

国外钾盐矿床普查资料

(专 辑)

地质科学院情报所编译

1972.7

国外钾盐矿床普查资料

(专 辑)



地质科学院情报所编译

1972.7

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“以农业为基础”和“洋为中用”的教导，为配合国内钾盐矿床的普查勘探工作，我们选编了本专辑，供有关方面的同志参考。

本专辑汇集了十二篇文章，主要包括：（1）钾盐矿床的普查找矿方法，特别是比较系统地介绍了国外广为应用的水化学找矿法和钻孔放射性测井法；（2）近年来国外某些地区钾盐矿床普查勘探的情况与新发现的矿床；（3）有关钾盐矿床的形成规律。

由于我们路线斗争觉悟不高，水平有限，加上资料收集不够完善，因此在选题和译稿内容上难免有错误，望同志们多予批评指正。

地质科学院情报所 1972.7

目 录

前言

钾盐的普查方法.....	1
普查钾盐矿床的地球化学方法.....	15
盐类矿床的测井评价.....	49
加拿大萨斯喀彻温“大草原”蒸发岩组的测井.....	56
利用放射性测井区分氯化物型钾盐.....	62
美国北达科他州钾盐的评价.....	65
海相石盐及伴生钾盐矿床的分布和地质环境.....	69
非洲的钾盐矿床和矿点.....	83
苏联中亚的钾盐.....	92
伊朗钾盐矿床的初步研究.....	100
苏联埃尔顿湖钾盐矿床的发现.....	111
盐盆地中钾盐的富集.....	114

钾盐的普查方法

钾矿床的形成条件

钾盐矿床呈现出现在我们所看到的这个样子，在其沉积以后，它的物质成分和产状已经历了很长的演变过程，所有这些过程可以分为一系列成因阶段：1）沉积阶段；2）成岩阶段；3）后成阶段；4）表成阶段，这些阶段也是其它沉积岩所特有的。

一、沉积阶段

含盐层系的钾盐岩基本上是与含钾盆地的沉积物同时生成的，这种盆地在浓缩的石盐盆地的部分面积上存在的时间很短。含钾盆地分布在石盐盆地底部的凹陷部位内，这些凹陷基本上是由于与沉积同时的运动而产生的。底部的微地形条件和被聚集的含钾卤水量决定了它本身的规模、形状和含钾盆地沉积作用的特点，及其在石盐盆地分布范围内（也就是在该沉积旋迴中的石盐分布范围内）的位置。应该注意到，含钾岩石远非在所有含盐层系中都可见到，目前在88个已知含盐层系中只在21个岩系中发现了钾盐层。

含钾沉积并不是石盐盆地的岩相，即并不是与石盐某一部分同时形成的，而是在其下伏石盐分布的部分面积上的一种独立形成物，只是在成因上与石盐有关系而已。除泻湖盆地外，在各种成因类型的盐盆中都会产生。

现在公认的说法是，含钾盆地产生在盐类堆积地区，只要在该地区内补给它的水平衡中起主要作用的是大洋水（常经过中间海）。大陆水一般不含钾或含钾不多，因此陆相盐类堆积区在普查钾盐时被认为是没有远景的。例外的可能是这样一些盆地，这些盆地是依靠冲刷了富钾岩浆岩的风化壳或含钾盐岩的大陆水补给的。

为了更确切地说明这个问题，死海的例子有很大意义。死海在它存在的1.2万年的时间里，与大洋没有联系，但是在它143立方公里水中至少有21亿吨KCl，也就是说它是一个有很大工业意义的业已大力开发的矿床。死海水平衡的研究表明，死海中的钾和溴与其水平衡中，沿深断裂系排泄的氯化钙水起很大作用有关。这种情况在分析陆相盐盆地的盐类平衡时必须给以注意。

看来，在柴达木盆地的现代光卤石湖的盐类平衡中，钾也像硼一样，是热液搬运来的。因而在强烈火山活动的地区，钾盐岩也可在陆相盐类堆积的环境中形成。

可见，现在把所有陆相盐类堆积地区都看成是没有远景的观点是错误的。对每一地区都应该仔细研究可能的盐类平衡，要考虑到来自相对稳定带的深部水是否可能排泄，是否有热液参与，在盆地中是否有富含钾的岩石补给，以及是否有对其化学风化有利的气候环境存在（由于垂直分带而造成的温暖潮湿的气候）。

在含盐层系沉积期间，盐类堆积地区盆地的水平衡各个分量作为独立的变数而在周期性变化。例如，从大陆来的水流的变化无常与气候的周期性变化（尤其是短周期变化）有关，从海洋进到整个盐类堆积地区的水量，特别是进到含钾盆地中的水量基本上是由地表

运动的韵律特点或海平面升降变化所决定的，而这些原因是与气候的变化无关的。

看来，深部卤水和火山活动产物的参加，在盐类堆积时期内并不是经常的。

由于水平平衡每个分量的旋迴变化周期的长短不同，所以含盐盆地中盐类的浓度和成分的变化就是一个复杂积分效应，经受着周期性变化，这在含盐层系剖面上表现很清楚。不同地区含盐层系的旋迴表总是反映出某个盆地所特有的沉积过程的特点。根据首批钻孔所编制的旋迴表可用来衔接新打的钻孔剖面。

在整个盐类堆积地区的水平平衡都是负积分的那段时间内，盐类堆积地区的各个盆地内的盐类浓度普遍升高。盆地变浅时，它就要分成很多小的水盆地，其中有一部分是含钾的。含钾盆地总是底部标高和卤水边线最低的最终径流盆地。

含钾盆地在沉积作用期间不是隔绝的，来自邻近盆地和大陆的卤水周期地注入其中。正如分析含钾层的剖面所表明的那样，从含盐盆地出来的是些接近于饱和 NaCl 的卤水。由于这种卤水的注入，在地层剖面上便出现了多年形成的石盐夹层，这些石盐是由于钾矿物停止沉积而形成的。由于大陆水的注入，就形成了由盐析矿物（碳酸盐、石膏）和陆源物质组成的夹层。

