

岩石孔隙度在內生矿床成矿中的作用

金尚麟

岩浆期后矿床，不論围岩的蚀变作用，还是矿化作用，均受到該作用阶段之前所形成的岩石的化学性质和物理机械性质的控制。岩石物理机械性质中，岩石的孔隙度占有特别重要的地位。无论热液通过何种途径上升，终究是要经过岩石中的孔隙进行化学反应，或直接沉淀在其中。可見岩石中孔隙度的大小及其性质，如孔隙的结构、开放程度、及其形态等，对于热液蚀变和矿化强弱都起着重要作用。

从前，岩石的孔隙度，作为岩石物理机械性质之一，在建筑工程、地球物理、工程地质、石油地质和矿山地质等部门都进行了研究。到二十世紀中，才开始在金属矿床的研究中，应用岩石孔隙度的资料和研究成果。至今发表的文章涉及到的矽卡岩化、钠长石化、絹云母化、碳酸盐化、硅化、蛇紋石化、方柱石化和矿化等作用；談到的矿种有多金属矿、銅矿、汞矿、鉄矿、白鎢矿、黄綠石矿等。

我国近几年来已开始注意这个问题，本文主要介绍苏联在这一方面的研究成果和我們的肤浅体会。

一、岩浆期后作用过程中岩石孔隙度的变化特点

在自然界，岩石的孔隙度不是恒定不变的，它随着成岩作用及变质作用发生变化。不仅改变孔隙度的大小，而且改变孔隙的性质，以及大小不一的孔隙在岩石孔隙总体积中的百分比。那么，岩浆期后作用过程中岩石孔隙度的变化如何？是否有规律可找？下面举一些例子来说明这个问题。

在北塔吉克斯坦的綽魯赫一代朗白鎢矿床〔7〕（图1）中，弱蚀变花崗閃长岩的有效孔隙度为0.7—1.4%；钠长岩是花崗閃长岩的岩浆期后蚀变产物，其有效孔隙度为4.1—6.1%，比前者显著增高。但是，产在钠长岩之中的后期柎榴子石矽卡岩脉的有效孔隙度，比钠长岩还要高（9.3%）。由此可見，原岩的孔隙度小，蚀变岩石的孔隙度大；早期阶段蚀变岩石的孔隙度小，而后期阶段蚀变岩石（当交代早期阶段蚀变岩石时）的孔隙度大。在探討矽卡岩岩石孔隙度的

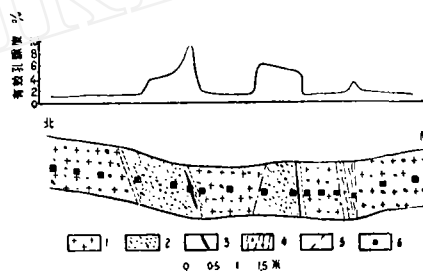


图1 綽魯赫一代朗矿床岩石有效孔隙度变化曲线

根据 罗扎諾夫等（1961）资料

- 1—蚀变花崗閃长岩；2—钠长岩；3—柎榴子石矽卡岩；
4—花崗閃长岩內压碎带；5—构造断裂；6—取样地点

文章中，均可见到矽卡岩化作用引起岩石孔隙度增高的結論罗扎諾夫等〔7〕〔6〕；杜达列夫〔1〕等）。我們的实验资料也証实了这一結論是正确的（见表1和图2、3）。列入表1的三个矿床，均可见到矽卡岩的孔隙度，大于被交代的原岩孔隙度，有的甚至大好几倍。

但是，不同种类矽卡岩的孔隙度也有所区别。我們研究吉林省某地矽卡岩型多金属矿床时得出的結論是：綠帘石—輝石矽卡岩化阶段早于柎榴子石矽卡岩化阶段；在矽卡岩化过程中，綠帘石的生成有早晚两期，早期是早于柎榴子石阶段，大致与輝石同时（有的早些）形成，并被柎榴子石矽卡岩交代，晚期是晚于柎榴子石阶段，穿插交代柎榴子石矽卡岩。这样，不同生成顺序的矽卡岩与其岩石孔隙度值相对照时，可以发现晚期矽卡岩的孔隙度比早期矽卡岩大。又如，吉林省某地矽卡岩矿床中柎榴子石矽卡岩的孔隙度比輝石矽卡岩、綠帘石—輝石矽卡岩和石英—綠帘石矽卡岩大，但比綠帘石矽卡岩小。这也說明晚生成的矽卡岩比早生成的孔隙度要大。

