

苏联厚煤层采空区 充填开采法

苏联 維·維·道波罗沃夫斯基著

U224.54
D542

煤炭工业出版社

В. В. Добровольский
РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ ПЛАСТОВ
С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА В СССР
根据作者的报告译

857

苏联厚煤层采空区充填开采法

安成译

煤炭工业出版社出版(地址: 北京市长安街煤炭工业出版社)

北京市书刊出版业营业登记证出字第084号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华书店发行

开本850×1168公厘 印张14 插页21 字数28,000

1953年10月北京第1版 1953年10月北京第1次印刷

统一书号: 15035·587 印数: 0,001—4,000册 定价: 0.49元

出版說明

根据中苏科学技术合作第六屆會議的決議，苏联政府派遣了以維·維·道波罗沃夫斯基为首的四位專家来我国考察厚煤層采煤法。苏联專家在我国考察期間，曾先后作了三个有关厚煤層采煤技术和經驗的專題报告。为了更好地學習苏联采煤經驗，并滿足广大工程技术人員的需要，現特分別出版。

本書首先介紹了苏联目前采用的各种充填开采法，然后着重敘述了先进的水砂充填及其在苏联使用的情况和工艺过程。对自动化的水砂充填全套設備、小型沉淀池及水力旋流器、風力充填机等也分別加以介紹。此外，对水力运输、注砂管装料的远距离控制、充填体孔隙中的沉淀及其膠結法等也簡略地說明。最后，就作者对苏联厚煤層采空区充填开采法的一些問題的解答作为附录出版，以供参考。

目 录

出版說明

一、充填工作在苏联的使用范围及其发展远景	3
二、目前采用的各种充填式开采方法	5
三、水砂充填是一种最先进的充填	10
四、苏联水砂充填发展的簡况	11
五、庫茲巴斯水砂充填的現有工艺过程	11
六、高效率自动化的水砂充填全套设备	17
七、在充填体孔隙中沉淀	20
八、砂漿的預先脫水	20
九、小型沉淀池和水力旋流器	21
十、充填管的保护方法	23
十一、注砂管裝料的远距离控制	25
十二、水力运输問題的研究	26
十三、加固充填体的膠結法	29
十四、利用矿井下岩石充填	30
十五、創制風力充填机	31
十六、进一步改进苏联充填工作的任务	31
附录 关于“苏联厚煤层采空区充填开采法”	
一些問題的解答	33

出版說明

根据中苏科学技术合作第六屆會議的決議，~~苏联政府~~派遣了以維·維·道波罗沃夫斯基为首的四位專家来我国考察厚煤层采煤法。苏联專家在我国考察期間，曾先后作了三个有关厚煤层采煤技术和經驗的專題报告。为了更好地学习苏联采煤經驗，并滿足广大工程技術人員的需要，現特分別出版。

本書首先介紹了苏联目前采用的各种充填开采法，然后着重敘述了先进的水砂充填及其在苏联使用的情况和工艺过程。对自动化的水砂充填全套設備、小型沉淀池及水力旋流器、風力充填机等也分別加以介紹。此外，对水力运输、注砂管装料的远距离控制、充填体孔隙中的沉淀及其膠結法等也簡略地說明。最后，就作者对苏联厚煤层采空区充填开采法的一些問題的解答作为附录出版，以供参考。

目 录

出版說明

一、充填工作在苏联的使用范围及其發展远景	3
二、目前采用的各种充填式开采方法	5
三、水砂充填是一种最先进的充填	10
四、苏联水砂充填發展的簡况	11
五、庫茲巴斯水砂充填的現有工艺过程	11
六、高效率自动化的水砂充填全套設備	17
七、在充填体孔隙中沉淀	20
八、砂漿的預先脫水	20
九、小型沉淀池和水力旋流器	21
十、充填管的保护方法	23
十一、注砂管裝料的远距离控制	25
十二、水力运输問題的研究	26
十三、加固充填体的膠結法	29
十四、利用矿井下岩石充填	30
十五、創制風力充填机	31
十六、进一步改进苏联充填工作的任务	31
附录 关于“苏联厚煤层采空区充填开采法” 一些問題的解答	33

