

煤矿科学技术论文选

# 水沙充填



煤炭工业出版社

步  
充  
填

煤矿科学技术论文选

煤  
炭  
工



00221

224

25

煤 矿 科 学 技 术 论 文 选 1

# 水 沙 充 填

王 泳 嘉 译

煤 炭 工 业 出 版 社

## 內 容 提 要

本書選譯了波蘭有關水沙充填的十三篇論文。文中對水沙充填設備容易發生的事故、水力旋流器及壓縮空氣分離器在水沙充填中的應用、水沙充填費用的經濟分析等等都做了詳盡的論述。也闡明了改進充填技術及使水沙充填現代化的方向。本書可供煤炭工業部門的廣大科學研究工作及工程技術人員參考。

1213

煤礦科學技術論文選

水 沙 充 填

王 泳 嘉 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証出字第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5 $\frac{1}{10}$  字數115,000

1959年8月北京第1版 1959年8月北京第1次印刷

統一書號:15035·889 印數:0,001—2,500冊 定價:0.97元

## 出版說明

为适应煤炭工业部門科学研究工作者和工程技術人員的需要，我們將陸續出版“煤矿科学技術論文选”，就不同的專題从苏联和其他国家的書刊中选择对我国教学研究和生产建設具有实际参考价值的論文分輯出版。同样也編选我国同类性質的学术論著。

本書选择了有关波兰水沙充填的論文十三篇，其中前十一篇譯自1955—1957年波兰“采矿評論”月刊，后两篇是从1957年波兰采矿研究总院的第195期院报节譯的。

本書的前六篇論文闡述了有关水沙充填方面的技術性問題，如水沙充填設備的事故、充填材料的沉縮性、长壁工作面的加壓充填等等；七、八两篇則專門从水沙充填的經濟方面做了詳尽的分析；最后五篇着重闡明改进充填技術及使水沙充填現代化的方向，如水力旋流器及壓縮空气分离器在水沙充填中的应用、設計水沙充填設備应注意的問題等。

## 目 录

### 出版說明

煤矿中水沙充填設備的事故·····	3
充填材料的沉縮性·····	16
充填水枪的工作·····	30
水沙充填与火灾进行斗争·····	38
水沙充填采煤的掏槽工作·····	50
长壁工作面的加压充填·····	67
水沙充填費用的經濟分析·····	82
使用水沙充填的經濟限度·····	88
設計充填設備应注意的問題·····	96
发展水沙充填的問題·····	119
水沙充填現代化工作中的几个試驗·····	128
水力旋流器及压缩空气分离器在水沙充填中的应用·····	141
进一步研究水沙充填的方向·····	152

# 煤矿中水沙充填设备的事故

硕士研究生 M. 斯柯帕

**[内容概要]**: 本文的目的是对煤矿中水沙充填设备的事故问题提示出总的概念, 概略地分析事故发生的原因, 其所导致的危害以及提示出防止的方法及手段。

## 引 言

在煤矿中与运行中的设备及机器所发生的事故进行的斗争, 应区别如下:

1. 直接与落煤、装煤、运输及选煤有关的机器和设备, 由于它们所发生的故障而使工作停歇, 并大都将立刻直接使煤的产量减少。

这些机器及设备, 例如: 截煤机、联合采煤机、运输机、电机车以及筛分设备突然停止运转而造成的产量方面的损失是很明显的且易于计算出来。按照井上为某类型机器或设备制定的方案, 对所适合的机器或设备主动进行预防检查能大大地减少发生事故的数, 使事故成为偶然的情况, 这样就大大地减少了在这一项目下的生产损失。

2. 水沙充填设备发生事故所造成的另一种损失, 在工作进行中产生突然的意外的间歇, 这种事故大都并不直接立刻反映在矿井的生产上面。

由于这种情况而使矿井遭受到的损失及损失的数量并不是马上能见到的, 而是或早或晚的在采矿业务的不同区段中显现出来。在这一项目下的损失实际上很难或者是不可能进行计算的。

