

磷肥工业丛书

第一册

磷肥工业概说

王葆和 編著

化学工业出版社

磷肥工業叢書

第一冊

磷肥工業概說

王葆和 編著

本書为磷肥工业丛書的第一册，这部丛書共分六册出版。

本書从磷肥工业的重要性，制造磷肥的原料，磷肥的品种和分类直至各种制造方法以及磷肥生产中副产品的利用和回收，都作了扼要的介紹。

本丛書可作为中等技术专业学校师生参考之用，也可供磷肥工业生产厂的技术人員、生产工人等参考之用。

本書由上海化学工业研究院王葆和同志編著

磷肥工业丛书

第一册

磷肥工业概說

王葆和 編著

化学工业出版社(北京安定門外和平北路)出版

北京市书刊出版业营业许可出字第092号

化学工业出版社印刷厂印刷

新华書店发行

開本：850×1168·1/32

1958年12月第1版

印張：2 16/32

1960年4月第2次印刷

字數：6.8千字

印數：4200—8200

定價：(10) 0.45元

書號：15083·0371

序 言

在鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线的光辉照耀下，在工农业大跃进的推动下，我国原来基础还很薄弱的化学肥料工业也正以令人振奋的声势一再跃进。化学工业部上海化学工业研究院的氮肥、钾肥研究人员已经豪迈地向全国人民提出了保证：要苦战一年，在化学肥料工业的技术上攀登世界最高峰。这个院的磷肥研究人员一再跃进后，更提出要在一九五八年内赶上或超过世界水平。

我国磷肥工业是在一九五三年才开始建立起来的，到现在还只有五年左右的历史；而世界磷肥工业的历史，如果从一八一〇年人们第一次尝试用骨粉、骨灰、磷块岩作为肥料的时候算起，却已经足足有一四八年的历史了。五年赶上一四八年，在今天来说，这已经不是中国人民美丽的但又是远不可及的理想了；这是很快就要出现的现实。这一事实，又一次雄辩地说明了中国人民是有无穷智慧而富有创造力的。他们在伟大的中国共产党的领导下，发扬了敢想敢说敢作敢为的共产主义风格，他们具有远大的理想和抱负，任何困难都可以克服，任何困难都不在他们话下。

五年赶上一四八年的生动事迹，正雄辩地说明了我们的党是能够领导科学研究工作的，而且完全能够领导好科学研究工作。

氮肥工业正在遍地开花，磷肥工业也正在为遍地开花创造条件。不难设想，在不久的将来，无数的大、中、小型的现代化的化学肥料工厂，即将在我们伟大祖国广大的土地上星罗棋布的建立起来，以保证农业的增产。

适应当前形势的发展，适时地提高我国人民对化学肥料工业的知识水平，适当的介绍一些化学肥料的工艺流程，已经显得十分重要。就是从这样的情况出发，上海化学工业研究院的磷肥研究人员，利用业余时间编写了一套有关磷肥工业的基本知识和工艺流程的小丛书，将由化工出版社陆续出版。

这本“磷肥工业概说”就是这套小丛书的第一本。作者王葆和是上海化工研究院磷肥研究室的主任。他以几年来研究磷肥工业中收集的材料和经验，概要地比较系统地向我们介绍了磷肥工业的重要性及磷肥的品

种和分类，并且还介绍了主要的一些工艺流程，最后还指出了我国磷肥工业的发展远景；同时文字上也比較通俗易懂，只要是具有初中的文化水平就能够领会和理解，这对帮助我国人民認識我国磷肥工业的现状和发展前途，以至进一步推动我国磷肥工业的发展，都将起有一定的作用，因此敢予向讀者作介绍，是为序。

