

[苏]C. H. 波普 著

冷沥青防水

中国建筑工业出版社

冷 沥 青 防 水

[苏] C.H.波普钦科

慕 柳 译 李 树 荣 校

中国建筑工程出版社

本书根据原书修订第三版译出，书中系统介绍了乳化石油沥青基冷沥青玛蹄脂这类新型的防水材料的成分、性能和制备方法，详细地介绍了用这些材料作防水层和屋面工程时的设计规程、施工方法和应用实例，同时也介绍了综合机械化和工业化的施工方法。

本书可供防水工程的设计和施工人员阅读，也可供防水材料生产的有关人员参考。

С. Н. Попченко

ХОЛОДНАЯ АСФАЛЬТОВАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

(Изд. 3-е, перераб. и доп.)

Стройиздат, Ленинградское отделение — 1977

* * *

冷 沥 青 防 水

(修订第三版)

慕 柳 译 李 树 荣 校

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省固安县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：7¹/₄ 字数：163 千字

1980年5月第一版 1980年6月第一次印刷

印数：1—9,600册 定价：0.59元

统一书号：15040·3765

目 录

绪 论	1
第一章 冷沥青玛璃脂的成分和性能	9
§ 1 配制沥青膏和玛璃脂用的原料	9
§ 2 冷沥青玛璃脂的防水性能和建筑性能	19
§ 3 冷沥青玛璃脂的使用范围及其推荐的成分	40
第二章 玛璃脂的结构和结构-力学性能	56
§ 4 玛璃脂的液态结构和性能	56
§ 5 玛璃脂的固态结构和性能	65
§ 6 改善玛璃脂结构-流变性能的方法	77
第三章 冷沥青防水层的结构	86
§ 7 防水层的典型结构	86
§ 8 地下构筑物防水层的结构	96
§ 9 地上构筑物防水层的结构	108
§ 10 冷玛璃脂无卷材屋面层的结构	115
第四章 防水和屋面工程的施工方法	132
§ 11 乳化沥青膏的配制	132
§ 12 冷沥青玛璃脂的配制和涂布	147
§ 13 工程的综合机械化和工业化	158
§ 14 不利条件下的施工	179
§ 15 使用冷沥青玛璃脂时防水工程的改进途径	190
第五章 防水和屋面工程的质量检查	200
§ 16 施工验收和缺陷修补、对防水质量的一般要求	200
§ 17 原料的试验方法	207
§ 18 沥青膏和冷沥青玛璃脂的试验方法	216
参考文献	228

绪 论

近年来工业和住房建筑已经工业化生产，主要工序已实现了综合机械化。但与此同时，防水和屋面工程的机械化和工业化水平，却仍然落后于其他建筑工种。落后的原因在于沥青这一最常用防水材料的工艺特点，它是热塑性的，在常温下具有很高的粘度和硬度。所以在拌合和涂布沥青时，要降低其粘度，常用的方法是把沥青加热到 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ ，或用挥发性溶剂（苯、甲苯或汽油）加以稀释。在混合物中加进溶剂，大大增加了毒性和施工时的着火危险性，恶化了防水层的耐水性，因此使用沥青的主要方法还是热法^[1]。但防水工程的热施工法极其显著地降低施工效率，使工艺和施工机械化变得复杂，受季节的限制，且导致烫伤事故的增多。大规模地使用热法施工，正是防水和屋面工程在机械化和工业化方面大大落后于其他建筑工种的根本原因。

但是，还有另外一种减小沥青工作粘度的方法——水乳化法，就是添加乳化剂和稳定剂等特殊物质，把沥青细分散于水分散介质中，从而保证在拌合和涂布沥青时沥青乳液的流动性，而在水分蒸发以后，沥青大颗粒的分散相凝结，形成均质沥青层。沥青乳液由于可以流动，使用时勿需加热，安全，故愈来愈广泛地用于道路施工。例如，沥青乳液的年产量，美国达到120万吨，法国达到80万吨，西德达到60万吨。

