

水.79

力發電站建設叢書 7492

86.83
KMS

水力工程建築中的 熱瀝青灌漿

蘇聯 克·格·科尼斯 德·維·考爾東諾夫著
燃料工業部水力發電建設總局編譯室譯

橋樑建築



燃料工業出版社

內 容 提 要

本書敘述用熱澀青灌漿法建造澀青灌漿幕的基本知識，並研究澀青灌漿孔加熱所採用的膠漿設備類型及檢查用的文件格式等。

本書可供澀青灌漿幕工作人員參考。

* * *

水力發電站建設叢書之四

水利工程建築中的熱澀青灌漿

ГОРЯЧАЯ БИТУМИЗАЦИЯ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

根據蘇聯國立動力出版社(ГОСЭНЕРГОИЗДАТ)

1952年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯 К. Г. КНИС Д. В. КОЛТУНОВ著

燃料工業部水力發電建設總局翻譯室譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東城區德勝門外大街

北京市書刊出版業營業登記證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編譯：韓至誠 校對：黃佩瑛

書號450電195

86×1092毫米 * 1/32印張 * 54千字 * 定價(8)二角九分

一九五五年六月北京第一版第一次印刷(1—2,100冊)

1950年8月，9月和12月，蘇聯部長會議通過了建築斯大林時代的巨大水力工程建築物的決議，該決議的內容包括：在伏爾加河的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，第聶伯河的卡霍夫卡水力發電站；伏爾加河左岸、裏海附近地帶、南烏克蘭和北克里木等地區的灌溉，包括攔水壩、灌溉渠道和土庫曼蘇維埃社會主義共和國的水力發電站等在內的規範宏大的水力工程建築物；開鑿伏爾加-頓河運河，以及灌溉羅斯托夫斯基省和斯大林格勒省的農田等。

共產主義偉大工程的開展，是我國改造自然的斯大林計劃的主要組成部分之一。這表現着運用了為人民服務的科學與技術一切成就的社會主義制度的創造力量。

首創的偉大建築工程——列寧伏爾加-頓河運河乃包括齊姆良水力發電站在內的許多水力工程建築物已建成，並已開始運用。

除上述水力發電站及水力工程建築物以外，在我國各河流上正建築着數十個大、中型水力發電站及數千個小型水力發電站。

在絕大程度上勝利地修建這一切建築物，有賴於水力發電站的建築工人幹部，有賴於對他們的培養程度，正確理解黨和政府交付給他們的重大責任。

〔水力發電站建設叢書〕的內容，包括建築水力發電站施工方面的必要知識，和有關水能、水力發電站及其各種建

築物的基本知識。

國立動力出版社希望本書讀者，特別是工人讀者，將所發現的缺點及對本書的願望，函告列寧格勒，涅維斯基大街門牌28號本出版社。

目 錄

原出版者的話

第一章 瀝青灌漿的實質和功用	4
第二章 防滲幕	10
1. 永久性防滲幕(防水幕)	10
2. 臨時防滲幕	12
3. 防滲幕的效能	12
4. 瀝青液漿幕的建造方法	13
第三章 瀝青灌漿材料	14
5. 瀝青及其在灌漿前的準備	14
6. 瀝青中的填料	15
第四章 灌漿孔的準備工作	16
7. 鑽孔	16
8. 鑽孔的壓水試驗	18
9. 瀝青灌漿孔的裝備(準備工作)	20
第五章 瀝青灌漿	33
10. 瀝青加熱鍋爐	33
11. 瀝青加熱設備及傳熱介質	35
12. 瀝青熔煉及其溫度	38
13. 瀝青灌漿泵	39
14. 瀝青灌漿作業	43
15. 瀝青灌漿所施的壓力	45
第六章 工作質量的檢查及其文件	46
16. 瀝青灌漿過程的檢查	46
17. 檢查孔及對其要求	47
18. 作業統計和表報	49
第七章 瀝青灌漿作業的安全技術	50
附 錄	53

