

煤矿安全技术

陕西能源职业技术学院
资源与测绘工程学院

情境四 矿井火灾防治技术

课程单元策划设计

任务	相关知识	知识链接	课时
矿井火灾基本知识	(1) 矿井外源火灾 (2) 煤炭自然发火 (3) 煤炭自燃识别	(1) 煤炭自燃性鉴定 (2) 预防煤炭自燃措施	2
矿井火灾预防	(1) 通风防火技术 (2) 阻化剂防火技术	(1) 预防外源火灾措施 (2) 巷道布置和采煤方法防火技术	4
矿井灭火技术	(1) 火风压及其危害 (2) 火灾时的放流控制 (3) 火区管理与启封工作	(1) 矿井灭火方法 (2) 火区管理与启封方法	2

1. 理论（应知）：互动讨论（分学习小组）、案例分析；
2. 技能（应会）：验证性实训、模拟操作训练；
3. 考核方式：任务过程考评

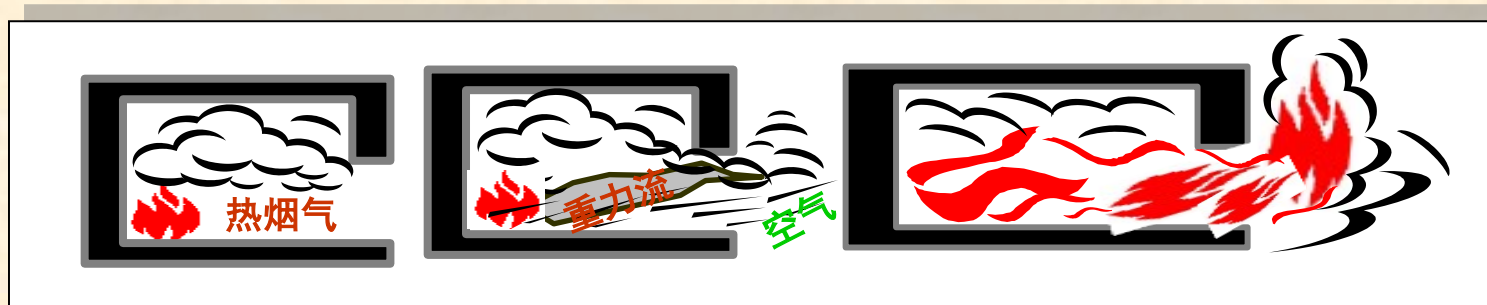
任务3 矿井灭火方法

相关知识

一、矿井火风压的形成

1. 产生气流膨胀力

