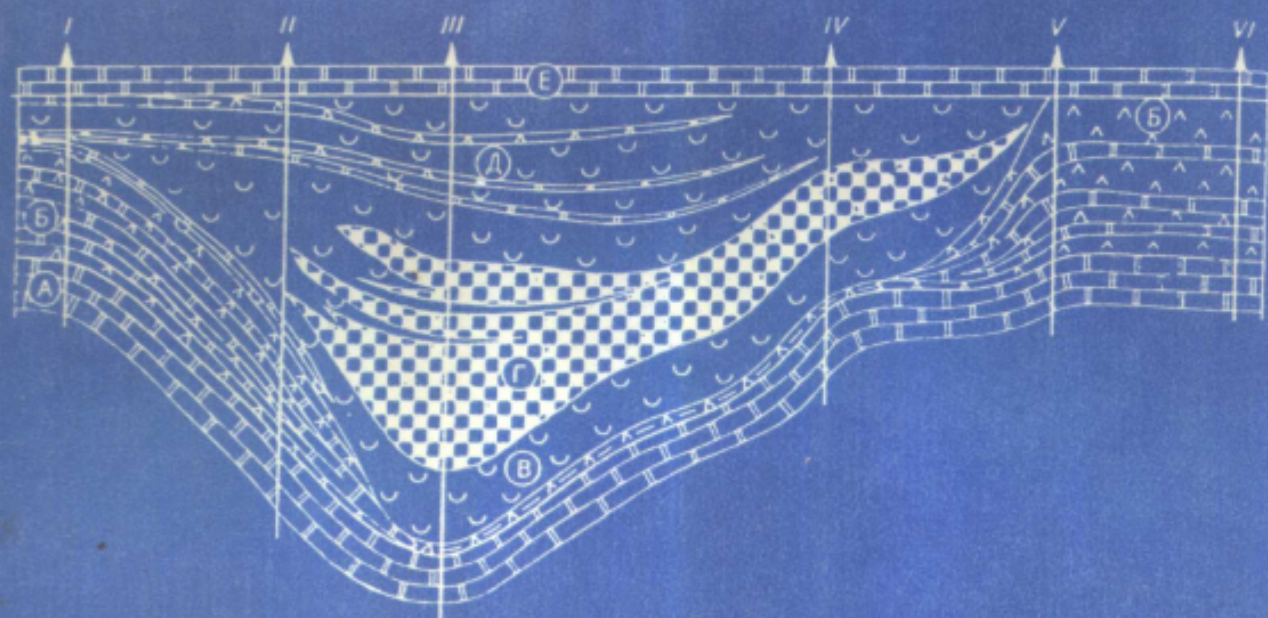


国外矿床地质丛书

钾盐矿床

钱自强 曲一华 刘群 编著



地质出版社

ISBN 7-116-01472-1/P·1202

定 价： 12.00 元

国外矿床地质丛书

钾盐矿床

钱自强 曲一华 刘 群 编著

地质出版社

(京)新登字085号

内 容 提 要

本书系有关国外矿床系列著作之一,全书共七篇。作者以洲为序,介绍了世界钾盐矿床的发现史、区域地质、矿床地质和开发方面的内容。对于一些开发历史较长、研究程度较高、资料较为丰富的矿床,作者做了比较详细的阐述。作者还结合亲身考察,对原有资料不足的某些矿床,充实了不少实际内容。

本书是当前国内唯一系统介绍国外钾盐矿床的著作。内容比较丰富、资料较新、图文并茂。可供地质院校、科研单位和地质勘查人员参考。

国外矿床地质丛书

、 钾 盐 矿 床

钱自强 曲一华 刘 群 编著

责任编辑:沈文彬

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:17.5 字数:415000

1994年3月北京第一版·1994年3月北京第一次印刷

印数:1—700册 定价:12.00元

ISBN 7-116-01472-1/P·1202

序

钾、磷、氮是植物生长所必不可少的三大营养素。为了满足对粮食和纤维素需求量的增长，人们必须在有限的耕地上不断增加农业的产量。而按照氮、磷、钾的合理比例使用化肥是最简单和有效的农业增产措施。正因为如此，人类对钾盐这一重要资源的潜在需要量，像对其他化肥原料一样，几乎是无限的。

1839年4月28日，在德国施塔斯福特附近钻探盐矿时，发现高钾镁的卤水。自1851年到1856年在该地开凿采盐竖井时，发现并鉴定出复盐 $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ （光卤石），这是世界上发现最早的钾盐矿物，但当时未能加以利用。以后，农业化学的奠基人Justus Von Liebig研究了植物生长对矿物质的需要，才使得把钾盐当做肥料使用成为可能。1862年，在施塔斯福特矿山和其南部的Leopoldshall矿山开始生产钾盐矿石，到1866年钾盐产量达65000 t，但仍被公认是“废弃盐”。直到德国施塔斯福特的钾盐在世界市场上的出现，才导致了人类使用草木灰、甜菜糖和海藻作钾盐的时代的结束。