第一章 瀝青灌漿的實質和功用

我國近三十年來在水力工程建設方面所積累的經驗，使我們能順利地解決水工結構物的修建問題，其中特別是解決結構物地基岩石的質量改良問題。

爲此，在水工建設中廣泛地採用了水泥灌漿法、瀝青灌漿法等。對這些方法進一步的試驗研究，加上實際的運用經驗，就使得能改進施工技術，從而做到工程的好、快、省。

水工結構物，例如攔河壩、圍堰等的建造，是爲了壅起和保持水頭之用。這些結構物的上游水位高於下游水位。

水在壓力作用下，甚至能通過千分之幾公厘的微小孔隙和裂縫滲透。用混凝土或砌石建造的結構物，儘管材料外表很密實，但終究具有大小不一的孔隙，結構物的地基岩石不僅常有孔隙，同時還有裂縫。在壓力作用下的滲透水，經過結構物或結構物下面之後，會使結構物受到有害作用，甚至有危險的影響。要防止滲透現象，在施工時期就需採取適當的措施。若對結構物基礎中的防滲設備重視不夠，或其建造的質量欠佳，則在某種情況下，由水工結構物形成的水庫就不能蓄滿水，有時還會使結構物遭到破壞。

用熱瀝青灌漿法作成的防滲幕，即爲結構物下面的一種防滲設施。這種方法是在岩石內鑽設所需深度的鑽孔，然後將熔化的瀝青用壓力灌入孔中。因熔化的瀝青善於流動，就容易滲入與鑽孔相交的各個裂縫和孔隙中，密固地將其塞實，經硬化後使岩石固結。

被已冷卻瀝青所充塞的裂縫和空洞，便再不能成為流水及滲水的路徑了。各瀝青灌漿孔的位置彼此距離不遠，儘量使相鄰灌漿孔之間的所有裂縫都能被瀝青充塞，使之形成所謂防滲幕。

在非岩石結構物基礎（砂質黏土）中，通常是用鋼板樁或木炭樁防滲，但也可用另一種方法——即向鑽孔內灌注水玻璃漿和氯化鈣漿（矽酸鹽灌漿），但由於水玻璃的價值昂貴，故在水工建築中未能獲得廣泛的應用。

如果水工結構物位於岩石（石灰岩、砂岩、花崗岩等）上時，則不能打樁。在這種情況下，可由下列方法中採取一種灌漿方法作防滲幕：在岩石上鑽孔，並向孔中壓入水泥漿（水泥灌漿）；或用熔化的瀝青（熱瀝青灌漿）；或瀝青乳液（冷瀝青灌漿）以及壓入黏土液漿（黏土灌漿）。

做灌漿幕時，採用最廣泛的方法是水泥灌漿，其他方法較少使用，除非在特殊情況下不能使用水泥灌漿法時，始得採用其他方法。

在已建成的和正在使用中的結構物的基礎內，由於疏鬆土質夾層被冲刷的結果，致使滲透現象有可能大大發展。在水壓力的作用下，水沿着岩石裂縫滲透的流速可能很大，易於把壓入孔中的水泥或黏土帶走。此時，若用熱瀝青堵塞縫隙，因瀝青能很快冷卻、硬化，即可把滲徑閉塞。

在某種情況下，沿着岩石縫隙和空隙滲流的地下水，對水泥來說是有利的（侵蝕性的）。此時用水泥灌漿法做成的防滲幕亦不能保持很久，因為水泥結石會逐漸被水溶解。如由黏土灌漿法做防滲幕時，黏土亦會逐漸被滲水沖走。因此，黏土灌漿僅能用於臨時性結構物（如圍堰），或在黏土

沒有沖走危險的條件下使用，例如水庫邊岸加固等條件下。另外為防止滲水，有時使用人為的土壤凍結法，但因為在結構物使用的整個過程中須保持其完整性，所以維持管理費用大為增高。

瀝青無論對清水或含酸和鹼的水，都具有穩定性。所以，在滲透流速很大的情況下，或水有侵蝕性時，用熱瀝青造防滲幕是最合理的方法。

防滲幕根據其用途，可分為兩種：一種是在結構物運行時期內起作用的永久性帷幕；另一種是僅在施工期內起作用的臨時性帷幕。

作為臨時措施的熱瀝青灌漿，在建造環狀支柱基礎時大都是做成防水幕（圖1）。此處需裝設圓筒形混凝土支柱，作為結構物基礎。按支柱的高度，其大部分都位於地下水位以下，所以在開挖支柱基坑及澆注混凝土柱體時，僅能採用

