

〔苏联〕Я.З.布赫曼 П.Г.莫洛特科夫 著

矿井密闭工程

中国工业出版社

矿 井 密 閉 工 程

〔苏联〕 И.З.布赫曼 И.Г.莫洛特科夫 著

徐 則 呂 章 譯

金 則 雍 校

中 国 工 业 出 版 社

本书对水平巷道和傾斜巷道使用的各种密閉（通风、防火、防水、过滤、防爆和緩冲等），就使用条件、类型和結構，施工技术和計算，进行了具体的敘述。同时，对密閉工程的质量檢查、管理和維護也作了介紹。

本书可供采矿工程技术人員和矿井設計人員閱讀。

Я.З.Бухман, П.Г.Молотков

ШАХТНЫЕ ПЕРЕМЫЧКИ

(ГОСГОРТЕХИЗДАТ, 1962)

* * *

矿井密閉工程

徐則 呂章譯

金則 雍校

*

煤炭工业部书刊編輯室編輯（北京东长安街煤炭工业部大楼）

中国工业出版社出版（北京復興門外大街10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第20110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店經售

*

开本787×1092 $\frac{1}{2}$ •印張5 1/2•字數118,000

1964年8月北京第一版•1964年8月北京第一次印刷

印数0,001—1,740•定价(科六)0.75元

*

統一书号：15165•3129(煤炭-198)

原 序

現代化矿井一般都有錯綜复杂的巷道网；許多有用矿物都是在复杂的水文地质条件下开采的；开采自燃煤层和矿石的矿井目前已大大增加；向采用高效率的大冒頂开采方法的轉变，为采用大威力炸药創造了条件；所有这一切，都使我們必須在矿井中砌筑大量的各种类型的密閉。

根据不完全的資料，仅仅在烏拉尔矿区的各矿井里，每年都要砌筑几千个密閉，消耗大量資金。

合理地选择密閉的砌筑地点、类型和結構，按质量要求把它們砌筑起来，可以减少采区和整个矿井的漏风量，可以及时地隔絕火源和消灭火源，可以防止井下水、水砂充填物或泥浆涌出，澄清矿井水，可以預防設備、装置和巷道因大爆破或瓦斯和煤尘爆炸而被破坏。

在技术书籍中，尚缺乏全面叙述矿井密閉的内容。在矿井通风和矿山火灾預防书籍中所引用的有关矿井密閉的資料很簡略，多半只是介紹一般的知識。

我們写这本书的目的，就是要填補这一空白点。

第一章到第四章、第七章、第八章是Я.З.布赫曼写的；第五章、第六章是И.Г.莫洛特科夫写的。

著者对科学技术副博士Б.К.謝烈达和采矿工程师Ю.А.卡巴科夫、В.Ф.尼科拉耶夫提供給本书的宝贵意見，表示謝意。

讀者对改进本书的一切意見，著者将以感謝的心情接受。

目 录

原 序

第一章 矿井密闭及其砌筑材料概述	1
1. 密闭类型	2
2. 对密闭的基本要求	2
3. 木材	3
4. 粘結物质和砂浆	5
5. 混凝土和鋼筋混凝土	11
6. 天然料石	16
7. 磚和其它人工料石	16
8. 金属和其它材料	18
第二章 临时密闭	20
1. 帆布密闭	20
2. 充气密闭	22
3. 防壘式密闭	24
4. 矿渣块、矿渣棉和玻璃棉密闭	25
5. 木板密闭	26
6. 运输机皮带密闭	27
第三章 永久性通风密闭和防火密闭	30
1. 木材密闭	31
2. 石材密闭	36
3. 混凝土密闭和鋼筋混凝土密闭	45
4. 不鑲入密闭	50
5. 傾斜巷道和豎直巷道中的密闭	54
6. 密闭計算	59