岩石孔隙度并不是可以无限增大的。孔隙度增加到某定值时，孔隙体积在自然界热力学系統中起着重

三个砂卡岩矿床岩石孔隙度例表

表 1

吉林省某砂卡岩型多金属矿床			苏联图郎克雷砂卡岩型铅锌矿床		
岩性	有效孔隙度 (%)		岩性	总孔隙度 (%)	有效孔隙度 (%)
花岗岩长岩	0.58		石英斑岩	0.38—0.97	0.36—0.94
斜长花岗岩	0.58		绿帘石砂卡岩	2.36—3.00	2.36—2.67
蚀变花岗岩长岩	1.46		柘榴子石砂卡岩	1.7—7.68	—
方解石大理岩	0.39		辉石砂卡岩	1.44—3.00	—
条带状大理岩	0.35		大理岩	0.32—2.02	—
千枚岩	0.14		根据罗扎诺夫等人 (1961) 资料		
长石质角闪岩	0.30				
石英—绿帘石砂卡岩	2.27				
辉石砂卡岩	1.65				
绿帘石辉石砂卡岩	1.81				
柘榴子石辉石砂卡岩	2.30				
柘榴子石砂卡岩	4.03				
绿帘石砂卡岩	6.67				
含矿绿帘石砂卡岩	1.07				
含矿辉石砂卡岩	0.94				
含矿辉石柘榴子石砂卡岩	0.96				
黄铜矿矿石	0.98				
方铅矿闪锌矿矿石	0.87				

注：前一个矿床的孔隙度均为平均值。

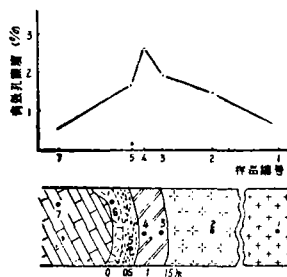


图 2 吉林省某地砂卡岩矿床剖面中岩石有效孔隙度的变化曲线

1. 花岗岩长岩；2. 蚀变花岗岩长岩；3. 4. 石英绿帘石砂卡岩；5. 绿帘石辉石砂卡岩；6. 辉石砂卡岩（含矿）；7. 方解石大理岩。

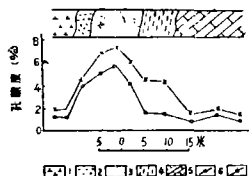


图 3 砂卡岩剖面中岩石孔隙度的变化坎塞矿床

根据罗扎诺夫 (1961) 资料

1. 角闪石正长岩；2. 绿帘石—柘榴子石砂卡岩；3. 柘榴子石砂卡岩；4. 砂卡岩化大理岩；5. 大理岩；6. 有效孔隙度；7. 总孔隙度。

要作用，使淋蚀交代作用为主转变为充填作用为主（当然也可同时存在交代作用）。因此，含矿砂卡岩、含矿蚀变砂卡岩及矿石的孔隙度均比砂卡岩小（见表 1）。罗扎诺夫〔6〕也曾指出，在坎塞矿床中重迭在砂卡岩之上的矿化作用，使砂卡岩的孔隙度由 5—6%降低到 2.5—4%。

同样的现象还见于萨巴尔克（苏联）铅锌矿床中，该矿床产在绢云母化的石英霏细斑岩之中。根据涅克拉索夫〔4〕资料，没有受到热液蚀变的石英霏细斑岩孔隙度为 6.2%，但向矿脉（浸染状矿石）方向随着绢云母化强度的增大，岩石孔隙度也升高，达到 7.6—7.7%。可是，如图 4 所示，矿脉附近尤其矿脉之中，岩石及矿石的孔隙度很小，只达 4.8%，比石英霏细岩还小。这是由于高孔隙度绢云母岩中的孔隙被晚期石英、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿及闪锌矿充填而引起的。

与此相反，奥伏琴尼柯夫（1958）和杜达烈夫〔1〕提出在交代作用过程中（包括矿化作用在内），岩石及矿石的孔隙度是累积增加的观点，并认为岩石孔隙度变化范围的大小，在某种程度上可以说明（或代表）成矿交代作用的强弱（见图 5）。这一结论是研究苏里山地区的塔斯塔戈尔砂卡岩型铁矿

时得出的。

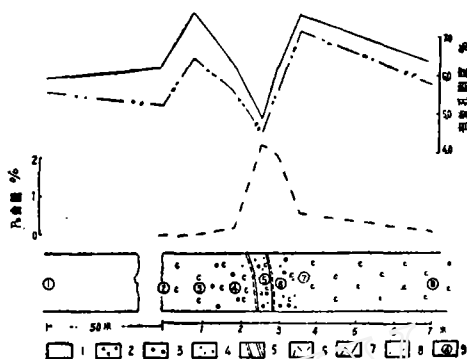


图4 矿体附近蚀变岩石带的分布特点

根据涅克拉索夫等(1961)资料

1. 未蚀变霏细斑岩; 2. 絹云母; 3. 石英(热液成因); 4. 硫化物浸染; 5. 剪切裂隙; 6. 含鉛量; 7. 根据压力水饱和测定的岩石有效孔隙度; 8. 根据自由水饱和测定的岩石有效孔隙度; 9. 样品编号及取样地点。

