

高等学校教学用书

胶凝物质工艺学

上 册

В.Н.容克 Ю.М.布特

著

В.Ф.茹拉夫廖夫 С.Д.奥克罗柯夫

建筑工程出版社

高等学校教学用书

胶凝物质工艺学

上册

南京工学院化工系水泥工学教研组 译

建筑工程出版社出版

• 1960 •

本书系根据苏联国立建筑材料出版社1952年出版的В. Н. 容克和Ю. М. 布特等著的“胶凝物质工艺学”一书译出的。原书经苏联高等教育部批准为化工学院及化工系的教科书。

原书是荣获列宁勋章的莫斯科门捷列夫化工学院，列宁格勒的列宁格勒苏维埃工业学院以及列宁格勒的加里宁工业大学的各有关教研室的科学工作人员的集体著作，由技术科学博士В. Н. 容克教授主编。全书并经诺沃契尔卡斯克工业大学硫酸盐及水泥工艺学教研室、水泥科学研究院、技术科学副博士Т. М. 贝尔柯维奇（Беркович）及工程师С. А. 克尔日民斯基（Кржеминский）校阅。

在这门课程里包括硫酸盐工艺学方面的各个课题。本书只是介绍掌握“胶凝物质工艺学”专业课教学大纲所规定的主要材料所必须具备的知识。本书适用于作水泥及其制品工艺学专业的教科书，同时可供硫酸盐专业的学生、水泥厂工程技术人员、研究所设计院工作人员的参考。

本书分上、下两册出版，上册包括绪言、建筑用气硬性石灰、水硬性石灰和罗马水泥及波特兰水泥等三章；下册包括特种波特兰水泥等八章。

本书由南京工学院化工系助教及研究生等集体翻译。

原本说明

书 名 ТЕХНОЛОГИЯ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

著 者 В. Н. ЮНГ Ю. М. БУТТ В. Ф. ЖУРАВЛЕВ
С. Д. ОКОРОКОВ

出版者 ПРОМСТРОЙИЗДАТ

出版地点 及 年份 Москва-1952

胶凝物质工艺学（上册）

南京工学院化工系水泥工学教研组 译

1957年3月第1版 1960年9月第3次印刷 7,566—12,575 册

850×1168 1/32·255千字·印张9 11/16·插页2·定价(10) 1.50元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华书店发行 · 书号：1718

建筑工程出版社出版（北京市西郊百万庄）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第052号）

緒 言

为了滿足我們規模宏大的社会主义建設的需要，工业部門应当每年出产数千万吨高質量的建筑材料，其中占主要地位之一的是各种矿物胶凝物質——各种水泥。

水泥普遍地用于建造水工建筑物、发电站，用于工业、民用及道路建筑。

积累了过去許多俄罗斯和苏联的学者和工人的經驗与知識而达到現代工业高度的技术水平，因而就能够制造出大量的特种水泥和其他建筑胶凝物質。

还在古代，在建造各建筑物时，建筑家們就应用了以石膏或气硬性石灰为主的建筑砂浆作为粘結用胶凝物質。

大家都知道，这些胶凝物質只能在空气中保持自己的强度，而在水中是不坚固的。但是，如果在石灰砂浆中加入一些磨細的矿物物質，則胶凝物質的抗水性就会提高。用这种方法制造出的水泥，可以建造受地下水或海水作用的建筑物。某些岩石也可以作这样的混合材料（火山灰質的）：矽藻土、矽藻石、火山灰、火山岩、浮石以及未經完全煨燒的普通的建筑碎磚——“碎磚片”。研究格魯吉亞和阿尔明尼亞的古代建筑物証明，当建造这些建筑物时应用了磨細过的岩石（火山灰及浮石）就能提高石灰砂浆的抗水性。古代俄罗斯建筑家們，当缺乏具有火山灰性質的火山岩时，他們就在石灰砂浆中加入“碎磚片”。

如同B.C. 什維佐夫、B.B. 苏洛夫贊夫、B.H. 容克所指出的：在十一——十七世紀中，俄罗斯的建筑师們应用了各种石灰砂浆，如在斯摩棱斯克的巴利索格列波斯克大教堂和波洛茲克城的索費斯克大教堂就曾发现石灰-碎磚砂浆。試驗証实了，由于高質量的石灰及成功地选择填料，得到了可塑性的和坚硬的砂浆，直到現在其耐压强度还有70公斤/厘米²。