周 斯 明 一九五八，八。

目 錄

序 言	
第一节 前言	5
第二节 磷肥工业的重要性	6
一、化学肥料种类	6
二、磷肥的需要和肥效	7
第三节 磷肥的原料	10
第四节 磷肥的品种和分类	12
一、按溶解度分类	15
二、按所含 P_2O_5 的含量分类	16
三、按加工方法分类	16
第五节 用无机酸处理制造磷肥	17
一、过磷酸钙	17
制造过磷酸钙的工艺条件及重要设备	19
氨化过磷酸钙	23
过磷酸钙的快速陈化问题	26
二、萃取磷酸	28
二水物流程	30
高浓度萃取磷酸	33
三、重过磷酸钙	35
四、富过磷酸钙	40
五、沉淀磷肥	40
六、安福粉	42
七、硝酸分解磷矿	43
(1) 制成氮磷混合肥料的流程	45
(2) 制成氮磷钾复合肥料	46
(3) 制成沉淀磷肥及工业用硝酸	48
(4) 制成沉淀磷肥及硝酸钙	50
(5) 制成硝酸钙及磷氮混肥	50
八、硫酸分解磷矿制造磷氮混合肥料	51
第六节 高温处理制造磷肥	52

一、水热脱氟磷肥.....	53
二、砷金属及砷土金属盐高温分解磷矿制成的磷肥.....	58
用砷金属盐类处理磷矿——雷諾尼亞磷肥.....	58
托馬斯爐渣磷肥.....	59
含鎂磷肥.....	60
三、电热处理制成的磷肥.....	63
电热法制造磷酸的工艺流程.....	64
电热磷酸制重过磷酸钙.....	65
电热磷酸制磷酸铵.....	65
磷酸钠盐.....	65
偏磷酸钙.....	68
第七节 造制磷肥过程中的副产品	69
一、磷矿中氟的回收及利用.....	70
二、磷矿中放射性元素及稀土元素的回收.....	72
三、磷石膏的利用.....	73
四、含鎂磷肥生产中回收鎳和鉻.....	73
第八节 我国磷肥工业发展之瞻望.....	74

目 錄

序 言	
第一节 前言	5
第二节 磷肥工业的重要性	6
一、化学肥料的种类	6
二、磷肥的需要和肥效	7
第三节 磷肥的原料	10
第四节 磷肥的品种和分类	12
一、按溶解度分类	15
二、按所含 P_2O_5 的含量分类	16
三、按加工方法分类	16
第五节 用无机酸处理制造磷肥	17
一、过磷酸钙	17
制造过磷酸钙的工艺条件及重要设备	19
氯化过磷酸钙	23
过磷酸钙的快速陈化问题	26
二、萃取磷酸	28
二水物流程	30
高浓度萃取磷酸	38
三、重过磷酸钙	35
四、富过磷酸钙	40
五、沉淀磷肥	40
六、安福粉	42
七、硝酸分解磷矿	43
(1)制成氮磷混合肥料的流程	45
(2)制成氮磷钾复合肥料	46
(3)制成沉淀磷肥及工业用硝酸铵	48
(4)制成沉淀磷肥及硝酸钙	50
(5)制成硝酸钙及磷氮混肥	50
八、硫酸分解磷矿制造磷氮混合肥料	51
第六节 高温处理制造磷肥	52

一、水热脱氟磷肥.....	53
二、砷金属及砷土金属盐高温分解磷矿制成的磷肥.....	58
用砷金属盐类处理磷矿——雷諾尼亞磷肥.....	58
托馬斯爐渣磷肥.....	59
含鎂磷肥.....	60
三、电热处理制成的磷肥.....	63
电热法制造磷酸的工艺过程.....	64
电热磷酸制重过磷酸钙.....	65
电热磷酸制磷酸铵.....	65
磷酸钠盐.....	65
偏磷酸钙.....	68
第七节 造制磷肥过程中的副产品	69
一、磷矿中氟的回收及利用.....	70
二、磷矿中放射性元素及稀土元素的回收.....	72
三、磷石膏的利用.....	73
四、含鎂磷肥生产中回收鎂和鉻.....	73
第八节 我国磷肥工业发展之瞻望.....	74

序 言

在鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线的光辉照耀下，在工农业大跃进的推动下，我国原来基础还很薄弱的化学肥料工业也正以令人振奋的声势一再跃进。化学工业部上海化学工业研究院的氮肥、钾肥研究人员已经豪迈地向全国人民提出了保证：要苦战一年，在化学肥料工业的技术上攀登世界最高峰。这个院的磷肥研究人员一再跃进后，更提出要在一九五八年内赶上或超过世界水平。