含钾盆地的补给状况也决定了含钾层剖面的特点，通常含钾层是钾盐岩、石盐和《粘土》夹层的互层。

钾盐层是在具有与亚稳平衡相适应的季节性共生组合的多热力环境中卤水浓缩时生成的，钾矿物主要含在卤水冷却时形成的夹层中。钾的沉积共生组合由卤水成分所决定。在少数情况下，这一成分是与海水成分一致的。通常，卤水受过变质作用，而这种广泛出现的变质作用往往与深入陆地的盐类堆积地区的古地理特征有关。潮湿带的水对盆地的盐类成分有影响，这种水所携带的盐类的钙离子和粘土交换络合物的钙使海水还在浓缩的开始阶段就发生脱硫酸盐化。在变质了的卤水浓缩时，就形成了现在已知的钾盐矿床中分布最广泛的钾石盐岩和光卤石岩。

从未变质的卤水中产生了较复杂的和种类繁多的共生组合，在成岩作用以后就从其中形成了硬盐、钾盐镁矾、钾盐镁矾—无水钾镁矾、光卤石和其它钾盐岩。

常常由于钠质硫酸盐水的加入和从毗邻的干燥带地区由风搬运来的无水芒硝细纤毛而完成的逆变质作用，当以海水为主时，在盐类堆积地区没有多大意义。

盐类沉积时期的古地理的特点促进了正变质作用的广泛出现。

由于补给条件的变化，使整个盐类沉积地区的各个阶段不再逐渐浓缩了。而是逐渐稀释，这就开始盐类沉积新的区域性旋迴。

稀释时间总比浓缩时间短的多，当大量海水强烈地淹没盆地时，高浓度卤水的浓缩过程就会中断。

每个旋迴远非都以形成含钾盆地而结束。但在例外的情况下，这个过程却能进行到出现共结卤水为止，从而产生了水氯镁石的沉积。在这种情况下，盐类沉积旋迴算是完整的。通常那些以钾盐沉积而告终的旋迴也被认为是完整的旋迴。在含盐盆地的发展到石盐阶段上就中断的情况下，盐类沉积旋迴被认为是不完整的。

现在已知的大部分含盐层系是多旋迴的，不完整的旋迴占多数。

现在我们有可能根据石盐中溴的分布情况来划分盐类沉积旋迴。众所周知 溴在卤水浓缩时不能形成独立的矿物，而含在盐类成分中，类质同相地交代氯。液相溴的含量决定

了沉积物中固相氯化物中溴的含量。同时，在同一温度下每种氯化物的分配系数* 是不同的。在温度下降时，分配系数也随之降低。NaCl的系数一般取0.093，KCl—0.63和光卤石—0.52。

卤水中盐类浓度增高时，溴含量也增加，石盐结晶作用开始时，卤水中的溴含量为0.047%，钾盐沉积开始时为0.23%，光卤石沉积开始时为0.31%，而在共结阶段为0.52%。因此在从浓度较大的卤水中沉积下来的氯化物中溴的含量也增高。例如在钾盐沉积开始前形成的石盐中，溴含量介于0.005—0.025% ($\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$ 由0.11至0.35) 之间，而在钾盐沉积时形成的石盐中，其含量为0.35—0.6%以上 ($\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$ 在光卤石沉积时形成的石盐中其含量相应为0.6—0.7)。应该注意到，这些数据是适用于具有现代溴含量的大洋水的。对我们来说，在根据含盐层系中的溴来追索卤水浓度增加时，利用石盐是最方便的了，因为石盐可从不同浓度的卤水中析离出来，而且它在钾盐，甚至光卤石析离出来时还在继续沉积。因而，根据石盐中溴的含量，即使在剖面中缺失钾矿物时也能判断出盆地卤水的浓度。

根据钻孔剖面所附的溴含量或溴氯系数，我们能指出含盐层系剖面中盐类沉积的旋迴，尤其重要的，能判分出完整的成盐作用旋迴（其石盐中溴含量在0.025%以上）。

如上所述，每个含钾盆地都受进到其中的不同成因的水的影响。如果进到含盐盆地的水是大洋水，而且它在中间盆地中被浓缩，其盐类浓度又比含盐盆地中的要低得多，那么卤水中的溴含量就会降低。在这种情况下，溴氯比值对大洋来说是有代表性的。如果进到含盐盆地的水是大陆水，而且它在流动过程中又溶解了盆地边缘部分的石盐，那么卤水中的溴含量将比前一种情况低些。从这种卤水沉积出来的氯化物，其中的溴含量将比在同样盐类浓度下从被浓缩了的海水中沉淀出来的氯化物中的低些。当进到盐盆地中的水是淡水时，如果它在流动过程中未溶解氯化物，那么盆地卤水中的溴氯比值不变。而在这种水蒸发以后，石盐中的溴含量将继续增加。

将许多钻孔的溴分布曲线加以对比，就能编制出剖面，并能确定出过去的含盐盆地中的水—盐类平衡。

往往有人试图不利用溴含量数据而根据岩石的岩石学成分来划分沉积旋迴。在由相互交替的泥灰岩和石盐组成的含盐层系中，通常把泥灰岩层和覆盖它的石盐层划分成一个旋迴。在这样划分的稀释旋迴中，甚至在剖面中假定没有含钾盐岩石时，也不可能划分出完整的旋迴。

每个完整的盐类沉积作用旋迴，可以一层钾盐岩结束（斯塔罗宾矿床）；也可以形成一个完整带的一系列钾盐层结束（上卡姆矿床）；还可以不同规模的透镜体结束（斯捷布尼克和卡卢什矿床）。钾盐岩的发育面积总是小于同一沉积旋迴的石盐发育面积，而且是位于石盐分布范围内。当钾盐岩呈多层分布时，其分布面积在向较高的层位过渡时一般是逐渐缩小的。有时较低层位中的矿层向较高的层位上变为透镜体（土库曼东南部的高尔达克矿床）。