遗憾的是，所用的乳化剂，无论是阴离子活性的或阳离子

活性的（碱性或酸性乳液），都是可溶于水的，在水的长期作用下防水层的抗水性降低，因而在防水工程中不能使用沥青乳液。乳化沥青膏（国外叫佛林特考特乳液和瓦乌阿托里乳液）虽然也是沥青乳液，但却具有不同的性能，它是以不溶于水的固体乳化剂（细分散矿物粉）为基的。这种材料是1898年发现的，当时证明，北美的矾土易使油在水中乳化，可代替肥皂。1907年，皮凯林首次研究了固体乳化剂^[2]，确定出粉末的分散性和矿物本性对其乳化能力的影响。在苏联，Л.Г.古尔维奇和А.В.杜曼斯基在1912~1917年间，首次对固体乳化剂进行了研究，而在1939~1942年间，М.Д.尼基申娜研究了沥青膏，把它用作道路沥青混凝土的胶结料^[3]，这样在卫国战争年代就曾使用沥青膏修筑道路，修理建筑物和桥梁^[4]。

1948年，全苏水利工程研究所根据П.П.格勒博夫教授的倡议，开始了沥青膏的研究工作。格勒博夫推荐用冷沥青玛蹄脂“哈马斯特”（沥青膏与矿物粉填料的混合物），填充水利工程设施中的变形缝。本作者曾经论证了使用这种沥青玛蹄脂于防水层和屋面层的可能性，也提出了机械化生产和施工的工艺^[5,6]。1953~1954年间，在凯腊古姆斯克、巴夫洛夫斯克、尹尔库茨克和伏尔日斯克水电站的施工中，冷沥青玛蹄脂获得了大量的应用，而且在凯腊古姆斯克水电站，冷沥青玛蹄脂首次用来保护水利构筑物不受水的侵蚀作用。

头一批工程就显示出，这种新材料比传统的卷材和热沥青有一系列优点：可用冷材料施工，可用成批生产的设备实现机械化，而且防水层极其坚固、耐热，甚至可以不用保护层。在推广使用冷沥青玛蹄脂作永久性构筑物的防水以前，

在列宁格勒的建筑物上进行了十分详尽和长期的防水性能研究及试验。使用冷沥青防水的首批建筑物，是 В.И. 列宁运动场的看台（1957~1959年）、全苏工会中央理事会的游泳池水池（1958年）、六层浴室（1958年）。在列宁格勒装修建筑托拉斯的工长 З.Г. 苏波尼茨基的领导下，作了 20 万平方米以上的防水层，至今仍然完全令人满意。

尔后，在一些原子能发电站、火力发电站及城市的一系列工业和住房建筑物上，都采用了这样的防水层。经验表明，以冷沥青防水层代替传统的粘贴防水层，不仅能够提高防水层的可靠性和实现施工机械化，而且使用的是货源充足的原料，劳动力和材料的消耗可降低 $2/3 \sim 3/4$ 。

通过尔后对冷沥青玛璠脂的研究确定，冷沥青玛璠脂和传统的热沥青在性能上有根本的区别。首先，冷沥青玛璠脂与沥青原料和热沥青玛璠脂相比，具有较高的吸水率，但长期的试验证明，它的吸水过程逐渐衰减，两、三年后比沥青还要防水。

冷沥青玛璠脂与传统沥青的第二个根本区别，在于它有流限和长期强度极限，保证强度和热稳定性较高。研究表明，研制出的是完全新型的“固体状沥青”。应该强调，П. А. 勒宾迭尔院士创立的新边缘学科——物理化学力学，已经成为研究新玛璠脂的理论基础，使我们能够在既定的方向上控制其性能，并研制出防水层的计算方法和施工机械化所需的工艺设备^[7]。所以在以后的所有研究中，都特别注意沥青玛璠脂的结构-流变性能及其在加进各种不同外加剂时的变化。特别在玛璠脂中加水泥时，水泥被沥青膏所含的水水化，结果得到了两种胶结料：有机的（沥青）和水硬性的（水泥），把防水层的强度提高到 100 公斤力/厘米²，且

加速高湿度下的硬化。

与此同时，当然就力图使用冷沥青玛蒂脂铺设屋面层。Л.А.阿方宁首次推荐了这种屋面层，取名叫做无卷材屋面。1958年先在塞瓦斯托波尔的住房上，尔后在其它城市作了这种屋面层。但试验表明，冷沥青玛蒂脂的屋面层过硬，过3~4年后，由于在装配式钢筋混凝土大板接缝处出现裂缝而遭到破坏。例如，在苏联的南部，25%的屋面需要修理，而在北部甚至75%需要修理^[8]，因此就需要重新审查无卷材屋面的结构^[9]。

