

水沙充填采煤法

丁達編著

煤炭工业出版社

內 容 提 要

水砂充填采煤法是厚煤层主要开采方法之一。我国抚顺煤矿已多年采用这一方法，积累了不少經驗。阜新、辽源、鶴崗、扎賚諾爾等煤矿也先后以不同的規模用这一方法开采厚煤层。新汶煤矿目前正在用这一方法进行河下采煤。在苏联，特别是在波兰，这一方法已得到广泛的采用。

本書是根据抚顺、阜新等矿过去所积累的經驗和最近实行的技术革新措施编写的，在编写中并广泛地参考了国外的有关文献。書中对于水砂充填采煤法整个生产过程（包括充填材料、充填设备、充填作业、充填水处理以及不同的采煤方法）作了全面而系統的闡述，最后一章还对某些有关的專門問題和技术經濟指标作了簡要的分析 and 說明。

本書可作为煤炭工业系統各矿业学院和中等技术学校教学参考書，并可供煤矿工程技术人员閱讀。

1217

水砂充填采煤法

丁 达編

*

煤炭工业出版社出版（社址：北京东长安街煤炭工业部）

北京市書刊出版业营业許可証出字第084号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

开本 850×1168 公厘 $1/32$ 印张 $1\frac{1}{4}$ 插頁2 字数141,000

1959年7月北京第1版 1959年7月北京第1次印刷

統一書号：15035·893 印数：0,001—3,000册 定价：0.70元

303

目 录

第一章 緒論	3
第1节 水砂充填采煤法工作系統	3
第2节 水砂充填采煤法的应用范围	6
第二章 充填材料	9
第1节 充填材料的选择	9
第2节 充填材料的試驗	11
第3节 充填材料的采取、运输和配制	24
第三章 充填設備	35
第1节 注砂井	35
第2节 注砂管	47
第3节 地面貯水池	65
第四章 水砂充填的基本理論和計算	67
第1节 砂浆在管路中运动的特性	67
第2节 水砂比	70
第3节 充填倍綫	71
第4节 充填能力	73
第5节 充填管路主要参数的計算	77
第五章 充填作业	82
第1节 主要要求	82
第2节 准备工作	83
第3节 操作事項	85
第4节 事故处理	87
第六章 充填水的处理	89
第1节 处理方法	89
第2节 沉淀池	90

第七章 水砂充填采煤法	93
第1节 概述	93
第2节 倾斜分层水砂充填采煤法	96
第3节 水平分层水砂充填采煤法	118
第4节 横斜分层水砂充填采煤法	123
第八章 专门问题	124
第1节 压气加压充填法	124
第2节 混凝土充填法	126
第3节 坑道直流注砂法	128
第4节 水砂充填费用和技术经济指标	131
第5节 水砂充填技术改进途径	133
参考文献	134

第一章 緒 論

第1节 水砂充填采煤法工作系統

水砂充填采煤法，是一种利用水力向井下采空区輸送充填材料的全部充填采煤法。

使用水砂充填采煤法的矿井，先要在地面上采取适当的充填材料，把充填材料貯存于一定的地点；充填时，使充填材料与水混合成为适当浓度的砂漿，使砂漿在自然压头的作用下順着敷設于井筒(或鑽眼)和井下巷道內的管路流往目的地。由于管路末端还有残余压头，砂漿从管口連續地噴射到采空区内；砂漿中的固体顆粒在充填区域内沉积下来，而水則自动地流至水仓、被排出地面。通常，砂漿是用管子輸送，但在巷道的坡度适宜时也可以用溜槽輸送，或者使砂漿直接由巷道的底板上流往目的地。

水砂充填矿井多半是利用自然压头，由地面向井下輸送充填材料。但在自然压头不足（这是由于煤层埋藏深度小或井田沿走向长度过大）和用平峒开拓煤层的情况下，就要用砂漿泵或压气进行加压运输。