第四章 风門和防火門, 进出孔和臥門	82
1. 普通結構的門	84
2. 自閉风門	89
3. 自动风門	91
4. 井下瓦斯避難所的門	102
5. 进出孔和臥門	103
6. 防火門計算	104
第五章 防水密閉	106
1. 封閉式防水密閉	108
2. 有門的防水密閉	115
3. 密閉計算	121
4. 金属門計算	129
第六章 防漿密閉和過濾密閉	132
1. 防漿密閉	132
2. 過濾密閉	134
3. 灌漿過濾构筑物的計算	142
第七章 防爆密閉和緩冲密閉	145
1. 防爆密閉	146
2. 緩冲密閉	150
3. 緩冲密閉計算	154
第八章 发生各种事故时密閉的砌筑、密閉的管理 和維護	158
1. 火灾和其他事故时的密閉砌筑	158
2. 密閉漏风量的确定	164
3. 密閉狀況的檢查和修理	166
4. 密閉狀況和管理的記錄	167

第 一 章

矿井密闭及其砌筑材料概述

1. 密闭类型
2. 对密闭的基本要求
3. 木材
4. 粘結物质和砂浆
5. 混凝土和鋼筋混凝土
6. 天然料石
7. 磚和其它人工料石
8. 金属和其它材料

矿井密闭是矿山巷道中的一种人工构筑物，它用来调节通风风流，使巷道与瓦斯、水和火隔绝，擋住充填材料和灌浆材料，还可以用来防止因爆炸而产生的冲击空气波的破坏作用。

有用矿物地下开采条件的多样性，是采用各种类型和结构的密闭的先决条件。在矿山巷道里砌筑密闭，要使用各种材料。密闭的主要承重结构，多用木材、天然料石、磚、混凝土、鋼筋混凝土和金属砌筑；而密闭用的复盖层、粘結材料和填充料则用粘土、石灰、水泥、沙、碎石和毛石。

目前，还有用矿渣棉、玻璃棉和其它建筑用的不燃性材料来砌筑防火密闭的。

帆式的和充气式的临时密闭是用布做的。帆式临时密闭

是用油布做的；充气式密閉是用各种橡皮布或塑性材料做的。

1. 密閉类型

矿井密閉可以根据它的用途、结构、材料和其它因素，分类如下：

甲、按照矿井密閉的用途分类：

通风密閉；防火密閉；防水密閉；过滤密閉；防爆密閉和緩冲密閉；綜合密閉。

乙、按照矿井密閉服务年限分类：

临时密閉和永久密閉。

丙、按照矿井密閉在巷道中的位置分类：

橫向密閉和纵向密閉。

丁、按照巷道类型分类：

水平巷道密閉；垂直巷道密閉和傾斜巷道密閉。

戊、按照矿井密閉的结构分类：

封閉的密閉；帶門、进出孔和小門的密閉；拱形密閉；鑲入密閉；不鑲入密閉；側跨密閉；护幫密閉；有扶壁的加强密閉和綜合密閉。

己、按照矿井密閉使用材料的类别分类：

帆布密閉；橡皮密閉；木板密閉；土袋式（防壘式）密閉；粘土密閉；木段密閉（道木密閉）；楔形木密閉；料石密閉；矿渣块密閉；蛭石和玻璃棉密閉；磚密閉；混凝土密閉；鋼筋混凝土密閉；鋼鉄密閉；綜合密閉。

2. 对密閉的基本要求

对所有各种矿井密閉的共同要求是：

1) 矿井密閉对矿山压力、水的冲洗、井下酸性水、潮湿空气等物质的侵蝕、破坏作用，应具有稳定性；

2) 矿井密閉砌筑和使用的經濟性（永久性密閉应持久而耐用、砌筑需要的劳动量最小、初期砌筑所需的費用最少、使用期間的維護費小）；

3) 矿井密閉能在最少時間內砌筑起来。這項要求是很重要的，在发生事故条件下，应当把它摆在首位。

根据矿井密閉的用途，对各种密閉都有它的特殊要求。对通风密閉，要求很高的瓦斯不渗透性和耐火性；对防水密閉，要求不透水性和水压头稳定性；对防火密閉，要求高度耐火性、不燃性和瓦斯不渗透性；对过滤密閉，要求在充填材料和灌浆材料脫水时有很好的过滤性，以及在水砂充填物和灌浆材料的压力下，有足够的坚固性；对防爆密閉和緩冲密閉，要求有抵抗爆炸产生的冲击空气波的足够强度。