1904年德国在上莱茵发现钾盐矿床。1910年和1915年法国和德国的两个矿床开始生产并稳步扩大。在第一次世界大战之前，德国几乎控制了整个世界的钾盐市场。

在第一次世界大战期间，德国中断了向美国出售钾盐，因而迫使美国从盐湖卤水中回收钾盐，并且延续到战后，然而大部分钾盐仍靠进口，直到新墨西哥州卡尔斯巴德钾盐矿床发现并于1931年开始生产之后，美国的钾盐供应才趋于缓和。

在第一次世界大战之后的15年间，先后有四个国家开始了钾盐生产。波兰的钾盐矿床发现于19世纪中期，但1882年才开始开发，该矿山由于战后领土的变化，1939年为前苏联所有。前苏联于1931年在乌拉尔北部建立第一座钾盐矿山。1929年西班牙在Ebro河谷发现了加泰罗尼亚钾盐矿床并于1930年开始生产钾盐。战后第四个钾盐生产地是中东，1931年首次从死海海水中回收钾盐。1939年英国在北约克郡Moore's国家公园钻探天然气过程中发现钾盐，但在30年以后才开始生产。1943年加拿大首次发现萨斯喀彻温钾盐矿床，直到50年代末才开始向国外出口钾盐。意大利的钾盐工业始于1959年，中西西盆地现在已有五个钾盐矿山。

60年代以后，由于许多新的钾盐矿床的开发，使世界钾盐生产出现了新的面貌。加拿大和前苏联取代了前民主德国和联邦德国钾盐生产的优势地位，而成为世界上最大的钾盐出口基地。在此期间最引人注目的是：加拿大萨斯喀彻温钾盐矿山于1962年重新投产；前苏联在白俄罗斯的巨大钾盐矿区，于1964年建成第一座钾盐矿山；西班牙于1963年开始开采北部纳瓦拉矿床；1964年美国犹他州西南部的帕拉多克斯钾盐矿投入生产和1969年刚果共和国的霍利·圣保罗钾盐矿投入生产。英国约克郡鲍尔比钾盐矿山直到1974年才建成投产。

巴西塞尔希培钾盐矿于1985年开始生产钾盐。加拿大东海岸新不伦瑞克钾盐矿是1985年投产的。约旦从死海海水中回收钾盐到1985年增加到近30万t/a K_2O 。除上述之外，中国的察尔汗盐湖、智利的Caliche矿床还生产一些钾盐。

到目前为止全世界有15个国家和地区，共20个钾盐矿床正在生产钾盐。它们是加拿大的萨斯喀彻温和新不伦瑞克矿床；美国的新墨西哥矿床、大盐湖沙漠和西尔斯盐湖矿床以及帕拉多克斯矿床；巴西的塞尔希培矿床；智利的 Caliche 矿床；以色列和约旦的死海；中国察尔汗盐湖；西班牙的加泰罗拉和纳瓦拉矿床；意大利的西西里矿床；法国的阿尔萨斯牟罗兹矿床；德国和英国的蔡希斯坦盆地钾盐矿床；俄罗斯、乌克兰和白俄罗斯的钾盐矿床。

世界上还有一些发现不久和待开发的钾盐，如泰国呵叻盆地钾盐矿床、巴西的亚马逊中游盆地的Fazendinha矿床、刚果盆地钾盐（霍利矿床1969—1977年生产钾盐，1977年6月由于矿井突水淹没而停产）、埃塞俄比亚达纳基尔钾盐矿床、突尼斯的卤水矿床、秘鲁史丘拉沙漠卤水矿床、墨西哥墨西卡利市附近的卤水、智利阿塔卡马沙漠干盐湖和澳大利亚的Mcleod盐湖。这些待开发的钾盐资源基本上都在发展中国家，并且主要是盐湖卤水钾资源和形成时代在白垩纪以后的可溶性钾盐矿床。发展中国家钾盐资源比较少，钾盐的产量也很有限。近几年来，由于巴西塞尔希培钾盐投产和从死海海水提取钾盐的产量增加，使得世界钾盐生产的格局有所改变。但是，要使全世界钾盐生产布局有较大的改观，发展中国家开发自有的资源是至关重要的。

本书共七篇28章，以洲为顺序系统地介绍了世界钾盐矿床的发现史、区域地质和矿床地质方面的内容。书中引用的资料截止到1988年底，部分资料是在矿床实地考察和学术交流中取得的，全书由钱自强、曲一华和刘群三人合作编写。第一篇、第二篇的大部分章节和第四篇由钱自强编写。第二篇的第五章和第七章、第三篇、第六篇和第七篇由曲一华编写。第五篇由刘群编写。全书由曲一华最后定稿。本书在编写过程中承蒙陈洲其、王炳铨、陈元侃大力支持，曹谏非、王连第、兰庆春、李晨阳等同志参加了部分工作，在此一并致谢。