无卷材屋面的第一个改进方面，是用玻璃布或玻璃纤维网配筋，例如，符拉索夫斯克钢筋混凝土制品厂的屋面，使用三年后出现了裂缝。在屋面上覆盖了35000平米以上的这种无卷材屋面，此后十年内屋面没有再出问题。但这种无卷材屋面的铺设方法，遇到了一些技术上和经济上的困难，没有得到继续发展。

第二个改进方面是制造全工厂预制式组合屋面大板的工业化屋面，顺板边自动切缝分成块，切缝则用其它密封材料密封。1967年在列宁格勒建材总局第四钢筋混凝土制品厂，1969年在立陶宛共和国建工部第八钢筋混凝土制品厂，试验了这种工艺，且在普希金和里加两个城市作了试验屋面。这一有发展前途的作法，是由С.Г.耶夫烈莫夫、Н.Г.雅尔莫林科和О.Г.帕普柳克的著作^[10、11]提出的，技术经济效果很好。

无卷材屋面的改进，还在改善冷沥青玛蒂脂性能的方面进行，以提高屋面层的抗裂性。例如，以石棉水泥综合填料为基的玛蒂脂，仅有3%的延伸率，而以石灰粉为基的无水水泥玛蒂脂，延伸率已达9%^[12]，以石棉乳化剂-填料为基

的БАЭМ玛瑙脂，可延伸30%，加胶乳时玛瑙脂的延伸率可提高到60%（名称叫“烈比胶乳”和“阿斯比胶乳”）。应该强调指出，用这种玛瑙脂在克拉斯诺沃茨克热电站的第一个屋面，已经成功地用了十年以上。基辅建筑管理总局根据乌克兰国家建委建工科研所的建议，使用以粘土沥青膏和石棉填料为基的玛瑙脂^[13]。美国和西德使用名叫“佛林特考特”的粘土沥青膏作屋面层^[14]。

改进冷沥青玛瑙脂的另一个途径，还在于广泛使用地方材料作乳化剂和填料，例如，为此目的，Т.И. 阿布杜拉耶夫推荐用黄土^[15]，Т.А. 多夫马特建议黄土和风成砂结合使用^[16]，而Р.К. 杜克马拉捷则用格鲁吉亚的蛇纹岩，得到了优质玛瑙脂^[17]。

另一个重大的改进是由И.И. 布什迭特研制的新材料“厄木耳沥青”，以亚硫酸盐酒精废液和石灰作乳化剂，得到耐水沥青乳液，因为这种乳液是以不溶于水的木素磺酸钙皂为基的^[18]。Л.И. 玛宁娜以后又改进了厄木耳沥青的使用工艺^[19]。

冷沥青玛瑙脂具有流限的发现，开辟了全新的应用领域——作抗脱裂的内防水层。以前，涂在构筑物迎水面上的内防水层，必然被水压压到主承重结构上，而在作内防水时，防水层是借助玛瑙脂对构筑物混凝土的粘附力，依托在主结构上，因此防水层经受的是起脱裂作用的外部静水压力。冷沥青防水的这一特点，在修理建筑物的地下部分时显得特别有效。因为它可在不露出外表面的情况下，恢复构筑物的不透水性。1959年在列宁格勒博罗定斯基大街的住房地下室，首次作了这样的防水层，尔后根据А.Ф. 科波罗夫和Н.П. 斯克里普金的倡议，列宁格勒的四百多所住房地下室都作了

这样的防水层，而且由表 1 可以看出，经济效果是很高的。

冷沥青防水的经济效果

表 1

防 水 方 案	指 标		改用冷防水的节约效果 (%)		
	造价 (卢布/ 米 ²)	劳动力 (人时/ 米 ²)	经费	劳动力	运送 材料
粘贴防水：三层石棉油毡+砖墙12厘米	5.65	5.8	79.8	72.5	96.5
粘贴防水：三层石棉油毡+水泥层25毫米	5.10	4.9	76.4	67.5	77.0
抗脱裂，水压在5米以内	6.28	6.2	45.7	61.3	31.6
抗脱裂，水压在5米以上	16.00	7.8	78.8	69.3	63.9
三层油毡的卷材屋面	3.85	4.2	68.9	62.0	-5.0