我国撫順煤矿現有的几个水砂充填矿井，全部都是斜井，其充填工作系統如图1所示。

全苏煤炭科学研究所拟定的一种新的水砂充填工作系統，如图2所示：在穿爆工作完成之后，充填材料被电鏈1装入自翻車2內。电机車3沿铁路綫4把列車拉到砂仓5，材料翻到鉄箕子6上。粒度小于50公厘的石块从鉄箕子漏到砂仓內，再用两台运输机29运到成品砂仓內。粒度大于50公厘的石块則送入顎式破碎机7內，进行初次破碎，然后落到篩子8上，把粒

度小于50公厘的材料筛下来。在圆锥破碎机9内，对筛上品进行二次破碎。其次还要安装第二道筛子。第二道筛子上面的石块要返回圆锥破碎机9内，重新破碎。把破碎厂的成品由砂仓5放入大容积车箱28，运往注砂井。利用给矿机11把碎石从注砂井的小型砂仓送入混合槽12，并利用来自地面的水管30或利用来自井下的水管16，往混合槽内供水。安装水表10，用以测定

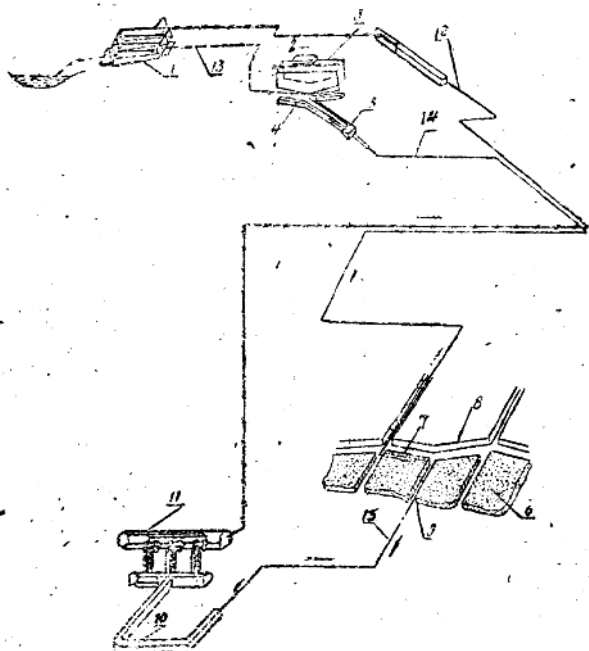


图1 顺水砂充填工作系统

- 1—地面貯水池；2—矿車；3—貯砂仓；4—混合槽；5—喇叭沟；
6—充填区；7—充填砂門子；8—采煤工作面；9—溜子道；10—
水仓沉淀池；11—水泵房；12—排水管路；13—送水管路；14—
充填管；15—輸水沟。

