

# 井巷工程施工手册

第十七篇 注浆法施工

煤炭工业出版社



# 井巷工程施工手册

第十七篇 注浆法施工

《井巷工程施工手册》编写组

煤炭工业出版社

**总 审 校:** 沈季良、崔云龙

第十七篇

**主编单位:** 煤炭科学研究院建井所

**参加单位:** 东北工学院、开滦煤矿、新汶矿务局

**审 校:** 刘兴浦、张著超

**编 写:** 刘兴浦、张著超、纪东黎、郑继先、张崇瑞、王国明、杜英敏、崔增骥

## 井巷工程施工手册

第十七篇 注浆法施工

《井巷工程施工手册》编写组

\*

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787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张11<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

字数269千字 印数1—10,000

1980年4月第1版 1980年4月第1次印刷

书号15035·2275 定价1.20元



---

## 出 版 说 明

建国三十年来，煤炭工业取得了巨大的成就。煤炭基本建设正以前所未有的速度向前发展。为了总结和推广煤矿基本建设战线广大群众创造的新技术、新工艺、新材料、新设备和先进的施工经验，向从事矿山井巷施工人员提供必要的技术资料，以适应新时期总任务对高速度发展煤炭工业的要求，我们编辑出版了《井巷工程施工手册》。

《井巷工程施工手册》是一本反映井巷工程施工技术的工具书。它主要供有一定专业基础知识和实践经验的、在现场直接组织与指挥施工的工程技术人员查阅使用。也可供有关专业的院校师生和科研人员参考。

《井巷工程施工手册》是根据党和国家的有关方针政策和大量的生产实践经验，本着科学性、先进性和实用性的原则编写的。在内容上，主要包括井巷工程常用技术资料与工程材料；地质、测量与矿图；机电设备与设施；普通与特殊施工方法和凿井工艺；灾害的预防与处理；施工组织与管理等部分，共分二十篇。在资料的取舍上，以目前新技术为主，兼顾一般常用施工技术，注意介绍国内外带有发展方向的先进技术；以井巷施工为主，兼有部分设计、计算、基本原理和部分土建、安装方面的内容。表达形式着重于条理化、图表化，力求做到简明、实用、查阅方便。

《井巷工程施工手册》在煤炭部党组领导下，由部基本建设局、科技局、设计管理局、技术委员会、科技情报研究所共同负责组织。参加编写的有施工、科研、设计、大专院校等约四十个单位，一百余人。同时，开滦、梅田矿务局等许多单位和有关人员参加了审稿或提供了资料。冶金部、一机部、铁道部等有关单位对《手册》的编写工作给予了热情支持。对于各单位的大力支持与帮助，特致谢意。

《井巷工程施工手册》篇幅较大，为了早日与广大读者见面，广泛征求意见，先出单行本，以后再按普通法施工和特殊法施工出合订本。

# 目 录

## 第十七篇 注浆法施工

第一章 注浆技术及其应用 .....	17-2
第一节 注浆法作用原理 .....	17-2
第二节 注浆法分类及适用条件 .....	17-2
第二章 注浆材料 .....	17-6
第一节 浆液的一般情况 .....	17-6
第二节 无机系注浆材料 .....	17-13
第三节 有机系注浆材料 .....	17-25
第四节 各种注浆材料的评述 .....	17-37
第三章 注浆机具 .....	17-40
第一节 钻孔机械 .....	17-40
第二节 注浆泵 .....	17-41
第三节 止浆塞、混合器、搅拌机、输浆管路、阀门及其他 .....	17-55
第四章 立井裂隙含水岩层地面预注浆 .....	17-99
第一节 注浆工程设计 .....	17-99
第二节 注浆孔的钻进 .....	17-106
第三节 注浆工艺 .....	17-108
第四节 注浆效果的检查与井筒结束注浆的标准 .....	17-117
第五章 立井裂隙含水岩层工作面预注浆 .....	17-124
第一节 注浆准备工作及施工方案 .....	17-124
第二节 布孔与注浆段高 .....	17-125
第三节 止浆岩帽 .....	17-128
第四节 止浆垫 .....	17-131
第五节 钻机与钻进作业 .....	17-137
第六节 注浆材料及注浆工艺 .....	17-138
第六章 立井含水砂层预注浆 .....	17-140
第一节 预注浆的种类及适用条件 .....	17-140
第二节 注浆试验 .....	17-140
第三节 注浆工程设计 .....	17-143
第四节 注浆孔的钻进 .....	17-148
第五节 注浆施工 .....	17-148
第六节 注浆效果的检查 .....	17-150
第七章 巷道注浆 .....	17-151
第一节 巷道注浆的种类 .....	17-151
第二节 止浆垫 .....	17-151
第三节 注浆方式及注浆孔布置 .....	17-154
第四节 注浆孔施工 .....	17-158