我国磷肥工业是在一九五三年才开始建立起来的，到现在也只有五年左右的历史；而世界磷肥工业的历史，如果从一八一〇年人们第一次尝试用骨粉、骨灰、磷块岩作为肥料的时候算起，却已经足足有一四八年的历史了。五年赶上一四八年，在今天来说，这已经不是中国人民美丽的但又是远不可及的理想了；这是很快就要出现的现实。这一事实，又一次雄辩地说明了中国人民是有无穷智慧而富有创造力的。他们在伟大的中国共产党的领导下，发扬了敢想敢说敢作敢为的共产主义风格，他们具有远大的理想和抱负，任何困难都可以克服，任何困难都不在他们话下。

五年赶上一四八年的生动事迹，正雄辩地说明了我们的党是能够领导科学研究工作的，而且完全能够领导好科学研究工作。

氮肥工业正在遍地开花，磷肥工业也正在为遍地开花创造条件。不难设想，在不久的将来，无数的大、中、小型的现代化的化学肥料工厂，即将在我们伟大祖国广大的土地上星罗棋布的建立起来，以保证农业的增产。

适应当前形势的发展，适时地提高我国人民对化学肥料工业的知识水平，适当的介绍一些化学肥料的工艺流程，已经显得十分重要。就是从这样的情况出发，上海化学工业研究院的磷肥研究人员，利用业余时间编写了一套有关磷肥工业的基本知识和工艺流程的小丛书，将由化工出版社陆续出版。

这本“磷肥工业概说”就是这套小丛书的第一本。作者王葆和是上海化工研究院磷肥研究室的主任。他以几年来研究磷肥工业中收集的材料和经验，概要地比较系统地向我们介绍了磷肥工业的重要性及磷肥的品

种和分类，并且还介绍了主要的一些工艺流程，最后还指出了我国磷肥工业的发展远景；同时文字上也比較通俗易懂，只要是具有初中的文化水平就能够領会和理解，这对帮助我国人民認識我国磷肥工业的现状和发展前途，以至进一步推动我国磷肥工业的发展，都将起有一定的作用，因此敢予向讀者作介紹，是为序。

周 斯 明 一九五八，八。

第一节 前言

植物营养三要素之一的磷肥，解放前在我国还是一个空白点，虽然日本帝国主义者在侵占我国台湾时期在台湾曾建立了两个生产方法极为陈旧的过磷酸钙工厂，但产量很少，原料不足，加之在国民党反动政权接收时又遭到严重摧残，陷于瘫痪状态，因此在解放前我国化学肥料的生产除了仅有少量氮肥（硫酸铵）以外，磷肥和钾肥根本就没有，当然在国民党反动统治时期，从来也没有考虑过发展工农业生产的问题。尤其是化学肥料的生产，一般是投资大而利润小，虽然它对农业增产十分重要，但并不能引起当时统治阶级的重视也是很自然的事。但是当政权一旦掌握在人民的手中以后，情况就全完不同了，解放以后还是在经济恢复时期，伟大的中国共产党和人民政府除了恢复和发展原来基础极为薄弱的氮肥工业以外，就积极准备其他化学肥料，特别是磷肥的生产准备工作，专业的研究机构和设计部门早在第一个五年计划之初就开始建立，并陆续聘请了有关这方面的苏联专家来指导工作和培养技术力量。通过了五、六年来各方面的努力，在我国先后建成了大、中、小型的磷肥工厂十余个，总产量近100万吨，其中最大的有年产40万吨以上全部机械自动化技术上达到国际水平的过磷酸钙工厂，也有年产10万吨以上的磨磷块岩粉的工厂，而更重要的是在这短短期间迅速培养了一支磷肥方面技术人员的队伍，这支队伍中从研究、设计到施工生产的人员都分别具备，初步掌握了磷肥生产的基本知识。这支队伍在党的关怀和培养下，正在日益壮大。在各个方面为祖国磷肥工业的发展而辛勤地劳动着。我国磷肥工业的诞生和发展也和其他工作一样，充分证明了只有在共产党的英明领导下，才能在最短时期内彻底变更过去的落后面貌使我们磷肥生产从无到有，从落后到先进，而工程技术人員也只有依靠党的关怀和培养，听从党的教导，才能把自己的技术知識逐渐提高，才能使技术为人民服务。