矿井火灾的火源点或大量火灾气体的作用，使井巷风流受热体积膨胀产生膨胀压力，对上风侧风流形成阻力。



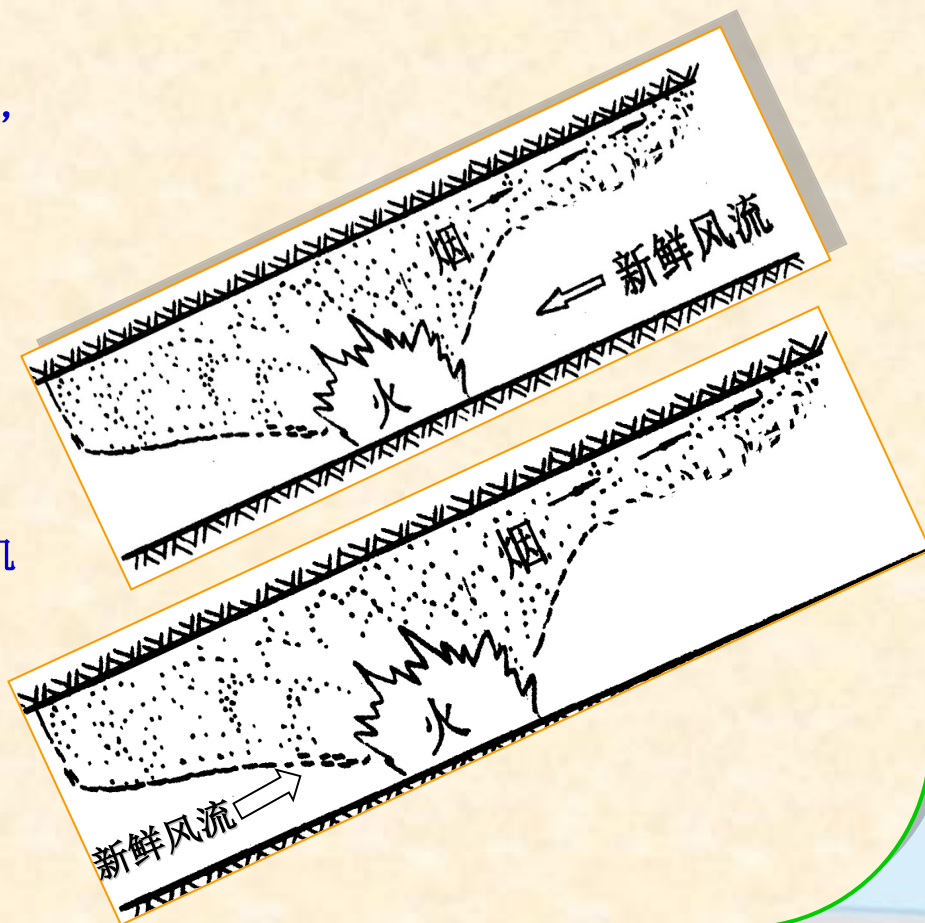
任务3 矿井灭火技术

2. 形成火风压

矿井火灾燃烧生成的热能转化为机械能，形成附加自然风压（即**火风压**），作用于通风网络引起风流逆流。

（1）产生于上行风巷道时，作用方向与主要通风机风压相同；称之为正火风压。

（2）产生于下行风巷道时与主要通风机风压作用方向相反，成为通风阻力，称之为负火风压。



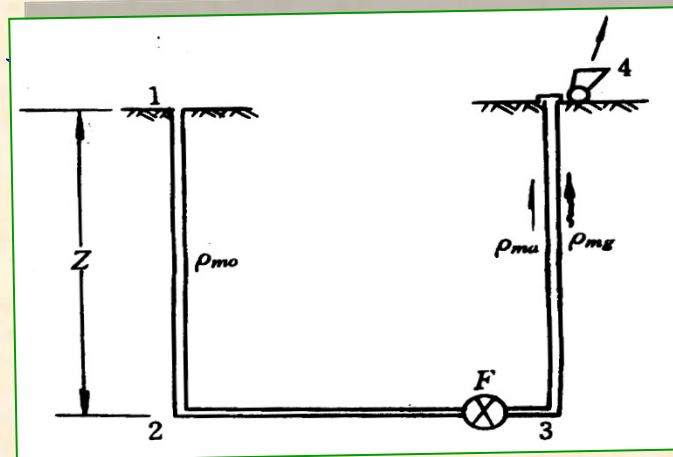
任务3 矿井灭火技术

二、火风压的特性

- (1) 火风压产生于烟流流过的有高差的倾斜或垂直巷道中。
- (2) 火风压的作用相当于在高温烟流流过的风路上安设了一系列辅助通风机；
- (3) 火风压的作用方向总是向上。
- (4) 火风压的大小取决于：烟气流过巷道的高度差 Z 、