## 水沙充填設備发生事故的原因

在矿井中进行充填时所发生的意外的停歇通常是由充填管子的堵塞所引起的，但其原因不同，这就是：

1. 搅拌由贮沙仓来的充填材料不均匀而使混合物的水沙比变化很大，在当水沙比特别小时，即当充填混合物过浓时，这能导致管道的堵塞。

2. 在搅拌充填材料时，突然停止供水，将使管道堵塞。供水的间断多半是由于对压水到喷嘴或水枪的水泵供电的间断所引起的。

3. 另一个能引起堵塞和在冲刷时常常出现的原因，是在充填材料中混有树根，过大的石块，过量的粘土以及其它偶然在充填材料中能够发现的东西。管道的堵塞也可能是由于过量的大粒材料所引起的，即使其大小按沙子的比例是允许的，例如，石砾和碎石。

4. 充填管道由于磨损而逐渐降低强度。在进行充填时，在管道中压力的影响下致使因磨损而减弱的管子或弯头崩坏。这种情况都使得充填混合物在管子损坏的地方起直到其下部出口止的一段中停止流动。因此整个这一段管子就被堵住而不流动，而充填混合物则在其停止供应前流到该平巷或斜巷中去。

5. 由于使用不合适的垫料，或联接本身不正确而造成的接头上的不严密性，同样也能导致管道堵塞。

一般所使用的纸料垫圈在潮湿的影响下腐烂并失去其在压力作用下的抵抗力。这也是由于下面的情况所造成：管子的联接特别是采区管道的联接不正确，即对法兰盘两管子的联接并未用其所有的螺丝扣（例如，直径150公厘的管子并不以6个螺丝扣相连接，而是以3—4个螺丝扣相连接）。在这种条件

下，在管道中压力增加时使得在一系列接头上的垫圈同时崩裂，因此就多半流出混有少量沙子的水。

然后，在管道中的充填混合物遂浓缩而使其堵塞。

6. 在管道中形成空气袋也能导致堵塞，例如由于接头的不严密而压缩空气由固定空气袋往外突然涌出。

7. 在结束或开始充填时，应清除管道中所余留的充填材料如没有很好地冲洗管道，则可能发生管道堵塞。

8. 其它还有很多使管道堵塞的原因，例如充填滞缓，这在看管经验不足时是会发生的。又例如由于平巷冒顶，安装不善而致打坏管道等等。

根据今年上半年使用水沙充填已久的十几个矿井的充填区的报告，在使用较好的材料时，由某种原因所引起的管道堵塞，约在每混合12000立方公尺充填材料时发生一次。

为了正确说明问题还需要指出：矿井所做的报告对于充填事故发生的程度说得非常笼统，并不是很好地分析某一次管道的堵塞是由于何种原因。这些报告中仅能一般的提出：大部分堵塞是由于管道本身的原因，即其破裂及接头不严密。

### 充填事故造成的危害

上述地下采矿业务中的事故造成各种不同的危害如下：

1. 每次突然及意外的停止供应充填料到充填巷道如工作面及仓洞的情况，都将打乱每个工序在顺序上及时间上预先安排好的按计划进行的工作循环。很显然，象水沙充填这样的循环工序进行的情况，则在这种条件下，特别是在工作面上，同样会造成产量的不足，以及循环所包括的多工序组合的不可避免的生产率的下降。

在循环计划中，与机器和设备相反（例如截煤机、链板运



輸機等等)，充填造成某些矿井不能大力依靠的因素。因机器若能妥善安排預防检查，如前面所已經指出，机器及設備的事故发生能够减少到极少。

对于充填事故所引起的危害，其原因还有因使用了某些不許可的充填方法。預防管道堵塞（除因粗枝大叶及不好的愿望外）常常用这种方法：为了不使管道中的压力增高以致管道崩裂及堵塞，所以提前停給充填料，即致密地充填。特別在充填近于水平的巷道或者还有沿上山充填的斜巷时，会剩有体积很大的沒有充填滿的空間。此时如果不将在管道中的压力提高到一定的高度，以克服充填剩余空間的阻力，則充填效果是不会很好的。