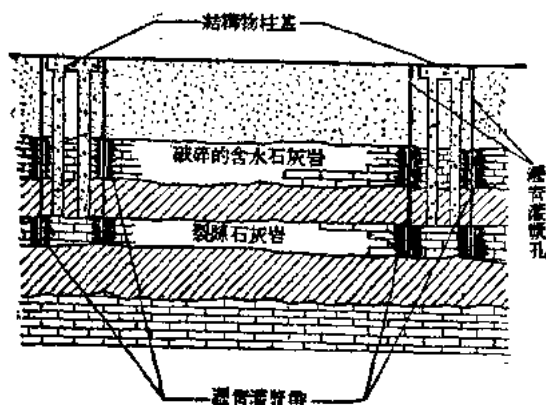


圖1 在結構物地基中瀝青灌漿帶的位置

排水法施工。爲了避免採用不經濟的排水施工方法，把支柱兩側石灰岩層用瀝青漿灌注。瀝青灌漿孔在每行內的距離爲 0.75 公尺，並且一部分鑽孔（每隔一孔）穿過第一層和第二層石灰岩後達到第二層泥灰岩。

向鑽成的孔內進行壓力熱瀝青灌漿，瀝青溫度約爲 200° 。灌漿時正常壓力爲 5—12 氣壓，間歇後重新灌漿時壓力達 40—60 氣壓。瀝青灌漿作業可間斷地進行，即分成若干周期（至少兩周期）。爲了使初期及以後各次灌漿順利，進行了鑽孔電力加熱。進行瀝青灌漿鑽孔時，曾使用衝擊式機械鑽床進行，鑽徑爲 100 公厘，每班鑽進爲 6.5 公尺。瀝青加熱是用一特製的瀝青熔煉鍋爐（圖 14）。灌漿時所用的瀝青灌漿泵的工作效率爲 250 公升/小時，容許壓力達 120 氣壓（圖 17）。

爲了建造瀝青灌漿幕，鑽成 1335 灌漿孔，總長是 31 650 公尺，灌入瀝青漿的孔長 20 640 公尺，用去瀝青 4500 噸。

灌漿幕造好後開挖基坑時，流入基坑裏的水就極爲有限，亦即所提出關於限制水流流入基坑的問題，已得到順利的解決。

別洛列茨壩左岸連接部的永久性瀝青灌漿幕，是用熱瀝青灌漿法完成的（圖 2）。此處的水庫，由土壩和木製洩水道組成，水頭爲 4.5 公尺。壩和木製洩水道的工作都很正常，但在左岸洩水道流水底板的外面出現了泉流。根據實測的泉源流量僅爲 0.6—0.9 秒公方，但左岸石灰岩的全部滲透流量確定出在 1.2—1.8 秒公方範圍內。這種從水庫經常流失較大的水量，在生產用水日益增加的情況下，就引起了在左岸建造防滲幕的必要性。

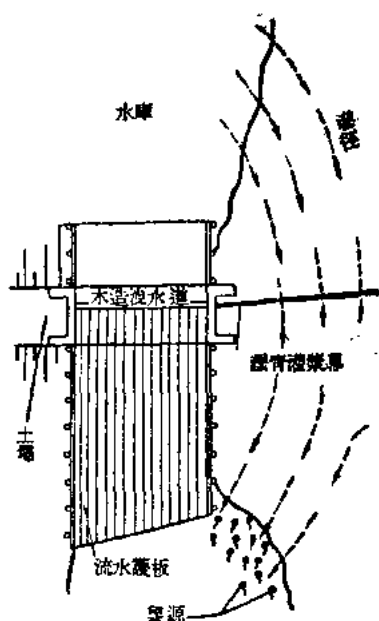


圖2 壩岸連接部平面圖

經勘測指出：堆積在左岸地面下40—50公尺範圍的石灰岩，有着0.20—0.50—2.0和5.6公尺的裂縫和空洞，這些裂縫和空洞沒有任何物體堵塞，或是只由礫石和砂所填塞。在該處的水流速度（導水能力）為5000—7000公尺/晝夜。

