

石膏侵污泥漿的 防止与处理

陈 乐 亮編著

石 油 工 业 出 版 社

內 容 提 要

本書專門介紹石膏在鉆井过程中侵污泥漿的防止与处理方法。書中对石膏侵污泥漿的原因、性能变化的規律、事先防止的方法，事后处理的措施等，作了簡明的敘述，同时还根据一些实验室試驗的結果与現場实际使用經驗，提供了一些应用数据。

本書可供广大鉆井工程技术人员，和工人特别是泥漿工人的参考。

統一書号：15037·406

石 膏 侵 污 泥 漿 的 防 止 与 处 理

陈 乐 亮編著

*

石油工业出版社出版（社址：北京大柵坎石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第083號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 印張1 $\frac{1}{2}$ * 32千字 * 印1—3,000册

1958年9月北京第1版第1次印刷

定价(10)0.24元

序 言

泥漿是鑽井的血液，不管鑽什麼井，必須根據所鑽井的特點配備泥漿或其代用品，使它的性能滿足於鑽井的要求，才能完成鑽井任務，保證井眼質量。

在鑽井過程中，隨着地層的变化、井深的增加和岩層內不同礦物的侵入，泥漿受到侵污，使它的性能發生劇烈的变化。這時，必須及時進行一系列的化學物理處理以保持其應有的性能。這種處理既需很大的人力物力，也會增加鑽井成本。所以鑽井工作者應該掌握泥漿，尋求最好和最省的處理泥漿的方法，作為日常工作中最重要內容之一。同時還必須是在最快的條件下達到處理的要求。在一般情況下，“事先預防”都比事後處理的效果好，成本低。

四川地區三疊系嘉陵江石灰岩內夾有含量不等、厚度不同的無水石膏層，累積厚度均在150公尺以上。所有鑽入這一地層的許多探區，如隆昌、石油溝、江油、自流井、蓬萊鎮等處，遇到石膏侵污後，給鑽井泥漿工作帶來極大的技術困難，甚至處理失靈，引起卡鑽、打撈，數月無效，終至放棄鑽進，損失之大可以想見。這些經驗教訓，使我們鑽井工作者不能不對石膏侵污泥漿的防止與處理方法和其他的泥漿的防止與處理方法一樣，給予極大的重視。

近年來，在黨和行政正確領導之下，我們已開始重視了這一關鍵性的問題，積極進行研究試驗，在防止與處理石膏侵污泥漿的方法上已獲得了一定的經驗和成就，但遠遠還趕

不上祖国石油工業大發展上的需要。因此，需要加倍努力，进行鑽研，解放泥漿，多方寻求更好的方法。

这本小册子就是根据已有的少許經驗，加以綜合，通过实验室的試驗分析工作，編写而成。毫無疑問，石膏侵汚泥漿这一問題是比較复杂的，作者限於水平与經驗，內容上可能还存在一些缺点甚或錯誤，希望讀者能提出宝貴的意見，俾作改进的參考，使这些措施更为完善些。在編写过程中得到井队与實驗室同志們的帮助，並得到北京石油学院陈廷蕤先生的指正，在此一併致謝。

作 者

目 录

序 言

第一章 石膏的理化性質及对泥漿的侵污	1
第二章 石膏破坏泥漿膠性的原因	3
第三章 石膏侵污泥漿的处理方法	5
第一节 無机化学藥剂除鈣及抗鈣法	5
1 碳酸鈉、碳酸鋁及磷酸鹽除鈣法	5
2 硫酸鈉(芒硝)抗石膏法	9
3 高 pH 值泥漿抗石膏法	11
4 混合藥剂抗石膏法	16
第二节 有机护膠質抗鈣法	28
1 淀粉糊化剂抗石膏法	27
2 亞硫酸鹽酒精廢液抗石膏法	29
3 石花菜膠液抗石膏法	34
4 羧基甲基纖維素鈉鹽抗石膏法	34
5 松柏叶碱液抗石膏法	35
第三节 特种泥漿抗鈣法	39
1 鈣基泥漿抗石膏法	39
2 油基泥漿抗石膏法	41
3 水玻璃泥漿抗石膏法	41
4 原漿鑽石膏層法	43
第四章 結論	44
說 明	48
参考文献	48