火源温度和火源空气密度 ρ 。

$$H_f = Zg(\rho_{ma} - \rho_{mg})$$

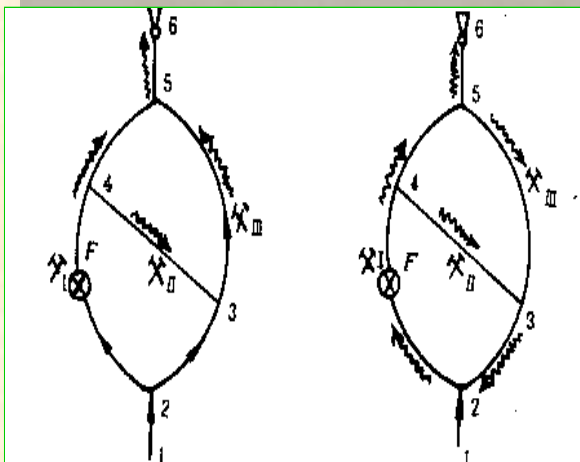


案例：矿井火灾时期风流紊乱原因

1. 发生风流逆转的原因

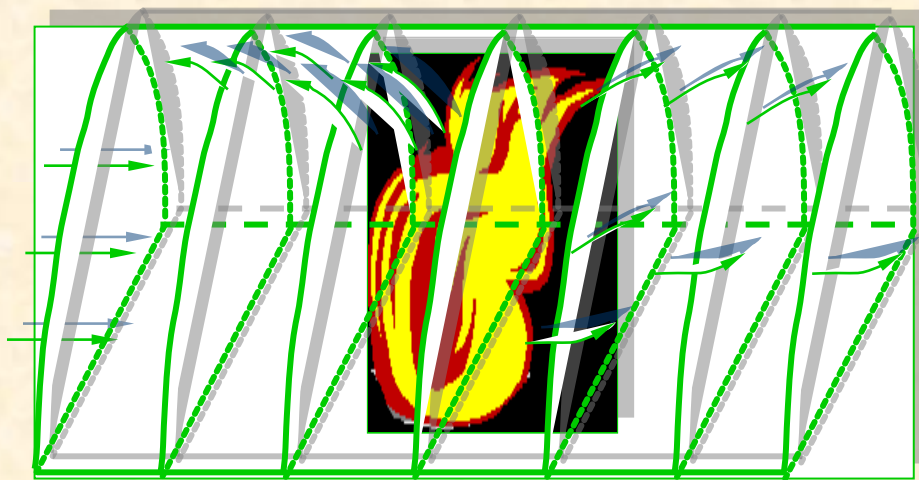
- (1) 火风压的作用使高温烟流流经巷道各点的压能增大；
- (2) 火源下风侧风阻增大（巷道冒顶等原因），导致主干风路火源上风侧风量减小，沿程各节点压能降低。