根據上述岩石的裂隙和透水性，防滲幕只能用熱瀝青灌漿法進行。

瀝青灌漿幕成單排式，各灌漿孔的間距為0.75公尺，偶數灌漿孔的

深度由表面鑽進到35—40公尺，瀝青灌入下部12—20公尺；奇數灌漿孔鑽到55公尺深，而瀝青灌入下部20—25公尺。澆灌瀝青時用電力加熱設備進行。每1公尺深的灌漿孔耗用瀝青量約為500公斤。

熱瀝青灌漿曾在水邊附近建造某水泵站時使用過，作為一種臨時設施是極有成效的。水泵站的基礎須打到低於河水位9公尺深處。水泵站地基中有嚴重裂縫的黏土頁岩，其每晝夜的滲透係數為37公尺。可能流入基坑內的流量每小時約為400—450公方。

為了防止水流流入基坑，在基坑底面岩石中做成了水平

式的熱瀝青灌漿防滲幕，在基坑壁上則造成側面防滲幕（圖3）。此時，在岩石中由瀝青灌漿所形成的防滲幕，像一個不透水的箱子一樣。因此，在流入基坑內水量不大時，便可完成水泵站基礎的開挖與混凝土澆灌的全部各種工作。

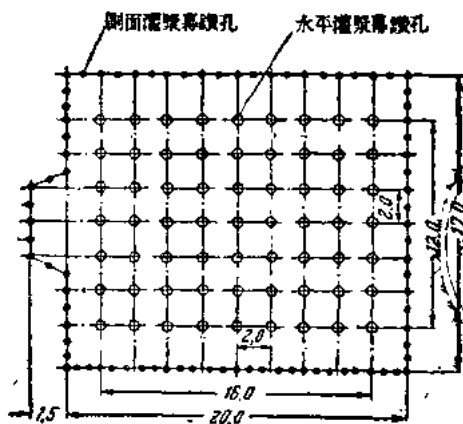


圖3 水泵站基坑瀝青灌漿幕鑽孔平面佈置圖

防水幕範圍以內岩石中的瀝青灌漿，用電力加熱設備進行，深度達4公尺。

用溶化的瀝青灌入各鑽孔時，是用8—18氣壓的壓力。灌漿孔共鑽144個，總長達2119公尺，已進行瀝青澆灌的有1140公尺，瀝青總耗量為119.1噸；平均在鑽孔內的灌漿部分中每1公尺長吸收瀝青量為105公斤，灌漿工程在45天內結束。