钾盐岩的分布面积与盐盆地底部最深地段有关。看来，在许多情况下盆地地形是与沉

* 即某种固相氯化物中溴含量的重量百分数对溶液中溴含量的重量百分数之比。

积运动同时形成的，在石盐盆地底部最低地段逐渐集聚着较重的饱和钾盐的卤水。在盐盆地是《平底》的情况下，含钾卤水就不能在底部堆积，而是充填在沉积物的孔隙中，形成了晶间卤水。在某些情况下，这些较重的卤水（其体积相当于石盐层体积的20—30%），逐渐下沉，排走较轻的卤水，堆积在盐层之间或盐层之下。卤水通过碳酸盐层时，发生变质，变成氯化钙水。通常，这种卤水含溴较高。一般来说在盐岩中原生卤水很少见到，即使见到也是少量的。这些卤水在含盐层系成岩以后期间的性状研究不够。

基于原生卤水上述的形成条件，所以即使发现了这种卤水，哪怕它含钾很高，也不能把它看成是普查钾矿床的有利标志，因为在这种情况下，卤水并未被埋藏在钾盐沉积物中。相反，如有原生氯化镁卤水（或者它们变质的产物）出现，而且它含溴高，含钾低，却是可靠的肯定的普查标志。

在发现与含盐层系有关的卤水时，必须在材料分析的基础上确定：我们所遇到的卤水是原生的，还是钾盐岩溶解后才形成的？

二、成岩作用阶段

盐盆底部的层状沉积被晶间卤水浸透，但这种卤水的成分与平衡的固相的沉积矿物并不相同，因此在沉积物中会逐渐产生新的固相。在这种环境中，沉积形成阶段的亚稳平衡被破坏了，而代之以稳定平衡，形成了新的固相。在沉积物转变为岩石的过程中它所发生的变化综合，称为成岩作用。

在成岩环境中，结晶水化物（石膏、泻利盐、芒硝等）脱水，石膏形成杂卤石，无水钾镁矾四面体的结晶，形成钾盐镁矾和大多数硼酸盐。在这种环境下，具有全面体晶形的石盐的骸晶增大了，在年轮的基础上重新形成柱状石盐、粗粒光卤石（特别在含盐泥岩的泥中），发生了钾石盐的光卤石化，等等。

所有这些过程完成得相当快（在几年时间内），因此盐类沉积的成岩作用实质上是早期成岩作用。它要比盐层间岩石中的成岩作用完成得快。

考虑到底部卤水几乎覆盖了沉积物堆积的全部面积这一情况，因此成岩作用具有区域性特征。仅在底部个别面积有限地区内，盐层下伏卤水排出的地方能产生一些圆形点，这些点所含的晶间卤水，不但成分不同，而且盐类浓度也比较低。在这些地段内，光卤石岩变成钾石盐岩，等等。几乎经常在部分面积内，由于盐层下伏水的作用而使钾矿物完全淋滤，这种局部变化常出现在含盐层系形成的比较后期的阶段。

三、后成阶段

成岩作用以后，盐岩只有在与地表水和盐层下伏水完全隔绝的条件下才能保存下来。它们与地表水隔绝发生在强烈沉降的地区；盐层下伏水只有含盐层系岩石中存在裂隙时才能渗透，看来，这种裂隙存在时间很短，并且是在盐层下伏岩石中有断裂破坏时才能产生。所有与盐系地层内卤水的迁移或者与岩石中发生的盐岩的流动现象有关的盐岩矿物成分，及其结构构造的变化，也就是成岩作用以后，到地表水作用前（即到表生作用开始前）的变化，是含盐系形成的第三个阶段，即后成阶段。

对盐岩来说，后成作用是时间最长的一个形成阶段。对钾矿床形成条件的详细研究十分明确地表明，卤水参加了后成阶段。盐层下伏水在它流向含钾层时溶解了含盐层系下部

层位的石盐，并成为饱和NaCl和石膏的卤水向钾矿层靠近。这种卤水与德国镁灰岩统的钾盐岩作用的结果在许多矿山中都描述过。这里在钾矿物淋滤带外，可以见到硬盐富集钾盐镁矾和无水钾镁矾的现象，所有这些现象变化具有极狭窄的局部性质。有人认为，德国镁灰岩统的钾矿层中，浸透了硫酸盐卤水，而后者是分布在四个盐类沉积旋迴中的每个旋迴剖面底部的石膏层脱水时产生的。这种卤水占据了很大一部分胶结尚不紧密的钾盐岩分布地区。因此，由这种卤水引起的从光卤石中形成硬盐的现象带有区域性特点。这种意见在德意志民主共和国还是在其它国家，许多研究人员都不同意。钾盐岩的共生组合，当浸透硫酸盐卤水时变化最为明显。在这种情况下，经常出现杂卤石，偶尔出现钾盐镁矾、无水钾镁矾等。

在维拉地区(德意志民主共和国)始新统盐系地层中夹有玄武岩。伴随玄武岩出现的热液作用于钾盐岩，这时就带入了大量碳酸气，这在从事山地工程时可发现于巨大的溶洞中。

在那些见不到卤水浸透的盐系地层中，后成作用的出现与产状的变化有关，也取决于盐类流动的情况。在这种情况下，广泛出现盐类再结晶作用，并形成流动构造。

四、表成作用

盐岩在接近古地表时，就进入了地表水的活动循环带，即进入淡水或弱矿化水的作用范围内，在这些水的影响下，盐岩逐渐溶解，结果不溶残余物堆积下来，形成所谓盐帽(盐丘帽)。这些变化的综合就是表生形成阶段。

依据盐岩不溶残余物的成分不同，可分别产生石膏盐帽、石膏粘土盐帽和粘土盐帽。盐帽和盐岩之间的面称为盐镜。厚度不固定的盐帽的岩石分布在盐岩的隆起部之上：盐背斜，短背斜的顶部，盐株之上和沿着单斜盐层的露头(盐边)。