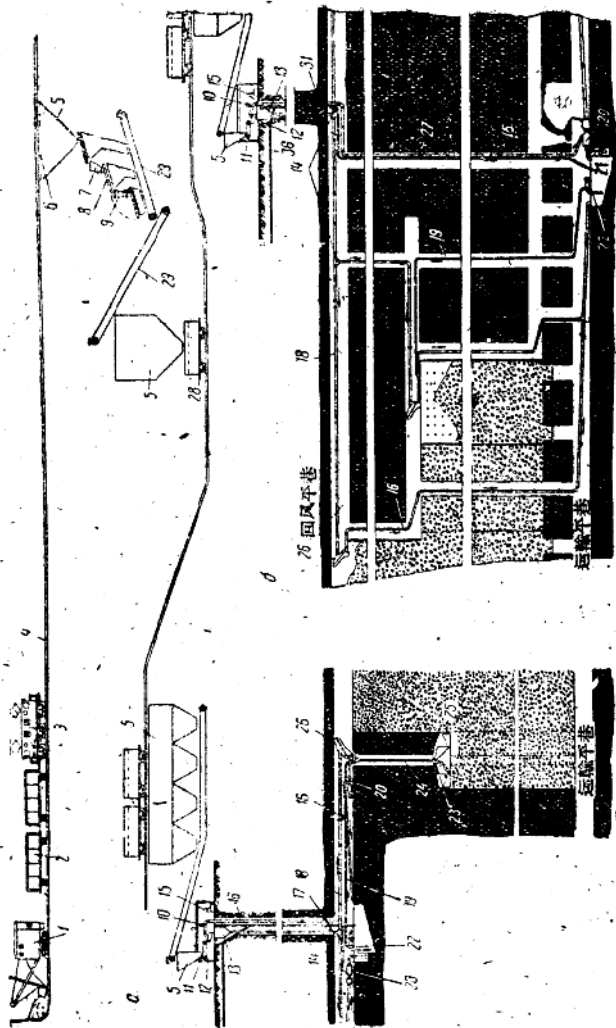


图 2 庫茲巴斯水砂充填工作系統

水的消耗量。水和碎石在混合槽內混合成砂漿，然後流入漏斗13，以至注砂管18。為了要向兩條分支巷道供應砂漿，就要安裝分歧管14；為了砂漿的預先脫水，就要設置脫水器26；為了控制和調節砂漿的濃度，在注砂管水平部分的起點，安設一種附有遠距離壓力計31的發送器17，用以把砂漿壓力的脈沖傳給壓力表指示器15。按圖2之a所表示的方式，脫過水的材料是沿着穿過吊盤25的管子24、借助搖擺噴口23投入采空區內。按圖2之b的方式，脫過水的材料則沿着輕便管落入采空區內。

由脫水器26脫出的水，沿着污水管19匯合到沉淀池21內澄清。等到下次充填時，用水泵20，沿着水管16，把澄清了的水抽到地面上來，以供在混合槽12內配漿之用。

充滿了漏斗13的水，沿着溢流管27，流入沉淀池21。沉積在沉淀池內的細泥，則用污水泵22，沿着污水管19，排到充填了的采空區內。

這裡應當說明的是：上述充填工作系統中在回風水平上對砂漿進行預先脫水的問題，目前基本上已得到令人滿意的解決；但對沉淀池內廢水的排出和廢水的澄清、沉淀池的清理以及取消沉淀池等問題，還在繼續研究解決中。此外，在上述充填工作系統中，有許多部件需要進一步改善（如在破碎廠內應以錐形轉筒篩代替平篩、向管中定量供應水砂和控制堵管的裝置應改進）。

第2節 水砂充填采煤法的应用范围

水砂充填采煤法的应用范围很广，但在具体采用时，应根据其优缺点来考虑。其优点如下。

1. 充填体非常结实，其压缩率只有5~15%。因此，使用水砂充填法可以减少采空区周围岩层的移动程度和保持地表的

完整性。

2. 无论用来开采多厚的煤层，都可以保证顶板管理的安全，并能得到很高的回采率。

3. 可以防止井下自然发火和煤尘爆炸。

4. 利用水力将充填材料一直输送到充填地点，自动化的程度很高，每小时的下砂量也多（可达150~200立方公尺/小时）〔3〕。

然而，从另一方面来看，水砂充填采煤法也有下列缺点。

1. 最初的设备费用颇大。

2. 水量消耗很大，而且必须把用过的水加以澄清和排出地面。

3. 必须把沉积在巷道中的泥砂加以清除。

4. 使用在水平及倾角小于 5° 的煤层时，会发生充填不满及难以处理废水的现象。

5. 井内的湿度很大，对于工人的身体健康和巷道的维护都有不良的影响。

因此，就技术方面来说，目前只有在下列情况下，才使用水砂充填采煤法。

1. 煤层很厚时（主要是用于层厚超过6~10公尺的特厚煤层）。

2. 煤层在火源、水、建筑物或其他保护物之下时。

3. 矿井附近具有足够数量的和适当性质的充填材料时。

我国煤炭工业在利用水砂充填开采特厚煤层方面积累了丰富的经验，并取得了辉煌的成就。抚顺矿务局早在1912年就开始推行水砂充填。其他如阜新、辽源、鹤岗、扎赉诺尔以及新汶等矿务局也都在积极的采用和推广。

抚顺矿区煤层的层厚一般在40公尺以上，倾角平均为 30° 。

这样的煤层，在用残柱法开采时回采率低至10%，而且自然发火、煤尘爆炸及冒顶之类事故层出不穷。自从改用水砂充填采煤法以来，回采率已大大提高（目前已达70%），井下的安全情况也得到很大的改善，可以保证安全生产。