在用水平分层开采水平及傾斜的煤层时这样的例子可以找到。在这种煤层中，特別是在用仓洞采煤法时将支架部分回收，这样就使得頂板失去支撑，而上部分层在某种范围内的沉降过程的进行，如图1a、1b上举出的，用两个分层开采水平煤层的示意图所表示的那样。

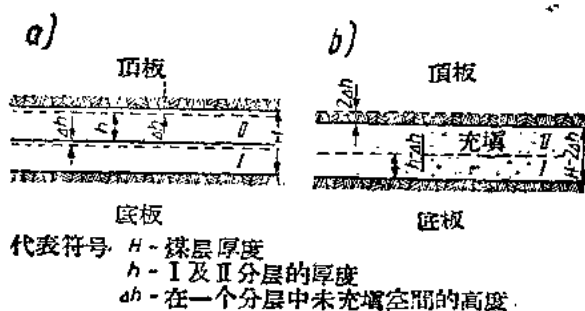


图 1 水沙充填水平分层开采煤层的断面图

此例在每个分层中都沒有致密地充填。

設未充填空間的高度  $\Delta h$  对于两个分层都是一样的，則在

厚度为 $H$ 的煤层最后采完时所充填的高度只有 $H-2\Delta h$ ；分层Ⅱ以及頂部分层沉降下的空間为 $2\Delta h$ 。

很容易想象：在不致密的充填不能支撐頂板时，煤层的上部分层（及頂板）沉降到未充填空間的过程很激烈，而破坏大大波及到煤层内部且随每一后续分层而加剧。即使不留有未充填的空間，在每一种开采煤层的情况时，由于充填材料的沉縮性上部分层的沉降还是不可避免的。

設总的沉降量为 $\Delta H$ ，而对上例而言，由于充填沉縮性的沉降量为 $h_s$ ，則得到：

$$\Delta H = h_s + 2\Delta h$$

在上式中 $h_s$ 之值依充填材料种类的不同而在一定范围内变化，且 $2\Delta h$ 之值則可以用致密的充填使其完全消除。如果充填后将頂板支撐得很好，則頂板由于充填沉縮性而产生的不可避免的沉降过程会大大地得到緩和。所以對於矿井日常的开采工作而言，致密的充填基本上較充填沉縮性起更大的作用。

实际上，上面所討論的預防充填事故的方法其結果将在不久的将来引起如下所述的有害后果。

2. 由于在煤层中产生裂縫及总的减弱其粘結性，所以在采第二及以上的分层时，如在上述的例子中，需要更坚固的支架和使仓洞及条帶（在用长壁开采时）减窄。同时随着开采每一个上部分层而使开采条件及工作人員的安全状况恶化，使工作人員的生产率减低。

3. 煤层的破坏导致了发生地下火灾的不良条件。如所周知，在使用水沙充填的矿井中，水沙充填用作与地下火灾作斗争的手段，因而在进行充填火区时的突然的中断是非常危险的，因为灭火作用的可靠性与充填是紧密相关的。实际上在消灭地下火灾时，这种情况的情况是屡見不鮮的。这可解釋如下：因

为煤层的某一火区只有在用致密的充填时才见效，而为了达到所要求的結果，必須要冒险提高在管道中的压力，但这并不是永远合乎理想，且有时会导致管道的崩裂及堵塞。

4. 每一次充填管子的崩裂或在接头处垫圈的破裂，以及每一次堵塞管道的穿通，都将使充填料无控制地流到这些安設充填管子的巷道中去。这使得运输道淹没，因而妨碍了运输以及使平巷被沙子弄脏。

所以在不經常清扫平巷的矿井中，发生事故在很多情况下平巷为沙所阻塞，甚至使該安設管子的平巷几乎被全部充填滿。这样的平巷主要用来做通风道及运输材料。在某些情况下，由于平巷通风的自由断面过分的缩减，由上述原因而破坏了矿井或采区的通风系統。