第五节	注浆工艺 .....	17-159
第六节	扫孔与复注 .....	17-163
第七节	注浆效果的检查与评价 .....	17-164
第八章	后注浆 .....	17-165
第一节	后注浆的类型与适用条件 .....	17-165
第二节	常用设备机具选择与布置方式 .....	17-165
第三节	后注浆施工方案的确定 .....	17-168
第四节	注浆孔布置与注浆参数 .....	17-170
第五节	后注浆施工 .....	17-172

# 第十七篇

## 注 浆 法 施 工

# 第十七篇 注浆法施工

## 第一章 注浆技术及其应用

### 第一节 注浆法作用原理

矿井建设中，井巷施工常常要通过一个或若干个含水地层。含水层给井巷工程施工带来很大的危害，注浆法则是井巷施工中与地下水害作斗争的重要手段之一。其作用原理见图17-1-1，通常以注浆泵为动力源，利用泵的压力把配制好的、具有充塞胶结性能的浆液。通过注浆孔（或注浆管）注入含水地层中，浆液以充填或渗透等形式驱走岩石裂隙或孔隙中的水，达到封堵裂隙、隔绝水源、并将松散岩层胶结成不透水的整体，从而起到永久性的堵水与加固作用，在其保护下进行井巷挖掘工作，或加固与提高围岩（或支架）的稳定性。

注浆法与其它特殊凿井法比较，其主要特点如下：

1. 设备少、工艺简单；
2. 能形成永久性封水帷幕，可改善支架工作条件；
3. 在裂隙含水岩层及浅薄砂层中均可用来堵水与加固，并可用于处理岩溶及断层破碎带；
4. 可作为钻井法、沉井法施工时固结井壁和封堵刃脚的工艺措施。