一、充填工作在苏联的使用范围及其發展远景

苏联煤田的矿山地質条件是各种各样的。在某些条件下，采空区全部充填是最合理的頂板管理方法。采用采空区全部充填的目的是，改进頂板管理情况、防止井下火災發生、保护地表、減少煤炭資源的損失、提高工作安全和改进通風。采用充填时，为回采工作的机械化創造有利的条件。

在現有的工艺过程和开采方法下，采用充填比采用冒落的效率(劳动生产率)低，吨煤的成本高。因此，目前在苏联只有在技术上必要的情况下，才采用采空区的充填，如：

(1) 开采有自然傾向的厚煤層，用現有的冒落式开采方法来开采，必然造成煤炭資源的大量的集中的損失，从而产生地下火災發生的危險。开采向斜或背斜的轉折部分以及特厚煤層(12—15公尺以上)，就更加容易造成損失，引起火災。

(2) 开采房屋、建築物、水庫、鐵路、道路、峽谷、發火的矸子山等工程項目下面的煤層。

(3) 开采位于已熄灭的火区下面的采区，以及位于傾向自然并于开采时丢煤很多的煤層下面的采区。

(4) 开采鄰近煤層中的下部煤層(上部煤層尚未进行回采)。

(5) 开采有粘土冲入回采区危險的厚煤層(采用冒落式开采时)。

(6) 开采用冒落方法难以控制頂板的煤層，如：底板滑落的急傾斜煤層，及頂板松軟、不穩定，或相反，頂板难以冒落、用冒落方法不能保証工作安全的煤層。

截至1957年1月1日，苏联用全部充填采出的煤量为1.3%

(包括庫茲巴斯用推土機填平塌陷區的掩護支架採煤法的產量)或0.8%(不包括用推土機填平塌陷區的掩護支架採煤法的產量),在厚煤層的產量中有7.3%是用充填法開采出來的。采煤全部充填的有下列煤田:

庫茲巴斯,產量佔煤田產量的6.2%(包括用推土機填平塌陷區的掩護支架採煤法的產量)或2.8%(不包括用推土機填平塌陷區的掩護支架採煤法的產量,以下這部分產量均不包括);烏拉爾煤田,產量佔煤田產量的0.6%;遠東煤田,產量佔煤田產量的1.3%;格魯吉亞煤田,產量佔煤田產量的12.6%;頓巴斯,產量佔煤田產量的0.3%。

庫茲巴斯用充填采出的產量佔比重最大——佔全國充填產量的60%。庫茲巴斯是目前使用各種基本充填方法的主要煤田,在這些充填方法中,水砂充填佔41%,風力充填佔16%,自流式充填佔43%;在格魯吉亞僅使用水砂充填;在烏拉爾、遠東和頓巴斯僅使用自流式充填。

1956年,蘇聯用充填方法采出的煤炭總產量為260萬噸,其中用水砂充填采出的產量為98萬噸(佔38%),用風力充填采出的為24萬噸(佔9%),用自流式充填采出的為138萬噸(佔53%)。

截至1957年1月1日,全套充填設備的數量為26套,其中,水砂充填9套,風力充填6套,自流式充填11套。

計劃到1965年,將充填式採煤法的產量增加到1320萬噸,即從佔全國井工開采產量的0.8%增長到2.6%,或增長5倍多。為此,需要建立89套充填設備,其中60套為水砂充填設備。在庫茲巴斯,預計將充填式採煤法的產量從2.8%提高到8%,在格魯吉亞預計從12.6%提高到25.5%,在頓巴斯預計從0.3%提高到1.5%。

上述的充填式采煤方法的預計产量，我們認為是最小的。通过建立更有效的充填式采煤法及改进充填工作的工艺过程，使充填式采煤法在效率上、經濟上都不低于冒落式采煤法，則充填式采煤法的应用范围便能大大扩大。这已由世界各国煤炭工業的許多实例中得到証明。