在被沙子所弄脏的平巷中，軌道运输实际上是受到阻碍的，而材料，主要是坑木的运输則用人力来扛运。这工作是非常繁重且生产率极低。在这种条件下控制和維護充填管道以及平巷本身是特別困难或者甚至是不可能的。

5. 巷道被沙弄脏后使得地下工作的設備有很大的損失。在用沙子充填的分层下，机械設備特別是工具如螺絲、閥門、垫圈等会大量丢損。其它的物品，如充填管和压气管，鉄軌等以及較小的机件如电鑽、溜子的电动机、小的提升机、局部扇风机等，則会埋在沙子下面，有时因時間較长，而在找回后，这些机器若不加以修理是不能使用的。

6. 还需要提醒一下：在某些矿井中，为了防止管道堵塞而有应用較稀的充填混合物的傾向，这种較稀的充填混合物，較之在同样条件下根据布德雷克教授的公式所計算得到的最优水沙比要高得多。用这种方法时并没有利用該充填設備的最大的通过能力，且引入矿井以过量的水以及延长了充填的时间，

这就使得进行充填的费用提高。

上述由于充填设备的事故所造成的危害情况很多，而在多年来使用水沙充填的矿井中是相当普遍的。

### 充填设备事故的预防

将依次讨论有关预防上述事故而提出的下列意见及提議。

1. 精确控制这两个成分，即水与沙，就可使由于充填材料搅拌不匀所引起管道堵塞的情况减少，或者甚至全部消除。现在所应用的由管嘴和水枪喷出的压力射流直接作用在貯沙仓沙子上的冲刷的方法，并不在这方面提供任何绝对的保证。

为了得到对给定条件要求固定水沙比的充填混合物，现有的貯沙仓应当装备以能精确控制和调节水沙体积的附属设备。这样的设备应在最少的人力参与下尽可能自动地作用。

这种精确调节控制的要求并不仅止于预防管道的堵塞，且还有在最大限度利用充填设备能力的更大的意义。搅拌方式的这种改进，从很多方面看来，对于整个井下业务是有非常重要的意义的。

事实上，这个要求的一方面，为解决这个问题在实际上，特别是在精确供给充填材料上，可能碰到与对现有的貯沙仓使用上述设备有关的技术上的困难，而在另一方面，则这个问题是很重要的，在这方面所进行的基本的研究充分地证明了这一点。因此，对工程师J. 格兰克和工程师H. 洛尔克关于冲刷设备及用这种设备尽可能在更广泛的范围内所进行的试验应予注意。

2. 在由喷嘴或水枪喷出的水流由于某种原因而突然中断的情况下，连续供水给充填管道的問題，就要求在附近设置容量大小約 100 立方公尺的經常充滿水的蓄水池。搅拌用的水流中

断时，应当立刻由蓄水池直接供以同量的水流到管道中去。現在經常使用的蓄水池，其中的水流由充填水枪噴出。然而，在实际工作中不止一次地表明了：由于迟开了蓄水池的閘門就会使管道堵塞，因此，为了安全起見，在不断供水給管道的水枪中断其作用时，应当尽可能不用充填水枪而自动地开启相应的蓄水池。这个問題将不难解决。

3. 为了預防由于在充填材料中混入树根、过大的石块等异物而发生的管道堵塞，只要用仅能通过沙子中所含的为給定的管道直径所允許大小的混入物的篦子及篩子，就可以很有效地将其从充填材料中分离出来。

事实上，在攪拌充填材料的所有情况中都是用了篦子及篩子的，而从另一方面講，在目前的情况下，这些設備并没有在足够程度上完成其任务，因为根据管道穿通的情况可以得到結論：由于混入异物而造成的堵塞是很多的。

