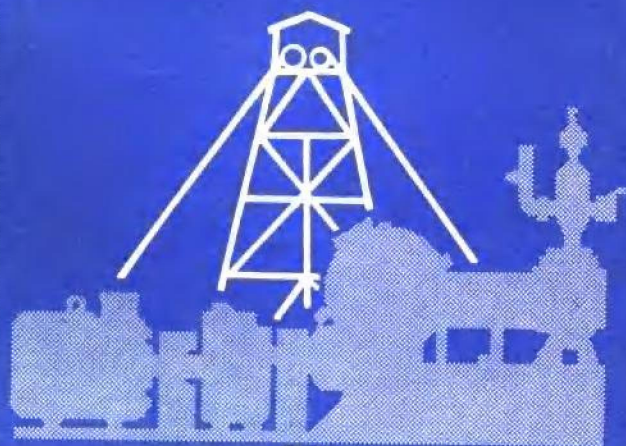


# 煤矿注浆技术

煤炭科学研究院建井所注浆室编



煤炭工业出版社

# 煤矿注浆技术

煤炭科学研究院建井所注浆室编

煤炭工业出版社

## 煤矿注浆技术

煤炭科学研究院建井所注浆室编

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张15

字数 394 千字 印数1—6,260

1978年12月第1版 1978年12月第1次印刷

书号15035·2154 定价1.45元

## 前 言

在煤矿生产和各种地下工程施工中，地下水往往带来很大的危害，它影响工程进度和质量，恶化工人的劳动条件，危害工人的身体健康，增加排水设备和费用，甚至造成淹井事故。

注浆技术是与地下水害作斗争的一门科学。它主要包括堵水和加固两个内容。在我国煤矿的井巷施工中，注浆技术早在五十年代就有较多的应用。近十几年来，随着社会主义建设事业的蓬勃发展，适应生产建设的迫切需要，注浆技术有了很大提高，出现了新型的化学注浆材料、先进的注浆工艺和专用注浆设备。在生产建设中，由于广泛使用注浆技术，许多工程中的水害问题得到了解决，并积累了不少经验。目前，这一技术已成为战胜地下水害的有效方法之一，并且在水电、冶金、石化、铁道、建筑和一些军事工程中都广泛应用。

注浆技术是一种工艺性质的研究课题，研究中涉及到多种专业知识，到目前为止，国内外对注浆理论的研究尚不能令人满意，因而总结施工经验更显得重要。本书力求全面搜集、整理我国煤炭系统有代表性的注浆技术资料，介绍国内兄弟部门的一些比较好的经验以及国外目前状况和发展趋势，供使用者参考。

较早的注浆技术也称注浆法。近年来，随着注浆技术的发展出现了一些新的施工方法，如旋喷法，它就是注浆法在特定条件下的一个发展，所以注浆技术从广义上讲，应包括注浆法和旋喷法。通常注浆技术就是指注浆法。本书虽然包括旋喷法，但重点介绍注浆法。

本书在编写过程中，曾得到新汶矿务局、鹤壁矿务局、开滦煤矿、澄合矿务局、东北工学院、江苏省化工设计研究所等单位的大力协助，特此表示衷心感谢。

# 绪 论

## 一、注浆技术及其研究内容

在复杂的地质条件下，矿井生产建设中，经常遇到的问题之一就是地下水害问题。长期以来，人们在同地下水进行斗争中，取得了许多宝贵经验，注浆技术也就是在同地下水做斗争中发展起来的一门科学。

所谓注浆技术就是在裂隙性含水岩层或松散的含水砂层中，用人为的方法，注入一种或几种能够在上述地层中凝胶的浆液，待浆液发生凝胶，便堵塞裂隙或固结砂层，起到堵水或加固的作用。

注浆技术主要有三个方面：注浆工艺、注浆材料和注浆设备。

注浆工艺主要包括选择注浆方案、确定注浆方式和注浆深度、注浆孔的布置和钻进、注浆材料的选择、注浆设备的选型、注浆站的布置、注浆参数、注浆施工及效果检查等内容。

注浆材料是在地层的裂隙或孔隙中起充塞和固结作用的主要物质，它是能否起到堵水或加固作用的关键。因此，研究注浆材料主要是不断创造出新的更理想浆液，以便更好地提高注浆效果，扩大注浆法的应用范围。