二、目前采用的各种充填式开采方法

苏联已掌握并采用的充填式开采方法計有：

(1) 傾斜分層上行走向帶式采煤法

这种方法在庫茲巴斯使用时，采用的是水砂充填，但近年来也試用了風力充填。这一方法用于开采具备下列条件的煤層：煤厚 4—15 公尺、傾角 $25—65^{\circ}$ 、頂板为稳定的或中等稳定的、煤質是堅硬的或中等硬度的。

采区一翼的走向長度为 200—300 公尺。阶段高度为 80—100 公尺。阶段不再分为小阶段。采区沿走向划分为 2—3 采掘段，它們为沿煤層頂板掘进的溜煤眼所分隔。煤層用分層按上行次序来回采，分層厚度为 2.7—3.0 公尺。分層內是用沿上斜方向寬 15 公尺的煤帶來回采的。煤帶与分層一样，依次上行回采。各采掘段的工作面由其边界沿走向向中推进，中間溜煤眼维护在充填体中，并随煤帶回采的进度而接長。工作面的数量是 4—6 个。当开采煤層層群时，通風巷道及运输巷道可开鑿在隣近煤層的下部煤層中。通風巷道利用石門、煤門与各采掘段边界的溜煤眼連通。主要运输巷道則用傾斜石門或傾斜暗井与维护在充填体中的溜煤眼連通(見圖 1)。在石門下的采空区及已充填区的一部分，可用来沉淀(在充填体的孔隙中)廢水，經過澄清的水沿管道排出。采煤用打眼放炮的方法进行。放炮

后落下的煤，自流到下部已采煤帶工作区中所構成的巷道，并經巷道中裝設的刮板运输机运往溜煤眼。然后，煤沿溜煤眼流入主要运输巷道，裝入矿車。

每个工作面的通风，都是靠全矿負压来单独进行的。支保使用木支架，一个半圓木下支四个立柱。支柱間及棚子間的距離均为 0.8—1.0 公尺。

水砂充填材料，沿通风巷道、石門、煤門、管子道及各煤帶工作区里構成的分層巷道中敷設的管子充入。充填距为 8—12 公尺。由于分層巷道及溜煤眼不另行掘进，而是维护在充填体中，所以本方法的特点是掘进工作量小（千吨煤不超过 6.5 公尺）。采区的月产量为 9 千吨（最高达到 1 万 1 千吨），采区工人每工的效率为 4.1 吨（最高达到 5.2 吨）。这种开采方法的缺点是坑木耗量大，采煤千吨的坑木耗量达 50 立方公尺。

(2) 傾斜分層上行走向長壁采煤法 本法的采区尺寸与上一方法相同。阶段划分为 2—4 个小阶段。分層的高度为 2.7—3.0 公尺。分層开采时，可依次上行开采；或同时开采，使隣接分層間的超前距离为 25—30 公尺。下部小阶段在回采时，超前上部小阶段 30—40 公尺，这样，就消除了小阶段間煤柱曾發生过的損失。充填距为 8 公尺。这一方法在庫茲巴斯使用时，采用了水砂充填及自流式充填，其条件为：煤厚 4—10 公尺，傾角在采用水砂充填时为 25—40°，采用自流式充填时为 40—60°，頂板稳定或中等稳定，煤質坚硬或中等硬度的。

采用此法时，技术經濟指标比傾斜分層走向帶式开采法的低，因此，它在庫茲巴斯已为后者所代替。

(3) 橫斜分層上行开采法(圖2) 橫斜分層上行开采法，在庫茲巴斯使用时采用水砂充填，并用于下述条件的煤層，即煤厚 5—15 公尺，傾角 50—90°，頂板为稳定或中等稳定的，煤

質堅硬或中等硬度的。

采区一翼長160—200公尺，通常分成兩個采掘段來開采。在兩個采掘段的邊界沿頂板掘進溜煤眼。階段高度採取庫茲巴斯通常採用的高度，即80—100公尺。采區的準備與上述的傾斜分層走向帶式開采法相同。