砌筑风門和防火門有特殊的要求。除了有很好的瓦斯不渗透性、耐火性和耐久性外，在很多情况下，风門和防火門应该有自动操纵或远距离操纵。

由于对矿井密閉有上面所述的各种要求，砌筑密閉必須根据專門計算和試驗数据来进行。在进行这些專門計算和引用試驗数据时要把下列現象：矿山压力，密閉和岩石漏风、渗水，材料和結構的耐火性，跟大爆破和瓦斯与煤尘爆炸有关的井下空气冲击等的規律考虑在內。

3. 木 材

砌筑通风密閉、灌浆密閉和緩冲密閉时，針叶树或闊叶树使用得最广泛。

針叶树中使用得最多的是松树，它具有树干直、强度

大、重量輕、防腐性較強等优点。

闊叶树中，除橡树外，矿山支架使用楓树、椿树、榆树和槲树。

根据国定全苏标准4631—49，表1列举了几种树的物理机械性质(平均指标)。

几种树的物理机械性质

表1

树 种	产 地	年輪数 (1厘 米内)	晚 材 (%)	15%水分 时的容重 (克/厘米 ³)	11%水分时的极限强度 (公斤/厘米 ²)				
					沿纖維 压缩时	靜弯 曲时	沿纖維 拉伸时	徑 向 断裂时	切 綫 方 向 断裂时
松 树	苏联欧洲部分 中央区、烏拉尔 和西伯利亚	6	26	0.53	440	790	1150~ 1660	70	75
杉 树	高加索	—	31	0.44	390	720	1120	75	80
杉 树	烏拉尔、西伯 利亚	8	22	0.39	330	585	—	60	65
落 叶 松	苏联欧洲部分 北部烏拉尔和西 伯利亚	10	—	0.68	515	970	1290	115	125
枞 树	同 上	12	25	0.46	420	775	1220	50	50
橡 树	苏联欧洲部分	6	66	0.72	520	940	1290	85	105

木材价格比較低，相当坚固，加工也容易。但木材缺乏耐火性，容易腐烂，这就降低了它的宝貴质量。

根据国定全苏标准2146—43的要求，支护矿山巷道用的木材應該是干燥的(針叶树的容許水分為10~12%，闊叶树的容許水分為14~16%)，直层的，无节的，未腐烂的。只有临时砌筑的矿井密閉，可以容許木材质量較低些。

坑木用的一般树种有：直徑大于20厘米、长度大于4米的圓木；直徑分別为8~15厘米和3~7厘米、长度为3~9米

的小圓木和木杆；长度为0.5~5米的、間距为10厘米的、上端直徑为7~26厘米的立柱(国定全苏标准616—50)。立柱长度与标准规定的偏差不应超过 ± 2 厘米。立柱应该从两端垂直于中心綫砍鋸。

所有坑木应该把树皮和树枝除去后再送往井下。支护用的成材，应制成所需要尺寸的矩形或正方形的木方、半圓木和木板。根据厚度的大小，木板又分为薄板(10~15毫米)、中薄板(20~35毫米)、木板(40~80毫米)和厚木板(90~130毫米)。此外，也可使用板皮或厚10~15毫米、寬5~10厘米的板条，填塞密閉縫隙。