除了普通的石灰-砂子砂浆、石灰-粘土砂浆 而外,在十二世紀, 弗拉基米尔城的建筑师应用了带石灰石碎块的石灰-碳酸砂浆,到现在还有很高的强度。

十八世紀,出现了最初的胶凝物質工艺学指南,总结了这时期以前俄罗斯学者和技术人員所积累的經驗。

第一批的这类書, 其中一本在1784年出版的是“自然和艺术景象”, 書中特別叙述到建筑石膏的煨燒。

在“自由經濟协会集”和“技术杂志”中, 著名的俄罗斯化学家和矿物学家B. M. 什維尔金証明了利用含有多量粘土質石灰石即泥灰岩制造胶凝物質的合理性。这种石灰石煨燒后的产物都是抗水的水硬性石灰。

在这时期, 俄国发表了許多科学著作, 总结了許多制造新胶凝物質的科学研究成果和經驗。

1822年, 建筑业教授沙尔列維利发表了“关于制造良好建筑砂浆的艺术論文集”, 它包含了彼得堡交通学院工作者們在1819—1822年研究泥灰岩的結果, 这些研究主要是为了制造水硬性石灰和水硬性水泥以制造建筑砂浆和混凝土。

在“論文集”中最出色的是闡明了制造“人工水泥”的方法, 即将混合物(粘土和石灰石)煨燒, 而后將成品磨成細粉和制造“真正天然水泥”的方法, 即将天然含碳酸鈣和粘土成份的天然沉积岩煨燒而得。“論文集”的著者还指出, 在煨燒时, 粘土和石灰石中間发生化学作用, 同时还強調指出, 所得到的产物与普通的建筑石灰不同, 具有在水中硬化的性能, 即是水硬性胶凝物質。在这里我們还得到許多天然和人工混合材料的解析以及找到了根据密度和强度来選擇砂浆和混凝土成份的初步理論根据。

由俄罗斯軍事技术建筑家叶果尔·切利也夫所叙述的制造水硬性胶凝物質工艺学的基本原理是最有意义也是最新的。他的“如何制造水底建筑如: 运河、桥梁、蓄水池、水坝、地下室、地窖和涂抹石砌或木質結構所用的坚固的而又便宜良好的泥灰石或水泥的全面指南”一書就指出了发明制造水硬性水泥方法的优先权是

屬於俄羅斯學者的。

作者报导了这种胶凝物質用于建筑物的結果并且建議將粘土和石灰人工混合煅燒。所以要应用石灰的必要性，作者解釋說因为沒有（在当时）足够有效的設備来粉碎硬的物料，而原則上是在混合物中加入未煅燒的磨細的石灰石的。原料混合物的煅燒溫度应当符合于物料燒至白熾的溫度，即高于 1100°C 。这样，在切利也夫的文件中我們找到水硬性水泥的現代工艺学的基本原理。

長時間以来，一直認為波特兰水泥的发明家是英国人阿斯帕金，他在1824年（比俄国要晚几年）申請了制造稱之謂波特兰水泥胶凝物質之專利权，此名称是由于該水泥所做的砂浆和混凝土的顏色，与波特兰城附近天然石块的顏色相似而得来的。

但是阿斯帕金建議將混合物只煅燒到二氧化碳从其中完全逸去即在 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，显然，这一溫度对制造水泥是不够的。此外，他所建議的生产方法是收集用泥灰岩或石灰石所鋪的路上的灰塵，这没有什么重大的实际意义。

我們可以看得出来，比阿斯帕金所提出的更完善的制造胶凝物質直到現在还保存它称为“波特兰水泥”的工艺学原理，实际上是俄羅斯的研究工作者們所制訂的，这还曾創造了在國家繼續发展胶凝建筑材料生产的前提。