第一章 石膏的理化性質 及对泥漿的侵污

石膏是从硫酸鈣的濃溶液中結晶出来的白色矿物，常育生於深海的岩層中，並常与石灰岩共生在一起，繼續地夾在石灰岩層中。有的厚仅几公寸或几公尺，也有厚达几十公尺的純石膏層。

石膏的化学成分是硫酸鈣 CaSO_4 ，屬於酸性鹽类，含有結晶水的石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 是含水石膏，不含結晶水的是無水石膏。含水石膏加热后即失去結晶水成为白色粉狀的無水石膏，具有較强的吸水性，为亲水的物質，能溶於硫酸鈉、食鹽、鉍鹽、等溶液中。在水溶液中的溶解度随温度的上昇而增加，高於攝氏表 40° 以后随温度的上昇而減少，如下表 1 所示。

石膏溶解度与溫度关系

表 1

溫 度	溶 解 度 (%)	溫 度	溶 解 度 (%)
0°C	0.176	55°C	0.205
10°C	0.193	60°C	0.200
18°C	0.202	100°C	0.155
25°C	0.208	151°C	0.049
30°C	0.209	180°C	0.027
40°C	0.211	200°C	0.016

石膏在水中的溶解度很小，仅只这很小的一点溶解度已

足給泥漿性能帶來了極大的破壞作用。所以，几百 ppm^① 的含鈣量足以使泥漿全部失去膠體性能。其次，由於石膏在水中游離出來的鈣離子，使粘土顆粒不斷地產生聚沉，增大了石膏對泥漿的侵污量，若僅以其溶解度的大小作為處理石膏的依據，是不切合實際的。一般的應將抗石膏量提高到 8 % 以上，這才能在实际處理工作中，取得可靠的效果。

泥漿遇到石膏後，由於鈣離子對粘土顆粒的破壞作用所引起泥漿性能的惡化，發展很快。在实际鑽進中，只要遇到極少量的石膏，甚至一、二公尺，會使泥漿的粘度猛烈上增，循環發生困難，隨着泥漿的失水量也大為增加，泥餅變厚，稍一停鑽，就會引起卡鑽事故。

為了恢復原泥漿性能，泥漿工作者必須進行化學處理。由於石膏侵污是繼續的，所以處理工作也是不斷地進行着。從許多處理的經驗上，我們獲得了下列一些泥漿性能的变化規律：

一、泥漿受石膏污染以後再行處理，較難恢復其原有的性能；

二、泥漿性能的惡化程度具有一定的極限；

三、泥漿不斷被石膏污染時，我們不斷地加以化學處理，其性能的变化近似螺旋形上升的現象，而逐漸惡化；

四、化學處理的初期效果顯著，其後效果逐漸降低，最後即全部失效。

倘若我們採用事先處理的方法，或者採用不能被石膏侵污的特种泥漿，就能部分的或者完全防止石膏的侵污。

① ppm，即百萬份之一份。500 ppm 是指一百萬份中有 500 份的石膏含量。

一般性能較好的泥漿，其酸鹼度（pH值）都在8以上，也就是說，好泥漿都屬鹼性。但石膏是酸性鹽類，侵污泥漿后主要的表現就是降低了泥漿的酸鹼度。所以，鑽進石膏層后，泥漿的酸鹼度常降到7左右，在這樣的條件下，泥漿的粘度是會不正常的。

其次，由於石膏在泥漿中的溶解，使濾液中鈣離子的含量不斷地增加，直到一定的數值為止，這數值甚至可能超過當時石膏的溶解度。這是因為泥漿中常有多量的電解質存在，因而發生鹽效应的緣故。

從鑽井進尺上看，石膏的硬度比石灰岩、白云岩的硬度小得多，所以在石膏層內鑽進時，會獲得很高的機械進尺。正因為這樣，石膏的侵污速度也會快，因此，從鑽速上來判斷石膏地層並予以適當的控制，對處理工作有很大的好處。