### 第二节 注浆法分类及适用条件

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；2. 后注浆。

二、按注浆采用浆液材料来分，有：

1. 水泥注浆；2. 粘土注浆；3. 化学注浆。

三、按注浆工艺流程来分，有：

1. 单液注浆；2. 双液注浆。

四、按注浆工程的地质条件、浆液扩散和渗透能力来分，有：

1. 充填注浆；2. 裂隙注浆；3. 渗透注浆；4. 挤压注浆。

五、按注浆目的可分为：

1. 加固注浆；2. 堵水注浆。

按着煤矿注浆习惯，采用预注浆、后注浆和破碎地层注浆。注浆法的详细分类及适用条件见表17-1-1。



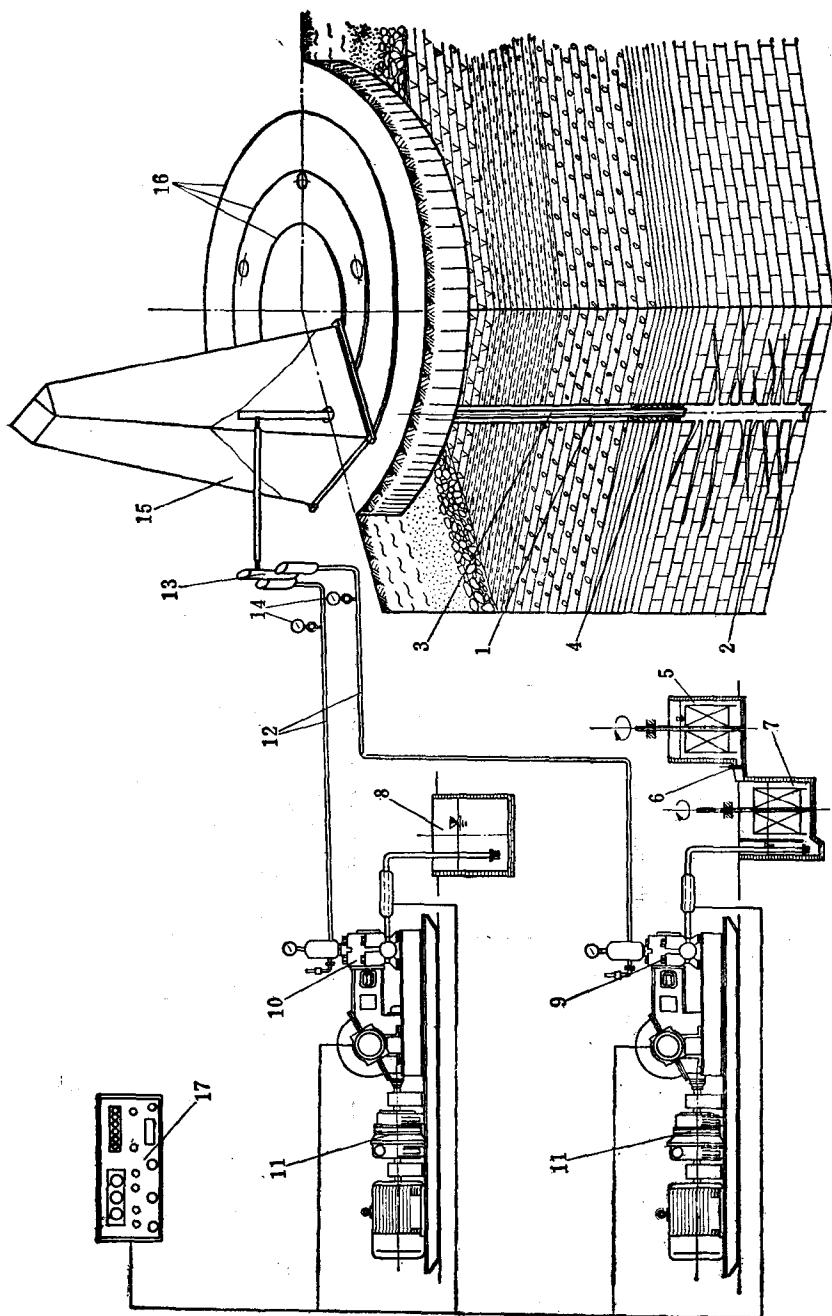
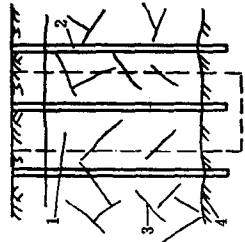
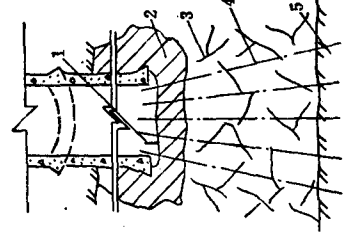


图 17-1-1 注浆法作用原理

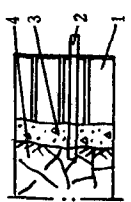
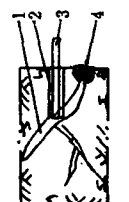
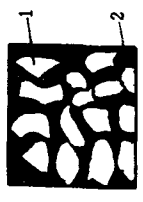
1—注浆孔；2—裂隙含水岩层；3—钻杆兼作注浆管；4—止浆塞；5—浆液搅拌机；6—放浆闸门；7—二次搅拌机兼贮浆池；8—水玻璃池；9—水泥浆泵；10—水玻璃量；11—液力变矩器；12—输浆管路；13—混合器；14—压力表；15—钻套；16—环形轨道；17—集中控制台