在这方面可能的技术改进将不会复杂和費錢，这种改进可以从詳細研究了所有使用水沙充填的矿井的現狀后开始。

4. 因为充填管道由于磨損逐漸失去强度而最后导致崩裂，这只有經常有系統的检查管道，才能完全避免这种事故，或者使其減到极少。实际上，检查管道的抗拉强度可以用很簡單的水柱靜压力的方法来进行，例如，在封閉的水平管道的一端用垂直管道由地表引入水，直到水柱高在水平管道中造成所需的检查压力时为止。

因为給定的管路大部分服务于在垂直方向不同的、有时为相距很远的水平，所以整个管道系統需要分段分水平地进行检查。

在图 2 上所举例的为管道網路的簡图，則整个系統的检查可能以三种垂直，傾斜段与水平段的組合来进行，各段在检查

时的順次联接为:

1. I + II
2. I + II + III + VI
3. I + II + IV + V

例如, 为了检查第一組而在封閉的水平管道II的一端联上压力計, 然后引水入管道I, 直到使其能达到所需的检查压力, 如20大气压(这相当于200公尺高的水柱)时为止。与此同时, 另外的检查者则检查这二条管道的情况。在个别的管子与弯头破損以及接头不严密的情况下, 则在停水后馬上换掉破損的构件和垫严接头。在修理完后, 为可靠起见, 并最后确証管道有承受所要求的静压力的强度, 可以重复一次检查的过程。

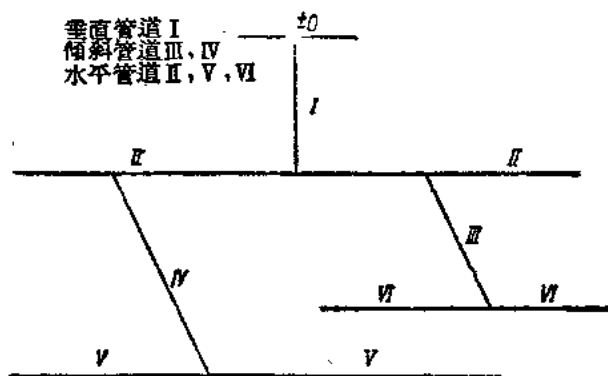


图 2 充填管道的系統图

对于第二、第三組的检查也以相似的方法进行。需要指出: 在两个管道以同一联合的过程用静水压力为20大气压来检查时, 只对于水平管子II有效, 而对于垂直管子I是无效的, 因20大气压的压力在其上部出口随高度的增大而减小。

为了进行正确的及在技术意义上尽可能詳尽的检查, 可将垂直管道I分成逐一检查的很短的段。由于經常进行这样詳細的检查, 在有一条垂直管道时在生产矿井的条件下是很費事的。所以实际上, 根据垂直管道长度的不同或者完全不用这种

方法，或者在长管道时認為：管道仅在一定压力范围内，例如10—20大气压，即以100公尺长的段来检查。上述意見原則上对于傾斜管道也是适用的，根据傾斜角度的不同，在同一垂直高度时，管道的长度較之垂直管道有相应的增加。

假定对于傾斜管道所采用的水柱的靜压力和对于垂直管道I一样，而为10—20大气压，則在实际上最經常发生的情况时为：用同一联合的过程可以同时检查傾斜及水平的管道，即III + IV或IV + V(图2)。

为了不使在进行充填时管道发生故障，而确定应当重复进行一次管道检查的正确而詳尽的标准这工作是很繁重的，甚至在生产矿井的条件下是不可能的。因此，在实际上，仅以通过充填材料的数量及为检查而采用压力大小来决定，而管道的一般状况是以感觉来估計的。在多年来用上述检查方法的具体情况中，对于多少使用过的管道網路，在其所用的水平段为20大气压，在傾斜段为10大气压时，每通过10万立方公尺要重复一次检查。

至于需要用多大的压力来进行管道的检查和隔多久需要重复检查一次，則可以遵循这样的原則：对于使用已久的管道，則以較低的压力而較頻繁地重复检查，否則反之。因此，可以大致采取：在通过給定的管道5万到10万立方公尺充填材料后，以10—20大气压的压力重复进行一次检查。