阜新矿务局用水砂充填采煤法开采厚为10公尺以上的煤层，回采率超过90%，并发挥了上述的该方法所具备的其他优点。实践指出，用倾斜分层落顶法开采8公尺以上的煤层是不适宜的。此时，落顶法的各种缺点显得非常严重，特别是，很多足以妨碍回采工作正常进行的原因（工作面顶板岩石的陷落及地下火灾的发生）均难防止。

其他矿务局的生产经验也同样证实了利用水砂充填分层开采特厚煤层的必要性和合理性。

国外的经验也是值得我们注意的。近几年来，水砂充填采煤法在苏联和波兰的煤炭工业中受到重视和推广。

1954年，苏联在庫茲巴斯使用各种机械化充填方式采煤的比重（自流充填不计）为：水力占59%，压气占35.2%，机械占5.8%。根据庫茲巴斯目前的实际情况，水砂充填不仅在各种机械化充填方式中占着首要的地位，而它的成本比其他机械化充填方式（压气的及机械的）的实际成本还要低得多。

再就波兰来说，采空区的水砂充填在厚煤层开采法中占有特殊的地位，并被用来采取位于工业建筑物下面和城市下面采区中的煤炭。在波兰，水砂充填的产量1955年已占总产量的28.1%；按新的五年计划来说，充填量将增至3300万~3500万立方公尺，产量比重将达36%。

除苏联和波兰外，水砂充填在德、法、捷、印度、匈牙利及罗马尼亚等国也获得应用。

如上所述，开采厚煤层时，水砂充填在技术方面已经能满

足生产上的需要，是比较可靠的、可以采用的方法。据统计，我国厚煤层在某些主要煤田内约占40%的比重。因此，研究改进和推广水砂充填的工作，对于我国厚煤层的开采来说，是很必要的。

第二章 充填材料

第1节 充填材料的选择

凡不溶解于水而又易脱水的物质都可以做为水力充填的充填材料。普通所用的充填材料为天然粘土、砂子、洗煤渣及爐渣等，亦有用机械破碎軟質岩石而制成充填材料的。为了合乎经济原则及便于充填作业，对于这些材料，是要加以选择的。作为水力充填的充填材料应具备下列条件。

1. 在管路内不湿透、层裂与散碎，并容易流送。

2. 含泥量适当。充填材料如含有5~10%左右的粘土，则可提高充填体的质量，使充填体不透空气、密实、凝結成块。使用含泥量过高的材料，在充填时会发生下列困难：（1）粘土在充填区内将变成可塑性的流质，使水不能迅速地由刚填入的材料及砂門子的孔隙中渗透出去，并使充填物对砂門子发生很大的压力，甚至可能使充填物从充填区涌出；（2）泥土大量地被水带出充填区，净水和排水非常困难。因此，材料中的含泥量若超过一定的限度即不能使用，一般以10~15%为限。

3. 粒度的直径不得超过40~60公厘。45~60公厘粒度的充填物，不应超过充填物总体积的15%。粒度在5~10公厘者不应少于40%。粒度增大，会增加充填体的压缩率，容易堵管子，需要注多量的水，不能流送到较远的水平距离，增加注砂管的直径并提高管子的磨损率。最适合的粒度是在20公厘以下的粒度，这是以水力运输的要求以及保证致密充填的必要性为

条件的。材料内，不应有大量尘粉状物质；因为，尘粉状物质能被水混和成泥浆，而泥浆则能降低充填物的渗水系数并能流出充填区。

4. 没有尖锐的棱角。带有尖锐棱角的材料，对管壁的磨损非常剧烈。

5. 不含可燃性物质，或可燃性物质的含量不超过20%。

6. 在充填区内，脱水要快（不超过3~4小时），并能迅速地形成坚实的充填体。

7. 要有充分的来源，采取和运输的费用要低廉。

最好的充填材料就是河海中粒度均匀的石英砂子。它有容易与水混合、容易流送、充填结实、脱水快，以及脱出的水比较干净等等，优点。

粘土虽然不磨损管子，但有：容易堵塞管子、脱水困难及压缩度过大，等等缺点。捷克的索菲亚矿井，用粘土作成球来进行水力充填。

洗煤厂所出的矸子往往含有不少的黄铁矿，故需要比较大量的注水；此外，还因为含有硫化物，使水呈酸性，足以腐蚀管子。

粒状炉渣就是从冶矿炉内取得的炉渣：在熔化的状态下，将炉渣倒入水中，或吹以空气或水蒸汽，即成粒状炉渣。粒状炉渣的优点是价廉、容易在管内流动；粒状炉渣的缺点是容易磨损管壁、充填不很结实。