表 17-1-1 注浆法分类及适用条件

分类名称	图 示	工 艺 特 征	适 用 条 件		优 缺 点
			地 层 性	特 征 赋 存 情 况	
地 面 预 注 浆	 <p>1—拟开凿的井筒; 2—注浆孔; 3—裂隙含水岩层; 4—隔水岩层</p>	<p>通常在建井准备期,由地面钻孔注浆。在井筒开挖轮廓线之外,形成一个封闭的隔水帷幕,在其保护下进行井筒施工</p>	<p>立 井</p>	<p>1. 裂隙含水岩层或岩溶溶洞,裂隙宽大于0.15~0.2毫米 2. 含水砂砾层 3. 中、粗砂、流砂层 4. 细砂、流砂层</p>	<p>1. 可在施工准备期进行,有利于缩短建井工期 2. 作业条件好、安全 3. 注浆深度大, (一般可达500米), 要求钻孔技术较高,需分段止浆,工艺较复杂 4. 孔深,需要大型钻机设备</p>
工 作 面 预 注 浆	 <p>1—井筒工作面; 2—隔水层; 3—含水岩层; 4—注浆孔; 5—预留注浆带作止浆垫</p>	<p>井筒掘进至含水层以上10米左右停止掘进,钻超前钻孔探明水压。按设计及含水层准确位置。按设计要求预留止浆岩帽或浇筑混凝土止浆垫,然后从工作面钻孔注浆,形成帷幕,在其保护下施工</p>	<p>立 井 斜 井 平 巷</p>	<p>同 上</p>	<p>1. 可使用轻便钻机, 移、设方便 2. 分层注浆时, 注浆段较小, 孔偏斜易控制; 可不必分段止浆, 简化了工艺 3. 注浆施工需占用建井工期, 作业条件不如地面好, 有高压水时, 需有防护装置</p>

预 注 浆

续表

分类名称	注浆法分类			适用条件			可用浆液材料	优缺点
	图	示	工艺特征	工程	地层特性			
					岩	赋存情况		
井壁注浆		1—井壁; 2—注浆管; 3—充填阻凝土; 4—围岩	在井壁上钻孔埋管、注浆, 孔深一般大于壁厚	立井 斜井 平巷	壁后围岩为基岩或卵、砾石层	壁后有空洞, 围岩有裂隙冒水	水泥-水玻璃浆; 单液水泥浆	
围岩暴露面注浆		1—裂隙; 2—注浆孔; 3—注浆管; 4—糊缝	对准出水点, 钻孔埋管注浆, 封堵裂隙或集中出水点	各种井巷工程 堵水	裂隙或集中出水的基岩	已被揭露的井巷围岩暴露面	单液水泥浆 水泥-水玻璃浆或化学浆	
破碎地层注浆		1—破碎地层岩块; 2—浆液结石体	通常在巷道施工期已被揭露和尚未揭露的冒落区或断层破碎带, 进行钻孔注浆胶结、加固	各种巷道工程		断层破碎带; 已冒落区	单液水泥浆 水泥-水玻璃浆	

## 第二章 注浆材料

### 第一节 浆液的一般情况

#### 一、注浆材料的分类

按注浆材料的主剂进行分类，见表17-2-1。

表 17-2-1 注浆材料分类表

注 浆 材 料	无机系	单液水泥类 水泥粘土类 水泥-水玻璃类 水玻璃类
	有机系	丙烯酰胺类 铬木素类 脲醛树脂类 聚氨酯类 糠醛树脂类 其他类

#### 二、对理想注浆材料的要求

1. 浆液是真溶液，而不是悬浊液。浆液粘度低、流动性好、可注性好，能进入细小裂隙和粉细砂层。
2. 浆液凝胶时间可以从几秒至几小时范围内随意调节，并能准确地控制。浆液一经发生凝胶就在瞬间完成。
3. 浆液的稳定性好，在常温常压下长期存放不改变性质、不发生其他化学反应。
4. 浆液无毒、无嗅，对环境不污染、对人体无害。非易燃、易爆之物品。
5. 浆液对注浆设备、管路、混凝土结构物、橡胶制品等无腐蚀性，并且容易清洗。
6. 浆液固化时无收缩现象，固化后与岩石、混凝土、砂子等有一定粘结性。
7. 浆液结石体有一定抗压、抗拉强度，不龟裂，抗渗性能好，防冲刷性能好。
8. 结石体耐老化性能好，能长期耐酸、碱、盐、生物细菌等腐蚀，并且不受温度、湿度变化的影响。
9. 材料来源丰富、价格便宜。
10. 浆液配制方便，容易掌握。