2. 风流紊乱的形式



旁侧支路风流逆转

主干风路烟流逆转



火烟滚退

任务3 矿井灭火技术

任务实施

三、矿井火灾时期风流控制

（一）控制风流要求及方法

1. 基本要求

- （1）保护灾区和受威胁区域的职工迅速撤至安全地区或井上；
- （2）有利限制烟流在井巷中发生非控制性蔓延，防止火灾范围扩大；



任务3 矿井灭火技术

(3) 不得使火源附近瓦斯聚积到爆炸浓度，不容许流过火源的风流中瓦斯达到爆炸浓度，或使火源蔓延到有瓦斯爆炸的地区；

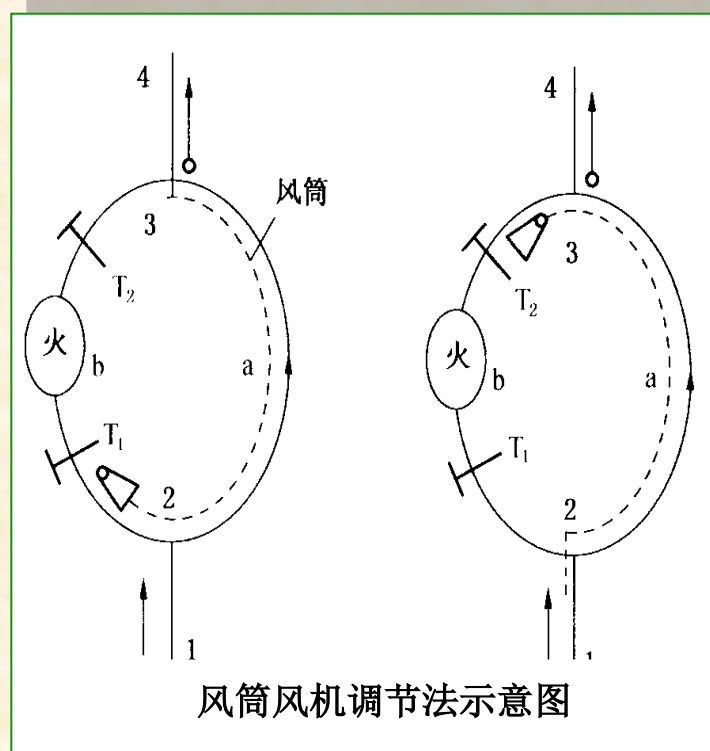
(4) 为救护创造条件。

2. 控制风流的方法

(1) 可以借助于主通风机、局部通风机以及通风装置；

(2) 使用通风设施，如风门、临时密闭和调节风窗等；

(3) 几种结合起来使用。



任务3 矿井灭火技术

(二) 控制风流方法的应用

1. 维持正常通风，稳定风流

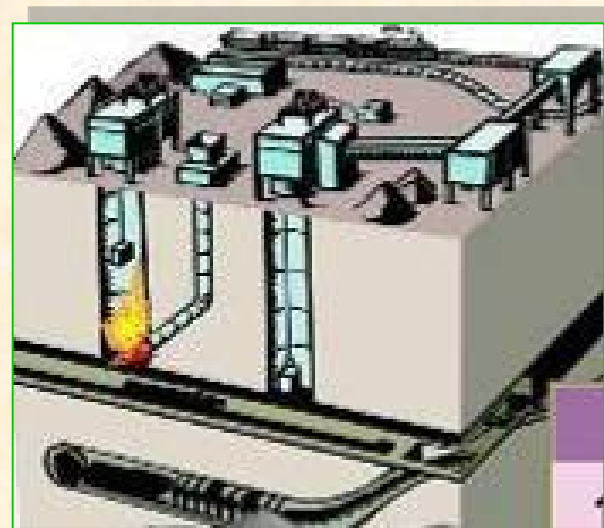
(1) 火源位于采区内部，烟流已弥漫较大范围，井下人员分布范围大；

(2) 通风网路复杂的高瓦斯矿井，采用其他通风制度有发生瓦斯和煤尘爆炸危险，或使灾情扩大；

(3) 火源位于独头掘进巷道内，不能停运局部通风机；

(4) 火源位于采区或矿井主要回风巷，维持原风向有利于火烟迅速排出；

(5) 减少向火源供风抑制火势发展。但应注意的是，减小风量不要引起瓦斯爆炸；若火源下风侧有人员未撤出，则不能减风。



任务3 矿井灭火技术

2. 反风

当井下发火时，利用反风设备和设施改变火灾烟流的方向，以使火源下风侧的人员，处于火源“上风侧”的新鲜风流中。按范围分，有全矿反风、区域反风和局部反风三种。

（1）全矿反风：通过主通风机及其附属设施实现。

（2）区域性反风：在多进、多回的矿井中某一通风系统的进风大巷中发火时，调节一个或几个主通风机的反风设施，实现矿井部分地区风流反向的反风方式，称为区域性反风。

（3）局部反风：当采区内发生火灾时，主要通风机保持正常运行，调整采区内预设的风门开关状态，实现采区内部局部风流反向。

任务3 矿井灭火技术

3. 风流短路

火源位于矿井的主要进风系统，若不能及时进行反风或因条件限制不能进行反风时，可将进、回风井之间联络巷中的风门或密闭打开，使大部分烟流短路，直接流入总回风，减少流入采区烟流，以利人员避难和救护队进行救护。

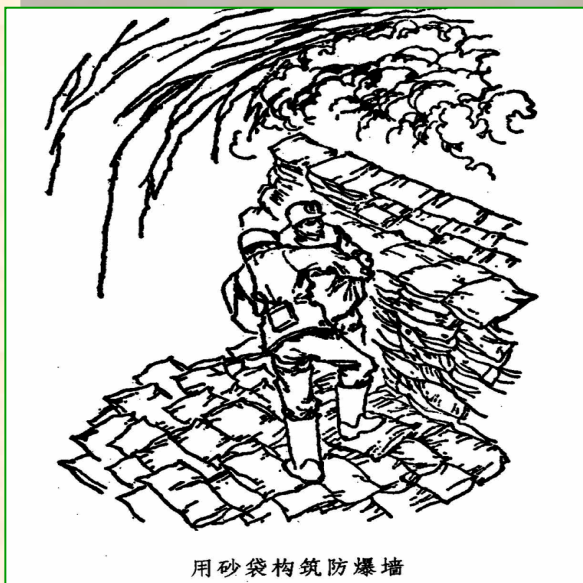
4. 停风机

- (1) 火源位于进风井口或进风井筒，不能进行反风；
- (2) 独头掘进面发火已有较长的时间，瓦斯浓度已超过爆炸上限，这时不能再送风；
- (3) 主通风机已成为通风阻力时。停止主通风机时应同时打开回风井的防爆门或防爆井盖。采用这种通风制度应慎重。

任务3 矿井灭火技术

5. 隔断风流

- (1) 在通往火区的所有巷道中构筑密闭墙，阻止空气进入火区，从而使火逐渐熄灭。
- (2) 火灾发生在机电调室，应采取隔断风流的措施，在进风倒挂风障或在硐室口建临时密闭。