注浆设备，主要包括注浆泵、搅拌机、混合器、止浆塞和配套仪表等。它是制备和输送浆液的系统，是使浆液进入地层裂隙或孔隙的动力源。为了适应注浆技术的发展和满足不同条件下的注浆要求，必须研制出更多更好的注浆设备，以期达到注浆机械化，并逐步实现自动化。

以上三个方面的技术发展是密切相关的。一种新的注浆材料的出现，必须有相适应的注浆工艺和注浆设备。例如，过去使用

单液水泥浆，工艺采取单液注入系统，因此只需一台注浆泵。现在发展到化学浆液，要求工艺上采取双液系统，因此需要两台或一台双缸（两个独立的泵缸）精确调量的专用注浆泵。又如，旋喷桩法是注浆工艺方面的改进和发展，这样可以在粉细砂、粘土甚至淤泥中注入颗粒性的注浆材料。对注浆设备则要求有高压旋喷泵。由此可见，这三个方面是一个统一的整体。

十几年来，经过不断研究改进和提高，丰富和发展了注浆技术，它已在矿山、水工、土建、桥梁和隧道等许多工程中，治理水害和加固地基都发挥了卓有成效的作用。随着社会主义建设事业高速度发展的需要，将会研究出更多的新工艺、新材料和新的设备仪表，使注浆技术不断地提高到新的水平。

## 二、注浆技术发展概况

注浆法在建筑工程中应用，大约已有 170 多年历史了。1864 年，水泥注浆法，首次应用于阿里因普瑞贝硬煤矿井的一个井筒里。以后又相继在比利时、法国和西德等国家使用这种方法。1885 年，铁琴斯（Tietjens）成功地采用地面预注浆开凿井筒，获得了专利权。从此，注浆法在矿井建设中，作为防治水和改善工程地质条件的重要方法。先后在英国、法国、南非、美国和苏联得到了广泛应用。

近十几年来，国外注浆技术应用更为普遍。以预注浆为例，英国在 60 年代后期建设的煤矿有 80% 以上采用了注浆技术；南非在 1958~1968 年期间，用预注浆法开凿了 35 口立井和 3 条隧道。苏联在 1973 年用特殊凿井法的总进尺中，注浆法占 51.5%。

随着注浆技术的广泛应用，有些过去难以解决的问题，现在都迎刃而解了。比如注浆深度越大，注浆难度也越大。但到目前为止，世界上注浆最深的井筒，在南非已达到 1500 米，在西德和比利时为 700~900 米。

注浆效果问题，在英国、美国、法国、南非和加拿大三百个用注浆法施工的井筒中，约有 93% 的井筒注浆后，井筒涌水量不超过 10 米<sup>3</sup>/时，其中不超过 5 米<sup>3</sup>/时的占 80%。苏联在一百个井

的调查中，注浆后井筒涌水量在10米<sup>3</sup>/时以下的占64%，其中涌水量不超过5米<sup>3</sup>/时的占39%。

注浆材料的品种上，目前在国外已大量使用化学浆液，扩大了注浆法的应用范围，既能封堵细小裂隙的涌水，又能固结含水砂层及砂质粘土层等。

在50年代初期，我国东北鹤岗矿区、鸡西矿区和山东淄博煤矿，首先采用井壁注浆封堵井筒漏水；继之，山东新汶矿区的张庄立井采用工作面预注浆取得了良好的堵水效果。这就在注浆技术上为地面预注浆的施工奠定了基础。1958年前后峰峰矿区和焦作矿区广泛采用了工作面预注浆和地面预注浆。如峰峰薛村、焦作李庄，经过井筒地面预注浆以后，堵水效果分别达到97%和95%。

从1960年以后，注浆法有了很大的发展。注浆材料从水泥浆发展到多种化学浆、水泥-水玻璃浆。并根据化学注浆和水泥-水玻璃双液注浆的要求，研制成功了2MJ-3/40型隔膜计量泵和YSB-250/120型液力调速注浆泵。加之ZL-1型流量计和各种机械式止浆塞、混合器的使用，在保证注浆顺利施工和提高注浆效果方面，起了良好作用。因而使注浆技术有了很大的提高。有些方面已达到世界先进水平。