目 录

第一篇 概论	1
第二篇 北美洲钾盐矿床	14
第一章 加拿大萨斯喀彻温钾盐矿床	14
第二章 加拿大沿海诸省钾盐矿床	28
第三章 美国威利斯顿盆地钾盐矿床	36
第四章 美国密执安盆地钾盐矿床	44
第五章 美国帕拉多克斯盆地钾盐矿床	53
第六章 美国新墨西哥州钾盐矿床	63
第七章 美国西尔斯盐湖钾盐矿床	73
第三篇 南美洲钾盐矿床	86
第一章 巴西亚马孙盆地钾盐矿床	86
第二章 巴西塞尔希培盆地钾盐矿床	89
第三章 智利阿塔卡马钾盐矿床	99
第四篇 欧洲钾盐矿床	104
第一章 德国蔡希斯坦盆地钾盐矿床	104
第二章 英国蔡希斯坦盆地钾盐矿床	119
第三章 荷兰蔡希斯坦蒸发岩	129
第四章 波兰蔡希斯坦蒸发岩	130
第五章 西班牙埃布罗盆地钾盐矿床	133
第六章 莱茵地堑钾盐矿床	136
第七章 意大利中西西里盆地钾盐矿床	145
第五篇 前苏联钾盐矿床	148
第一章 东西伯利亚下寒武世涅帕含钾盆地	148
第二章 彼里皮亚特含钾盆地	159
第三章 前苏联早二叠世含钾盆地	171
第四章 中亚钾盐盆地	189
第五章 前喀尔巴阡第三纪钾盐盆地	203
第六篇 亚洲钾盐矿床	216
第一章 盐岭钾盐矿	216
第二章 呵叻盆地钾盐矿床	223
第三章 死海盆地钾盐矿床	234
第七篇 非洲钾盐矿床	243
第一章 加蓬和刚果盆地钾盐矿床	243
第二章 埃及苏伊士湾捷姆萨钾盐矿床	253
第三章 埃塞俄比亚达纳基尔洼地钾盐矿床	264

第一篇 概 论

钾(K)是一种碱金属元素,位于元素周期表第四周期第一族,原子序数为19,原子量为39.10。钾是典型的亲石元素。在地壳中分布占第七位,其地壳丰度为 20900×10^{-6} ,即约为地壳重量的2.1%。

地壳中钾的总量为 $5.11 \times 10^{17}t$ 。岩浆岩钾的分布量最多,占总量的90%以上,其 K_2O 的平均含量为2.6%;在沉积岩中次之,如砂岩的 K_2O 平均含量为1.48%,页岩的 K_2O 平均含量为2.45%,石灰岩的 K_2O 平均含量为0.68%,土壤中平均含钾1.4%。由于钾的溶解度大,岩石在风化后钾容易被流水带走,除被土壤吸附外,尚有部分钾富集到海水中。海水中钾的平均含量为 381×10^{-6} 。所以,洋水是一个含钾相当丰富的地质体。

在自然界,钾与氧和卤素同样具有强的化学亲和力,能形成较强离子键的氧化物和卤族化合物,还未发现过呈元素状态的钾。目前已知的含钾矿物有120余种;其中硅酸盐约占50%,硫酸盐占25%,卤化物占10%,其余的是碳酸盐、硝酸盐、硼酸盐和磷酸盐等。常见的含钾矿物有正长石、白榴石、钾霞石、明矾石、白云母、海绿石、钾石盐、光卤石、杂卤石、无水钾镁矾和钾盐镁矾等。内生富钾的铝硅酸盐虽然分布很广,但由于难溶于水,制造钾肥成本昂贵,因而不具有商业价值。目前被认为有意义的钾矿物主要是钾石盐(含 K_2O 63.1%)、光卤石(K_2O 17.0%)、无水钾镁矾(K_2O 22.7%)和钾盐镁矾(K_2O 18.9%)等。通常我们所指的钾盐矿床主要是蒸发岩地层中的固相含钾矿物的堆积体,其次是不同成因的富钾卤水。海水中虽然一般有更多的钾含量,但由于浓度不大,目前还只能看作是潜在的钾资源。

一、钾盐的用途

全世界钾盐产品的95%用作农肥;其余的小部分用于其他工业部门,如用于清洁剂、玻璃工业、建筑材料、电视机显像管和化工产品等。所以钾盐生产与化肥工业的发展是密切相关的。钾盐是农业发展的基础,作为一种天然的化肥原料,和磷酸盐一样不可能被其他任何东西所代替。

钾肥对农作物的主要作用是平衡氮、磷和其他营养元素,调节植物的官能作用,以达到发展根系,强壮枝干,提高抗旱和抗寒能力,充实果实,改善作物的质量,使作物增产。结合土壤性质、作物种类和气候条件,按比例施用氮、磷、钾肥,对提高农作物单位面积的产量是非常重要的。通常是按 $N:P_2O_5:K_2O$ 来计算化肥中的有效组分含量。全世界化肥的总产量和消费量接近于1:1:1,但是不同国家,不同时期施肥的比例却不相同,通常最低要求 $N:P_2O_5:K_2O$ 不低于1:0.5:0.25。当前钾肥的消耗量相当于化肥总消耗量的四分之一,这充分表明了钾肥在化肥工业中的重要地位。