4. 粘結物质和砂浆

砌筑密閉必須使用粘結物质。粘結物质是这样一种物料，它在物理化学过程的影响下，能从液体状态或稠浆状态变为固体状态。

矿物粘結物质有粘土、石灰和水泥。矿物粘結物质一般成粉状使用，它和水混合，經過一段時間，就开始凝固。

在初始阶段，在空气中凝固的矿物粘結物质，是一种气硬水泥物质(石灰、石膏)。不仅在空气中，而且在水中能凝固的、并能長時間保持强度的物质，是一种水硬粘結物(硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、矾土水泥)。

根据粘結物质和掺合料在数量上的比例，砂浆可以区分为富砂浆、标准砂浆和貧砂浆。

密閉用的砂浆应该具有流动性、均质性、蓄水性、强度、凝固后不透水性、对腐蝕性矿井水高度抵抗性和較短的凝固期。

粘土 在砌筑磚石密閉、粘土密閉及其它密閉时，通常

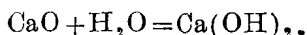
采用分布很广泛的多矿物的鉄粘土。

根据矿物成分，純粘土有肥的、标准的和瘦的三种。

当砌筑和涂抹密閉时，应该使用标准砂浆，在肥粘土中按体积加30%砂子，在标准粘土中加10~15%砂子。

石灰 砌筑用的石灰是焙燒純石灰石或鎂质石灰石制成的。純石灰石或鎂质石灰石不含粘土杂质。根据石灰石的化学成分，焙燒时，或者获得消化时增大两倍的貧石灰（含硫的）；或者获得中等石灰（体积增大2.5~3倍）；或者获得富石灰（体积增大3.5倍）。

石灰与水的消化过程按下列反应式进行：



当水的消耗量为块状石灰重量的70~100%时，就得到粉状熟石灰。消化时水消耗量增加，可能得到石灰浆或石灰乳。

石灰浆的凝固过程是，空气給石灰浆以二氧化碳，把水分带走，这样就能够重新得到石灰石。

在火区封閉空間的气体中，如果二氧化碳很多，就更能加快碳化作用的过程（即石灰浆轉变为石灰石）。

石灰可以区分为气硬石灰和水硬石灰。

当温度为900~1300°时，焙燒粘土含量少（8%以下）的石灰岩，能获得气硬石灰。在一般矿井条件下（空气相对湿度很高时），气硬石灰凝固很慢，砌筑的密閉經過很久，还是潮湿的。

当温度为900~1000°时，焙燒粘土含量多（8~30%）的石灰岩，能获得水硬石灰。水硬石灰具有凝固能力，在空气中預先凝固后能长时期在水中保持强度。水硬石灰的强度比气硬石灰高些。水硬石灰可用作砂浆，砌筑防水密閉，以及

制造强度不高的混凝土。

水泥 不仅在空气中，而且在水中，具有凝固能力的粘結物质是水泥。苏联生产各种各样的水泥：硅酸盐水泥，矾土水泥、膨脹水泥和其它特种水泥。苏联生产的几种水泥的特征和其它資料如表 2 所示。

矾土水泥强度大，用以砌筑密閉，有很好的抵抗酸性水的作用。此外，矾土水泥具有快速凝固能力。

砌筑重要密閉，可以使用特种水泥中的膨脹水泥和无收縮水泥。在它們的成分中，有矾土水泥(不少于82~85%)、石灰和石膏。这些水泥不收縮，不管在水中或空气中凝固，容积也不增大。这在砌筑不渗透瓦斯的密閉，特别是在砌筑不渗透水的密閉时很重要。砂浆由水泥、砂子和水制成。制作更复杂的砂浆时，也用相同成分，普通水泥加上石灰混合物或水硬性掺合料(凝灰岩、浮石、硅土廢料、硅藻土等)。为了砌筑密閉，采用牌号80、50、30的富水泥砂浆和标准水泥砂浆，但在特殊情况下，可以高一些①。

必須指出，普通砂浆完全是硬性的，施工时并不方便。为了减少普通砂浆的硬性，應該加上塑性剂和水塑性剂，即石灰浆(0.1~0.2分)、皂化木瀝青(0.15~0.25%)、皂化石油(0.05~0.1%)等。