第二章 石膏破壞泥漿膠性的原因

泥漿為什麼容易被石膏破壞呢？說來很複雜。首先應該了解一下粘土結構和組成及泥漿膠體的一些特性。

粘土是氫氧化物（鋁或鐵）與硅酸按不同的比例互相結合的複雜水化物，它是各種岩石風化后的產物。由於結構組成中的硅酸（ SiO_2 ）與氧化鋁（ Al_2O_3 ）的比值不同，而有着許多性質不同的種類。例如高嶺土的比值為2，就不適合於造漿，微晶高嶺土的比值為4，却具有優良的造漿性能。如單就粘土本身的性質來說，用 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比值，即可作為鑑定粘土造漿性能的重要因素之一。其比值愈大，造漿性能也就愈好。

粘土其中的 SiO_2 可視為弱酸根，而 Al_2O_3 視為弱碱根，這種兩性膠體的性質即取決於酸性和碱性的對比，並且受介質酸鹼度的影響。

一般粘土顆粒均帶負電荷，故在水溶液中產生極化現象，使水分子貼附於膠核形成水化膜。增大單體顆粒體積構成粘土水化作用。

從粘土吸收的陽離子上看可分為兩種類型：一種是鈉粘土；一種是鈣粘土。

鈉粘土所吸附的鈉離子容易離解（活躍性大），擴散層較厚，並且鈉粘土本身水化能力也較強，故鈉粘土水化膜也較厚，所造成的泥漿較穩定，泥漿性能也較良好。因此，我們常常以鈉鹽如純碱（ Na_2CO_3 ），燒碱（ NaOH ）……等物質處理泥漿。增加鈉質，可以改善泥漿的性能。

鈣粘土所吸附之鈣離子較難離解，擴散層也較薄，鈣粘土本身水化能力極弱，所以水化膜極薄。顆粒在泥漿中容易因相撞而粘結成大顆粒，受的重力影響發生沉淀。所以鈣粘土造漿很差。

當我們在鈉粘土所造成的泥漿中加入水溶性的鈣鹽時，鈣離子會替換了鈉離子而產生離子交換作用。這一交換作用使鈉粘土變成了鈣粘土，變壞了泥漿的性能。其變壞的程度隨鈣鹽濃度的增加而增加，當全部變成鈣粘土時，粘土的顆粒逐漸粘結泥漿的膠性亦被破壞。

石膏雖是溶解度較小的鈣鹽，它破壞泥漿的作用亦在此。

其次，石膏是屬於酸性鹽類，在水溶液中呈酸性反應。若泥漿遇石膏時其 pH 值即逐漸降低，這也不利於泥漿的穩定。

第三章 石膏侵污泥漿的处理方法

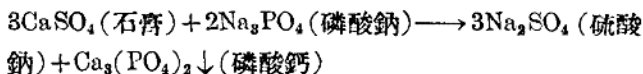
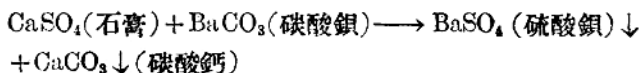
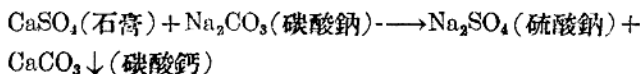
处理石膏侵污泥漿的方法，大体上可分为三大类：即無机化学藥剂除鈣及抗鈣法，有机膠質护膠抗鈣法和特种泥漿抗鈣法。

第一节 無机化学藥剂除鈣及抗鈣法

該法的基本原理是以無机化学藥剂沉除泥漿中的鈣离子，抵抗石膏在泥漿中的溶解，保护泥漿膠性不被破坏。最常用的藥剂如下：

1. 碳酸鈉、碳酸鋇及磷酸鹽除鈣法

鈣的碳酸及磷酸鹽类均为溶解度極小的物質。在受石膏侵污的泥漿中，加入相当量的碳酸鹽或磷酸鹽类，即可生成溶解度極小的鈣鹽，反应式如下：



結果，使泥漿中的鈣沉除，就克服了鈣对泥漿性能的侵污破坏。但因粘土膠粒一旦交换进去鈣离子后，就不容易全部再被陽离子置換出来，所以，在泥漿被石膏污染之后，再

加入化学藥剂处理时，也很难完全恢复泥漿的原有性能，除非石膏污染量極其輕微。因此，就要求在鈣离子尚未破坏泥漿膠性之前，將它沉除。这就是“事先处理”原則。在处理工作中，这是很重要的一个环节。下表 2 是利用井内泥漿在室内試驗結果：