二、钾肥的种类

钾肥主要有氯化钾、硫酸钾和含钾复合肥料。

氯化钾 大部分是以钾石盐为主的钾盐原料，经溶解结晶或用浮选法、静电分离法加工制取的；部分是把光卤石用冷分解法、热溶法或冷分解和浮选联合法制取。作为氯化钾肥商品中的 K_2O 含量一般为58—60%。氯化钾是一种生理酸性的水溶性速效肥料，它对大多数农作物如水稻、小麦、玉米、棉花、亚麻等都是适用的。但对于忌氯的经济作物，如甘薯、甜菜、烟草、茶叶、柑桔、葡萄等，不宜使用氯化钾肥料。

硫酸钾肥 是应用最广的无氯钾肥，对提高忌氯作物的质量和产量效果最好。

制取硫酸钾的方法比较多，主要的方法有：

1. 用浮选法、静电分离法和化学方法从含钾盐镁矾、无水钾镁矾等钾镁硫酸盐矿石中分离制取 K_2SO_4 ；
2. 用氯化钾和钠或镁的硫酸盐转化制取，或用氯化钾与硫酸或二氧化硫反应制取硫酸钾；
3. 用溶解结晶法从多组分含钾硫酸盐卤水中提取硫酸钾。

作为商品 K_2SO_4 肥料，一般含 K_2O 为46—52%。硫酸钾是一种高效生理酸性肥料，长期施用能使土壤酸化，肥效降低，从而影响作物的产量。因此，应注意用石灰中和，以改善土壤性质。

含钾复合肥料 根据化肥中所含主要营养元素的种类可分为单一肥料和多元肥料。上面提到的氯化钾和硫酸钾，只含钾而无氮和磷，被称为单一肥料——钾肥。同样有单一的磷肥和单一的氮肥。

多元复合肥料根据制取的方法不同，又可分为混合肥料和复合肥料。复合肥料是在一个生产流程中用化学方法制取的含有两种以上营养元素的肥料，由于产品中有效成分含量是一定的，不能按不同土壤、气候条件和作物的需要加以改变，使用时有一定局限性。混合肥料是不同的单一肥料的机械混合物，可以根据需要对有效成分的比例加以调整。市场上常见含钾复合肥料有偏磷酸钾(KPO_3)、磷酸二氢钾(KH_2PO_4)、焦磷酸钾($K_2H_2P_2O_7$)、硝酸钾(KNO_3)和磷酸铵钾($KH_2PO_4 \cdot NH_4H_2PO_4$)等。

目前世界上商品钾肥主要是氯化钾，硫酸钾在钾肥中所占的比例较少，这是由于硫酸盐类钾盐矿床远少于氯化物类钾盐矿床的情况所决定的。由于复合含钾肥料，营养元素含量高，生产成本较低，产品体积小便于运输，所以在许多国家很注意发展高效的含钾复合肥料。

三、世界钾肥生产和消费

从历史来看，近百年来钾肥生产一直是高速度增长的，世界范围内的供需关系也在不断地变化。本世纪50年代，钾肥产销基本平衡；60年代以后，特别是80年代中期以来，世界钾盐出现了供过于求的局面。目前钾肥生产国家^①有15个，到1987/88年度钾肥总产量已

^① 包括德国统一前的民主德国。

表 I—1 世界钾肥生产和消费情况

	1980/1981年		1981/1982年		1982/1983年		1983/1984年		1984/1985年		1985/1986年		1986/1987年		1987/1988年	
	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费
西 欧	5866	5124	5136	4970	4920	5175	5494	5299	5283	5132	5232.9	5132.0	4897.3	5230.6	5861.3	5236.3
奥地利	—	148	—	140	—	123	—	134	—	132	—	132.4	—	163.1	—	98.9
比利时/卢森堡	—	148	—	133	—	142	—	145	—	135	—	135.0	—	137.0	—	131.0
丹 麦	—	142	—	136	—	148	—	150	—	146	—	145.9	—	154.5	—	143.3
芬 兰	—	140	—	135	—	153	—	153	—	150	—	149.8	—	151.9	—	150.9
法 国	2069	1649	1726	1700	1601	1774	1729	1863	1719	1821	1719.0	1820.6	1549.0	1878.7	1560.3	1836.2
联邦德国	2701	1144	2286	1055	2226	1042	2643	988	2413	932	2413.4	932.1	2107.0	872.1	2941.7	864.8
希 腊	—	36	—	34	—	43	—	50	—	62	—	61.6	—	61.8	—	53.0
爱尔兰	—	181	—	176	—	185	—	197	—	174	—	173.6	—	198.6	—	187.9
意大利	95	360	133	332	127	359	136	353	140	347	139.9	347.0	109.0	364.4	128.1	459.4
荷 兰	—	113	—	106	—	102	—	117	—	120	—	119.8	—	104.9	—	97.8
挪 威	—	86	—	83	—	88	—	81	—	75	—	75.4	—	69.4	—	72.6
葡萄牙	—	41	—	45	—	40	—	32	—	35	—	34.9	—	40.7	—	45.7
西班牙	681	284	714	219	702	264	665	289	667	369	666.6	309.1	723.3	298.7	757.6	366.0
瑞典	—	117	—	116	—	—	—	102	—	83	—	83.0	—	85.8	—	83.1
瑞士	—	69	—	65	—	66	—	65	—	61	—	61.3	—	63.1	—	61.4
土耳其	—	49	—	19	—	33	—	31	—	34	—	33.9	—	47.3	—	50.7
英国	317	414	277	470	263	521	329	541	344	510	344.0	510.0	409.0	549.0	473.6	521.0
其 它	—	3	—	6	1	92	—	8	—	6	—	6.6	—	—	—	—
东 欧	11486	8240	11909	8527	11513	8272	13241	9507	13832	10096	13832.3	10095.5	13713.0	10075.9	14398.0	10251.1