自从整风以来，特别是双反运动以后在工农业生产上掀起了大跃进的高潮，而这一高潮在八大二次大会，党中央提出了“鼓足干劲力争上游多快好省地建设社会主义”的总路线以后，又转向开始技术革命和文化革命的道路；在总路线的光照耀下，我国工农业的发展更加突飞猛

进，全国人民意气风发，各方面都走向更大的跃进，在这样的形势下农业对工业的要求更为迫切更加明确了，从化学肥料的角度来看，现在化学肥料的生产显然还远不能满足农民的要求。因此从中央到地方，从城市到农村，从研究人员到农民专家都在尽一切力量，用各种资源制造化学肥料。因此我们可以设想在不久将来，大中小型的化学肥料工厂将在我国各处遍地开花，从而使农业丰收更多一重保证。

因为磷肥生产在我国的历史还很短，目前国内各方面对这一专业技术知识需要很迫切，为此只能在较短的时间内写成这一本小册子。先作一般性的介绍，因限于编者本身的水平，其中难免有若干不恰当之处，希望国内从事这方面工作的同志多加批评和指正。此外因为磷肥品种甚多，原料磷矿成分和性质的不同，又有种种不同的加工方法，本书限于篇幅不可能详为叙述，拟于今后再按品种请有关同志共同合作分别写成专册再作进一步的介绍。

第二节 磷肥工业的重要性

一、化学肥料的种类

要谈磷肥工业的重要性，首先应从化学肥料的种类及各种肥料的作用谈起，什么是肥料？肥料就是植物的营养素，植物需要肥料也和动物需要食物一样是不可缺少的。植物的生长除了需要水分、二氧化碳和日光以外，还需要自土壤中吸收氮、磷、钾三种要素。这三种元素的作用各有不同，植物对这些元素的需要量亦不一样，而且也不能彼此代替，土壤中缺少任何一种都将影响作物的收成；因为植物不断地从土壤中吸收这些元素，因此就需要不断地向土壤中加入含有这些元素的物质，而这些物质统称作肥料，这些肥料又因其所含的元素不同而分别称作氮肥、磷肥和钾肥。

氮为植物体中蛋白质的重要成分，它能促使植物生长茁壮，躯干肥大，枝叶茂盛，提高收获量，一般植物都需要氮肥，但施用量亦不可过多，过多易造成其组织柔软易倒伏或减弱植物抗病能力和产生晚熟的现象。磷肥是植物细胞中核蛋白的主要成分，它在植物的发芽和生根时起重要作用，并能刺激植物提早开花结实，穗粒增多，籽实饱满，并有助

于豆科植物根瘤菌的固氮作用。钾肥可促进植物炭水化合物和蛋白质的生成，并能输通植物躯干使其坚实不易倒伏易于吸收养分，并可增加抗病能力。

肥料大概有两种来源，一种称为自然肥料。我国过去农村所用的主要还是自然肥料；如主要是含有氮的人畜粪尿，含有磷的骨粉或骨灰和含有钾的草木灰等。此外农村常用的绿肥和含有有机腐植质的河泥草炭等，这些都是自然肥料。在目前我国农业生产中这些肥料也都还是重要的肥源，但这些自然肥料中所含的有效成分不高，因而施用量一般都较大，而来源又受一定的限制，远不能满足农业上长期大丰产的要求。要解决这一问题，就必须用化学方法制造出大量含有这些元素成分很高的化学品，即所谓化学肥料。这是当前对农业增产有决定意义的另一类肥料。此外生物学家和生物化学家们还研究出帮助植物吸收氮和磷的细菌如根瘤菌、固氮菌和磷酸细菌等，则称作细菌肥料。这些肥料现在正在开始发展和深入研究，将来也可能成为第三类重要的肥源。