在许多情况下，盐帽不是现代的，而是古水化学的产物(镁灰岩盐系的盐帽，斯塔罗宾盐系地层的盐帽)。这些古盐帽通常不含卤水。

在许多地区，盐帽的形成没有完结，即使是现在，盐面仍在发生强烈喀斯特化(在前喀尔巴阡，在近里海盆地的许多穹隆上，等)。正是在这些地区卤水的化学成分对普查钾盐岩具有很大意义。如果钾盐岩接近盐镜，卤水就会含钾。溶解卤水与原生卤水的不同点在于前者溴含量较低。钾盐岩通常是盐镜以下发生变化。整个被变化的钾盐岩也称为钾层帽。钾石盐帽形成于光卤石之上，邻近盐镜的次生钾石盐被石盐所置换。斯塔斯富特层的硫镁矾-光卤石岩变为钾盐镁矾，而钾盐镁矾靠近盐镜的地方又被软钾镁矾，泻利盐和石盐所代替。在前喀尔巴阡的钾盐镁矾-无水钾镁矾岩的表生带中，无水钾镁矾变为钾盐镁矾，然后又变成软钾镁矾，而在靠近盐镜的地方则出现泻利盐、钠钾芒硝、芒硝、白钠镁矾等。

应该注意到，在许多情况下，盐岩分布界线的某些地段不是沉积的，而是淋滤作用地段，有时盐岩的厚度逐渐减少(斯塔罗宾矿床盐层的南界，第聂伯-顿涅茨盆地泥盆纪含盐层系的范围和下二叠统部分范围)。这种情况在布置普查工作时必须予以考虑。

含盐层系的产状及其内部构造

含盐层系沉积以后变动的条件决定了其产状和内部构造的特点。

如果下降幅度不大而均匀(1.5—2公里),则盐类产状可保存层状,向盆地中心的倾角不大,这种条件下的盐岩常保存有石盐的季节性夹层的原生沉积构造(普里皮亚特盆地西部,德意志民主共和国南哈次等)。

即使在平缓产出的含盐层系中,也常见到盐类流动的现象,平缓地改变着个别层位的沉积厚度。有关盐类沉积以后的移动,可以根据剖面中出现有流动构造的盐层来判断(德意志民主共和国的维拉地区,上卡姆矿床的下部石盐)。

在伴有石盐较强烈移动的巨大沉降时,在含盐层系分布的部分面积内产生了短盐背斜(上卡姆矿床)。在盐层下伏岩石中存在断层时,在断层之上的盐系地层中形成盐背斜(德意志民主共和国马格德堡-戈耳别尔施塔德盆地的斯塔斯富特等背斜,前喀尔巴阡的斯捷布尼克地区的英德雷奇-乌利奇良斯克背斜等)。在背斜顶部盐岩厚度照例剧烈增加。在背斜顶部见到覆盖岩石破坏的地区内,盐岩常侵入破碎带,使盐体形态复杂化(德意志民主共和国阿谢型褶皱)。

最复杂的产状见于所谓盐丘地区,具体说见于强烈变形的盐岩以一系列盐株侵入其上覆沉积岩层的地方,盐株的规模、形状、分布的密度在不同地区是极不相同的。每一个盐丘区都可见到某些独有的特点。

很可能,在含盐层系沉降深度10—12公里时,整个盐岩被挤上来。因而,上述数字仿佛是盐岩产出的深度界限。

当含盐层系的岩石分布在具有不同沉降条件的广大地区,不同地段上盐岩产出的特点是不同的。

例如,在普里皮亚特盆地西部所有盐系地层都平缓地向盆地中心倾斜。而在这一盆地的东部,石盐则集中在平缓背斜和盐株系中。在德国镁灰岩统发育地区内的南哈次见到缓倾斜的石盐层(达1800米深)。而在哈次和弗列依赫廷格尔地垒之间的盆地(马格德堡-戈耳别尔施塔德)的北部发现有平行的背斜系,再向北部和西部,在镁灰岩统大沉降时(超过3公里),就产生了盐丘(汉诺威地区等)。

盐岩的产状,只要利用配合有物探研究的钻探资料就能相当确切地查明。内部构造的研究是个相当复杂的任务,有关内部构造的详细情况只能根据地下勘探和山地工程编录获得。根据矿山地质人员的经验可以认为,盐岩的内部构造经常比含盐层系的产状复杂得多,当盐岩产状很复杂时,内部构造就更复杂。

普里皮亚特盆地西北部含盐层系的岩层产状平缓时(倾角 $1-3^{\circ}$),钾矿层没有流动的痕迹而整合地产出,类似的情况也见于南哈次。仅在下伏的斯塔斯富特层岩石的断裂带(断距不大时)之上形成平卧褶皱(弗耳基罗德矿山)。

当产状较复杂时,在这些地方盐岩便成为短背斜,如在上卡姆矿床就是这样,红色钾石盐呈某种软化状态重复着盐系地层表面的形状。在光卤石的下部带中见到过较为复杂的产状。在AB层位(钾石盐)中就已见到细小的不对称的短背斜褶皱,其规模在短盐背斜不同部位有所不同。B层没有层状形态,这层的光卤石岩充填在不谐和的BB和BГ石盐短背斜之间。沿着短盐背斜最陡峭的西翼,在顶部的个别地带中发现所谓破碎带,在破碎带内,石盐上覆地层和下伏地层被破碎成单个的断块,分布在两个邻近层位(B和Д)的光卤石岩中。

现已查明,破碎带特别富含间隙气体聚集物。

在斯塔斯富特地区（在马格德堡-戈耳别尔施塔德向斜中）的背斜褶皱中，光卤石岩保存层状形态，其厚度在顶部增大。在光卤石内部的石盐标志层形成复杂的流动褶皱系，并被破碎成单个的断块。格腊夫·莫耳特卡矿山的褶皱中，斯塔斯富特钾矿层厚度不稳定：在顶部增大，而在翼部急剧减少。所有含盐粘土层被破碎成单个的断块而堆积在向斜中。正如德国地质工作者着重指出那样，甚至在内部构造剧烈复杂化时，褶皱的某些部位中的塑性较低的岩石层位也会在剖面中缺失，但却没有一个岩组会丧失其地层位置。