#### 三、原料选择

浆液原材料可参照表17-2-2选择。

表 17-2-2 对注浆材料的规格要求

原 料	规 格 要 求	原 料	规 格 要 求
水 泥	新鲜400*或500*普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥	纸浆废液	酸法木浆废液(浓度40%以上)或其干粉
水 玻 璃	模数: 2.4~3.4; 浓度: 50Be'以上	其它化学药品	工业品或试剂

注: 水泥为旧标准, 全篇同。

四、浆液配制及用料计算

(一) 溶液型浆液

1. 一般浆液

(1) 当溶质为固体时:

一般用水(溶剂)溶解,配成一定浓度的溶液,其浓度表示为:

$$\frac{\text{溶质重量 (克或公斤)}}{\text{溶质体积 + 溶剂体积 (毫升或升)}} = (\%)$$

或

$$\frac{\text{溶质重量 (克或公斤)}}{\text{溶液体积 (毫升或升)}} = (\%)$$

其浓度变换可参看下面×字法。

(2) 当溶质为液体时:

可以直接使用,有时也配成溶液使用。如需配成溶液,其浓度表示为:

$$\frac{\text{溶质体积 (毫升或升)}}{\text{溶质体积 + 溶剂体积 (毫升或升)}} = (\%)$$

或

$$\frac{\text{溶质体积 (毫升或升)}}{\text{溶液体积 (毫升或升)}} = (\%)$$

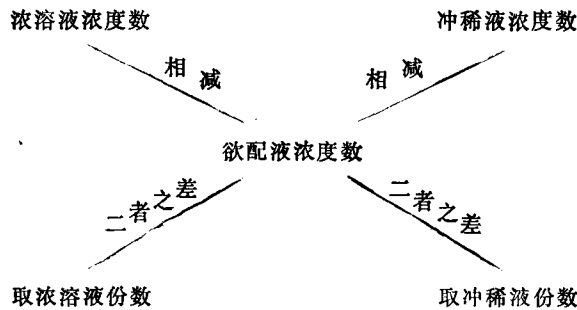
其浓度变换可参看下面×字法。

(3) 当溶质为溶液时:

有些药品出厂时为溶液(如脲醛树脂为60%左右水溶液、纸浆废液为50%左右水溶液、硅氟酸为30%水溶液、乙二醛为35%水溶液等),配浆时按下述两种情况处理:

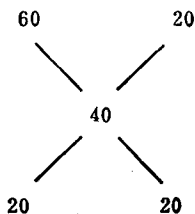
1) 凡主剂为溶液时:

根据出厂标定浓度,配浆时采用×字法变换其浓度。



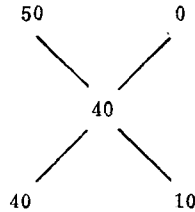
如冲稀液是水则浓度为零。

如60%脲醛树脂溶液,欲用20%脲醛树脂溶液冲稀至40%,则:



即取20份60%脲醛树脂溶液和20份20%脲醛树脂溶液混合后则配成40%浓度的脲醛树脂溶液。

又如将50%浓度纸浆废液，用水冲稀至40%浓度，因为水的浓度为零，则



即取40份50%浓度的纸浆废液，加入10份水混合均匀后则配成40%浓度的溶液。

## 2) 凡助剂或附加剂为溶液时:

为施工和计算上的方便，常将出厂浓度视做100%浓度，然后按溶质为液体处理。必须指出：此时溶液浓度并不符合溶液的真实浓度。

如水玻璃-乙二醛浆液。乙二醛出厂浓度为35%水溶液，在使用水玻璃-乙二醛浆液时，二者等体积混合，首先就要把乙二醛稀释，如取50毫升35%乙二醛，加入水50毫升，则乙二醛的真实浓度为17.5%。为方便起见，配浆时不按上法计算，而是先将35%浓度乙二醛视作100%，加入50毫升水后就当作50%浓度，因此，注浆时所说乙二醛的浓度与实际真实浓度不符，这是一种习惯而已。