事实上，上述检查方法就精确的技术意义而言，并不是最好的，但在另一方面长期来应用这种方法的实际表明：它是很經濟的；除了极少見的情况外，基本上消除了管道的堵塞、崩裂及接头的不严密性；同时減少了某些从事充填的人員，因为进行了管道的检查就不需要在充填时經常观察管道了。借助于压力計及电话而进行的检查过程是很简单的，占用很少的时间，且并不要求具有特別技能的人員。

5. 在充填管道中接头严密性的良好的保証取决于其正确的連接，所用垫料的种类以及接头本身的种类。

有滑面的法兰盘的管子应当用給定直径所需的所有螺絲相連接。一般所用的紙質垫料应当仅限于用在需要經常拆卸的采区管道中，而为了保护易受潮的硬紙料垫圈，需要浸漬以适当的防腐劑(例如焦油)。与此有关的手續是很簡單而价錢便宜，且可以順利地直接在矿井中做。

至于說基本上經常設在同一条巷道中的主要管道，則这时就用較普通硬紙料垫圈有較大机械强度及較大抗湿性的垫圈。在适合的工厂中制造这种垫料是不会有什么困难的。

在法兰盘为相嵌連接时，則垫料的問題就成为另一个样子了，这时嵌在槽縫中的垫圈并不象在有滑面的法兰盘时那样易于脫出。在这样連接时硬紙料垫圈更能耐潮，而在如上面那样将其浸漬以防腐劑后，則更可使用得长久。

这时，在某种程度上能允許管子的連接(特別在傾斜段)并不用所有的分布在法兰盘上的螺絲相連接，而仅用其半数相連接。要是用另一种絲扣連接时則就会脫开。充填时在沙門后的一段管道中，在其为相嵌連接时，可以完全不需要用垫圈也行。

由于第4及第5节中講到了检查接头严密性及管道强度的問題，很合理地有了在管道出口处检查压力的要求，特別是在給定采空区的充填快結束的时候，压力不应超过所許可的限度。这样在一方面可使充填致密以及防止在出口处产生可能使管道损坏与堵塞的过高的压力。根据实际的經驗，在出口处大致的压力可以取在3—5大气压的范围。

6. 由于接头不严密以致空气突然由“空气袋”跑出而造成的管道堵塞，可以用加强检查接头严密性的办法在很大程度上得到减少，这在上面已經講过了。



## 对今后的意見

至于說到上面約略地分析过的由于充填事故所引起的危害，要是仅把矿井本身看作生产企业，則如果这种危害并不超过由于其它设备及采矿机器的事故所引起的损失，其在經濟意义上的大小是可以相比拟的。

与充填事故作斗争的問題，不但就其本身來說对于矿井的业务是非常重要的，而且由于在其它的矿井中日益广泛地应用水沙充填，以及开采在西里西亚的城市及村鎮下面的煤藏而更显得极为重要。

所以在所涉及的領域内进行改进和寻找預防的手段的研究及試驗，就是非常现实和应当立刻开始的。因此，提出以下的建議：

1. 应当建議矿山充分地利用布德雷克教授的有关水沙充填混合物在管道中运动的理論的著作。

2. 应当責成使用水沙充填的矿井进行統計，其中順便說到，应当很好地报告关于管道堵塞的頻数及原因，因为現在在矿井的报告中，在这方面所进行的記錄缺乏精确和可靠的数据。

3. 在最近的将来，应当責成矿井进行前面所討論过的管道的系統检查，这样就消除了一个使管道堵塞的主要原因，以及进行在管道出口处控制压力的致密的充填。

4. 应当开始进行考虑到技术改进的研究工作，特别是涉及地表的冲刷工序，例如，配制充填混合物，分离出混入充填材料的异物等。并且还应当考虑到：在水沙充填的領域中有那些众所周知的合理化建議者的想法（例如，工程师 J. 格兰克和工程师 H. 洛尔克的以及可能还有其他作者的），或者可以在