在背斜顶部，内部构造因强烈流动褶皱的形成而复杂化。在巨大背斜褶皱顶部的斯捷布尼克矿山的井田可以作为例子。这里对分布在下部界面（与扎哥尔斯克层的岩石）附近的透镜体见到较为平缓的产状。离界面较远的地方，在上沃罗特舍斯克层剖面的中部的含盐泥岩的角砾岩（含盐粘土质大块）中的钾盐岩透镜体则形成流动褶皱系。

最复杂的内部构造见于盐株内。应该指出，盐株内的钾矿床现在没有开采，关于它们的内部构造，矿山地质人员没有提供确切的资料，只有比较少量的有关盐株内部构造的资料，这些资料是由编录盐矿山坑道所获得的（美国索耳-伊列次克的索洛特文等）。

有关含钾盐岩性状的某些概念，可以从德国地质人员对于汉诺威或阿勒尔塔耳地垒（马利亚·布尔巴赫矿山）地区的编录中得到。

普 查 工 作

一、钾盐矿床的分类

不同盐层系中的钾盐岩的分布面积是不同的。根据分布面积可分为层状钾盐岩和透镜状钾盐岩。

分布面积小于20平方公里的矿层就可以算作透镜状的。

按产状，并考虑到内部构造特点，可分为下列类型：

1) 具有弱内部构造，在周围的石盐层水平产出或者平缓倾斜时，钾盐岩的流动现象不多的（如索利哥尔斯克矿床）；

2) 具有明显表现的钾盐岩流动构造，主要在短盐背斜（如上卡姆）或者盐背斜（斯塔斯富特，斯捷布尼克）顶部中有所增强的；

3) 具有复杂内部构造，在侵入盐体（在所有盐丘构造中）中部出现强烈的流动构造的。

按钾盐岩和矿石的矿物成分，根据对钾矿物的比例可分为单矿物（钾石盐岩、光卤石岩、钾盐镁矾岩、无水钾镁矾岩、杂卤石岩等等）和多矿物的（钾盐镁矾—无水钾镁矾岩、杂卤石—钾石盐岩、光卤石—钾石盐岩、等等）。

按钾盐岩的化学成分，有氯化物型（钾石盐岩、光卤石岩）、硫酸盐型（杂卤石岩、无水钾镁矾岩等等）、混合型（钾盐镁矾岩、硬盐岩、钾石盐—杂卤石岩、钾石盐—无水钾镁矾岩）。

按在剖面中的位置，有在一个地层层位上的钾盐岩；在几个地层层位上的钾盐岩；钾盐岩带形成的钾盐层附近分布的钾盐岩（上卡姆和西班牙的埃布罗盆地的矿床）。

如果注意到所有含钾盆地是一个整体的话，那么能划出：1) 构造特点相同的（上卡

姆矿床等)；2) 构造特点不同的(普里皮亚特盆地，德国的镁灰岩统)，即在不同部位具有不同的构造现象的。

二、找矿标志

在叙述普查工作方法之前，必须简略地列举找矿标志，因为这些标志基本上也是普查时应该考虑的。

首先必须指出，现在工业上利用的钾盐岩，在成因上和空间上与所有时代的含盐层系有关。与含盐层系有关的钾盐岩都是在地台拗陷和山前拗陷中干燥带的盐盆地中形成的。

全部已知的含有钾盐岩的含盐层系都是在与海洋沟通的盆地中形成的。在仅仅靠大陆水补给的盆地中，通常不会形成钾盐含量高的沉积。例外情况可能只是这样一些盆地，在这种盆地的水—盐类平衡中，起主要作用的是沿着深断裂排泄的深层卤水。

从这一论点中可以引出第一个找矿标志：与海洋沟通的地台拗陷或山前拗陷盆地中形成的含盐层系，对布置普查工作是有意義的。

钾盐岩远非存在于一切含盐层系中，甚至是海水补给的含盐层系中，而只是存在于其沉积时完成了盐类沉积完整旋迴的含盐层系中。因而，第二个找矿标志是，在含盐层系剖面中存在有完整的盐类沉积旋迴的岩组。

在盐岩剖面中查明有完整的旋迴时，就要求发现含钾盆地沉积时存在过的面积，换句话说，就要找钾盐岩并查明它们分布的面积。第三个找矿标志是，含钾盆地分布在盐盆地底部的凹陷内。在某些情况下，这些凹陷是盐盆地底部沉积同时的拗陷所形成的；而在另一些情况下是在岩相范围内的沉积洼地（不是沉积同时的洼地）。

在多旋迴的含盐层系剖面中发生过几个完整的盐类沉积旋迴的情况下，盐系地层中可找到几个钾盐岩层。在这种情况下，每个上覆层位通常都位于下伏层位的范围之内(埃·富耳达规则)。同样，下部的钾层位则发育在其下伏石盐分布的部分范围内。

在盐镜附近存在钾盐岩的条件下，目前强烈的形成盐帽的地区，当有溶解卤水存在时，水化学标志是有用的。

原生卤水的盐类成分，对判断盆地中是否发生过钾盐沉积，或卤水是否保持到钾盐沉积之前是很有价值的。

三、某些一般的注意事项

钾矿床的普查是一项综合性工作，其目的是在含盐层系剖面中发现钾盐岩，并追索已发现的层位以选择对布置勘探有意义的地区。

普查工作结果应该划出初步勘探的面积。从布置勘探是否合理的观点来对普查工作结果进行评价是非常重要的措施，因此最好由一批从事钾原料勘探、开采、工艺和经济方面的专家来完成。

任何一个含盐层系，只要它具备沉积阶段有利的古地理环境，都可作为普查对象，即使在其剖面中以前未发现过钾盐（指不是为普查钾盐的目的而进行的工作）的情况下也不例外。这是一种最困难的情况（如东西伯利亚）。在钻探（在勘探石油天然气时打的构造钻，控制钻，填图钻，普查钻或勘探钻）时，如在岩心中发现钾盐岩，情况就简单多了。应该指出，现在苏联和其它国家已知的许多钾矿床都是《偶然》发现的。在苏联，属于这