用砂袋构筑防爆墙



任务3 矿井灭火技术

四、矿井直接灭火技术

1. 用水扑灭井下火灾

水灭火作用原理：水枪射出的强力水流 湿润燃烧物，冷却、降温 阻止燃烧。

灭火要求与方法：

（1）灭火时必须保持正常通风，回风道要畅通，以便烟雾和水蒸汽及时排出。不能用水扑灭油类和电气火灾，若用水扑灭时，必须先停电后灭火。

（2）井下灭火时，一定要在火源的上风侧工作，防止高温烟流和水蒸汽产生“热风压”造成风流逆转；水不能直接射向火源中心，以防产生大量的蒸汽灼人，也避免高温火源使水分解为氢和氧，灭火的水只能由外围逐渐向火源中心靠近。



任务3 矿井灭火技术

2. 化学灭火器灭火

灭火作用原理：利用灭火器喷出的化学剂掩盖燃烧的物体，使燃烧物体表面与空气隔绝。

化学灭火器灭火材料：有液体和干粉三种。

化学灭火器灭火要求与方法：

（1）使用时，应尽可能接近火源，先从火源四周向火源中心喷射；扑灭电气设备火灾时，要先切断电源，再喷射泡沫灭火。

（2）手提泡沫灭火器。使用时将灭火器倒过来，其中的碱性溶液和酸性溶液在容器中混合后，产生大量的二氧化碳液体泡沫进行灭火。



任务3 矿井灭火技术

(3) 干粉灭火器：以磷酸铵粉为主药剂的，在高温作用下磷酸铵粉末进行一系列分解吸热反应，将火灾扑灭。磷酸铵粉末的灭火作用是：切断火焰连锁反应；分解吸热使燃烧物降温冷却；分解出氨气和水蒸气，冲淡空气中氧的浓度，使燃烧物缺氧熄灭；分解出浆糊状的五氧化二磷，覆盖在燃烧物表面上，使燃烧物与空气隔绝而熄灭。常见的干粉灭火器有灭火手雷和喷粉灭火器。

3. 用砂子、岩粉灭火

利用砂子（或岩粉）直接撒在燃烧物体上能隔绝空气，将火扑灭。通常用来扑灭初起的电气设备火灾与油类火灾。

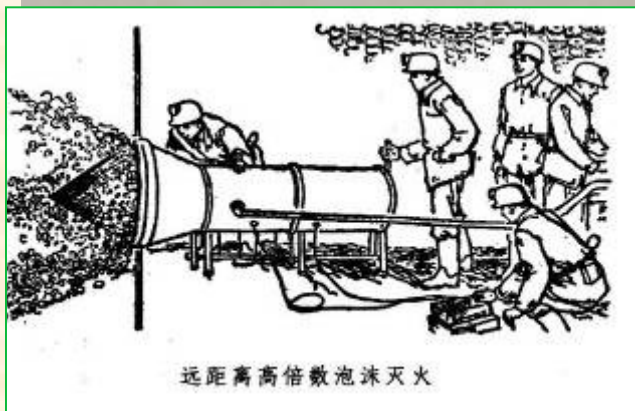


任务3 矿井灭火技术

4. 高倍数泡沫灭火系统

灭火原理：用通风机将空气液体泡沫推向火源与火焰接触，泡沫水分蒸发吸热，起冷却降温作用；大量的水蒸气使火源附近的含氧量降低；泡沫本身是一种很好的隔热物质，可以隔绝燃烧物与空气接触，起封闭火区和窒息燃烧作用。

形成过程：泡沫剂→引射泵→高压水管与水充分混合形成均匀泡沫溶液→喷射器喷→锥形棉线发泡网→扇风机强力吹风→连续产生大量泡沫。



任务3 矿井灭火技术

4. 高倍数泡沫灭火系统

优点：（1）灭火威力大，速度快，可在远离火源的安全地点灭火；（2）水量损失少，灭火后恢复工作容易；（3）成本低，无毒、无腐蚀；

适用条件：（1）可扑灭固体火灾和油类火灾；（2）在切断电源的情况下，也可扑灭电气火灾。
（3）可在水平巷道和倾斜巷道的有限距离内发送泡沫，在倾斜巷道内可由上而下发送泡沫，也可由下而上发送泡沫灭火。

