（表1.1）。

姆·符·绥洛瓦脱柯建议，按涌水量把矿井地区划分为四种类型：少量涌水和实际上不涌水的地区，其水量小于 $100\text{m}^3/\text{h}$ ；中等涌水地区，其水量的变化为 $100\sim 300\text{m}^3/\text{h}$ ；涌水量大的地区，其水量为 $300\sim 1000\text{m}^3/\text{h}$ ；强涌水地区，其水量超过 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 。

表1.1 主要煤田和矿区矿井年平均涌水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

| 煤田, 矿区        | 最小量 | 最大量  | 矿井的平均估量 | 平均含水系数,<br>$\text{m}^3/\text{t}$ |
|---------------|-----|------|---------|----------------------------------|
| 顿涅茨           | 20  | 1200 | 258     | 3.1                              |
| 利沃夫斯克沃雷斯克     | 27  | 374  | 75      | 1.0                              |
| 第聂伯尔          | 325 | 658  | 503     | 8.4                              |
| 库兹涅茨克         | 50  | 2000 | 319     | 2.3                              |
| 卡拉干达          | 20  | 360  | 108     | 0.7                              |
| 莫斯科近郊         | 60  | 3840 | 780     | 12.2                             |
| 别卓尔斯克         | 35  | 638  | 215     | 1.9                              |
| 车里雅宾斯克        | 21  | 320  | 285     | 1.5                              |
| 基洛夫斯克         | 90  | 2400 | 848     | 15.6                             |
| 中亚地区          | 30  | 360  | 104     | 2.1                              |
| 滨海地区          | 6   | 265  | 167     | 2.3                              |
| 库页岛           | 17  | 640  | 186     | 5.9                              |
| 页岩矿区 (波罗的海沿岸) | 450 | 3000 | 1323    | 7.3                              |

从保护水资源的观点来观察和研究涌水量时, 可以把第一类再分成两个小类: 涌水量达 $50\text{m}^3/\text{h}$ , 即实际上不涌水的矿井和涌水量为 $50-100\text{m}^3/\text{h}$ , 即弱涌水的矿井。必须指明, 涌水量在 $50\text{m}^3/\text{h}$ 以内的水, 在经过适当净化处理后, 就可作为矿井的工业用水, 不用排入水系。这样, 可获得五种矿井涌水量 (表1.2)。涌水量达 $50\text{m}^3/\text{h}$ 的矿井有6.8%, 它们的全部水量为矿井总水量的0.7%。涌水量在 $101-300\text{m}^3/\text{h}$ 的矿井最多, 约占46.8%。涌水量在 $301-1000\text{m}^3/\text{h}$ 的矿井占28.2%, 为总涌水量的42.4%。

表1.2 主要煤田和矿区的矿井涌水量

| 煤田, 矿区       | 水 流 量 $m^3/h$       |                     |                     |                     |                     |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|              | 达50                 | 51—100              | 101—300             | 301—1000            | 1000以上              |
| 顿涅茨克         | $\frac{3.4}{0.5}$   | $\frac{9}{2.6}$     | $\frac{58.9}{43.1}$ | $\frac{27.9}{50.8}$ | $\frac{0.8}{3}$     |
| 利沃夫斯克-沃雷斯克   | $\frac{35}{15.1}$   | $\frac{55}{53.7}$   | $\frac{5}{6.8}$     | $\frac{5}{24.4}$    | —                   |
| 第聂伯尔         | —                   | —                   | —                   | $\frac{100}{100}$   | —                   |
| 库兹涅茨克        | $\frac{5.4}{0.9}$   | $\frac{6.8}{1.8}$   | $\frac{51}{31.5}$   | $\frac{32.7}{46.3}$ | $\frac{4.1}{19.5}$  |
| 卡拉干达         | $\frac{14.3}{3.6}$  | $\frac{43}{29.7}$   | $\frac{39.2}{54.9}$ | $\frac{3.5}{11.8}$  | —                   |
| 莫斯科近郊        | —                   | $\frac{1.7}{0.2}$   | $\frac{27.1}{7.5}$  | $\frac{52.5}{39.8}$ | $\frac{18.7}{52.5}$ |
| 别卓尔斯克        | $\frac{9.1}{1.5}$   | $\frac{13.6}{5.1}$  | $\frac{59.1}{50.5}$ | $\frac{18.2}{22.9}$ | —                   |
| 车里雅宾斯克       | $\frac{11.1}{2.4}$  | $\frac{33.4}{21}$   | $\frac{55.5}{76.6}$ | —                   | —                   |
| 基塞洛夫斯克       | —                   | $\frac{5.8}{0.6}$   | $\frac{17.7}{3.6}$  | $\frac{35.4}{17.7}$ | $\frac{41.1}{72.3}$ |
| 中亚地区         | $\frac{33.3}{12.6}$ | $\frac{41.8}{32.8}$ | $\frac{16.6}{21.1}$ | $\frac{8.3}{30.5}$  | —                   |
| 滨海地区         | $\frac{35.8}{4.1}$  | $\frac{14.2}{6.5}$  | $\frac{50}{89.4}$   | —                   | —                   |
| 库页岛          | $\frac{14.3}{2}$    | $\frac{28.6}{7.9}$  | $\frac{42.9}{48.5}$ | $\frac{14.3}{46.6}$ | —                   |
| 页岩矿区(波罗的海沿岸) | —                   | —                   | —                   | $\frac{50}{27.2}$   | $\frac{50}{72.8}$   |
| 总 计          | $\frac{6.8}{0.7}$   | $\frac{13.3}{2.9}$  | $\frac{46.8}{27}$   | $\frac{28.2}{42.4}$ | $\frac{4.9}{27}$    |