根据近代科学研究的結果，植物除了需要氮、磷、钾三元素以外，还需要镁，这是植物的叶绿素组成中不可缺少的元素；以及其他一些微量元素如硼、铜、锌、钼等等。这些元素对植物来讲好象维生素或抗菌素对动物的作用一样，虽然需要量不大，但对促进植物的生长可以起很大的作用。现在统称这些为微量元素肥料，也都是化学肥料。

二、磷肥的需要和肥效

磷肥与氮肥或钾肥不同，它多半聚集于植物中种子内。因此磷因植物的收割易于散失，除少量将随自然肥料回到土壤，大部分则需要不断的补充，所以在世界各国历史上磷肥的生产量总是比氮钾肥的生产量为大，这一方面固然由于磷肥生产过程比较简单，投资小收效快，但另一方面磷肥的需要量大也是很重要的原因，由表一可见历年来三种重要肥料的需求情况。

再从第二次世界大战前后各国磷肥生产的增长情况也可见其增长速度是十分迅速的。苏联在1954年的生产磷肥数量较战前1938年增长两倍即为原生产量的百分之300，一些主要资本主义国家的磷肥增长情况参见表二。

表一、歷年來世界各國氮磷鉀三種肥料的總生產量(單位千噸)

營養成分					換算成為標準肥料			
年 份	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	總 和	氮肥 (以硫酸銨計)	磷肥 (以過磷酸鈣計)	鉀肥 (以硫酸鉀計)	總 和
1913	510	2137	1275	3922	2520	11400	3190	17110
1923	934	2125	1645	4704	4670	11300	4130	20100
1938	2400	3500	2500	8400	12000	18650	6250	36900
1949	3600	5400	3600	12600	18600	28900	9000	56500
1954	5300	6500	5200	17000	26500	34700	13000	74200
1955	5800	6700	5000	17500	29000	35780	13500	78280

表二、二次大戰前後各主要資本主義國家的磷肥生產增長情況及施用量的比較表

國 別	美國	西德	法國	英國	意大利	日本	歐洲平均 (不包括蘇聯)
戰前(1938年)生產量(單位千噸P ₂ O ₅)	1535	410	297	170	262	224	
戰後(1955年)生產量(同上)	2627	465	667	340	416	302	
增長為原生產量的百分比	170	113	225	200	158	134	
戰後(1954~1955)每公頃施用量(單位公斤P ₂ O ₅)	10.7	54.5	31.1	46.7	26.5	47.5	20.7
同上時期每公頃氮肥施用量(單位公斤N)	10	52	18.4	33.6	15.3	99.4	17.0
同上時期公頃鉀肥施用量(單位公斤K ₂ O)	8.6	97.7	24.7	34.5	2.5	72.6	20.2

由上可見不但磷肥的增長速度是很快的而且單位面積施用量一般均比氮鉀肥為高，其中除西德因鉀肥礦藏較多，施用量較大，日本因土壤缺鉀情況嚴重，而缺磷較不嚴重，故氮鉀肥施用特多外，其他各國一律施用磷肥較多。以歐洲各國总的情況看，歐洲為沼澤土，氮磷鉀一般均缺，但施肥量亦仍以磷肥較多。

關於土壤所需氮磷鉀肥的比例問題，各國均有所不同，主要因這一比例的確定是與各國土壤情況、氣候條件，所種植的農作物特點以及各國的耕作技術條件不同有關，故各國比例不一致，如在蘇聯，N:P₂O₅:K₂O 的比例為 1:2:1 即磷肥需要量相當於氮鉀肥的總和，而美國則為 1:1.1:0.9，日本為 1:0.5:0.7，歐洲平均(不包括蘇聯歐洲部分)為 1:1.2:1.2，其他如南非聯邦則為 1:4.5:1，澳大利亞及新西蘭一帶

則为 1:8.5:1。

至于氮磷鉀的肥效則亦因各地土壤、气候、作物和耕作技术的不同而异，根据苏联的統計，每噸純氮，五氧化二磷及氧化鉀对不同作物的增产量如下表：

表三、每噸N、P₂O₅、K₂O可增加之收获量(單位：噸)