冷沥青玛蹄脂可在15米内的脱裂水压的条件下工作，这在《红色威博尔热茨》厂的沉箱和格鲁吉亚共和国科学院地球物理研究所的隧道中得到了证实。若使用特殊的冷底子和外加剂，这种玛蹄脂对混凝土的粘附力可提高到9公斤力/厘米²。例如，在库塔伊西亚地下水库，这样的防水层已在50米以内的水压下工作了十年^[17]，这就开辟了新的可能性。

冷沥青防水的基本优点，在于可以利用普通的批量生产设备（沥青锅，砂浆搅拌机，砂浆泵），实现防水工程整个过程的全盘和综合机械化，从而大大节约了劳动力（表1）；但在不同的温度、湿度条件下，稳定防水层有很大的困难。为了消除这一缺点，С.Г.耶夫烈莫夫研制了含稳定剂和抗冻剂的BCHXA玛蹄脂和蓄热法^[20]，可保证在冬季进行防水施工。在列宁格勒的一些建筑上试验了这一方法，证明很可靠，特别在水平面上效果更佳。遗憾的是，冬季在墙上作防水层时，在霜的作用下粘附力有所降低。

冷沥青玛蒂脂配制和施工工艺的改进，还在于制造和成批生产专用拌膏装置和抹灰防水施工站。例如，全苏动力建筑设计组织设计院的列宁格勒分院研制了班效率为8~10吨的批量生产拌膏装置МД-96和玛蒂脂涂布装置МД-196。敖德萨和辛菲罗波尔的建筑机器厂根据乌克兰建工科研所的设计，生产小功率拌膏装置。但最有效的是班效率为20~25吨的大型集中化配料车间，切利亚宾斯克冶金建筑管理局、基辅建筑管理总局、西部建筑管理总局和其它机构，都有这样的车间。这里沥青膏的成本由60卢布/吨降低到27卢布/吨，防水层造价由1.2卢布/米²降低到0.5卢布/米²，即降低了二分之一以上，而且三人作业组每班可刷1000米²。

最近研制成功了发泡状态乳化沥青法^[16]和高粘度乳化沥青法^[13]，从而在拌膏装置的配套设备中取消了沥青熔锅；拌膏装置在波罗的海滨海国营地区发电站、卡拉库姆斯克管道上以及在切尔卡司城的工作，证明这两种方法是可行的。

积累的经验表明，在下列场合下可有效地使用冷沥青玛蒂脂：

- (1) 工业构筑物水工和地下部分受水压表面的防水，其中包括保护混凝土不受矿物水的侵蚀作用；
- (2) 使用温度较高的构筑物的防水和防蒸汽，例如游泳池、冷却塔、浴室等的防水和防蒸汽；
- (3) 无卷材工业屋面、圆屋顶、棚架式屋顶等平屋面和坡屋面的防水和防蒸汽；
- (4) 填充大型构筑物的变形缝，造成弹性夹层和应力补偿层；
- (5) 粘瓷砖，镶木板块，保护木质窗框和门框，在建

筑物和温室中镶玻璃等。

书中不仅总结了全苏水利工程科研所的研究成果，而且也有中央建筑组织、机械化及技术援助科研所、乌克兰建工科研所、乌克兰中央建筑结构科研所、土尔克明农村建筑科研所、格鲁吉亚工业研究所、格鲁吉亚水电站科研所、道路工业建筑科研设计所、苏联道路科研所以及一些建筑、设计机构的经验，也介绍了罗马尼亚、东德、波兰、保加利亚及一些西欧国家使用这种玛蒂脂的经验。

第一章

冷沥青玛蹄脂的成分和性能

§ 1 配制沥青膏和玛蹄脂用的原料

乳化沥青膏是由基本的有机胶结料（粘稠石油沥青）、细分散矿物粉乳化剂和各种外加剂加入水中而成，水是分散沥青的分散介质。配制沥青膏时要加热降低沥青的粘度，这就在工艺上决定了要力求采用最低粘度的沥青和最高活性的乳化剂。另一方面，由于防水层应当可靠、耐久，这又要求沥青膏或玛蹄脂耐水或耐热，因此就要采用较粘的沥青。

利用道路沥青 БНД40/60 可得到最优综合性能的沥青膏，而用 БНД60/90 沥青则得到较软的防水层；用 БН-IV 沥青难以得到高度分散的沥青膏，其中含蜡量大于 5 % 的高蜡沥青是很难乳化的。推荐使用的沥青的性能列于表 2。用类似牌号的煤焦油沥青和页岩沥青也可得到沥青膏，但它们的抗水性差，此外，从卫生条件考虑，也不主张使用这些沥青。