烧锅炉的炉灰，由于质劣和数量有限，不适于做充填材料用。

用机械破碎基岩而制成的充填材料，多富于棱角，容易磨损管壁，需要很大的开采费用和加工费用；所以，只是在不得已的情况下，才采用。

如能利用井下所出的矸石或露天矿的剥岩作为充填材料，則不用建設專門的采石場。有时，可以在旧井田的淺部煤层上，建設采煤兼采石的两用露天矿——既可以利用剥岩作充填材料，又可以回收旧矿井的露头煤和保安煤柱。

矿井附近如有大量的松散性岩石（河砂、海砂、由花崗岩或其他岩石风化而成的山砂）产地，就可以使用电鏟或水力来采掘充填材料。

用一定比例的混合材料来进行充填，可以得到良好的效果，能保証高度充填密度；这种混合材料成分的比例大致如下：

破碎岩石	60%
砂子	30—35%
粘土	5—10%

第2节 充填材料的試驗

一、泥分試驗

泥分試驗分純泥分試驗和充填泥分試驗两种。前者是为了測定充填材料中实际的含泥百分率，后者是为了測定充填后污水中的含泥百分率。

1. 純泥分試驗：可按下列步驟进行。

(1) 取样：在采砂場工作面上以适当的距离，利用五花眼或三花眼方式取样。取样时，应注意下列各項：

1) 表土下0.5公尺以内的砂子，因受风化及侵蝕等作用而变質，不宜于取样。

2) 断层兩側的砂子，因受过压力的作用可能被磨成粉末状，也可能是两种不同的岩层錯动到一起，所以不能代表整个采砂場的含泥率。因此，在断层兩側各10公尺以内的地方，不

宜于取样。

3)发现异种岩石时,不能取样,因为这种岩石可能是外地来的。

4)采砂場工作面經常受到风化和侵蝕作用,在取样前应先清扫一次。由采砂場工作面底部取样时,可能有从頂部流下的砂子,因此必須先将浮砂扫掉,然后取样。

5)取試样約 100 公斤,用鍬順次倒換三次位置,将其混勻以后,再用对角法取出50公斤。

(2)干燥:將試样放入鉄板制的炒鍋內,加热焙干,等水分全去以后再称其重量。

(3)洗滌:將干燥后的砂子裝在鉄筒內,加水洗滌,一直洗到水不帶黃色为止。

(4)二次干燥:將洗滌后的砂子再倒入炒鍋內焙干。取出干砂,并称其重量。

(5)計算:根据下列公式算出含泥率:

$$P = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \cdot 100\%,$$

式中 w_1 ——洗滌前砂重(公斤);

w_2 ——洗滌后砂重(公斤)。

2. 充填泥分試驗:方法如下。

如图 3 所示,制一長約为2.5公尺、寬約为1公尺的箱子。在箱子的两短面,一面釘秫秸簾子,一面釘木板。在箱子的两长面,也是一面釘秫秸簾子,一面釘木板。將箱底按煤层傾角垫成与煤层相同的坡度,并在箱子的上端鋪两节鉄板槽子。連接箱子的一节槽子具有与箱底一致的坡度,上一节槽子的坡度要大一些。在試驗时,用管子注水入槽子,同时将砂子逐漸倒入槽子。当水砂进入箱子以后,砂子便停留下来,而一部分細砂

及泥則隨水經過稀褶簾子流出去。然後，將箱子里的砂子取出來、焙干並稱其重量。最後，算出沖走的泥砂的百分率，這種試驗要照樣作三、五遍，按最後所得的平均值，才算得充填試驗含泥分的百分率。