注: 分子——矿井数(%), 分母——总水量(%).

上述矿井的涌水特性对选择净化矿井水的工艺有着一定的意义。

矿井水的组成和特性取决于许多因素。其中主要的因素有：流入巷道的地下水的组成和特性、围岩层的成分和特性、煤层特性、矿山地质和矿山技术条件、采煤机械和掘进机械的性能，其次是气候、地形、植被等。

当流入巷道的地下水已被高度矿化时，该区的矿井水就成了高矿化水。在顿涅茨克和车里雅宾斯克煤田、哈萨克斯坦和中亚地区内，分布着高矿化的地下水，这就使上述煤田和矿区内的矿井水也成为高矿化水。矿井水的矿化程度是随开采深度的不断加深而增高。这种现象可在所有存在高矿化水的矿井内实际观察到。在巴夫洛格勒煤矿的许多矿井内都能清楚地看到，矿井水的矿化程度随着深度加深而提高的现象。那里的采煤工作面由上层转入下层时，水中的含盐量上升  $3 \sim 5 \text{ g/L}$ 。在斯达哈诺夫煤矿的无产者矿井内，当开采煤层由  $500\text{m}$  转入  $700\text{m}$  深处时，水中的含盐量由  $9 \text{ g/L}$  上升到  $35 \text{ g/L}$ 。

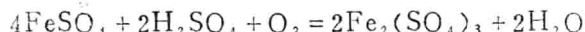
天然地下水的含盐量随它们所在深度的变化而改变，它是与水化学的带状分布有关，可分成三个水交换带。第一个带主要是含硫酸盐的弱矿化水的强交换带（主要是上部地下水含水层）。第二个带主要是含硫酸盐-氯化物的较高矿化水的中交换带。第三主带主要是含氯化物的高矿化水或盐水的弱交换带。

矿井在进行开采时破坏了水化学分布带，而它对矿井水的组成有很大的影响。

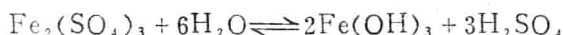
煤层夹石、围岩成分和性质对矿井水的组成有一定的影响。在许多情况下，围岩和煤层夹石的成分，例如酸性成分，在组成矿井水成分中起着决定性的因素。矿井围岩或煤层内若含有足够数



量的黄铁矿，而黄铁矿进行着氧化作用，其化学反应式如下：



中性或碱性地下天然水被硫酸亚铁和硫酸铁所污染，因此pH值下降。pH值低引起硫酸铁水解作用的可逆反应，因而形成结合的硫酸：



水中存在结合的硫酸，加快了岩石中铝、锌、铜盐的浸出过程。

除了化学反应造成矿井酸性水以外，还有硫逐细菌作用。在亚铁氧化过程中，当它的含量达到200mg/L时，在三昼夜期间就把亚铁氧化为高铁；而用空气中氧去氧化同样数量的无菌铁时，就需要二年以上的的时间。开采时可以看到，在不很深的地方，矿井水是近似中性，它含有少量溶解的铁。随着开采深度的不断加深，pH值下降，溶于水中的铁、铅和无机盐类的数量增加，而煤中和围岩中黄铁矿数量实际上并没有变化。出现这一现象的原因，是因为水化学分布带的影响，以及水与黄铁矿和空气中氧的接触面积不断扩大，于是造成了有利于形成酸性水的条件。现以基赛尔煤矿的舒米欣矿井举例说明。该矿井在开采初期，达到约200m深处时，矿井水的pH值等于7.5~8，水中出现微量铁离子。随着开采工作的进展，当达到井田边缘时，pH趋向酸性反应，为5.5~6，而铁的含量增至20mg/L。开采深度增加150m，pH值降低4~5.5，而铁的含量增至60~100mg/L。随着开采深度的不断加深，pH降低到3时，水中铁的含量增至200mg/L。矿井水组成的这些变化需17—20年的时间。