### 三、注浆法的分类

目前，对于注浆法的分类尚未统一，一般有下列分类方法：

(一) 按注浆施工时间的不同可分为：

1. 预注浆：是凿井前或掘进到含水层以前所进行的注浆工程。根据其施工地点的不同，预注浆又分为地面预注浆和工作面预注浆。

2. 后注浆：在井巷工程掘砌以后所进行的注浆工程。

(二) 按注浆采用浆液材料来分，有：

1. 水泥注浆（以水泥为主的浆液材料）；
2. 粘土注浆（以粘土为主的浆液材料）；
3. 化学注浆（以化学药液为主的浆液材料）。

### (三) 按注浆工艺流程来分, 有:

1. 单液注浆: 应用一台注浆泵和一套输浆系统完成注浆工作称为单液注浆。

2. 双液注浆: 应用两台注浆泵或一台双缸(两个独立的泵缸)和两套输浆管路同时注浆, 两种浆液在混合器混合后, 注入含水层或需要加固的岩层中, 称为双液注浆。

### (四) 按注浆工程的地质条件、浆液扩散和渗透能力, 注浆法可分为:

1. 充填注浆: 具有大裂隙、洞穴的岩层或井巷壁后空洞的注浆, 都属于这种类型。

2. 裂隙注浆: 具有裂隙的砂岩、砂质页岩及石灰岩等岩层裂隙的注浆, 均属于这种类型。

3. 渗透注浆: 在不破坏地层颗粒排列的原则下, 浆液充填于颗粒的间隙中, 将松散岩层胶结成整体。在含水砂层的注浆就属于这种类型。

4. 挤压注浆: 靠注浆压力迫使浆液挤入地层, 浆液多呈脉状或条带状胶结。例如在粘性土中的注浆就属于这种类型。这种注浆, 往往是为了提高基础承载力而进行的。

### (五) 按注浆目的可分为:

1. 加固注浆: 主要是加固松软地层或破碎带。

2. 堵水注浆: 主要是堵水或防渗。

总之, 注浆法的分类是多种多样的, 当然上述各种分类方法都不够严密、不够科学, 都有不足之处。一般来讲都按习惯划分, 如煤炭系统多采用按施工时间进行分类, 即预注浆和后注浆。但应该指出, 这是比较粗的划分, 实际上, 经常要按具体的注浆施工再做详细的区别, 像堵特大涌水、帷幕注浆、过流砂层等, 虽然可以包括在预注浆和后注浆中, 但往往把它们同预注浆和后注浆并提, 本书根据这种习惯也是分别介绍这几种注浆方法。

关于旋喷法问题, 因为它是一种新技术, 在煤炭系统应用不久。它包括在注浆技术之中, 与注浆法并列, 本文谈注浆法分



类，所以未予列入。

#### 四、注浆法在我国煤矿中的应用

随着我国国民经济的迅猛发展，注浆法在近十几年来发展很快，应用很广，有的搞预注浆建井、有的堵井壁漏水、有的处理淹井事故、有的加固松软砂层，总之，解决了很多生产中存在的水害问题，在我国社会主义建设事业中发挥了一定的作用。

在预注浆方面，注浆深度已达670米，通过23个井筒的调查，井筒涌水量在 $10\text{米}^3/\text{时}$ 以下的占74%，其中不超过 $5\text{米}^3/\text{时}$ 的占30%。

在后注浆方面，主要是堵井壁漏水，过去对壁后为流砂层出水的井筒都很难处理，水泥浆不能注入。后来出现了化学浆液，用其堵井壁漏水，效果甚佳，如对30个施工井筒的调查，堵水后的井筒涌水量均不超过 $5\text{米}^3/\text{时}$ ，其中 $2\text{米}^3/\text{时}$ 以下者占70%， $1\text{米}^3/\text{时}$ 以下者占47%。

用注浆法封堵特大涌水和恢复矿井方面，几乎可以达到100%的堵水效果。如在动水的条件下，注浆孔与突水点有很好的连通关系，采取首先注入惰性骨料（砂粒、石子等），以增加水的流动阻力，减缓水的流速，降低涌水量，紧接着注入快凝浆液，就会得到良好的封堵效果。