续表

	1980/1981年		1981/1982年		1982/1983年		1983/1984年		1984/1985年		1985/1986年		1986/1987年		1987/1988年	
	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费
阿尔巴尼亚	—	4	—	3	—	7	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—
保加利亚	—	89	—	117	—	141	—	103	—	96	—	96.2	—	121.0	—	94.1
捷克斯洛伐克	—	560	—	611	—	568	—	533	—	527	—	526.6	—	533.0	—	515.0
前民主德国	3422	497	2460	602	3434	497	3465	550	3465	550	3465.3	550.0	3485.0	580.0	3510.0	566.7
匈牙利	—	472	—	524	—	490	—	467	—	444	—	443.7	—	434.9	—	426.4
波兰	—	1271	—	1315	—	1111	—	1157	—	1168	—	1167.2	—	1233.7	—	1104.7
罗马尼亚	—	101	—	185	—	237	—	277	—	227	—	227.0	—	230.0	—	230.0
前苏联	8064	5044	8499	4905	8079	4991	9776	6167	10367	6822	10367.0	6622.0	—	6677.0	—	7052.0
南斯拉夫	—	203	—	265	—	230	—	252	—	261	—	261.1	10228.0	263.0	10888.0	260.0
北美	9506	6098	8006	5458	7018	4734	8698	5481	7618	4954	7617.5	4953.5	8250.4	4701.6	9197.1	4878.8
加拿大	7337	370	6043	352	5379	355	7283	447	6520	396	6519.7	396.3	7031.5	390.0	7839.5	394.4
美国	2169	5729	1968	5106	1639	4378	1414	5033	1098	4557	1097.8	4557.2	1218.9	4401.6	1357.6	4481.4
中美	—	409	—	398	—	374	—	398	—	381	—	380.8	—	425.2	—	464.2
哥斯达黎加	—	20	—	20	—	11	—	—	—	—	—	29.0	—	19.0	—	30.0
古巴	—	90	—	210	—	220	—	210	—	216	—	215.8	—	233.0	—	265.9
多米尼加共和国	—	26	—	26	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
萨尔瓦多	—	1	—	3	—	4	—	4	—	3	—	—	—	—	—	—
危地马拉	—	17	—	17	—	10	—	15	—	12	—	12.1	—	15.0	—	15.0
墨西哥	—	112	—	70	—	83	—	85	—	71	—	70.0	—	90.7	—	80.1
尼加拉瓜	—	9	—	13	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
其它	—	134	—	39	—	29	—	84	—	79	—	62.9	—	47.5	—	72.9

南 美	23	1481	14	903	5	1033	—	1291	—	1298	—	1297.5	10.5	1591.3	37.3	1751.2
阿根廷	—	9	—	5	—	6	—	11	—	7	—	7.1	—	11.7	—	15.5
巴 西	23	1307	14	767	—	876	—	1073	—	1059	—	1058.7	10.5	1289.9	37.3	1392.1
智 利	—	13	—	12	5	13	—	14	—	15	—	14.6	—	16.8	—	22.0
哥伦比亚	—	75	—	56	—	67	—	92	—	92	—	92.1	—	107.2	—	140.0
厄瓜多尔	—	9	—	10	—	21	—	22	—	10	—	10.3	—	23.0	—	17.5
秘 鲁	—	14	—	13	—	10	—	10	—	9	—	9.4	—	21.4	—	28.8
乌拉圭	—	4	—	4	—	2	—	4	—	3	—	3.3	—	1.8	—	2.6
委内瑞拉	—	49	—	31	—	35	—	61	—	97	—	97.2	—	114.3	—	127.6
共 它	—	1	—	5	—	3	—	4	—	6	—	4.8	—	5.2	—	5.1
非 洲	—	356	—	411	—	410	—	410	—	513	—	463.5	—	416.2	—	421.6
阿尔及利亚	—	36	—	33	—	37	—	13	—	61	—	11.6	—	56.3	—	53.6
象牙海岸	—	19	—	20	—	19	—	22	—	24	—	24.0	—	15.0	—	11.3
肯尼亚	—	5	—	6	—	4	—	5	—	6	—	5.9	—	6.6	—	11.9