在俄国波特兰水泥工厂最初几年的工作就曾經确实地証明了俄国所出产水泥的質量比英国和德国工厂的水泥質量要高。

随着水泥生产的发展，就有了水泥工艺学和研究水泥性質等方面的科学研究工作。

例如，在工程师叶西奥列昂斯基和薩波特金的著作“石灰砂浆”中，曾提出許多水泥化学原理，它們一直保存到現在还有原則上的意义。此处特別要說明，俄羅斯化学家們首先在世界文献上发表了水泥粉与水作用时发生复杂的矽酸盐的分解，同时放出游离氫氧化鈣。在H. H. 良明的學位論文中（1898年）这一原理找到了进一步的根据。叶西奥列昂斯基和薩波特金还首先証明了，混凝土建筑物在海水作用下损坏的原因是因为海水中含有可溶性

的鎂鹽。大家都知道，這一原理在目前已得到普遍的公認。

Д. И. 門捷列夫在 1863~1870 年間所寫的“化學原理”中也不止一次地論到矽酸鹽化學的問題，特別是水泥化學的問題。門捷列夫的定义是“水泥水硬性的性質是決定于其中有能與水作用的物質并生成與水不起變化的水化物”這直到現在對了解膠凝物質水化過程的本質也還有頭等重要的意義。Д. И. 門捷列夫同時還提出了關於矽酸鹽中存在有許多成份不同的化合物及在鋁矽酸鹽中氧化鋁可能被二氧化矽替換的原理概念，它對水化矽酸鈣結構的理論概念有最大的發展。

А. Р. 舒良欽柯在研究含鎂鹽的海水對用波特蘭水泥制成的混凝土的作用方面，有很大的功績。

1895年，И. Г. 馬留加制訂了混凝土強度理論的基本原理，特別是關於強度與水灰比之間的关系。順便說到，在外国文獻上完全不正確和任意地認為這功績是屬於美國人阿白拉姆斯。此外，И. Г. 馬留加的著作“製造最堅固的水泥砂漿（混凝土）的成份和方法”是在1895年發表的，而阿白拉姆斯的書則在1918年出版。Н. А. 別列留斯基在其關於改善試驗方法的工作中，曾建議要將水泥養護7天以上再試驗其強度，并且提出測定砂漿和混凝土抗凍的方法，此方法在以后得到普遍的推廣。

水泥化學方面傑出的專家Н. Н. 良明開始研究水泥硬化時的物理化學過程和在海水作用下毀壞的原因。他特別制訂了水泥熱分析的方法，到現在還是廣泛應用着。

А. Р. 舒良欽柯、Н. А. 別列留斯基、В. Н. 車爾諾姆斯基、С. И. 德魯日寧、А. А. 巴依科夫等研究工作者對於製造用在水利工程建築上的和能抗海水侵蝕作用的水泥這問題，引起了特別的注意。

19世紀末，曾多次記載了用波特蘭水泥做成的混凝土建築物的毀壞情況。俄羅斯學者們的工作証明了，上述毀壞現象的主要原因之一是海水中的硫酸鎂、硫酸鈣、氯化鎂與氯化鈣與波特蘭水泥硬化時析出的氫氧化鈣作用而致。

俄罗斯学者們曾研究了用火山灰混合材摻入水泥以保护混凝土建筑物不被侵蝕的措施。

曾証明了，在粉碎水泥熟料时，这种混合材不仅能提高水工水泥的質量，并可不必再加添煨燒燃料而能增加总产量。在这方面苏联的学者A.A.巴依科夫、С.И.德魯日宁、B.A.金德等进行了极有价值的研究。

胶凝物質科学上的成就促进了革命前俄国（旧俄）的水泥工业逐渐发展。水泥工厂数目日益增加，产品質量也提高了。

但是，革命前的俄国，水泥生产的一般技术水平是非常低的。生产只集中在个别有高质量原料的地区。这种情况就不能避免将水泥远距离地輸送。此外，机器制造工厂不出产水泥工厂所要的主要設備，因此大量的水泥要从国外入口。

偉大的十月社会主义革命以后，情况根本地改变了。在我国广泛地展开了修复战时所破坏的水泥工厂工作，同时还展开了設計和建設新企业。

水泥工厂年复一年地增長并且在技术上也重新装备起来了。改建的現有厂和新建厂的数目不断地增加，并在这些厂內順利地掌握了制造水泥的現代化的技术。开始在工厂內普遍地推广操作过程机械化。