碳酸鋇，碳酸鈉及磷酸鹽抗石膏試驗 表 2

編 号	处 理 方 法	粘度(秒)	失水(毫升)	泥餅(毫米) (mm)
原井中泥漿		19.9	15	1.3
原井中泥漿	加入 2% 碳酸鋇	22	15	1.2
原井中泥漿	再加入 1.5% 石膏	24	16	1.9
原井中泥漿		23.3	16	1.2
	加入 2% 碳酸鈉，再 加入 1.5% 石膏	24.5	20	2
原井中泥漿		23.3	16	1.2
原井中泥漿	加入 2% 磷酸氫二鈉	19.5	13	1.3
原井中泥漿	加入 1.5% 石膏	24	19.9	2.1

以上的試驗結果說明：虽加入过量的除鈣藥剂，並採用事先处理原則，也不能达到全部不被破坏的目的。其中以碳酸鋇的处理效果为較好，磷酸鹽次之，最差的是碳酸鈉。这是因为碳酸鋇不但能沉除鈣离子，而且同时也沉除了硫酸根离子。而碳酸鈉及磷酸鹽在沉除鈣离子的同时，产生了多量的硫酸根离子，遺留在泥漿中，对泥漿起着不良的作用。

碳酸鋇在冷水中溶解度較小而貴，磷酸鹽价錢也貴，所以，在井場使用的較少。因此，碳酸鈉即成为最常用的石膏处理剂。当泥漿質量要求不高时，可以用作最好的处理剂之一。

在实际鑽井中当石膏的侵污量很大时，常用碳酸鈉配合其他粘度降低剂处理石膏的侵污。綜合起来，即成为碳酸鈉除鈣並以丹宁酸鈉降粘度的处理方法。下表 3 为該方法在室內試驗的結果：

純碱丹宁酸鈉抗石膏試驗

表 3

編 号	处理剂加入量(%)			泥 漿 性 能				备註
	碳酸鈉	丹宁酸鈉 (3:2, 1/5)	石膏	比重	粘 度 (秒)	失 水 (毫升)	泥 餅 (毫米)	
1	—	—	—	1.16	20.1	32	3	原漿
1	2	—	2	1.16	25.1	24	2	
1	2	—	8	1.16	25.4	24	3	
2	—	—	—	1.15	17	37.4	1	原漿
2	—	5	—	1.15	18.4	4.6	0.5	
4	2.5	5	8	1.17	20.1	20	2.4	
5	—	—	—	1.17	24	24	1.8	原漿
5	—	10	—	1.17	18.2	3.8	0.5	
5	2.5	10	—	1.17	19	6	0.5	
5	2.5	10	4	1.17	18	14.8	2	
5	2.5	10	8	1.17	20.1	20	2	
6	—	0.5	—	1.38	36.4	16	2.2	加重 晶石
6	2.5	0.5	—	1.36	24.6	11	2	
6	2.5	0.5	2	1.36	146.5	14.2	2	
6	2.5	3	2	1.36	40.2	12.8	2	
6	2.5	6	4	1.36	55.4	13	1.8	
6	2.5	12	6	1.36	129.1	—	—	

由上面几个試驗的結果，可以看出：处理后，能达到的泥漿質量指标不高；使用范围仅限于輕泥漿，高比重的泥漿，在粘度上不能获得适当的数值；碳酸鈉与丹宁酸鈉混合处理，可以获得較好的效果；在指标要求不很严格的井段上鑽进石灰岩时，从經濟观点上看，这一方法是有一定的实际

意义。

某井实际应用时鑽进石膏地層前 20 公尺左右，在新原漿中先加入 2.5% 的碳酸鈉及 3 % 的丹宁酸鈉(2:3, $\frac{1}{8}$)，替換出井內原漿，鑽入石膏地層后当可根据性能变化情况，适当地加入丹宁酸鈉(2:3, $\frac{1}{8}$)直到鑽穿石膏層为止。实际記錄如下表 4 所示：