分層高2.8—3公尺，從頂板向底頂傾斜與水平構成35—40°的角度，按上行次序回采。工作面從采掘段的邊界兩兩相對地向中間推進。采煤使用打眼放炮的方法，每采一次煤條的寬度為0.8—1公尺。落下的煤沿工作面自流入刮板運輸機（運輸機裝在用板子擋起部分采空區而構成的巷道中），然後，沿運輸機運至維護在充填體中的溜煤眼，順溜煤眼流至石門或暗井，再沿石門或暗井放到岩石運輸大巷或是開鑿在鄰近煤層中的運輸巷道。

工作面支架採用的是與工作面平行架設的棚子。支柱間的距離是1公尺，棚子間的距離為0.8—1公尺。充填距根據不同的礦山地質條件取6—8公尺；在煤質鬆軟或多解理的地帶則縮小到3—4公尺。充填管道沿管子道和分層巷道（通道）引入工作面。分層巷道是通過不充滿分層上角的辦法而形成的。與傾斜分層走向帶式開采法相同，本法的特点也是掘進工作量小。采區的產量為8千噸。1957年，斯大林礦的一個有8個工作面的生產采區，月產量經常為1萬7千噸到1萬8千5百噸。采區工人的效率達到每工6噸，炸藥的耗量為170公斤/千噸，坑木的耗量達50立方公尺/千噸。

（4）水平分層下行風力充填采煤法 此法在庫茲巴斯用於厚度6公尺以上的、傾角30°到90°的圍岩是任何穩定程度的以及煤質為任何硬度的煤層。此法可用於賦存條件不穩定的煤層、特厚煤層及有地質破壞的煤層。分層的厚度為3—3.5公

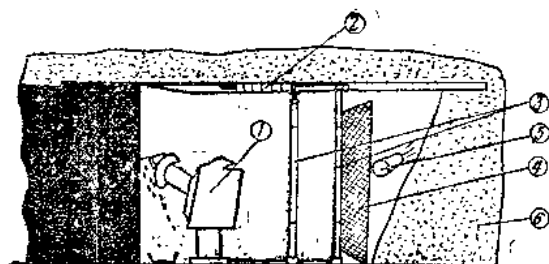


圖 3 使用 KIL3 機械化成套設備，風力充氣的水平分層開采圖
1—康拜因；2—板樁式機械化超前支架；3—液壓支柱；4—金屬網；5—風力充氣管；6—充填體。

尺。分層進行準備時，掘進兩個分層巷道，或掘進一個分層巷道，而另一個通過擋起部分采空區在充填體中構成。工作面與煤層走向垂直並沿走向推進。近年來，試驗了不掘進分層巷道，且工作面垂直於走向推進的水平分層開采法。

採用工作面沿走向推進的水平分層開采法時，充填距為 6—8 公尺。進行充填前，在分層的底板上鋪設由底梁、木板和金屬網構成的假頂。工作面的平均長度為 14 公尺，這時，工作面的平均月進度為 36.9 公尺，一個工作面的平均日產量為 68 噸。坑木耗量為 75—80 立方公尺/千噸，掘進工作量为 30 公尺/千噸，采區工人的效率為 2.9 噸，采區的月產量是 6 千噸。由於水平分層開采法的技术經濟指标低，蘇聯對此法的改進進行了研究。改進的方向是使回采和支架機械化。在庫茲巴斯，已經試驗了水平分層機械化的成套設備——KIL3（見圖 3）。成套設備由康拜因及板樁式機械化超前支架組成。支架本身由兩排液壓支柱和板樁梁構成。每根板樁梁的長度是 9.8 公尺，寬為 0.4 公尺。板樁梁間按蓋口方式聯結，並借液壓千斤頂來移動，插入煤壁和已采上分層充填體間的縫隙，從而實現超前

支架。这样，就可以不鋪設假頂进行工作了。充填距为 0.7—1.5 公尺。液压系统中的压力为 200 公斤/平方公分。試驗期間，工作面一班的进度是 0.8—2.4 公尺，工作面的生产能力为日产 84 吨，采区工人的效率大大低于设计的数字，即每工为 2.3 吨，板樁式机械化超前支架須要进一步地改进和試驗。支架的主要缺点是，难以保障所需要的移动方向，不能完滿地实现超前支架。