注意事项：（1）遇有隐蔽火源时，在泡沫扑灭明火后，还应及时消除隐蔽火源；

（2）掌握发泡装置的性能，熟练操作，保持设备处于完好状态；

（3）启动时先供泡沫液后供风，停机时先停风后停供破门液；还应将风机入口封堵防止向火区漏风；

（4）在瓦斯矿井中，在发泡前先开动风机，将火区瓦斯排出后再发泡，在发送泡沫时仍应加强观测瓦斯，防止发生瓦斯爆炸。

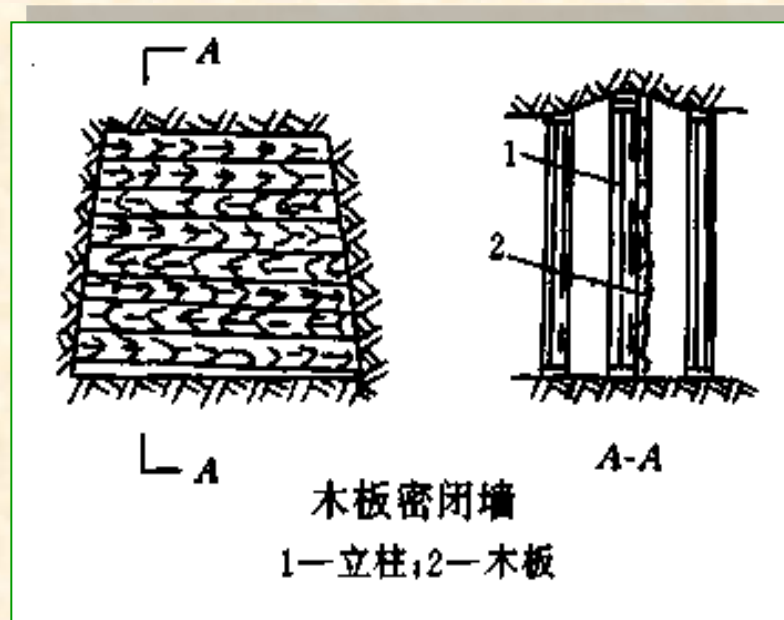
任务3 矿井灭火技术

五、矿井火灾隔绝灭火技术

应用条件：当火源不能直接将火扑灭时，为了迅速控制火势，使其熄灭，可在通往火源的所有巷道内砌筑密闭墙，使火源与空气隔绝。

1. 密闭墙的构造

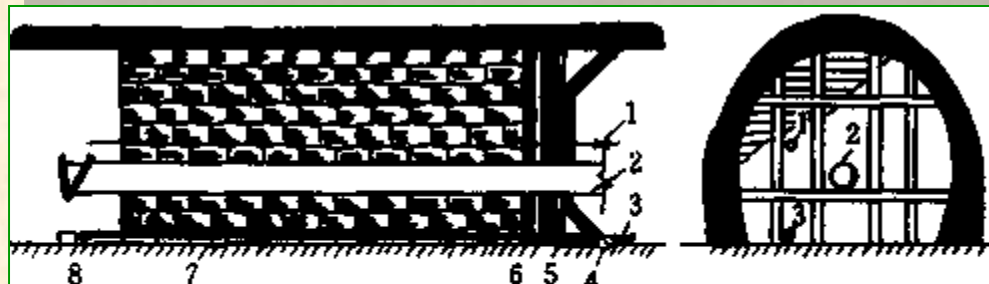
（1）临时密闭墙：为阻止火灾蔓延，在火源上风侧一般用风筒布或木板建筑临时密闭，暂时阻断风流。



任务3 矿井灭火技术

(2) **防爆密闭墙**：火区有可能发生瓦斯爆炸危险时，为保证建筑永久密闭的安全，用砂子、黄土、岩粉、炉灰等装入麻袋构筑一道5～6米厚的防爆墙。

(3) **永久密闭墙**：用料石或砖建筑永久性火区封闭的密闭墙。永久密闭墙的位置应选择在压力小、无裂缝、无空顶空帮，并尽可能靠近火源的地方建筑；并在密闭墙的上部应安设取样管和注浆管，下部安设放水管。