革命前，俄国的水泥工业主要是应用产量很小的非机械化立窑。

而苏联的水泥工业則装备了苏联工程师們所設計的自动化立窑和大型的廻轉窑，这些机械是苏联工厂所制造的。現在的水泥工厂是具有头等装备的大型企业，而且还装有現代仪器以控制生产过程和进行自动操縱。

在1917年以前，俄国只出产一种水泥，即波特兰水泥，并且机械强度也不高，28天抗压强度只有100（公斤/厘米²）。現在，我們工厂中普通产品的这项指标的数值就增長了好几倍，在400（公斤/厘米²）以上。我們生产多标号和多品种的水泥，用于不同的技术目的并滿足各方面的要求，如凝結期，机械强度，在流动水

作用下的稳定性，特别是在矿物水、地下水作用下的稳定性、抗冻性及混凝土硬化过程中的放热量。

在偉大的卫国战争时期，許多水泥工厂被毀坏了。在战后它們恢复了，并且是在新的更加强大的使得生产規模进一步扩大的技术基础上兴建起来的。同时建設了和正在建設着大型的工厂。苏联水泥工业过去和現在发展的速度不是任一資本主义国家所能赶上的。

我們企业的主要生产装备是产量高的最新式机器和机組。

現代除尘设备的安装大大改善了劳动卫生条件。

我們出产的水泥的質量不断地在提高。

在根本改进水泥工艺学的基础上，我国胶凝物質的生产达到了空前的規模。

苏联的学者、工程师及斯达哈諾夫工作者在胶凝物質科学及胶凝物質制造工艺学上作出了卓越的貢獻，其中許多人由于他們所提出的改进方法推广至建筑材料的生产过程而获得了斯大林獎金。

A.A.巴依科夫所探討出的胶凝物質 硬化理論 揭露出了在此过程中物理化学現象的实質。这一理論在B.H.容克的工作中得到进一步的发展，定出了微粒中性填料（石英砂、石灰石粉）在水泥砂浆和混凝土中的作用原理。在此原理上，創立了新品种水泥，如三組份水泥-胶凝物質、活性細粒水硬性混合材和 中性微粒混合材（砂子-火山灰波特兰水泥）这些水泥在許多建筑物上均証明很良好。

在B.A.金德领导下所进行的許多科学研究工作，即創立了新的快硬矾土水泥工艺学。应当認為这是苏联学者的巨大成就。

B.B.米哈依洛夫、B.Γ.斯克朗姆达也 夫等奠定了应用矾土水泥制造“膨脹水泥”的可能性。普通水泥在干燥时由于其中有胶体物質而发现很大的收縮。在許多情况下，例如在将机械安装在混凝土基础上时或者在地下隧道堵塞鑄鉄管縫时，需要作者所制造的上述不收縮的膨脹水泥。

Д.С. 別良金院士和他的學生們在研究水泥熟料和矿渣微晶結構等方面有成效地進行了許多工作，因此有可能在苏联大多數的水泥工厂進行岩相檢驗。

許多苏联的工人和學者們的工作都証明了由於在要硬化的水泥砂漿及混凝土中加入少量的表面活性物質就產生了膠體化學過程，在此影響下混凝土的流動性增加，機械強度增長，抗凍性和不透水性也提高。

研究冶金生產廢品——高爐矿渣的水硬性為苏联學者們証明了，高爐矿渣可以成功地加入水泥作活性混合材。П.П. 布德尼柯夫、В.А. 金德、В.Н. 容克及其他的學者曾証明，在生產矿渣水泥時不僅可以用礮性矿渣，而且可以應用酸性矿渣。應當指出，許多外國作者長期地反對應用這種酸性矿渣的可能性。正是苏联科學家提出了新的途徑——也應用了酸性矿渣，而大大地擴大了矿渣水泥的發展。

斯大林獎金獲得者И.В. 斯米爾諾夫提出了新的製備石灰砂漿的方法，他找到了從磨碎生石灰製砂漿的新的技術方法，它可以加速石灰砂漿的硬化並大大地增加其強度。

我國水泥製造和其他膠凝物質製造發展的全部歷史証明了，從古代俄國起，俄羅斯人民已經善于找尋新的、獨創的發展和改進建築材料製造技術的途徑，從蘇維埃政權起，由於生產上的工作者和科學工作者共同創造性地工作，祖國的 cement 工業提高到空前的高度。