另外，用帷幕注浆解决和减少矿井涌水；化学注浆凿井通过浅、薄层流砂以及钻孔堵漏和护壁方面，均取得了一定的效果。

总之，注浆技术在我国煤矿系统应用是较多的，在某些地区已成为建设矿井必不可少的一种施工方法。

# 目 录

前言

绪论 ..... 1

## 第一篇 注浆工艺

<b>第一章 概述</b> .....	7
<b>第二章 井筒地面预注浆</b> .....	8
第一节 注浆施工技术方案 .....	8
第二节 注浆孔的施工 .....	16
第三节 钻孔的偏斜及其测量 .....	23
第四节 注浆的原理与施工 .....	26
第五节 注浆参数 .....	39
第六节 注浆堵水效果的检查 .....	46
第七节 施工组织与技术经济分析 .....	56
第八节 关于少孔注浆问题 .....	59
第九节 工程实例—开滦煤矿荆各庄矿副井地面预注浆 .....	66
<b>第三章 工作面预注浆</b> .....	71
第一节 立井井筒工作面预注浆 .....	71
第二节 斜井、平巷注浆 .....	95
第三节 工程实例 .....	99
<b>第四章 后注浆</b> .....	107
第一节 井壁注浆 .....	108
第二节 裸体井巷工程及其特殊条件的注浆方法 .....	117
第三节 工程实例 .....	119
<b>第五章 封堵特大涌水</b> .....	128
第一节 概述 .....	128
第二节 堵水方案 .....	129

第三节	注浆工艺的特点	134
第四节	静水注浆—恢复北大井的注浆施工	139
<b>第六章</b>	<b>注浆法凿井过流砂</b>	<b>148</b>
第一节	化学注浆	148
第二节	旋喷桩法	175
<b>第七章</b>	<b>帷幕注浆</b>	<b>200</b>
第一节	帷幕注浆的施工方案	200
第二节	帷幕注浆施工工艺	203
第三节	新汶矿务局协庄煤矿浅截帷幕注浆的经验	210
<b>第八章</b>	<b>注浆孔的测视工作</b>	<b>216</b>
第一节	SK-150型钻孔摄影仪	216
第二节	JZS-1型钻孔电视机	221
第三节	钻孔无线电波透视仪	224

## 第二篇 注浆材料

<b>第九章</b>	<b>概述</b>	<b>229</b>
第一节	研究注浆材料的意义及其发展概况	229
第二节	对注浆材料的一般要求及其分类	232
第三节	注浆材料的性能及常用的测视方法	235
<b>第十章</b>	<b>水泥注浆材料</b>	<b>248</b>
第一节	单液水泥浆	248
第二节	水泥-水玻璃浆液	270
<b>第十一章</b>	<b>化学注浆材料</b>	<b>291</b>
第一节	脲醛树脂类浆液	291
第二节	MG-646 化学浆液	311
第三节	水玻璃类浆液	328
第四节	铬木素类浆液	344
第五节	聚氨基甲酸酯类浆液	361
第六节	其他化学注浆材料	393
<b>第十二章</b>	<b>各种浆液材料的选择和应用</b>	<b>400</b>
第一节	按注浆堵水的水文地质条件以及施工 的要求确定浆液材料	400
第二节	按原料供应情况及成本来确定浆液材料	401

第三节	注浆材料的发展和展望	404
-----	------------	-----

### 第三篇 注浆设备

<b>第十三章</b>	<b>注浆泵</b>	413
第一节	调速计量泵	414
第二节	往复泵	432
第三节	手压泵及其他小型注浆机具	438
<b>第十四章</b>	<b>止浆塞和混合器</b>	441
第一节	止浆塞	441
第二节	混合器	451
<b>第十五章</b>	<b>其他注浆设备</b>	456
第一节	搅拌机(组)	456
第二节	注浆流量计	463
第三节	阀及接头	467

# 绪 论

## 一、注浆技术及其研究内容

在复杂的地质条件下，矿井生产建设中，经常遇到的问题之一就是地下水害问题。长期以来，人们在同地下水进行斗争中，取得了许多宝贵经验，注浆技术也就是在同地下水做斗争中发展起来的一门科学。

所谓注浆技术就是在裂隙性含水岩层或松散的含水砂层中，用人为的方法，注入一种或几种能够在上述地层中凝胶的浆液，待浆液发生凝胶，便堵塞裂隙或固结砂层，起到堵水或加固的作用。

注浆技术主要有三个方面：注浆工艺、注浆材料和注浆设备。

注浆工艺主要包括选择注浆方案、确定注浆方式和注浆深度、注浆孔的布置和钻进、注浆材料的选择、注浆设备的选型、注浆站的布置、注浆参数、注浆施工及效果检查等内容。

注浆材料是在地层的裂隙或孔隙中起充塞和固结作用的主要物质，它是能否起到堵水或加固作用的关键。因此，研究注浆材料主要是不断创造出新的更理想浆液，以便更好地提高注浆效果，扩大注浆法的应用范围。