純碱抗石膏泥漿录井

表 4

井 深 (公尺)	泥 漿 性 能				处 理 方 法	备 註
	比重	粘度 (秒)	失水 (毫升)	pH 值		
1385	1.15	21	21	13	加碳酸鈉 7.5 吨	泥漿循环量为 250 公尺 ³
1416	1.15	20	25	13		
1431	1.14	21	28	13		
1455	1.2	24	25	8.5	加丹宁酸鈉(3:2, $\frac{1}{8}$) 共 500 公斤 加丹宁酸鈉(3:2, $\frac{1}{8}$) 共 500 公斤	並加重晶石提高比重
1478	1.21	22	25	8.5		
1485	1.19	22	27	—		
1523	1.17	27	20	7.5		
1533	1.27	26	21	—	加重晶石提高比重	

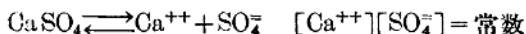
实际資料說明：在粘度变化不大时，这一方法可以維持較稳定的泥漿性能，当泥漿失水量逐次上昇时，可用丹宁酸鈉的护膠作用来控制其性能。为了获得更好的泥漿性能，可以不断地加入足够数量的丹宁酸鈉。

从实际經驗知道，較長時間使用的老泥漿，虽然它的性能很好，一遇石膏即会变得不能流动。若將 2.5% 的純碱加入性能良好的老泥漿中以达到抗石膏的目的，那是有困难

的。因为，在老泥漿中已混入了許多礦物質，使泥漿的接受處理能力變得很小，經不起大量化學藥品的處理，其結果必形成泥漿未受石膏侵污之前，就被超過處理量的純鹼所破壞，致使粘度上升大到不能流動。所以抗石膏泥漿必須使用新的原漿配制。

2. 硫酸鈉(芒硝)抗石膏法

從理論上看：在一定的條件下，石膏在水溶液中具有一定的離解度。即



當溶液中增加了相同的某一種離子時 (Ca^{++} 或 SO_4^{--})，就會破壞上式的平衡，使其反應向左方進行，直到兩離子濃度的乘積又達到原來的數值時達到新的平衡。結果，必使溶液中的另一離子濃度減低。這就是“同離子效應”。

同此，在泥漿中加入相當數量的硫酸鈉，使產生相當數量的硫酸根離子濃度。結果，由於“同離子效應”的緣故，可以使泥漿中的鈣離子含量保持在一定數值內。這樣，即使再遇大量石膏，也不再會在泥漿中溶解。含鈣量亦不再增高。

在泥漿中加入相當量的硫酸鈉後，僅能使泥漿中的鈣含量降到一定的數值（如 400 ppm）。倘若獲得良好的泥漿性能，還必須用護膠物質使粘土顆粒形成強有力的護膠膜，以便抵抗一定量的鈣離子，不遭破壞。較適用的護膠物質有煤鹼劑及五倍子鹼液。使用此法時，應在硫酸鈉加入泥漿之前，先加入護膠劑。其加入量應足夠抵抗硫酸鈉對泥漿的侵污為度。

為了求得最適當的處理劑比例及加入量，茲介紹試驗的

方法步骤如下:

1. 不同比例的混合藥剂(煤碱剂及五倍子碱液)抗硫酸鈉的比較試驗: ——以不同比例的煤碱剂和五倍子碱液处理原漿, 以抗不同数量的硫酸鈉, 求得最适当的混合剂比值。

2. 碳酸鈉加入量的选择試驗: ——以定量的五倍子碱液, 碱酸鈉及不同量的碳酸鈉分別处理原漿后, 再以定量的石膏污染。求得最适当的硫酸鈉加入量。

3. 五倍子碱液比例的选择試驗: ——以定量的碳酸鈉、煤碱剂、硫酸鈉及各种不同比例的五倍子碱液分別处理原漿, 然后再以一定量的石膏污染, 以求得最适当的五倍子碱液比例。

4. 硫酸鈉加入量的选择試驗: ——以定量的碳酸鈉、五倍子碱液及不同量的硫酸鈉分別处理原漿, 然后再以定量的石膏侵污, 求得适当的硫酸鈉加入量。

5. 五倍子碱液加入量的选择試驗: ——以定量的碳酸鈉、硫酸鈉及不同数量的五倍子碱液处理原漿后, 再以定量的石膏污染, 求得适当的五倍子碱液加入量。

由於硫酸鈉的一次加入量較大(在 2 % 以上), 現場配制时, 100 公尺³ 原漿中必須加入二吨以上的硫酸鈉, 再加大量的清水使它全部溶化, 这就会降低基漿的質量。所以, 在現場常用加热的方法增加硫酸鈉溶解度, 減少清水的加入量, 以保証較好的基漿性能。