現在，在偉大的斯大林共產主義建設的年代里，苏联有頭等的水泥工業，能大規模地產出高質量的產品以保證滿足國民經濟不斷增長的要求。

最近幾年，社會主義工業這方面將得到新的高漲，在苏联共產黨十九次黨代表大會關於偉大的、進一步發展我國生產力的苏联第五個五年計劃（1951～1955）的指示中，給予建築材料工業，特別是膠凝物質工業的發展以很大的重視。國民經濟各部門的大規模的基本建設要求大量增加各種建築材料和建築零件的生產，其

产量要超过新的五年计划中许多其他工业产品的出产，五年内主要建筑材料生产总的增长不会少于二倍，水泥工业的能力增长为2.1倍。

在水泥工业面前打开了进一步大大高涨的美好的远景，水泥工业的工作人员和所有苏维埃人民一样都以巨大的热情接受了新的斯大林建设计划，并且将以自己的力量和知识为争取它的顺利完成而奋斗，完成这一计划就向共产主义道路跨进了一大步。

目 录 (上册)

緒 言 (技术科学博士 H. A. 托罗波夫教授)	6
第一章 建筑用气硬性石灰 (技术科学博士 Ю. М. 布特教授)	14
1. 概 述	14
2. 原 料	17
3. 碳酸鈣之分解	20
4. 矽酸鈣、鋁酸鈣和鉄酸鈣的生成	21
5. 原料性質对煅燒过程的影响及石灰的質量	24
6. 燒石灰用的窖	27
7. 石灰的消解	53
8. 磨細生石灰	68
9. 石灰砂浆的硬化	71
10. 气硬性石灰的应用	74
第二章 水硬性石灰和羅馬水泥 (技术科学博士 Ю. М. 布特教授)	76
A. 水硬性石灰	76
1. 原 料	76
2. 水硬性石灰的制造	77
3. 水硬性石灰的硬化	81
4. 水硬性石灰的性質及应用	82
B. 羅馬水泥	83
1. 原 料	83
2. 羅馬水泥的生产	84
3. 羅馬水泥的硬化、性質及应用	85
第三章 波特兰水泥	88
A. 概論 (技术科学副博士 С. Д. 奥克罗柯夫講師)	88
B. 水泥熟料之成份 (技术科学副博士 С. Д. 奥克罗柯夫講師)	89

1. 測定氧化物百分含量以鑑定熟料成分	90
2. 測定各系数以鑑定熟料成分	92
3. 測定水泥矿物百分含量以鑑定熟料成分	95
4. 熟料矿物成分的計算	100
В. 生产水泥的原料和水泥生料的計算	104
1. 原料 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫教授)	104
2. 原料的勘探和采掘 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫教授)	106
3. 水泥生料之計算 (技术科学副博士 С. Д. 奥克罗柯夫講師)	114
Г. 原料的制备、破碎及磨細 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫教授)	130
1. 原料的制备	130
2. 破碎与磨細	148
Д. 水泥熟料的煅燒	155
1. 煅燒过程 (技术科学博士 В. Н. 容克教授)	155
2. 窑和燃料 (技术科学副博士 Е. И. 霍道罗夫)	181
3. 廻轉窑的襯料 (技术科学副博士 Н. И. 列文)	222
4. 廻轉窑的强制冷却 (技术科学博士 В. Н. 容克教授)	227
Е. 儲存、粉碎、运输、除尘、安全技术、生产控制	235
1. 熟料的儲存 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫教授)	235
2. 熟料的粉磨 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫教授)	236
3. 水泥的儲存、包装和发送 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫教授)	243
4. 厂內及車間內运输 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫教授)	247
5. 空气的除尘 (技术科学博士 В. Ф. 茹拉夫廖夫)	