## 2. 几种特殊情况

### (1) 水玻璃:

水玻璃浓度以“波美度”(符号Be')表示。

波美度与比重(符号*d*)的关系为:

$$Be' = 145 - \frac{145}{d} \quad (1)$$

或

$$d = \frac{145}{145 - Be'} \quad (2)$$

水玻璃出厂浓度一般为50~56Be'，而注浆使用范围为30~45Be'。其浓度变换按下式计算:

$$V_{加} = \frac{V_{原}(d_{配} - d_{原})}{d_{加} - d_{配}} \quad (3)$$

式中  $V_{加}$ ——加入液体积，升；

$V_{原}$ ——原来水玻璃体积，升；

$d_{加}$ ——加入液比重，公斤/升；

$d_{原}$ ——原来水玻璃比重，公斤/升；

$d_{配}$ ——欲配水玻璃比重，公斤/升。

### (2) 固体的水玻璃、脲醛树脂和纸浆废液:

固体水玻璃需加水煮沸，待全部溶解后仍用波美度表示浓度。

固体脲醛树脂和纸浆废液干粉，均按溶质为固体处理。



纸浆废液浓度与波美度有一定关系，可供配浆时参考：

$$y = 1.51Be' - 0.90 \quad (4)$$

式中  $y$ ——纸浆废液百分浓度；

$Be'$ ——纸浆废液波美度。

(3) 凡标明按重量比或体积比配浆者，可直接配制。

(二) 悬浊液型浆液

1. 水泥浆

水泥浆的浓度用水灰比 ( $\rho$ ) 表示，其定义为：

$$\rho = \frac{W_w}{W_c} \quad (5)$$

式中  $W_w$ ——水的重量，公斤；

$W_c$ ——水泥的重量，公斤。

注浆常用水灰比的变化范围为0.6~2.0。

水泥浆的体积应为水泥的体积和水的体积之和：

$$V_g = V_c + V_w \quad (6)$$

式中  $V_g$ ——水泥浆的体积，升；

$V_c$ ——水泥的体积，升；

$V_w$ ——水的体积，升。

水泥的体积为：

$$V_c = \frac{W_c}{d_c} \quad (7)$$

式中  $W_c$ ——水泥的重量，公斤；

$d_c$ ——水泥的比重，通常取3。

水的体积为：

$$V_w = \frac{W_w}{d_w} \quad (8)$$

式中  $W_w$ ——水的重量，公斤；

$d_w$ ——水的比重，通常取1。

附加剂一般先配成溶液，这个溶液的体积从加水的体积中扣除，所以配制水泥浆时可不考虑附加剂体积的影响。

如将(7)(8)式代入(6)式，就可以得到计算任意水灰比条件下配制一定体积水泥浆所需水泥和水的量：

$$\begin{cases} W_c = \frac{d_c V_g}{1 + d_c \rho} \\ W_w = \rho W_c \end{cases} \quad (9)$$

水泥浆的浓度变换分为两种情况：

浆液由稀变浓，需要计算加入水泥的量：

$$\Delta W_c = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2} W_c \quad (10)$$

$$\text{或} \quad \Delta W_C = \frac{d_C V_g (\rho_1 - \rho_2)}{\rho_2 (1 + d_C \rho_1)} \quad (11)$$

式中  $\Delta W_C$ ——应加入水泥的量, 公斤;  
 $V_g$ ——原来水泥浆液的体积, 升;  
 $\rho_1$ ——原来水泥浆的水灰比;  
 $\rho_2$ ——加浓后水泥浆的水灰比;

其他符号同前。

浆液由浓变稀, 需要计算加入水的量:

$$\Delta W_W = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} W_W \quad (12)$$

$$\text{或} \quad \Delta W_W = \frac{d_C V_g (\rho_2 - \rho_1)}{1 + d_C \rho_1} \quad (13)$$

式中  $\Delta W_W$ ——应加入水的量, 公斤;  
 $\rho_2$ ——冲稀后水泥浆的水灰比;