当水泥和砂子的配合比为 1:2.5 时，可以得到富砂浆；当水泥和砂子的配合比为 1:3 和 1:4 或更高时，所得的砂浆是标准砂浆或貧砂浆。

到現在还没有适合于矿井密閉用的最标准的水泥砂浆的数据。因此，可以根据牌号为 300 的硅酸盐水泥的一系列水

① 砂浆牌号是把 7×7×7 厘米立方体，放在多孔的底座(干砖)上，并保持在正常条件下经过 28 天龄期的試驗的壓縮强度(公斤/厘米²)。

苏联生产的几种水泥的特性

表 2

水泥名称	成分	凝固时期		压缩强度极限 (公斤/厘米 ²)	使用范围
		开始凝固 不早于	最后凝固 不迟于		
硅酸盐水泥	主要是钙硅酸盐 (70~80%);石膏5%、 惰性掺合料10%或活 性矿物掺合料15%	45分钟	12小时	低牌号: $R_7 = 120 \sim 200$ $R_{28} = 200 \sim 300$ 高牌号: $R_3 = 190 \sim 300$ $R_7 = 280 \sim 450$ $R_{28} = 400 \sim 600$	民用建筑和工业建筑用的非高牌 号的整体混凝土、砌筑砂浆、喷浆、 混凝土砖等。装配式钢筋混凝土结 构、道路工程、液压构筑物的外 部。
快硬硅酸盐水泥	跟硅酸盐水泥相 同,但三钙硅酸盐和 石膏含量高;活性矿 物掺合料10%	40分钟	10小时	$R_1 = 200$ $R_3 = 300$	装配式钢筋混凝土结构和快速建 筑物。
塑化硅酸盐水泥	跟硅酸盐水泥相 同;塑性表面活化的 掺合料(亚硫酸酒精 废液) 0.25%	45分钟	12小时	$R_2 = 300 \sim 600$ 其他期限的压缩 强度与硅酸盐水泥 相同	跟一般硅酸盐水泥相同,用以在 整体构筑物中特别是在水工构筑物 和道路构筑物中,节约水泥,或提 高混凝土混合物的易筑性,或提高 混凝土的强度和抗冻性。
火山灰硅酸盐水泥	硅酸盐水泥(75~ 50%)和活性矿物掺 合料(沉积生20~30 %火山灰40~50%), 少量石膏掺合料混合 物	45分钟	12小时	$R_7 = 100 \sim 300$ $R_{28} = 200 \sim 500$	能用于受淡水作用的构筑物;不 能用于非下构筑物以及温度湿度变 化的条件下。

續表 2

水 泥 名 称	成 分	凝 固 时 期		压縮强度极限 (公斤/厘米 ²)	使 用 范 围
		开始凝固 不早于	最后凝固 不迟于		
抗硫酸盐火山灰 硅酸盐水泥	跟火山灰硅酸盐水泥相同, 但熟料中铝酸三钙的含量不超过 8 %	45分钟	12小时	$R_7 = 160 \sim 300$ $R_{28} = 300 \sim 500$	在腐蚀性水(硫酸水)經常作用的条件下的水下和井下构筑物。
矿渣硅酸盐水泥	硅酸盐水泥(70%)、粒状矿渣(30~70%)、少量石膏混合物	45分钟	12小时	$R_7 = 80 \sim 300$ $R_{28} = 150 \sim 500$	低牌号 ($R_{28} = 150 \sim 250$); 用于基础、混凝土砖和地板、砖砌体和抹灰用的砂浆; 除去位于温度和湿度可变化条件下的构筑物外, 中牌号或高牌号(300~500)用于受淡水 and 弱硫酸水作用的井上构筑物或井下构筑物。
粘土水泥	主要是铝酸钙	30分钟	12小时	$R_1 = 250 \sim 450$ $R_3 = 300 \sim 500$	紧急工程、事故工程和恢复工程; 装配式钢筋混凝土; 受矿物水或二氧化硅作用的构筑物; 耐热混凝土和砂浆; 在整块构筑物中不使用。
石膏矾土膨胀水泥	矾土水泥和天然二水石膏混合物	20分钟	4 小时	$R_1 = 250 \sim 450$ $R_3 = 300 \sim 500$	不透水混凝土和砂浆, 填塞装配式结构的接头, 加强结构, 嵌合管接头。
防水膨胀水泥	矾土水泥、石膏、高碱水化铝酸钙混合物	4 分钟	10分钟	$R_{1,2} = 75$ $R_3 = 300$ $R_{28} = 500$ (水泥砖强度)	隧洞和矿井中的接缝防潮、水管防潮、填塞构筑物裂缝。