教授).....	250
6. 安全技术(技术教学博士B.Φ.茹拉夫廖夫 教授).....	257
7. 水泥生产控制(技术科学副博士C.Д.奥克罗 柯夫讲师).....	258
Ж. 波特兰水泥的硬化及其侵蚀的原因(技术科学副 博士C.Д.奥克罗柯夫讲师).....	263
1. 水泥硬化过程.....	263
2. 水泥的侵蚀及预防办法.....	280
3. 波特兰水泥的建筑性质(技术科学副博士C.Д. 奥克罗柯夫讲师).....	291
1. 比重.....	291
2. 容重.....	292
3. 粉磨细度.....	292
4. 长期储存性.....	294
5. 需水量.....	294
6. 未硬化水泥净浆的粘结力.....	296
7. 泌水性和保水性.....	296
8. 存气性.....	298
9. 凝结速度.....	298
10. 水泥的强度.....	299
11. 水泥体积的变化.....	305
12. 凝结与硬化时的放热作用.....	307
13. 水泥砂浆及混凝土的防火性和耐火性.....	309
14. 水泥砂浆和混凝土的抗冻性.....	310

高等学校教学用书

胶凝物质工艺学

上册

南京工学院化工系水泥工学教研組 譯

建筑工程出版社出版

• 1960 •

本书系根据苏联国立建筑材料出版社1952年出版的В. Н. 容克和Ю. М. 布特等著的“胶凝物质工艺学”一书译出的。原书经苏联高等教育部批准为化工学院及化工系的教科书。

原书是荣获列宁勋章的莫斯科门捷列夫化工学院，列宁格勒的列宁格勒苏维埃工业学院以及列宁格勒的加里宁工业大学的各有关教研室的科学工作人员的集体著作，由技术科学博士В. Н. 容克教授主编。全书并经诺沃契尔卡斯克工业大学矽酸盐及水泥工艺学教研室、水泥科学研究院、技术科学副博士Т. М. 贝尔柯维奇（Беркозич）及工程师С. А. 克尔日民斯基（Кржеминский）校阅。

在这门课程里包括矽酸盐工艺学方面的各个课题。本书只是介绍掌握“胶凝物质工艺学”专业课程教学大纲所规定的主要材料所必须具备的知识。本书适于用作水泥及其制品工艺学专业的教科书，同时可供矽酸盐专业的学生、水泥厂工程技术人员、研究所设计院工作人员的参考。

本书分上、下两册出版，上册包括绪言、建筑用气硬性石灰、水硬性石灰和罗马水泥及波特兰水泥等三章；下册包括特种波特兰水泥等八章。

本书由南京工学院化工系助教及研究生等集体翻译。

原本说明

书 名 ТЕХНОЛОГИЯ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

著 者 В. Н. ЮНГ Ю. М. БУТТ В. Ф. ЖУРАВЛЕВ
С. Д. ОКОРОКОВ

出版者 ПРОМСТРОЙИЗДАТ

出版地点 及 年份 Москва-1952

胶凝物质工艺学（上册）

南京工学院化工系水泥工学教研组 译

1957年3月第1版 1960年9月第3次印刷 7,566—12,575 册

850×1168 $\frac{1}{32}$ • 255千字 • 印张9 $\frac{11}{16}$ • 插页2 • 定价(10) 1.50元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华书店发行 • 书号：1718

建筑工程出版社出版（北京市西郊百万庄）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第052号）

目 录 (上册)

緒 言 (技术科学博士 H. A. 托罗波夫教授)	6
第一章 建筑用气硬性石灰 (技术科学博士 Ю. М. 布特教授)	14
1. 概 述	14
2. 原 料	17
3. 碳酸鈣之分解	20
4. 矽酸鈣、鋁酸鈣和鉄酸鈣的生成	21
5. 原料性質对煨燒过程的影响及石灰的質量	24
6. 燒石灰用的窑	27
7. 石灰的消解	53
8. 磨細生石灰	68
9. 石灰砂漿的硬化	71
10. 气硬性石灰的应用	74
第二章 水硬性石灰和羅馬水泥 (技术科学博士 Ю. М. 布特教授)	76
A. 水硬性石灰	76
1. 原 料	76
2. 水硬性石灰的制造	77
3. 水硬性石灰的硬化	81
4. 水硬性石灰的性質及应用	82
B. 羅馬水泥	83
1. 原 料	83
2. 羅馬水泥的生产	84
3. 羅馬水泥的硬化、性質及应用	85
第三章 波特兰水泥	88
A. 概論 (技术科学副博士 С. Д. 奥克罗柯夫講師)	88
B. 水泥熟料之成份 (技术科学副博士 С. Д. 奥克罗柯夫講師)	89