砂袋防爆密闭墙

1—采样管；2—通过筒；3—放水管；4—加强柱；
5—木板；6—立柱；7—砂包；8—过滤头；9—密闭盖

任务3 矿井灭火技术

2. 井下火区封闭方法

（1）先封闭进风侧，后封闭回风侧：低瓦斯矿井火区，可在新鲜风流中建筑密闭墙，先封闭进风侧，快速隔断通向火源的风流，控制住火势。

（2）先封闭回风侧，后封闭进风侧：此方法，能提高火区内的绝对压力，对瓦斯的涌出有抑制作用。但须在高温烟流环境中构筑密闭，所以密闭构筑困难一般不采用。

（3）火区进、回风侧同时密闭：在火区的进、回风两侧同时建筑密闭墙，墙上各留一个小孔口，以保持火区内的通风，防止火区中的瓦斯积聚。最后封闭两侧小孔口时，必须按照事先约定的时间同时进行。封孔口时，必须动作迅速，封完后人虽要立即撤到安全地点。

任务3 矿井灭火技术

3. 井下火区封闭安全防护要求

火区封闭工作必须由矿山救护队担任，同时应有专人随时观察、检查瓦斯和各种有害气体的浓度变化，如瓦斯浓度不断增高，有爆炸危险时，应立即停止密闭工作，迅速撤出人员。

六、矿井火灾综合灭火技术

1. 灌浆综合灭火

通过火区密闭墙上的灌浆孔，向发火区内注泥浆，并形成泥浆防护带，加速灭火。

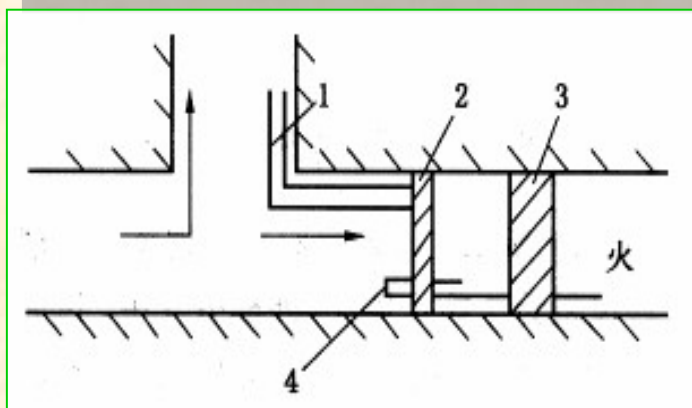
2. 惰性气体综合灭火

通过密闭墙上的充气孔，向发火区内充入惰性气体（ N_2 、 CO_2 ），加速火焰熄灭。

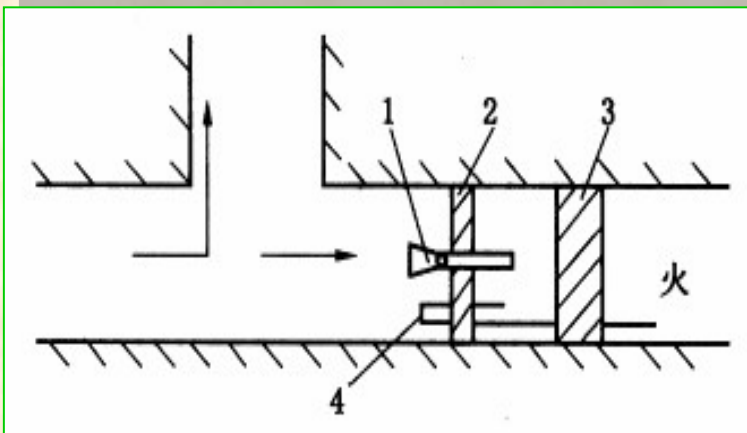
任务3 矿井灭火技术

3. 调节风压综合灭火

通过封闭火区外侧密闭墙上设置的调压管或调压风机，使火区密闭墙内两端压差接近于零，减少或杜绝向火区的漏风，加速火焰熄灭。



1- 调压管； 2- 辅助密闭； 3- 密闭； 4- 压差计



1- 风机； 2- 气室密闭； 3- 永久密闭；
4- 压差计

任务3 矿井灭火技术

七、井下火区的管理

1. 绘制火区位置关系图、建立火区卡片

（1）火区登记表：火区登记表中应详细记录火区名称、火区编号、发火时间、发火原因、发火时的处理方法以及发火造成的损失，并绘制火区位置图。

（2）火区灌注灭火材料记录表：火区灌注灭火材料记录表用于详细记录向火区灌注黄泥浆、河砂、粉煤灰、凝胶、惰泡、惰气以及其它灭火材料的数量和日期，并说明施工位置、设备和施工过程等情况。