类矿床有斯塔罗宾（普里皮亚特盆地），日良斯克（在近里海盆地东部边缘上的阿克纠宾斯克一带）和近里海盆地的许多矿床。

在组织和进行普查工作时，必须注意到对钾盐提出的现行标准。现在简单地谈一下其中若干基本原则。先从最大产出深度问题开始。钾盐岩是用地下工程开采的。只是在栋布罗夫透镜体的卡卢什的一个地方，才用露天法开采的。

德意志民主共和国一些企业的经验表明，光卤石岩可采深度不超过 800 米。其它所有含钾岩石可采深度不超过 1200 米。在产出深度很大时，只能用地下溶解法开采。这种情况可由加拿大一些公司的经验证明，加拿大从 1964 年开始开采深度在 1600 米的萨斯喀彻温钾矿床的钾盐。看来，对于地下溶解法这不是极限深度，在普查工作时暂时可以把 2000 米认为是有实际意义的极限深度。

对地下开采较有远景的是产于不太深处的具稳定内部构造的矿床。盐株状钾矿床现在没有实际意义。要想从地表打钻来充分研究这类矿床是不行的。在初步勘探阶段就要用竖井揭露它，并用地下坑道来研究它，目前正在近里海盆地的一个盐丘上进行坑道勘探的试验。

关于矿石的矿物成分和质量在普查时必须注意到，现在苏联原料平衡表中特别缺乏的是生产硫酸钾的硫酸矿石，这是一种含钾盐镁矾，无水钾镁矾和价值较小的杂卤石等造岩矿物的岩石，其中 K_2O 含量不应低于 8—9%，水中不溶残余物不应高于 10—15%。自然界分布较广的是光卤石岩和钾石盐岩。在把光卤石岩加工成氯化钾时，得到了大量使生产部门发生困难的含氯镁的碱液，因为远不是处处能将它处理掉（地下）。这种矿石只是在下列情况下，即如果所研究的地区经济上适于建立镁厂时才有实际意义。在加工光卤石时，钾保留在电解液中（75—80% K_2O ），这种溶液可用作肥料。

全世界钾工业利用最广的是钾石盐岩。这种岩石中 KCl 含量应该不低于 20—15%，在某些情况下，水中不溶物含量在 25—30% 以下的粘土质钾石盐也可用来进行化学处理（卡卢什）。现在对浮选来说，矿石中的不溶残余物含量不应该高于 10—12%。

所采矿石的质量多由开采技术决定。在普查工作时不是经常能指明剖面中工业矿层的厚度和位置。这个问题，只有根据详细勘探的技术经济依据才能比较确切地解决。

在倾斜平缓时，矿层的最小厚度不应小于 1.5 米，在陡倾时，矿层的最小厚度要更大些，由回采工作系统来决定。

四、普查前的工作

如上所述，钾盐岩远非存在于所有的含盐层系中（即使在海水补给的钾盐岩中），因而为论证普查工作的合理性，应该收集一些资料，以便在这些资料的基础上推测在我们感到有意义的含盐层系中是否有钾盐存在。

只有在获得足以证明有可能在我们感到兴趣的含盐层系中发现钾盐岩的资料以后，才能提出布置普查工作的合理性问题，因而对其中没有发现钾盐岩的含盐层系的工作，是从对我们感兴趣的含盐层系全部已有资料的挑选和分析着手的（利用钻孔资料，地球物理资料等）。

所有关于钾矿层所必需的资料只能在钻探的基础上得到。因此第一项任务就是熟悉在含盐层系产出的区域内进行的钻探工作，特别是取岩心的钻孔。首先应考虑到岩心采取率

和岩心的化学和岩石学研究程度。应该经常弄清岩心是否保存下来了,并仔细地研究岩心。应当特别注意岩心采取率最低的井段。在考虑所利用的钻进工艺的情况下,应该估计岩心缺失或不全的原因。钾矿层经常就是与这种井段有关。必须仔细地考虑井径测量、伽玛测井、中子-伽玛测井和电测井资料。如果在分析已知的资料时都感到有几分可能,那么就可以证明剖面中是可能有钾盐岩存在的。

在不取岩心钻进的情况下,为了判断是否有钾矿层,只能利用井径测量、伽玛测井、中子-伽玛测井和电测井资料。

如果按照早先进行的钻探资料不足以获得可靠的结论,就必须规定先打一个或几个完全取心的钻孔。

为了选择布孔位置,除利用钻探资料外,必须考虑全部已有的地球物理资料,以便圈定含盐层系的分布情况和得到有关盐岩产状的概念。有了这些资料,为了打第一个或第一批钻孔,就能多少找到产状最稳定,盐岩沉积厚度大的地方布孔,也就是能够得到为供研究用的尽可能完全的剖面。

打钻时应该实现最高的岩心采取率。全部取出的岩心应仔细编录,并立即取样。在描述岩心时,不难注意到岩盐中出现的新矿物。在单调的石盐的季节性层序中,能很好地看出具有新的矿物共生组合的夹层。剖面的这一部分应该仔细研究。钾矿物常带颜色,这对我们也有帮助。常见的是有红色,橙黄色和黄色。钾石盐颗粒有时是白色的,无水钾镁矾有时是紫色的。由于杂卤石岩层或夹层常常是细粒的,具块状构造,因此肉眼很难与硬石膏区别。

在钾石盐交代带中,交代钾石盐的淋滤盐类常具有钾石盐颗粒的色调。在这种情况下,会把石盐错误地看成是钾盐岩。类似钾石盐的石盐存在是在附近有钾盐矿层存在的可靠标志。

在野外描述时,必须对所有与石盐有关的岩石中新的矿物共生组合进行油浸研究。在这种情况下,可以就地顺便描述岩心,在得到分析结果以前,就能查明所研究岩石的矿物成分。也要采集一些标本以制备薄片和光片。

必须分出含钾矿物的每个层,并对它们及其间的石盐层或者《含盐粘土》分别取样。如果从工作一开始就能这样取样,就能查明所描述地层的典型的周期性,从而可以用来对各个钻孔的剖面进行时代对比。