在庫茲巴斯的厚煤層上，还試驗了一些开采方法，例如，掩护支架自流式充填采煤法及帶金屬移动台的上向(沿傾斜向上)帶式水砂充填采煤法。由于試驗过程中發現的缺点，这些方法未获得应用。

在庫茲巴斯的中厚煤層上，使用着走向長壁自流式充填或水砂充填采煤法。近年来，开采这样的煤層使用着走向帶式水砂充填采煤法，并試用着走向帶式風力充填采煤法。开采煤層的厚度达 4 公尺、傾角为 25—90°，頂板是稳定的或中等稳定的，煤質为坚硬的或中等硬度的。

在已掌握的厚煤層充填式采煤法中，傾斜分層走向帶式水砂充填采煤法和橫斜分層水砂充填采煤法是最好的。这些方法在同一矿山地質条件下代替了使用过的傾斜分層長壁采煤法，因为它们比傾斜分層長壁采煤法具有下列优点：

- (1)掘进工作量不大(每千吨煤不超过 6.5 公尺)；
- (2)采区的回采进度快(同时工作的工作面多)；
- (3)效率較高(采区工人效率达到 6 吨)，吨煤成本較低(比其他充填式采煤法的成本低 33.3%)；
- (4)工作安全；

(5)可以开采較厚的煤層。用帶式采煤法开采“厚”煤層时分層数目达到 5 个，而用傾斜分層長壁开采时分層数不能超过

3个;

(6)廢水处理得比较好,因此,主要巷道沒有充水和泥淤的現象。

庫茲巴斯所采用的各种充填采煤法佔煤田充填式开采法总产量的百分比如下:

傾斜分層水砂充填采煤法佔20.2%,傾斜分層自流式充填采煤法佔21%,橫斜分層水砂充填采煤法佔4.3%,水平分層風力充填采煤法佔10.7%,走向長壁水砂充填采煤法佔14.3%,走向長壁風力充填采煤法佔6.3%,走向長壁自流式充填采煤法佔22.6%。

三、水砂充填是一种最先进的充填

在苏联,扩大充填式采煤法的产量,主要是依靠采用机械化充填——水砂充填和風力充填。

这两种充填掌握得最好,充填体最密实,效率较高,并有其他许多优点。采用这两种充填时,进行充填工作的技术最能符合现代回采工作机械化的要求。在急倾斜煤层上,使用自流式充填是最便宜的,因此,它与上述两种充填一样获得了应用。在现代装备情况及现有采煤方法下,机械充填是一种不完善的,尚未走出試驗阶段的充填,因此,目前它在苏联沒有获得应用。

我們認為,水砂充填是主要的和最先进的一种充填。

下面介紹一下苏联水砂充填的应用情况。

四、苏联水砂充填發展的簡况

苏联使用水砂充填的最初嘗試，是在 1931 年齐良宾煤田进行的，但是沒有成功。因此，苏联开始使用水砂充填应当从 1946 年在特基布里煤田斯大林矿开始在工業上掌握这一方法时算起。以后不久，即于 1947 年在庫茲巴斯斯大林矿建立了第一套試驗性的水砂充填設備。此后，水砂充填在上述兩煤田有了不断地發展。由此可見，我們开始这一工作比中国迟了 34 年，掌握与發展水砂充填才 12 年。因此，我們的成績还很小，我們一定会从中国撫順、阜新兩地各矿井的水砂充填工作經驗中学到很多东西。

在这一时期，水砂充填采煤法的产量大約增長到年产 100 万吨。目前，在庫茲巴斯和特基布里煤田的 4 个矿井中，有 9 套水砂充填設備在工作。

在应用充填的比較短的期間內，苏联已有了不少的成就和改进，我認为，对于中国專家們來說，了解一下这些成就和改进一定会是很有趣的。

五、庫茲巴斯水砂充填的現有工艺过程

全苏煤炭科学研究院水砂充填實驗室在拟定水砂充填工艺过程时，考虑了庫茲巴斯地区的下列特殊条件：漫长和严寒的西伯利亞冬季，水力資源有限，急傾斜煤層以及需要利用破碎的基岩作为充填材料（因为砂产地距离太远）。庫茲巴斯与其他采用水砂充填国家大多数煤田不同的这些特点，給工業掌握上与应用上造成許多困难，然而，这些困难在科学工作者和生产