配制沥青膏要用饮用水，因为用硬水难以乳化沥青，而矿物水则降低防水层的抗水性，这是由于水蒸发后，在防水层中留有可溶于水的盐。

下列材料可用作沥青膏的乳化剂：

（1）高塑性粘土和塑性粘土，含 40~85 % 粘土颗粒，砂粒含量不大于 10 %，塑性值 12~27，用来制造不要求有抗

对配制沥青膏用的石油沥青的技术要求

表 2

性 能	根据ГОСТ 11954-66		根据ГОСТ 1544-52	
	БНД40/60	БНД60/90	БН- II	БН- III
针入度(0.1毫米, °П-针入度)	40~60	60~90	81~120	41~80
软化点(°C), 大于	52	48	40	45
闪点(°C), 高于	200	200	200	200
25°C下的延伸性(厘米), 大于	40	50	60	40

水性的高分散沥青膏;

(2) 重亚粘土, 粘土颗粒含量大于30%, 砂粒含量小于10%, 塑性值不小于7; 还有二氧化硅材料——硅藻石、黄土、硅藻土等, 用作低质乳化剂, 形成大颗粒分散的不抗水沥青膏, 适用于填充变形缝;

(3) 煅烧良好的石灰, 氧化钙含量不小于70%, 即Ⅰ级或Ⅱ级石灰(ГОСТ9179-70)或消石灰(ГОСТ9779-70), 用作防水沥青膏的主要的乳化剂, 也用于泡沫沥青;

(4) 七级温石棉(ГОСТ12871-67)和其它的蛇纹岩, 炉灰, 振动研磨的砖粉或耐火砖粉——低活性乳化剂, 但能获得化学稳定的(包括耐酸)膏状玛瑞脂。

乳化剂的活性首先取决于其小于0.005毫米的胶质颗粒的含量; 含量愈高, 配制沥青膏的分散度和浓度就愈大。例如, 对于配制含60~65%沥青的沥青膏, 若用塑性粘土, 只要7~8%粘土即可, 但用贫瘠的亚粘土, 纵然消耗35~40%的亚粘土, 也不能制得沥青浓度大于40%的沥青膏(图1)。因此, 活化矿物乳化剂的有效方法之一, 就是通过再次磨细、振动研磨或添加高塑性粘土的方法, 提高它的分散度。石灰

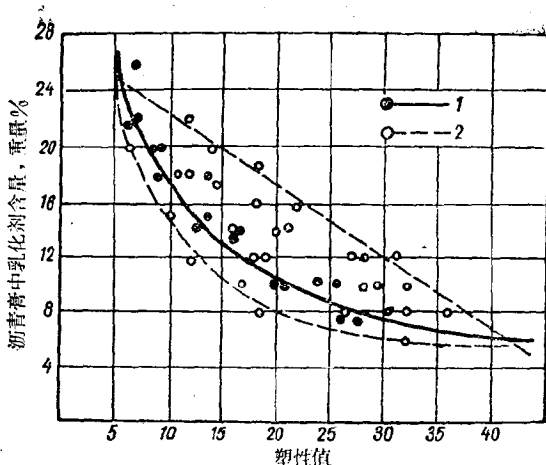


图 1 沥青膏乳化剂耗量与塑性值和粘土颗粒含量的关系图

1—与粘土含量的关系；2—与塑性值的关系

乳化剂通常需要这样活化，为此研制了氧化钙含量低的低活性石灰的活化方法，即将它们振动研磨到比表面大于 $5000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，或用寒武纪粘土以1:1的比例与石灰混合，予以富化。在立陶宛的拌膏装置上使用了第一种方法，而列宁格勒装修建筑托拉斯则用了第二种方法。膨润土特别有效，只要加5%，就可由低活性石灰制得高度分散的沥青膏（图2）。

乳化剂的活性也与矿物成分有关。例如，M. Φ. 尼基申娜证明，乳化剂中氧化钙含量由80%提高到100%，乳化剂的耗量就由30%降到8%^[3,6]。乳化剂的矿物成分和表面活性，影响乳化剂对沥青大颗粒的胶溶能力，所以活性粘土乳化剂制的膏中的沥青颗粒呈球形，而非活性石灰乳化剂制的膏中的沥青颗粒呈指状（图3）。当然，石灰沥青膏的粘度（10泊）比寒武纪粘土沥青膏的粘度（5.3泊）大得多。