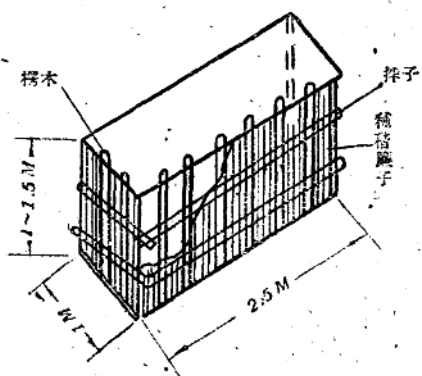


图 3 充填試驗設備

茲將阜新新邱礦饅頭山采砂場的泥分試驗結果列于表 1。

阜新饅頭山山砂泥分試驗表

表 1

試 驗	試驗次數	洗前重量(斤)	洗後重量(斤)	砂分(%)	泥分(%)
純泥分試驗	1	150	133	88.67	11.33
	2	150	132	88.00	12.00
	3	150	131	87.68	12.67
	平均	150	132	88.00	12.00
充 填 試 驗	1	500	468	93.6	6.4
	2	500	469	93.8	6.2
	3	500	465.5	93.7	6.3
	平均	500	468.5	93.7	6.3

二、比重試驗

測定充填材料的比重，使用比重瓶。稱出試樣之重為 K ，瓶內滿盛水後之重為 W ，瓶內盛試樣後再加水，分滿，然後稱之，其重設為 w' 。如此，則 $(w'-K)$ 為瓶內固體體積以外之水重。故知， $[w-(w'-K)]$ 當為與試樣同體積之水重。由此，可列出計算比重的公式：

$$\gamma = \frac{K}{w - (w' - K)}$$

茲將撫順充填材料之比重列于表2。

比重試驗表

表2

種 類	比 重	附 註
河 砂	2.57	五種試樣平均
山 砂	2.54	五種試樣平均
破 碎 頁 岩	2.26	十二種試樣平均

三、容重試驗

測定砂子或碎石等的容重，可使用鉄制的圓筒。圓筒的直徑為12~15公分，高為15~20公分。稱得圓筒的重量 G_1 。用漏斗將砂子一小分、一小分地注入圓筒中。每投入一分砂子，隨即用木錘敲擊筒壁及筒底，使筒中砂子震實至體積不變。用寬的刀片或直尺，將砂子表面刮成與筒口一樣平。稱出裝砂子的圓筒重量 G_2 ，然後從圓筒中將砂子倒出。圓筒的容積 V ，按裝水時和空筒時的重量之差來計算。

由 G_2 （砂子+圓筒的重量），減去 G_1 （圓筒的重量），便

得出砂子的重量 G_s ，公式如下：

$$G_s = G_2 - G_1.$$

将砂子重量 G_s ，除以圓筒的容积 V ，即得出砂子的容重 d_r ，公式如下：

$$d_r = \frac{G_s}{V}.$$

作充填材料用的破碎岩石的容重，由于粒度组成的不同，通常变动于1.13~1.6吨/立方公尺之間；下限适合于細粒的材料，上限适合于最优的充填配料。

为了按水砂比計算砂漿的比重、計算孔隙度以及考虑对充填材料的要求，就必须知道充填材料的比重和容重。

四、孔隙度試驗

充填材料的孔隙度，可根据試样的容重和比重用下式計算：

$$n = \frac{\gamma - \delta}{\gamma} 100\%,$$

式中 γ —— 試样的比重；

δ —— 試样的容重（克/立方公分）。

非粘結材料（砂子及碎石等）的孔隙度，还可以用图4所表示的仪器来測定。如图4所示，将砂子一分、一分地倒入大圓筒中，然后輕敲圓筒，使其紧密一些。以后，打开量瓶上的开关，使水流入圓筒充滿砂粒之間的全部孔隙。当水和試样表面一样平时，将开关閉住并

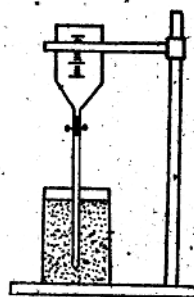


图4 測定砂子孔隙度的仪器