續表 2

水 泥 名 称	成 分	凝 固 时 期		壓縮强度极限 (公斤/厘米 ²)	使 用 范 围
		开始凝固 不早于	最后凝固 不迟于		
防水无收缩水泥	矾土水泥、牛水石膏和消石灰混合物	1 分钟	10 分钟	$R_{1\text{小时}} = 50$ $R_{6\text{小时}} = 125$ $R_9 = 250$ $R_{31} = 300$ (水泥砖强度)	在潮湿条件下, 用于隧洞、基础和和其它井下构筑物的防潮的喷浆外层。

注: R —用水泥砂浆(1:3)制成的标准试样经过一定天数压缩时的强度极限, 天数用注脚的数字表示, 例如 R_{28} 即经过 28 天的强度。

不同的使用条件下的水泥砂浆成分

表 3

砂 浆 成 分	使 用 条 件
1:1	填塞石材支架和混凝土支架的裂缝, 用不透水外皮复盖石材支架和混凝土支架的表面
1:1.5	跟 1:1 砂浆成分相同。砌筑支架的易受强水压的部分
1:2	用于矿山压力和涌水量大时的石材支架
1:3	是在一般条件下石材支架和混凝土支架最需要的成分
1:3.5	用于矿山压力不大和无水时的二级巷道的石材支架

泥砂浆的条件，得出一些假定（根据普·姆·秦巴列維奇的資料）。水泥砂浆成分和使用条件如表 3 所示。

5. 混凝土和鋼筋混凝土

混凝土是砌筑矿井密閉最适宜的材料。混凝土一般叫做人工石材，它是由粘結物质（水泥）、水和填充料的混合物凝固而成。填充料可能是細的（砂）或大的（砾石、碎石）。混凝土成分以 1:A:B 的比例来表示，即一容积的水泥，用 A 份砂和 B 份砾石或碎石。

矿井密閉使用重混凝土，其容重为 2100~2600 公斤/米³。

根据水的含量，混凝土可分为硬性的、塑性的和流态的三种，也就是根据砌筑密閉时，在凝固和固結前，混凝土應該具有的流动性（塑性）来区分的。混凝土混合物的流动性决定它攪拌的难易程度和灌筑的难易程度。

混凝土的流动性是用标准圓錐体的坍落度来表示的，圓錐体是在金属模型里制成的。模型中填充三层混凝土。然后，用鉄杆把它攪透搗实，取下金属模型，圓錐体就縮小了。如果圓錐体的坍落度为 0~1 厘米，混凝土就是硬性的，坍落度为 1~15 厘米，就是塑性的，坍落度超过 15 厘米，就是流态的。

硬性混凝土在砌筑时，要求仔細搗实。塑性和流态混凝土通常用以筑成鋼筋混凝土密閉，在这种情况下，搗实条件一般都比較差些。

制作硬性混凝土时，掺水量为干混合物重量的 6~6.5%，塑性混凝土为 6.5~8%，流态混凝土为 8~10%。

惰性材料是填充料，它区分为細的和粗的两种，細的是