农 作 物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
棉 花	12	6	2
甜 菜	100	70	40
多 小 麦	20	25	4
亚 麻	2.5	2	1.5
馬 鈴 薯	120	80	60

根据另一統計資料，如以每噸硫酸銨、过磷酸鈣及硫酸鉀等肥料为基础，其对各种作物的增产量則为：

表四、每噸氮、磷、鉀肥对不同作物的增产量

增 产 量 (吨) 肥 料	水 稻	多 小 麦	籽 棉	油 菜	蔬 菜	玉 米
硫 酸 銨	3~10	2~5	1~3.5	1.5~2	15~2.5	3~15
过 磷 酸 鈣	1.5~4	1~4	0.5~1	1~2	—	3~5
硫 酸 鉀	1~6	1~3	1~1.2	2~3	—	—

至于各种磷肥在不同土壤中的肥效亦有所不同，根据苏联材料，由下表可见。

表五、各种不同磷肥的肥效比較

	沼 澤 土	黑 土 壤	灰 土 壤
过磷酸鈣	100	100	100
重过磷酸鈣	104	100	108
沉淀磷肥(即磷酸二鈣)	115	95	130
安福粉(磷酸銨)	101	—	119
高温磷肥(加純碱煅烧)	107	72	89
鋼渣磷肥	136	—	—

(注)：水热法燒結脫氟磷肥的肥效上表未列数据，平均約为过磷酸鈣肥效的92~95%。

由上可见，磷肥工业在世界各国均頗重視，对农作物的增产有显著效果，可以满足农业上日益增长的需要，有些磷肥如脱氟磷肥或脱氟过磷酸鈣等除了可作为肥料外，又是很好的动物飼料；所以对我国来講，大量发展磷肥工业可以进一步保証农业发展綱要四十条的提前实现。此外在酸法制造磷肥的过程中，尚可副产回收某些磷矿中的放射性元素（如鈾与釷）和稀土金属（如鈾、鐳、釷等）；为了生产某些磷肥，同时必須生产大量的硫酸。这对于在和平时期为使用于軍工方面所必需的大量硫酸找到銷路，也有很大作用。因此無論在农业、畜牧业、国防工业、和平利用原子能工业以及其他尖端科学方面，磷肥工业的发展都将起重要作用，在目前我国正处在工农业生产大跃进的时代，技术革命及文化革命的高潮正在形成之际。根据中央工业与地方工业并举，大中小型相結合的方針，在全国普遍建立磷肥生产，实为迫切需要。至于各地应建立何种磷肥的生产，规模如何則应因地制宜根据各地区具体条件而定，茲不贅述。

第三节 磷肥的原料

最初制造磷肥是以兽骨为原料的。我国农村采用骨粉或骨灰为肥料，实际上亦即是施用磷肥，但兽骨数量不多，其他工业亦需要，加之来源分散不易集中，故各个地方可以就地取材少量采用以外（一般在提取骨髓以后，即可磨粉直接作为肥料用），大规模磷肥的原料仍应以磷矿石为主。其次含磷鉄矿可用作鋼渣磷肥的原料，在欧洲一些国家含磷鋼渣亦属磷肥的重要来源之一，现着重介紹关于磷矿石方面的情况。

天然磷矿石可分为磷灰石和磷块岩（或称紆核磷灰石）两种。它們的主要成分大都是氟磷酸鈣 $[\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3]$ ，在少数情况下，Ca 亦可能部分或全部为 Sr、Mg、Ba、Mn、Fe 所代替，而 F 在某些情况下，亦可能为 Cl、OH 或 CO_3 所代替，但这些情况都比較少见。

磷灰石矿是由熔融的岩浆冷却結晶而成的，所以是火成岩，成六角晶系的晶体，不含結晶水，結構中亦沒有碳酸盐存在，顏色为灰色、灰綠色、紫色或咖啡色。我国的海州錦屏磷矿和湖北安徽交界的黃梅宿松磷矿，都属于这一类型的磷矿。

磷块岩——紆核磷灰石——是水成岩，主要是由海水中的磷酸鈣沉