下列表 5 是現場使用該方法的实际数据。

硫酸鈉抗石膏方法不易达到很高的泥漿質量指标, 只是成本較便宜, 在要求不高的含石膏地層鑽进时(如滲透率小, 坚硬的石灰岩), 可以考慮採用。

硫酸鈉抗石膏泥漿泵井

表 5

含石膏地 層井深 (公尺)	泥漿性能		泥漿處理
	粘 度 (秒)	失 水 (毫升)	
977.52	18	6	加入硫酸鈉 340 公斤, 苛性鈉 200 公斤, 五 倍子粉 200 公斤, 硫酸鈉 1800 公斤
908.34	35	17	
944.66	42	21	加入苛性鈉 100 公斤, 五倍子粉 100 公斤 加入苛性鈉 120 公斤, 五倍子粉 120 公斤
1,025.63	42	22	

在現場使用時, 必須注意下列幾點:

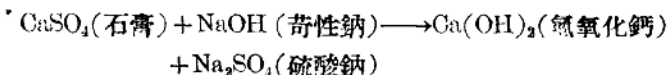
1. 配制硫酸鈉抗石膏泥漿時, 原漿必須是新的;
2. 所配制的泥漿量, 必須有足夠的備用量;
3. 鑽進時要經常分析硫酸根的含量, 並及時補加硫酸鈉, 以保持一定硫酸根濃度;
4. 配基漿所用的硫酸鈉, 事先要進行化學分析, 含雜質大、鈣鹽及氯化物太多者不宜採用。但含七個結晶水的工業品是完全可以符合要求的。

3. 高 pH 值泥漿抗石膏法

溶液的鹼性愈高(亦即 pH 值愈大), 石膏的溶解量也愈大, 當溶液中氫氧根(OH) 離子濃度逐漸增加時, 溶液中的硫酸根離子亦隨着增加(表示石膏在溶液中的溶解量增加)。在相同的條件下, 氫氧化鈣的溶解度比石膏大。按照二種弱電解質的平衡理論, 當溶液中同時存在石膏和氫氧化鈣時, 石膏的溶解度應該減少。當溶液出現大量氫氧根離子時, 即會由於氫氧根離子對氫氧化鈣的“同離子效應”, 而使溶液中

的鈣离子減少，結果，必使石膏繼續溶解。當溶液中不斷增加燒鹼時，就會使石膏不斷地溶解，直到全部溶解為止。這樣，雖在溶液中石膏的溶解量增加，但溶液中的鈣离子並不因此而增加，增加的僅是硫酸根离子濃度。不過從對泥漿的破壞程度來看，硫酸根离子是比鈣离子要輕微得多。

因此，若泥漿中維持很高的 pH 值，也即很高的氫氧根离子濃度，就可以減少泥漿的含鈣量，這樣，就可以削弱鈣离子對粘土膠粒的破壞作用。其反應機理如下：



氫氧化鈣在泥漿中所溶解出來的鈣离子，與溶液中高濃度的氫氧根离子起作用，生成不溶解的氫氧化鈣，並沉淀出來。因此，泥漿中的鈣离子含量，即減至穩定劑或護膠劑抗鈣的範圍內，以保持良好的原有泥漿性能。

在實際鑽進過程中，隨著進尺的增加，石膏的侵污量不斷地增大，泥漿中的氫氧根离子也不斷地被消耗，pH 值當然也隨著不斷地降低。所以，必須經常補充鹼性物質使泥漿的 pH 值維持在要求的範圍內。

苛性鈉是一種強鹼，用來提高泥漿的 pH 值是較適合的。

泥漿的 pH 值與基漿性能有密切的關係。pH 值在 8—9.5 之間，泥漿具有較低的粘度。當 pH 值逐漸上升或逐漸下降時，都會使泥漿的粘度升高，失水量增加。圖 1 曲線即代表這種變化關係的一般規律。

許多研究試驗證明，保持較高 pH 值時，不致損壞泥漿性能，丹寧酸鈉是適當藥品，它可以用來抗石膏的侵污。

高鹼比值的丹寧酸鈉處理劑不但可以提高泥漿的 pH 值，