	1980/1981年		1981/1982年		1982/1983年		1983/1984年		1984/1985年		1985/1986年		1986/1987年		1987/1988年	
	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费
毛里求斯	—	13	—	12	—	13	—	13	—	13	—	13.4	—	11.7	—	13.9
摩洛哥	—	41	—	40	—	40	—	44	—	49	—	29.4	—	51.0	—	49.5
尼日利亚	—	26	—	35	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
南非	—	140	—	158	—	149	—	141	—	136	—	135.8	—	119.3	—	116.0
突尼斯	—	5	—	4	—	4	—	4	—	1	—	1.3	—	1.0	—	1.7
赞比亚	—	6	—	7	—	8	—	5	—	8	—	8.2	—	6.7	—	9.9
其它	—	65	—	96	—	106	—	163	—	215	—	233.9	—	148.6	—	153.8
亚洲	817	2389	856	2751	974	2477	1491	3283	1707	2970	1706.7	2989.8	1950.6	3261.9	2013.9	4031.1
孟加拉国	—	29	—	27	—	31	—	43	—	32	—	32.4	—	57.8	—	51.7
中国	20	381	24	575	25	393	31	744	23	362	23	361.9	24.7	545.0	39.9	1169.0
印度	—	610	—	670	—	622	—	846	—	854	—	854.1	—	868.1	—	922.9
印度尼西亚	—	87	—	136	—	81	—	157	—	179	—	179.4	—	163.0	—	236.1
以色列	797	22	832	25	940	21	1166	21	1139	21	1138.6	21.0	1264.1	26.6	1252.0	28.0
日本	—	512	—	535	—	600	—	630	—	613	—	613.4	—	590.0	—	601.9

约 旦	—	—	—	2	9	1	294	2	545	2	545.1	1.8	661.8	0.5	722.0	2.8
朝 鲜	—	52	—	—	—	46	—	45	—	79	—	79.4	—	50.0	—	6.6
南 朝 鲜	—	183	—	199	—	157	—	195	—	204	—	203.5	—	215.0	—	242.2
马来西亚	—	195	—	174	—	194	—	229	—	238	—	238.0	—	304.5	—	288.0
巴基斯坦	—	9	—	22	—	26	—	25	—	33	—	33.2	—	42.9	—	45.0
菲 律 宾	—	56	—	61	—	57	—	39	—	35	—	34.9	—	46.0	—	77.3
斯里兰卡	—	46	—	41	—	45	—	55	—	56	—	55.7	—	54.5	—	59.1
中国台湾省	—	96	—	100	—	97	—	100	—	94	—	94.0	—	98.5	—	95.8
泰 国	—	37	—	40	—	50	—	66	—	43	—	43.3	—	72.9	—	96.2
越 南	—	46	—	22	—	17	—	31	—	61	—	61.0	—	58.9	—	29.9
其 它	—	28	—	122	—	39	—	55	—	64	—	82.8	—	67.7	—	81.6
大 洋 洲	—	228	—	255	—	253	—	284	—	231	—	230.5	—	217.1	—	223.2
澳大利亚	—	120	—	137	—	132	—	136	—	127	—	127.0	—	136.0	—	146.0
新 西 亚	—	106	—	115	—	119	—	142	—	100	—	100.3	—	79.3	—	75.0
其 它	—	2	—	3	—	2	—	6	—	4	—	3.2	—	1.8	—	2.2
世界总量	27698	24325	25921	23672	24430	22725	28923	25951	28439	25572	28114	25687	28821.8	26009.8	31507.6	27280.5

达3150.76万t K_2O 。全世界主要钾盐生产国是前苏联^①、加拿大、德国、法国和美国，五国的钾肥产量约是世界总产量的90%，其中前苏联和加拿大两国的产量为60%。

世界近140个国家和地区几乎都以肥料形式消耗掉一定的钾盐。据1987/88年度统计，近80个国家钾肥的总消耗量为2728.05万t K_2O ，而消耗量最多的只有少数几个国家，接近和超过100万t/a K_2O 的有前苏联、美国、法国、德国、巴西和波兰，这些国家在1984/85年度钾肥消耗量是世界总消耗量的63%以上。加拿大年产钾肥783.95万t K_2O ，是世界总产量的四分之一强，而其国内消耗量只是产量的5%，大量的钾肥用于出口，所以加拿大是最大的钾肥出口国。前苏联近几年有300多万t K_2O 用于出口。除上述外，能向国际市场供应钾肥的国家还有德国、西班牙、以色列和约旦。美国和法国尽管钾盐生产量较多，但为了满足国内的需要，尚需向国际市场购买一定量的钾肥。

总之，世界上需要钾肥的国家很多，虽然目前钾肥生产已出现供大于需的局面，由于生产国远少于消费国，而使钾肥贸易仍相当活跃。随着世界经济的发展，特别是发展中国家的生产发展，钾肥生产与消费将会有新的平衡出现。今后，世界上农业发达国家将继续消费大部分钾肥，亚洲、非洲和拉丁美洲（特别是巴西）的一些发展中国家对钾肥的消费也将会以较高的速度增长。