施行瀝青灌漿工作以後，開挖水泵站基坑時流進的水每小時只為10公方。

第二章 防 滲 幕

1. 永久性防滲幕（防水幕）

水上結構物地基中的永久性防滲幕，其建造目的為：

- (1) 減少水庫內的水損；
- (2) 防止結構物基礎岩石遭受冲刷；
- (3) 增加結構物的穩定性。

當岩石的龜裂性很大、透水性很強時，則經過結構物基礎岩石滲水的損失可能達到很大的數值。

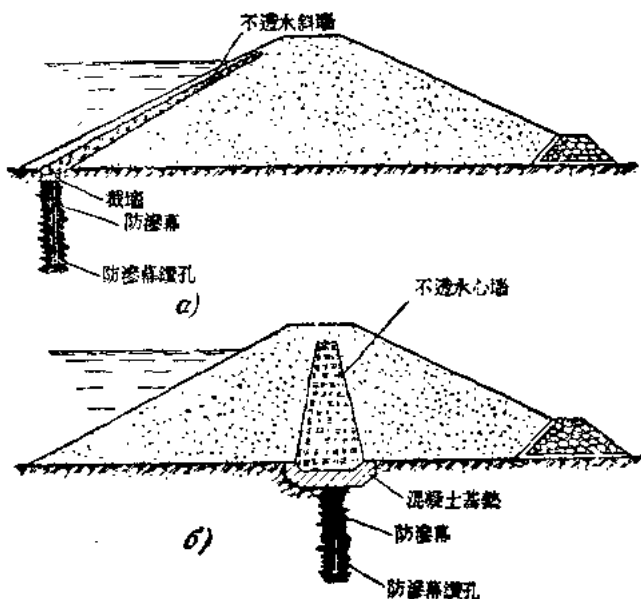


圖4 土壤基礎內防滲幕的佈置

若結構物建成後再進行灌漿幕工程，由於結構物受水頭的作用，修造防滲幕的工程將會複雜化，且工程造價將會增高。所以防滲幕應該事先在設計中擬定，並極其精細地來完成它。

土壩和拋石壩的永久性防滲幕，或建造在迎水坡腳下（圖4,a），或作為壩內防滲體（如心牆）的延長部分（圖4,b）。混凝土壩的防滲幕則建造在迎水面的附近（圖5）。

建造防滲幕時，其深度要達到能隔斷透水性很強的岩層。在大多數情況下，龜裂性很大且成崩裂現象的岩石，靠近於自然表面，但岩石的完整性隨深度而增加，其透水性亦隨之減少。所以當建造防滲幕時，將岩石上面破損最大的部分掘掉，換上造壩的材料。因為隨着挖掘岩石深度的增加，建造壩的工程造價亦隨着增高，所以只掘去深達2—5公尺岩石上層破裂最大的部分，而在其下部即可建造防滲幕。

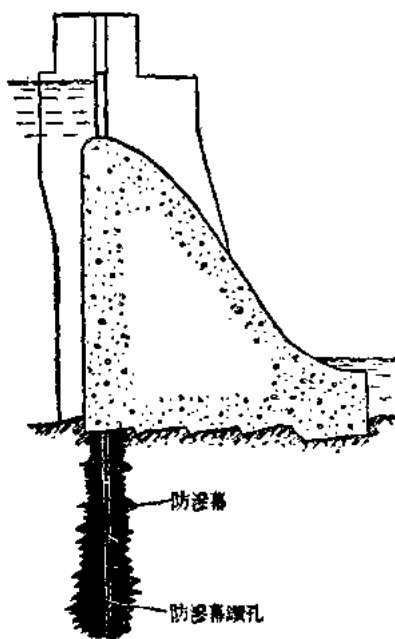


圖5 混凝土壩基礎內防滲幕的佈置

防滲幕的深度視壩基岩石的龜裂性和透水性而定，並根據結構物基礎的質量確定其深度為10、20、50公尺，甚至超

過 50 公尺以上。防滲幕的長度應在擋水結構物範圍內，即在結構物地基岩層的透水處，同時爲了防止滲流繞過結構物與河岸銜接處，故將防滲幕再延伸至河道的兩岸內。

2. 臨時防滲幕

建造臨時性防滲幕的目的，是在施工期內爲防止水流進入結構物基坑而設。基坑開挖及在其中建造結構物時，須在其底面大大地低於河中水位下進行，因而可能發生水流流入基坑的現象。

若岩層龜裂性嚴重，透水性亦很強時，則基坑內的來水量可能很大，甚至抽水感到困難或沒有可能。所以，爲了減少流入基坑內的水量，就必須建造防滲幕。

當基坑的範圍很大時，防滲幕則延着基坑四周（周邊）建造，但防滲幕的深度須達透水性弱的岩層上，即只建造垂直的防滲幕，如前例所述。範圍不大的基坑，則按照其整個面積及四壁建造深度不大的防滲幕；上述建造水泵站時的瀝青灌漿幕即屬於此例。

3. 防滲幕的效能

防滲幕的用途是減少經過結構物基礎岩層的滲水，從而增加結構物的穩定性；當工程質量合格時，這些問題就能完全順利解決。根據觀察結構物的結果，防滲幕造好後，結構物下面的滲水量平均爲造幕前的 20—30 %，有時還可能降低到 2—5 %。結構物下面滲水量的減少，可將滲水速度減小到使壩基岩層或裂縫內填料不致受到沖刷的危險。

混凝土壩壩基的防滲幕，能降低自下而上作用於結構物

上的滲水壓力，即所謂降低浮托力，而增加壩的穩定性。不設防滲幕的混凝土壩，在保證穩定性方面，其砌體的體積較具有防滲幕的壩要大20—30%。

建造防滲幕是一種隱蔽的（地下的）工程，即是不能直接檢查和評定其質量，所以在建造時的責任就特別重大。施工技術規範的遵守和鑽孔及灌漿過程的精密記錄，是建造防滲幕所有工作人員的首要責任。