沿盐系地层的整个剖面都应该采集标本,以测定溴(详细测定Na、K、Mg、Ca、Cl、 SO_4 、Br、H、O)。根据这些资料编制溴含量(在100%的NaCl中)和溴氯系数曲线,也就是查明剖面中盐类沉积的旋迴。测定石盐中的溴可以在为取样而采集的样品中做,对于有含钾矿物的地层,除在样品中测定外,最好从季节性石盐夹层中分别选取石盐和钾矿物(当然是含氯的钾矿物)。

如果在第一个专门布置的钻孔中未发现钾盐,那么在所得资料的基础上就可查明是否有完整旋迴存在,也就是确定可能发现钾盐岩的地层层位,这些资料足以论证布孔的合理性。

对普查来讲,根据盐系地层上部表面资料划分出一些发生过强烈表成作用的地段是有好处的。在这些地方必须对界面卤水进行取样,这时可以利用盐泉露头,或者在钻探时专门选取。如果在所获得的卤水中发现有钾,那就证明在淋滤带中有钾盐岩存在。

在进行不取岩心钻探的情况下，如在石油和天然气普查勘探发生的情况一样，要想判断盐岩剖面是否完全和是否有钾盐岩存在，只能根据地球物理资料（电测井、伽马测井、井径测量）。遗憾的是，这些资料的研究经常不能得出一致的解答。在这种情况下，如有实际资料，但又缺少有关钾存在的明显资料，必须提出补充钻探的问题。

五、普查工作

普查工作最困难的任务发生在这种情况下，即在所有的钻孔剖面因某种情况没有发现钾盐岩，而与此同时又有某种迹象（水地球化学标志，溴含量等）说明在盐层剖面可能有钾盐岩存在。

换句话说，在这种情况下，提出了在石盐发育面积上发现钾盐岩和以稀疏网度的钻孔圈定其分布面积的任务。这个任务只有依靠钻探才能成功地解决。在上述特殊条件下，水化学标志也可有次要意义，根据这些标志能更确切地定出孔位，但不管在任何情况下，这些资料的依据不能离开钻探。

经过普查工作以后，就能更确切地查明盐岩产状、盐层上覆岩层的水文地质情况、含盐层系的地层情况、钾矿层在剖面中的位置等；能提供所有钾盐岩的岩石描述，计算出定量的矿物成分；查明每个矿层质量变化的规律；划出合乎标准的矿层的面积（根据厚度、质量、埋深）；计算出地质储量和C₂级储量。

在全部已有资料的基础上，再从经济的观点划出对开采最有利的矿段。对这样一些矿段要编制初步勘探设计。

如果在盐岩发育地区内产状有变化，最初的钻孔应该选择产状最稳定的地段。在这些条件下能够较可靠地研究含盐层系的地层，查明标志层（根据岩性标志，孢子花粉，微体动物化石等），发现含钾岩石。

当盐系地层在其整个发育地区内出现强烈变形的情况下，普查任务就变得复杂了，根据钻探资料，在这些地区往往很难甚至有时不可能编制含盐层系剖面（近里海盆地），更不用说划分各个层位了。

在许多地区，很长时间都不能确定侵入盐体的时代（诺尔德维克，戈耳弗等），在第聂伯—顿涅茨盆地，直到现在还在进行关于泥盆纪含盐系（一、二、三）数目的争论。

在复杂构造的地区内，可以意外地发现钾盐岩。评价这类发现的成果是相当困难的。

近里海盆地某些盐株钻探经验表明，即便在钻孔间距达100—200米或更小时，也不可能完全查明对编制详细勘探设计所必要的可采盐系的层位及其内部构造特点，因而在这里，在初步勘探阶段上就必须应用地下坑道。

应该注意到，在开采钾矿床时，为了预防矿山淹没，在盐层的上覆岩石中存在含水层时，尤其在界面存在卤水时，钻孔周围要保留安全矿柱，其大小由深度和孔斜情况来决定。

在最不利的情况下，矿柱直径可达350—300米。矿柱的存在使回采情况复杂化，增加了矿产的损耗。这些情况乃是为了探索钻孔可靠止水的结果，本来在止水之后可以不留矿柱就开采矿床。在普查时，特别在发现钾矿层以后，总是应该进行可靠的清理性止水。

如前所述，在进行普查工作时，有关矿产的基本情况，我们是根据钻孔资料获得的。因此，打钻时应该遵循与盐层开采有关的所有工艺特点。钻探以后应该得到完全合乎要

求的岩心（岩心采取率：石盐不低于95%，除光卤石外的所有钾盐岩不低于85%，而光卤石不低于75%）。在岩心采取率较低的井段内，可能会漏掉钾盐岩（特别是光卤石岩）。可惜，正是在普查钻探时，特别是如果这是由经验少的工人进行钻探时，第一批钻孔的岩心采取率是很难令人满意的，因此对岩心采取率不高的井段，应该仔细研究井径测量曲线和伽玛测井资料。如果确信在岩心采取率低的井段中有钾盐岩存在，那么这个井段应该重新做井径测量或者在旁边再布置一个新孔。

从揭露钾盐的第一批钻孔中，应该仔细地采取岩心，因为任何的间接资料包括物探资料在内，均不能提供有关盐岩矿物成份，其结构构造特征的必然资料，而这些资料是评价盐岩的利用远景所必不可少的。根据放射性测井顶多能得出有关钾含量的概念。

这里应再次着重指出，盐岩，特别是钾盐岩岩心应该立即描述，并就地取样。对分析的样品和制备磨片的标本也不容许长期保存。当岩石组分中存在吸水矿物（光卤石、水氯镁石、镁钙盐等）时，样品和标本必须蜡封，或利用专门的包皮封好。