四、钾盐矿床地质

钾盐是蒸发岩矿床的一种，它常与石膏-硬石膏和厚层的岩盐相伴生。世界上许多有重要经济意义的钾盐矿床通常被认为是在极度干燥的条件下由海水蒸发浓缩沉积而成的。陆相盐类沉积区虽然也可以形成钾盐，但其规模和经济价值都比较小。钾盐形成受大地构造的控制，并有其特定的持续干燥气候和古地理环境。钾盐在自然界远不如石盐分布广泛，这说明钾盐的形成条件比石盐沉积要复杂得多。

（一）盐类的物质来源

为了搞清楚钾盐沉积条件和特点，需要了解一下海水的组分、海水蒸发浓缩以及析盐的顺序和规律。

自从地球大气圈富集氧以后，很快就形成了海水现在的组分，直到现代海水组分仍没有什么变化。这一假设的重要依据是陆地动物的血液中的K/Na比值实际是相同的。现代大洋水的平均含盐量为35‰，水质属硫酸镁亚型。海水的平均化学组分如表I—2所示。海水的平均含钾量为 380×10^{-6} （占含盐量的1.1%）。

海水在受蒸发浓缩的早期阶段沉积的是碳酸钙。当海水浓度达到15—17%（ $d=1.1$ ），是正常海水的3.5倍时，出现硫酸钙（石膏）沉积。浓缩10倍，浓度为26%（ $d=1.2$ ）时，也就是原海水蒸发掉91.7%时，开始结晶石盐。石盐大量析出后，海水总盐量达31—32%（ $d=1.28$ ）时，析出泻利盐（ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ）；进一步浓缩出现六水泻盐（ $MgSO_4 \cdot 6H_2O$ ）。海水继续蒸发到正常浓度的100倍，浓度为33—34%（ $d=1.31$ ）时，钾石盐结晶析出，浓度为35%时析出光卤石。最后在共结点析出水氯镁石（ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ）。正常海水蒸发时盐类的析出顺序见表I—3。

① 包括现俄罗斯、乌克兰和白俄罗斯。

表 I—2 现代海水平均化学成分

离 子	含 量		
	g/100g 海 水	克当量①/100g海水	占离子总量的百分重量
Na ⁺	10.722	0.4662	30.608
K ⁺	0.382	0.098	1.090
Ca ²⁺	0.417	0.0209	1.190
Mg ²⁺	1.297	0.1067	3.703
Sr ²⁺	1×10^{-3}		
Li ⁺	1×10^{-4}	1×10^{-6}	2.9×10^{-5}
Rb ⁺	2×10^{-4}	2.3×10^{-6}	8.7×10^{-5}
Cl ⁻	19.337	0.5453	55.201
SO ₄ ²⁻	2.705	0.563	7.772
CO ₃ ²⁻	0.007	0.0002	0.020
HCO ₃ ⁻	0.097	0.0016	0.277
Br ⁻	0.066	0.0008	0.188
I ⁻	5×10^{-5}	3.9×10^{-7}	1.1×10^{-6}
B ³⁺	0.0036	6.6×10^{-4}	1.03×10^{-4}

① 表示物质的量，是非法定单位，1克当量 = 1mol × 离子价数。

表 I—3 不同浓缩程度海水的成分和盐类析出顺序

浓缩阶段	1000 g 水中含盐类的克数								相应的固相
	CaCO ₃	CaSO ₄	MgSO ₄	MgCl	NaCl	KCl	NaBr	总盐量	
石膏开始沉淀	0.134	1.276	2.305	3.385	27.667	0.763	0.09	35.62	石膏
石盐开始沉淀	0.34	4.90	9.50	14.90	99.10	2.40	0.26	131.4	石膏 + 石盐
泻利盐开始沉淀	0.52	0.46	21.0	33.40	214.1	5.20	0.59	275.27	石膏 + 石盐 + 泻利盐
钾石盐开始沉淀	2.24	痕迹	9.2	158.2	50.5	22.9	2.72	325.76	石膏 + 石盐 + 泻利盐
光卤石开始沉淀	未测	痕迹	75.5	169.1	33.8	49.2	未测	327.6	石盐 + 泻利盐 + 钾石盐
共结点	3.01	痕迹	64.4	218.4	24.2	31.6	3.9	345.5	石盐 + 泻利盐 + 光卤石
	4.57	痕迹	39.9	308.6	10.5	1.9	5.99	371.46	石盐 + 泻利盐 + 光卤石 + 水氯镁石