任务3 矿井灭火技术

(3) 防火墙观测记录表：防火墙观测记录表用于说明防火墙设置地点、材料、尺寸以及封闭日期等情况，并详细记录按规定日期观测到的防火墙内气体组份的浓度、防火墙内温度、防火墙出水温度以及防火墙内外压差等数据。

2. 火区检查观测与日常管理

(1) 每个防火墙附近必须设有栅栏、提示警标，禁止人员入内，并悬挂说明牌。说明牌上应标明防火墙内外的气体组分、温度、气压差、测定日期和测定人员姓名等；

任务3 矿井灭火技术

(2) 定期测定和分析防火墙内、外的气体成分、温度和压差以及防火墙的破损变形情况等，应每天至少检查一次，发现防火墙内外气体成分、温度、压差有异常变化时，每班至少检查一次；

(3) 所有测定和检查结果都必须记入防火记录本中，并及时绘制随时间变化的曲线图。这些数据图表，矿通风部门负责人要按时审阅，发现问题必须采取措施，及时处理，并报矿有关领导。



任务3 矿井灭火技术

八、封闭火区启封

1. 火区火熄灭条件的判别

- (1) 火区内温度下降到 30°C 以下，或与火灾发生前该区的空气日常温度相同；
- (2) 火区内的氧气浓度降到 5% 以下；
- (3) 火区内空气中不含有 C_2H_2 、 C_2H_4 ，CO 在封闭期间内逐渐下降，并稳定在 0.001% 以下；
- (4) 火区的出水温度低于 25°C ，或与火灾发生前该区的日常出水温度相同；
- (5) 以上四项指标持续稳定的时间在 1 个月以上。

任务3 矿井灭火技术

2. 检测判定火区熄灭注意问题

- (1) 火区内空气的温度、氧气浓度、CO 浓度，都应在大气压力稳定或下降期间于回风侧防火墙内或钻孔中测取，并以最大值为准；
- (2) 火区的出水温度应以火区所有出水的防火墙或钻孔中出水的最大温度为准；
- (3) 在上述地点测得的指标，应保持连续测定时间不少于 30 天，每天不少于 3 次。

工作案例： 矿井火区启封

1. 锁风启封火区

适用：火区范围较大、难以确认火源是否彻底熄灭或火区内存积有大量的爆炸性气体的情况。

方法：先在火区进风密闭墙外 5 ~ 6m 的地方构筑一道带风门的临时密闭（“风闸”），并在两道密闭之间储备足够的水泥、砂石和木板等材料，然后，救护队员佩带呼吸器进入风闸内，将风门关好，形成一个不通风的封闭空间。这时，救护队员可将原来的密闭打开，进入火区探查。确认在一定距离的范围内无火源后，再选择适当的地点（一般可距原密闭 100 ~ 150m ，条件允许时也可到 300m ）构筑新的带风门的密闭。新密闭建成后，就可将原来的密闭打开，恢复通风、处理和恢复巷道。如此重复，一段一段地打开火区，逐步向火源逼近。

安全要求：启封的过程中，应当定时检查火区气体，测定火区气温，如发现有自燃征兆，要做出及时处理，必要时重新封闭火区。

工作案例： 矿井火区启封

2. 通风启封火区（一次性打开火区）：

适用：火区范围较小并确认火源已经完全熄灭的情况下。

方法： 启封前要事先确定好有害气体的排放路线，撤出该路线上的所有人员，然后，选择一个出风侧防火墙；首先打开一个小孔进行观察，无异常情况后再逐步扩大，直至将其完全打开，但要严禁将防火墙一次性全部打开。打开进、回风侧防火墙后，应采用强风流向火区通风，以冲淡和稀释火区积存的瓦斯。为确保安全，启封火区时，应将工作人员撤出，待 1 ~ 2h 后，若未发生爆炸和其他异常情况，准备好直接灭火工具，选择一条最短、维护良好的巷道进入发火地点，进行清理、喷水降温、挖除发热的煤炭等工作。

安全要求：通风启封火区的过程中，应经常检查火区气体，如有异常情况应及时处理。