4. 瀝青灌漿幕的建造方法

爲了將瀝青灌入所須深度的裂縫內，應先鑽成灌漿孔。灌漿前，首先將瀝青放入特製的瀝青鍋爐內，加熱約到 200°C ，使之成爲熱溶流動狀態，然後用灌漿泵進行壓力灌漿。

在深度5公尺以內的灌漿孔進行澆灌時，灌入孔內的瀝青，不需要補充加熱；但深孔灌漿時，瀝青灌入孔內即行冷卻，失去流動性，因此也就失去了填塞裂縫的能力。所以在深度大於5公尺的孔內灌漿，則需要專門加熱，所採用的方法：或用電熱法（電力加熱）；或用循環加熱法（加熱），即以熱水、蘇拉油等通過灌漿孔內所設的導管。

灌入灌漿孔內的熱瀝青，浸入孔周的裂縫中繼續進行加壓灌入時，則進入裂縫內的熱瀝青就開始冷卻和凝固。如瀝青灌漿不斷進行，則瀝青在灌漿孔內沿着大的裂縫過分的擴展，就會超過灌漿幕的必須寬度的範圍，而造成瀝青的浪費。因此，根據瀝青硬化的所需時間，瀝青灌漿則應每隔4日循環進行。在重新進行瀝青灌漿時，須將上次已灌入孔內的瀝青加熱溶化後，始可開動灌漿泵，並須在較高的壓力下

進行灌注。壓力增加後，瀝青始能進入前所未能填入的細小的裂縫中。

當澆灌大裂縫的岩層時，間隔澆灌的次數（循環次數）達10—12次。澆灌小縫隙的岩層，當瀝青沒有從灌漿孔滲透到較遠距離的可能時，則只進行1—2次即可。

沿防滲幕線各灌漿孔之間的距離，要保證瀝青能完全填塞到各鄰近灌漿孔間（0.5—4公尺）的縫隙內，才能形成密實的防滲幕。

第三章 瀝青灌漿材料

5. 瀝青及其在灌漿前的準備

建造防滲幕時，可用天然瀝青和人造（石油）瀝青。天然瀝青有純潔的；或從瀝青岩石內取得，人造瀝青（石油瀝青）從石油加工中取得。

在通常溫度下，瀝青按其標號分為半固體（黏性的）和固體的黑色體兩種。加熱時瀝青熔化，但冷卻時則又變硬。瀝青不能溶於水，也不與水混合。當瀝青受地下水中化學化合物的作用時，是不會起變化的。

蘇聯製有五種標號的瀝青，第一號瀝青最軟，而第五號最硬。用熱瀝青建造防滲幕時，所用的瀝青標號為第三、第四、第五號。

若瀝青內含有各種雜質，如砂子、礫石、木屑等，能引起灌漿泵管或瀝青鍋爐過濾器發生堵塞現象，並能減低後者的生產效率，因此瀝青在倉庫保管中和運送到工地時，應採

取適當的方法來防止穢物侵入瀝青。

應特別注意防止瀝青受潮的問題，按現行標準在瀝青成分中只准有極少量的水分（水痕）。只有這樣，瀝青在加熱到必需溫度的過程中，才不致發生困難。若有水分侵入瀝青內，在瀝青鍋爐裏就發生泡沫，並且不能將瀝青的溫度升高到所需的限度。

從瀝青中提淨穢物，使瀝青脫掉水分，需要消耗很多的時間（一噸瀝青需 10—20 小時），並且勞動力和資財也會受到無謂的損失，所以瀝青必需貯藏在特設的瀝青貯藏室內，不使瀝青受到污濁和潮濕；從這些情況來看，瀝青灌漿設備附近，即不應存儲大量的瀝青（超過 2—3 班所需量）。

從倉庫運送到施工地點的瀝青，可劈成小塊，其重量不超過 3—4 公斤，然後裝入瀝青鍋爐內，瀝青灌漿泵從這裏將瀝青抽出壓入灌漿孔內。爐內應注滿瀝青填料，使瀝青面低於鍋爐邊緣 5—6 公分。

爲了防止雨水或雪落入鍋爐內引起沸騰，和爲了防止在冬季中受寒而冷卻，熔爐需用可移動的金屬蓋棚和垣壁遮蓋起來。

6. 瀝青中的填料

修造防滲幕時，加入瀝青中的補加料，具有以下幾個目的：

（1）使瀝青具有穩定性，不致因經常受水壓力作用而被擠出裂縫外；

（2）增加瀝青的流動性，使具有能滲入最小裂縫和空隙內的能力；