海水中有大量的盐类物质，它为钾盐和其他盐类矿产的形成提供了主要的物质来源。所以，世界上大型的钾盐矿床几乎都与海相沉积有关。

自然界非海相蒸发岩分布也很广，它们形成于诸如海岸“萨布哈”和内陆卤水湖泊环境，在这些环境中可形成相当规模的盐类沉积。在条件适宜时也可沉积钾盐，但远不如海相矿床规模大。例如，埃塞俄比亚的阿萨尔湖 (Assale Lake)、美国加利福尼亚的西尔斯湖和中国的察尔汗盐湖，都属于非海相钾盐矿。岩石的风化作用、地表径流、早期的层状蒸发岩为它们提供了物质来源。在强烈火山活动地区，沿深断裂流出的地壳深部氯化钙水（有或没有热液参与），对盐盆地的盐类形成有很大的作用。死海的例子引起不少科学工作者对地壳深部含盐溶液的注意。在死海约143km³的水中，至少有21亿t KCl，而死海与大洋隔绝已有12000 a 的历史，水体中的钾、溴和其他盐类的平衡表明，盐类的来源与约旦河水及深部水有密切关系。

（二）钾盐形成的古气候、古地理条件

盐类形成的基本条件是干旱气候和封闭或半封闭的沉积盆地。对于钾盐形成，需要水

体充分蒸发，要求气候持续干燥。钾盐形成的盆地也不同于石盐盆地。钾盐盆地的面积比石盐盆地小得多，常处于石盐盆地的中心或一侧。

1. 古气候条件 干旱和极干旱的气候，指的是蒸发量大于降水量和地表径流量的总和。干旱气候带主要受地球纬度的控制。现代的蒸发岩沉积主要分布在赤道两侧南北纬 15° — 35° 线之间的干燥气候带。不同地质时代地球表面气候带是有变化的，这与古纬度的变化和赤道的移动有关。用古地磁方法研究古纬度的结果表明，不少蒸发岩盆地是在当时的赤道附近。然而盐类沉积（包括钾盐）的分布也有例外情况，因为影响古气候的因素很多，如地形高度、风向、气温、洋流和与海洋的距离等因素，都能影响干旱气候带出现潮湿环境，也可使潮湿气候带出现局部干旱。这就使蒸发岩的分布复杂化。

2. 古地理条件 1877年奥克申尼乌斯提出的“沙洲说”在盐类矿床成因理论中一直占统治地位。一百多年来，人们对这一理论提出过许多修正和补充意见。“泻湖”这一概念已远不能概括蒸发岩形成的古地理环境。根据盐矿床的实际地质资料，H. M. 斯特拉霍夫把成盐盆地分为五大类：（1）内陆盐湖；（2）泻湖（没有构造影响的）；（3）封闭的大海湾（有构造影响的）；（4）浅海边缘；（5）内陆盐海。以后，萨布哈成盐环境和受断裂控制成盐盆地等理论的提出，把成盐古地理环境研究引向了深入。

不同时代的蒸发岩盆地的古地理环境是不同的。通常，古生代蒸发岩盆地出现在陆棚海域，而中生代蒸发岩盆地大多数在大陆边缘分布，并且在成因上与大陆断裂—分离有关。内陆盐湖、大型湖泊附近的“泻湖”和盐沼区也可以构成蒸发岩盆地，而其成因环境显然是陆相的。

钾盐盆地是蒸发岩的最终盆地，由石盐盆地继承而来。蒸发岩盆地的发展演化，卤水的迁移富集，决定了高可溶性钾镁盐的形成。不是所有的盐盆地中都有钾盐，只有在那些钾物质来源丰富，古构造、古地理条件适宜，古气候持续干燥的盐盆地中才能有钾盐沉积，除此之外，钾盐沉积后，还需有一个由多方面因素决定的良好的保存条件。正因为如此，决定了自然界钾盐的分布远比石盐要少。

（三）钾盐形成的构造条件

过去曾强调地壳的相对稳定地区，如地台内部拗陷和边缘拗陷有利于钾盐形成。然而，人们也早已注意到一些地堑式盆地，如上莱茵地堑和普里皮亚特盆地钾盐的分布，与断裂构造有关。

随着板块理论的兴起，人们开始注意从全球构造的观点来研究盐盆地的分布，发现岩石圈板块边界的张裂区，往往是聚盐的有利地区。世界上已知的大型盐盆地主要是构造盆地。一些控制盆地系的大断裂长达数千公里深达上地幔，而次级断裂又把盆地系分隔成若干盆地和次盆地。沿深大断裂流出的原生热卤水，可沉积很厚的盐类。大多数地质学家把东非裂谷带看作是正在形成的张裂带，这个带里出现强裂的火山作用，沿断裂流出热卤水，并广泛发育有地球上最年青的厚大的盐类堆积。例如，充满浓盐水的死海地堑，其盐水的成因可能有深成卤水的补给。在死海地区，钻孔揭穿了400m的新世—更新世的盐层。据重力测量的资料，在这里盐层总厚达8—10km。在近长轴状的红海盆地里，已查明有热水，而在红海的底下，据地震勘探资料，埋藏有厚达7.5km的盐层。达纳基尔盐谷有许多正在析盐的温泉。这个地区位于红海、亚丁湾和东非诸断裂的交会带。这里的盐出露地表。深达750m的钻孔尚未打穿盐层。