使用膨润土和高岭土作乳化剂，特别令人感兴趣，它们的特点是分散度高，且能得到抗水的玛璃脂层。例如，A.П.莫伊谢耶夫的研究结果表明，粘土的亲水系数为1.4，黄土的亲水系数为1.25，而膨润土的亲水系数仅为0.49~0.53，因此添加少量膨润土于土壤乳化剂，也能提高以这些沥青膏为基的玛璃脂层的抗水性。

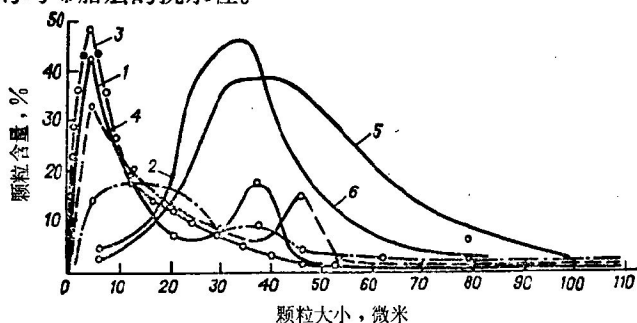


图 2 石灰乳化剂活化方法对石灰沥青乳化膏分散度的影响

1—用寒武纪粘土的沥青膏；2—用Ⅱ级石灰的沥青膏；3—同2，但加5%膨润土；4—用振动研磨Ⅱ级石灰的沥青膏；5—用BH-Ⅳ沥青和Ⅱ级石灰的沥青膏；6—同5，但用泡沫沥青BH-Ⅳ

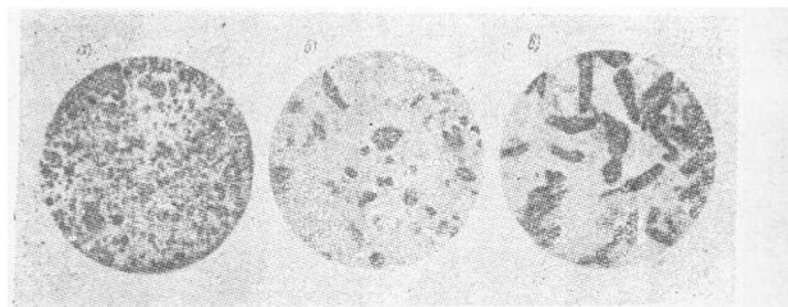


图 3 固体乳化剂活性对乳化沥青膏分散度的影响

(显微镜照片，放大230倍)

α—寒武纪粘土沥青膏，б—Ⅰ级石灰沥青膏，в—Ⅲ级石灰沥青膏

配制沥青膏的固体乳化剂，以水悬浮液（乳脂状稠度的浆液）的形式使用，而且各种不同乳化剂配制标准稠度的浆液所要求的水量不同，应按下列比例与水混合（重量比）：

塑性值大于10的高塑性粘土	1:2.5
塑性粘土，硅藻石，硅藻土，消石灰	1:1
塑性值小于10的重亚粘土	3:1

标准稠度石灰浆的密度应不小于1.35克/厘米³，而粘土浆的密度则应大于1.25克/厘米³。沥青膏中各组分的推荐比例列于表3，表中最后一行的粉料不仅起乳化剂的作用，而且也起填料的作用。

БНД40/60乳化沥青膏的推荐成分 表 3

乳 化 剂	各组分含量(重量百分率)		
	沥 青	水	乳化剂
高塑性粘土	55~65	25~37	8~10
塑性粘土	45~50	31~45	10~14
重亚粘土	40~50	30~45	15~20
轻份状亚粘土	35~40	25~30	30~35
I级消石灰	50~55	33~42	8~12
II级消石灰	45~50	34~43	12~16
硅藻石、黄土、硅藻土	50~55	30~40	10~15
磨碎的石棉、砖、耐火砖、玄武岩、炉灰	30~35	30~35	30~35

依据乳化膏的成分、原料的性能及配制方法的不同，乳化膏的性能可以有很大的差别。乳化膏的分散度、贮存稳定性、均匀性和粘度是最重要的工艺性能，而涂层的抗水性和化学安定性则是最重要的防水性能。

上面已经说明，可以以磨细乳化剂或添加膨润土使之富化的方法，提高乳化剂的活性和乳化沥青膏的分散度(图3)，