其他符号同前。

## 2. 水泥粘土浆

其浆液浓度一般按水泥、粘土、水的用量来表示:

$$W_C : W_e : W_W = \alpha : \beta : \gamma \quad (14)$$

式中  $W_C$ ——浆液中水泥的重量, 公斤;  
 $W_e$ ——浆液中粘土的重量, 公斤;  
 $W_W$ ——浆液中水的重量, 公斤;  
 $\alpha$ ——浆液中水泥所占重量份数;  
 $\beta$ ——浆液中粘土所占重量份数;  
 $\gamma$ ——浆液中水所占重量份数。

水泥粘土浆中各物料用量计算公式为:

$$\left\{ \begin{array}{l} W_C = \alpha \frac{V_g}{\frac{\alpha}{d_C} + \frac{\beta}{d_e} + \frac{\gamma}{d_W}} \\ W_e = \beta \frac{V_g}{\frac{\alpha}{d_C} + \frac{\beta}{d_e} + \frac{\gamma}{d_W}} \\ W_W = \gamma \frac{V_g}{\frac{\alpha}{d_C} + \frac{\beta}{d_e} + \frac{\gamma}{d_W}} \end{array} \right. \quad (15)$$

式中  $d_e$ ——粘土的比重, 通常取2.75;

其他符号同前。

从式(15)中可以推导出更多组份浆液用料计算公式, 象水泥粘土砂浆等, 另外也可以得出更少组分浆液用料计算公式。如:

当  $W_e = 0$ ,  $\beta = 0$  则得到水泥浆的用料计算公式:

$$\left\{ \begin{aligned} W_c &= a \frac{V_s}{\frac{a}{d_c} + \frac{\gamma}{d_w}} \\ W_w &= \gamma \frac{V_s}{\frac{a}{d_c} + \frac{\gamma}{d_w}} \end{aligned} \right. \quad (16)$$

此式与前面(9)式一致。

当 $W_c=0$ ,  $a=0$ 则成为粘土浆的用料计算公式:

$$\left\{ \begin{aligned} W_s &= \beta \frac{V_s}{\frac{\beta}{d_s} + \frac{\gamma}{d_w}} \\ W_w &= \gamma \frac{V_s}{\frac{\beta}{d_s} + \frac{\gamma}{d_w}} \end{aligned} \right. \quad (17)$$

### 五、浆液主要性能及其测试方法

#### (一) 粘 度

粘度一般系指浆液所有组分混合后的初始粘度。

浆液粘度随时间而变化,其变化规律有下面两种情况,见图17-2-1。

曲线 I 表示浆液粘度随时间缓慢增大,无明显突变过程,如单液水泥类浆液、铬木素类浆液等,此过程对进一步注浆不利。

曲线 II 表示浆液粘度随时间有明显突变过程,如丙烯酰胺类、水泥-水玻璃类浆液,此过程对注浆有利。

几种常用注浆材料的粘度及测定方法见表17-2-3。

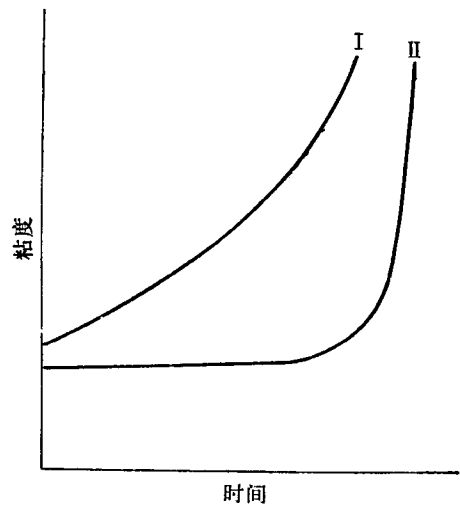


图 17-2-1 浆液粘度随时间变化曲线

表 17-2-3 几种注浆材料的粘度及测定方法

浆 液 名 称	粘 度	测 定 方 法
悬浊型浆液	单液水泥类 水泥-水玻璃类	15~140 秒 15~140 秒
溶液型浆液	水玻璃类 丙烯酰胺类 铬木素类 脲醛树脂类 聚氨酯类 糠醛树脂类	3~4 厘泊 1.2 厘泊 3~4 厘泊 5~6 厘泊 十几~几百厘泊 < 2 厘泊
		常用ZNN型泥浆粘度计 使用旋转式粘度计、落球式粘度计等