注浆设备，主要包括注浆泵、搅拌机、混合器、止浆塞和配套仪表等。它是制备和输送浆液的系统，是使浆液进入地层裂隙或孔隙的动力源。为了适应注浆技术的发展和满足不同条件下的注浆要求，必须研制出更多更好的注浆设备，以期达到注浆机械化，并逐步实现自动化。

以上三个方面的技术发展是密切相关的。一种新的注浆材料的出现，必须有相适应的注浆工艺和注浆设备。例如，过去使用

单液水泥浆，工艺采取单液注入系统，因此只需一台注浆泵。现在发展到化学浆液，要求工艺上采取双液系统，因此需要两台或一台双缸（两个独立的泵缸）精确调量的专用注浆泵。又如，旋喷桩法是注浆工艺方面的改进和发展，这样可以在粉细砂、粘土甚至淤泥中注入颗粒性的注浆材料。对注浆设备则要求有高压旋喷泵。由此可见，这三个方面是一个统一的整体。

十几年来，经过不断研究改进和提高，丰富和发展了注浆技术，它已在矿山、水工、土建、桥梁和隧道等许多工程中，治理水害和加固地基都发挥了卓有成效的作用。随着社会主义建设事业高速发展的需要，将会研究出更多的新工艺、新材料和新的设备仪表，使注浆技术不断地提高到新的水平。

## 二、注浆技术发展概况

注浆法在建筑工程中应用，大约已有 170 多年历史了。1864 年，水泥注浆法，首次应用于阿里因普瑞贝硬煤矿井的一个井筒里。以后又相继在比利时、法国和西德等国家使用这种方法。1885 年，铁琴斯（Tietjens）成功地采用地面预注浆开凿井筒，获得了专利权。从此，注浆法在矿井建设中，作为防治水和改善工程地质条件的重要方法。先后在英国、法国、南非、美国和苏联得到了广泛应用。

近十几年来，国外注浆技术应用更为普遍。以预注浆为例，英国在 60 年代后期建设的煤矿有 80% 以上采用了注浆技术；南非在 1958~1968 年期间，用预注浆法开凿了 35 口立井和 3 条隧道。苏联在 1973 年用特殊凿井法的总进尺中，注浆法占 51.5%。

随着注浆技术的广泛应用，有些过去难以解决的问题，现在都迎刃而解了。比如注浆深度越大，注浆难度也越大。但到目前为止，世界上注浆最深的井筒，在南非已达到 1500 米，在西德和比利时为 700~900 米。

注浆效果问题，在英国、美国、法国、南非和加拿大三百个用注浆法施工的井筒中，约有 93% 的井筒注浆后，井筒涌水量不超过 10 米<sup>3</sup>/时，其中不超过 5 米<sup>3</sup>/时的占 80%。苏联在一百个井

的调查中，注浆后井筒涌水量在 $10 \text{米}^3/\text{时}$ 以下的占64%，其中涌水量不超过 $5 \text{米}^3/\text{时}$ 的占39%。

注浆材料的品种上，目前在国外已大量使用化学浆液，扩大了注浆法的应用范围，既能封堵细小裂隙的涌水，又能固结合水砂层及砂质粘土层等。

在50年代初期，我国东北鹤岗矿区、鸡西矿区和山东淄博煤矿，首先采用井壁注浆封堵井筒漏水；继之，山东新汶矿区的张庄立井采用工作面预注浆取得了良好的堵水效果。这就在注浆技术上为地面预注浆的施工奠定了基础。1958年前后峰峰矿区和焦作矿区广泛采用了工作面预注浆和地面预注浆。如峰峰薛村、焦作李庄，经过井筒地面预注浆以后，堵水效果分别达到97%和95%。

从1960年以后，注浆法有了很大的发展。注浆材料从水泥浆发展到多种化学浆、水泥-水玻璃浆。并根据化学注浆和水泥-水玻璃双液注浆的要求，研制成功了2MJ-3/40型隔膜计量泵和YSB-250/120型液力调速注浆泵。加之ZL-1型流量计和各种机械式止浆塞、混合器的使用，在保证注浆顺利施工和提高注浆效果方面，起了良好作用。因而使注浆技术有了很大的提高。有些方面已达到世界先进水平。