现在出现了这样一个问题，即如何评价在剖面中发现钾矿物的第一批钻孔的钻探成果。

在少数情况下，在钻探开始时就发现质量和厚度均合乎标准的钾盐岩层。在整个普查历史上，只有索利卡姆斯克一带的第一个钻孔打到70米厚的合乎标准的钾盐岩带。钻探结果往往是不太肯定的。拿坎斯克—塔谢耶夫斯克（克拉斯诺亚尔斯克地区）为例，在该地见到个别层位石盐中包裹有细粒钾石盐和光卤石，还发现个别层位石盐颗粒之间含有钾矿物，最后见到个别季节性钾盐夹层，含有不高的不合标准的钾。最可靠的标志是季节性夹层的存在。含季节性夹层的剖面部分，在钻孔岩心中见其质量和厚度均是不合标准的。这些材料的综合，在普查工作初期不应作为否定的标志来评价。问题是钻孔可能打在其尖灭带或交代带中的盐层。季节性钾矿层夹层，如果它们未遭受表生作用的话，在矿层的边缘部分尖灭的水平投影不是一条线，而是轮廓不规则的，形成一种好象淋滤的带，其中季节性和多年性粘土质夹层的成分往往有所增加。在此种交代带（贫化带）中，有时在交代钾盐矿物的夹层中，正如前面讲过的那样，淋滤的石盐几乎染成和钾矿物同样的颜色。

在评价含有钾盐的井段时，必须注意到，所有钾矿层是由钾盐岩和石盐（有时含钾矿物杂质）层和非盐类岩石夹层（常为泥灰岩）的互层组成的，从中可划出厚度（水平产出和缓倾斜大于1.5米）和质量均合乎标准的钾矿层。

为了划分工业矿层，必须掌握每个钾矿层的及与其交互的岩层的质量。因而必须对每一层分别取样。

在划分工业矿层时，必须征求矿山人员和工艺人员的意见。在这里，有意义的不仅是钾盐岩层本身，而且还有它的顶板。即使在石盐中存在着很薄的粘土矿物夹层，钾盐岩层顶板中的坑道顶板也可能是不稳固的。如果塌落，在某种程度上就会使矿石贫化。工业矿层的厚度也要由回采工作时所利用的机器的可能性来决定。如在索利哥尔斯克的1号钾矿山中，第二矿层厚2.3米，在此地应用ШБМ型康拜因可以采出3米厚的矿层，等等。

含盐层系剖面中钾矿层的位置有很大意义：将钾矿层与上部界面分隔开的岩层是否够厚，尤其有界面的卤水存在时，也就是说它是否够保留顶板矿柱？在剖面中存在几个钾矿层时，必须要使它们的间距不小于容许的《层间层》，以保证在几个矿层上进行山地工作的安全。

在确定矿层的可采厚度时，还必须考虑它的矿物成分。所划出的矿层，其矿物成分必须合乎标准。如果不可能划分出合乎标准的盐层时，就必须让工艺人员进行专门研究，以便找出一些与钾原料的现有标准不同的经济上现实可行的新加工方法。正是这种情况在新斯捷布尼克井田的矿石研究时发生过。这里用山地工程揭露出由无水钾镁矾—钾盐镁矾岩与裂隙网被钾石盐所充填的含盐粘土角砾岩（含盐粘土大石块）互层组成的透镜体。如果把这类岩石综合起来，那么总的 K_2O 含量标准平均在 8—8.5% 之内。在所采矿块中，水中不溶残余物（20—25%）和 6—10% 的钾石盐是不合标准的。此种岩石由于不溶残余物含量高，在现在所利用的浮选试剂条件下，不能加工成标准精矿（含 K_2O 18—19%）。因此，就布置了选择新试剂的试验，但试验没得出肯定结果，因而设计出了只提取无水钾镁矾—钾盐镁矾岩石的选择性开采法。

也往往出现这种情况，即普查工作中发现的是些工业尚不能利用的岩石。这可拿阿克纠宾斯克附近的日良斯克矿床为例，该矿床除钾石盐外，还发现了占储量大部分的杂卤石岩，此种岩石在世界任何地方暂时都不能加工。美国在广泛完成了实验室研究以后，也没有找到经济上可行的处理杂卤石的方法。苏联许多地方都发现了几乎单矿物的杂卤石岩，按质量（ K_2O 9—12%），它们与前喀尔巴阡的矿石相近。实验室研究以后，已提出经济上可行的加工杂卤石的流程。

在盐侵入构造复杂时，特别在盐体规模不大时，要布置少量钻孔。钻探开始前，必须了解有关盐侵入体的形态及其内部构造特点的情况，为此目的可利用可调定向调波法（MPHII）。如果地球物理资料不完全令人信服时，那么布孔地区的选择就复杂化了。在所有情况下，较合理的是布置斜孔，但不是布置在顶部，而是布置在一翼的上部，让它向构造的中心倾斜，这样做是合理的，因为不大的盐侵入体中，盐体内的褶皱轴是同心分布的，而且翼部倾角陡。

转向地下勘探前，需要打多少钻孔和如何布孔，这些问题只有在每个具体情况下具体解决。在盐株的规模大时（切尔卡尔—650平方公里，英迭尔—250平方公里）发现钾盐岩的任务有所减轻，转向地下勘探的冒险性也较小。

最后应该指出，现在所有被勘探的钾盐矿床，通常只是找到了矿床不大部分以后就进入勘探。在许多情况下，矿床的开发并非是在最有利的地段上开始的。

六、关于普查时钻孔的布置

在稍微受过变动的盐系地层中普查钾盐时，第一批钻孔布置在盐岩地层剖面最厚的地区内，也就是布置在沉积同时的拗陷最强烈的地方，在这些拗陷内估计可见到最完全的含盐层系剖面。

在短盐背斜和盐背斜的顶部，只有在这样的情况下，即如果在这些地段内的构造没形成很厚的盐帽时，布置钻孔才是有意义的，而有盐帽存在时，较合理的是在翼部布孔。在盐帽中，直孔钻探效果不大。在这里必须在这些构造的盐镜周围向中心方向布斜孔。

在得出否定结果时，对所有的矿床类型最好再布置几个控制孔，其孔位和数量要考虑该地的地质条件来决定。

在剖面中发现钾盐以后，就必须在可能大的面积内追索它们，或者圈定其分布范围。在这种情况下，就可以转入下一个普查阶段圈定钾矿层。利用现有地质资料，能布置出第