人員的努力下，都被順利地克服了。

首先，严寒的气候，使工作大大复杂化并要求采取特殊的措施。为了保证在温度降至零下 40° 或更低的冬季条件下正常地进行工作，充填材料仓应当是严密的，但不要使其发热。地面的水管管道应敷设在深入冻结层以下，或是堆放一层锯末来保温。混合室砂仓放下的充填材料，使之迅速与水混合，以构成砂浆。混合室的砂仓应当处于低温，并与巷道中出来的温暖而潮湿的气流隔绝，以防止砂仓中的充填材料“出汗”和冻结。

在庫茲巴斯普罗考比耶夫斯克-基謝列夫区开始推行水砂充填的另一困难是，缺少水砂充填的最好的充填材料——砂子。然而，全苏煤炭科学研究院的研究工作以及后来在庫茲巴斯进行水砂充填的实际工作都证明，经过破碎的基岩即泥质岩、淤泥岩和砂岩的混合物是完全适合于水砂充填的，而且这些岩石在矿井附近的储量实际上是无穷无尽的。

斯大林矿使用戈魯別夫斯克和新建成的諾沃烏夏斯克采石場的充填材料。破碎后，此充填材料的粒度成分大致如下：

60—20公厘·····	32.5—60%
20—10公厘·····	25.1—30.5%
10—5公厘·····	6—13.6%
5—2公厘·····	3.2—6.4%
0.9—2公厘·····	0.89—3.2%
0.9—0.6公厘·····	0.19—0.53%
0.6—0.25公厘·····	0.48—1.35%
0.25—0.15公厘·····	0.006—0.33%
小于0.15公厘·····	0.7—3%

此种充填材料沿直径 150 公厘的管道输送，输送一立方公尺充填材料消耗的水量为 3—10 立方公尺。砂浆充入采空

区后，水从已充填体渗透出来。砂浆充入时，使充填体的表面形成角度不固定的斜面。此斜面角的度数随充填管充砂端的距离远近而变化。在充砂端近处的斜面角为 $32-45^{\circ}$ ，在堆积着充填材料小微粒且通常是距离较远的地方为 16° 。在形成充填体的过程中，细小的杂质被水带出，其数量平均为充入的充填材料的2—5%。

推行水砂充填的另一严重障碍是，普罗考比耶夫斯克-基谢列夫区的地面水源有限。阿巴河是唯一的、不大的一条河流，其支流不仅距许多矿井遥远，而且流量也不大。为了利用这些河流，解决水砂充填设备的供水问题，拟定修筑堤坝。然而，实际上供水问题已靠水砂充填设备利用循环水并以矿井水补充其损失的办法基本上解决了。

水砂充填全套设备的系统图如图4所示。库兹巴斯的大多数水砂充填设备都是按照这一系统建立起来并进行工作的。

充填材料(通常的泥质岩、淤泥岩和砂岩的混合物)在机械化采石场采掘。当用推土机将采石场剥离后，便进行打眼放炮，将基岩(泥质岩、淤泥岩和砂岩)松碎，然后用电铲装车。最初，曾用窄轨铁道和容积5立方公尺的可翻转车身的矿车运送岩石。近来，在普罗考比耶夫斯克矿区开始采用宽轨和载重量大的自动卸货翻斗车来运送岩石。岩石运至碎石厂后，利用破碎机和筛子将它们破成50公厘的粒度。破碎好的充填材料，用矿车沿窄轨运到矿上的水砂充填设备，通过皮带和刮斗机进入岩石仓，再用皮带装入混合室的砂仓。从砂仓放出的材料，以水流冲射之，使构成砂浆。水是用水泵从近处的水源地(河流)打入的。在许多情况下，水是循环利用的。砂浆经混合漏斗(喇叭管)进入充填管道，并沿敷设在注砂井、石门、管子道和平巷的管子(直径为150或175公厘)充入采空区。在采空区