### 三、注浆法的分类

目前，对于注浆法的分类尚未统一，一般有下列分类方法：

(一) 按注浆施工时间的不同可分为：

1. 预注浆：是凿井前或掘进到含水层以前所进行的注浆工程。根据其施工地点的不同，预注浆又分为地面预注浆和工作面预注浆。

2. 后注浆：在井巷工程掘砌以后所进行的注浆工程。

(二) 按注浆采用浆液材料来分，有：

1. 水泥注浆（以水泥为主的浆液材料）；

2. 粘土注浆（以粘土为主的浆液材料）；

3. 化学注浆（以化学药液为主的浆液材料）。

(三) 按注浆工艺流程来分, 有:

1. 单液注浆: 应用一台注浆泵和一套输浆系统完成注浆工作称为单液注浆。

2. 双液注浆: 应用两台注浆泵或一台双缸(两个独立的泵缸)和两套输浆管路同时注浆, 两种浆液在混合器混合后, 注入含水层或需要加固的岩层中, 称为双液注浆。

(四) 按注浆工程的地质条件、浆液扩散和渗透能力, 注浆法可分为:

1. 充填注浆: 具有大裂隙、洞穴的岩层或井巷壁后空洞的注浆, 都属于这种类型。

2. 裂隙注浆: 具有裂隙的砂岩、砂质页岩及石灰岩等岩层裂隙的注浆, 均属于这种类型。

3. 渗透注浆: 在不破坏地层颗粒排列的原则下, 浆液充填于颗粒的间隙中, 将松散岩层胶结成整体。在含水砂层的注浆就属于这种类型。

4. 挤压注浆: 靠注浆压力迫使浆液挤入地层, 浆液多呈脉状或条带状胶结。例如在粘性土中的注浆就属于这种类型。这种注浆, 往往是为了提高基础承载力而进行的。

(五) 按注浆目的可分为:

1. 加固注浆: 主要是加固松软地层或破碎带。

2. 堵水注浆: 主要是堵水或防渗。

总之, 注浆法的分类是多种多样的, 当然上述各种分类方法都不够严密、不够科学, 都有不足之处。一般来讲都按习惯划分, 如煤炭系统多采用按施工时间进行分类, 即预注浆和后注浆。但应该指出, 这是比较粗的划分, 实际上, 经常要按具体的注浆施工再做详细的区别, 像堵特大涌水、帷幕注浆、过流砂层等, 虽然可以包括在预注浆和后注浆中, 但往往把它们同预注浆和后注浆并提, 本书根据这种习惯也是分别介绍这几种注浆方法。

关于旋喷法问题, 因为它是一种新技术, 在煤炭系统应用不久。它包括在注浆技术之中, 与注浆法并列, 本文谈注浆法分



类，所以未予列入。

#### 四、注浆法在我国煤矿中的应用

随着我国国民经济的迅猛发展，注浆法在近十几年来发展很快，应用很广，有的搞预注浆建井、有的堵井壁漏水、有的处理淹井事故、有的加固松软砂层，总之，解决了很多生产中存在的水害问题，在我国社会主义建设事业中发挥了一定的作用。

在预注浆方面，注浆深度已达670米，通过23个井筒的调查，井筒涌水量在 $10\text{米}^3/\text{时}$ 以下的占74%，其中不超过 $5\text{米}^3/\text{时}$ 的占30%。

在后注浆方面，主要是堵井壁漏水，过去对壁后为流砂层出水的井筒都很难处理，水泥浆不能注入。后来出现了化学浆液，用其堵井壁漏水，效果甚佳，如对30个施工井筒的调查，堵水后的井筒涌水量均不超过 $5\text{米}^3/\text{时}$ ，其中 $2\text{米}^3/\text{时}$ 以下者占70%， $1\text{米}^3/\text{时}$ 以下者占47%。

用注浆法封堵特大涌水和恢复矿井方面，几乎可以达到100%的堵水效果。如在动水的条件下，注浆孔与突水点有很好的连通关系，采取首先注入惰性骨料（砂粒、石子等），以增加水的流动阻力，减缓水的流速，降低涌水量，紧接着注入快凝浆液，就会得到良好的封堵效果。

另外，用帷幕注浆解决和减少矿井涌水；化学注浆凿井通过浅、薄层流砂以及钻孔堵漏和护壁方面，均取得了一定的效果。

总之，注浆技术在我国煤矿系统应用是较多的，在某些地区已成为建设矿井必不可少的一种施工方法。