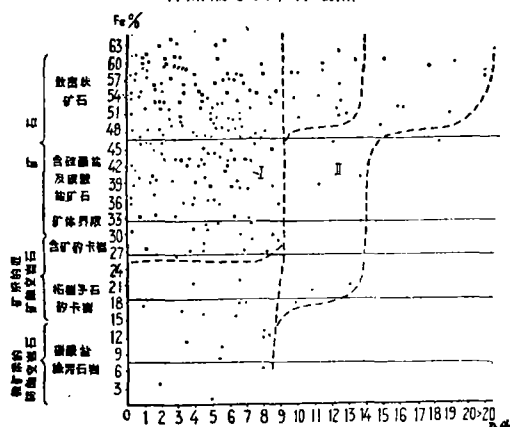


图5 总孔隙度(n%)与含铁量(Fe%)关系图

根据杜达列夫(1961)资料

总而言之,岩浆期后作用过程中岩石孔隙度的变化是有一定规律性的。

二、岩石孔隙度与成矿的关系

岩石孔隙度与成矿之间的关系,是成矿规律研究中经常涉及到的重要问题之一。因此,在探讨岩浆期后矿床岩石孔隙度的许多文章中,都从不同角度、在不同程度上涉及到这个问题。有些人把岩石孔隙度的作用提得很高,甚至作为找矿标志之一(如 Н.И.留毕莫夫等,1963)。

綽魯赫一代朗白鎢矿床(Ю.А.罗查諾夫等

[7])而言,在柘榴子石砂卡岩($n_0^* = 9.3\%$)中,白鎢矿具有最大的晶体,并且 WO_3 含量最高,在鈉长岩($n_0 = 4.1-4.6\%$)中白鎢矿晶体较小, WO_3 含量亦较上者为少。但是在蚀变花岗岩长岩($n_0 = 0.7-1.4\%$)中只能见到贫矿,同时金属矿物的晶体都是很小的。由此可见,高孔隙度的岩石对形成该类型白鎢矿床是有利的。它起着矿液通道和储藏的作用。薩巴尔克鉛鋅矿也显出同样的特点。

对砂卡岩型矿床来说,岩石孔隙度对成矿的控制作用是很清楚的。如上所述,砂卡岩的孔隙度比火成岩和围岩大得多,这给孔隙溶液的流通创造了有利条件。一般说来,各种砂卡岩均含矿,仅有矿化强弱之别。其原因是,除了孔隙度(尤其是有效孔隙度)有别之外,尚因其化学成分及矿物分解能力的不同所致。

火山喷出岩是成矿有利的围岩之一,也是孔隙度变化很大的岩石。火山喷出岩的孔隙度对于成矿的作用可以东卡拉馬扎尔区坎-伊-曼苏尔和卡拉塔斯-科坦鉛矿床[2]为例说明:该区火山喷出岩含鉛量测定表明,凝灰岩和凝灰角砾岩中鉛品位最高,其次是球粒状石英斑岩,再次为流纹岩;安山英安玢岩中鉛品位最低。岩石孔隙度的递减顺序同上列次序完全吻合:凝灰岩和凝灰角砾岩的孔隙度最高,(7.9—9.7%),而安山英安玢岩的孔隙度最低(2.2—3.4%)。在同一类型的岩石中,孔隙度的变化取决于其蚀变程度。蚀变越强,孔隙度越大。强烈蚀变带,就是矿化富集带。因此认为,成矿地段与高孔隙度岩石的部位是相吻合的。

高罗列夫等[3]从矿液流动速度,来探讨孔隙度与成矿的关系。他們的实验资料列入表2、3和图6中。表中所列的所有火山喷出岩均具黄銅矿

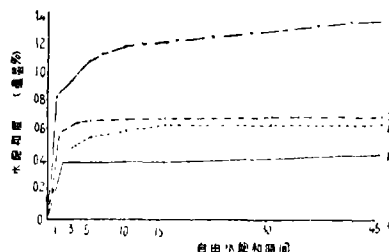


图6 自由水饱和曲线类型

根据高罗列夫和图列根叶夫(1960)资料

1. 石英二长斑岩; 2. 安山质凝灰岩; 3. “玫瑰色”花岗岩长斑岩; 4. 石英斑岩类。

* n_0 —有效孔隙度, n —总孔隙度。下同。

表 2

岩 性	测定数目	孔 隙 度 %		平均水饱和度 (%)	平均含铜量 (假定单位)
		总孔隙度	有效孔隙度		
白 岗 岩	4	3.13	1.07	0.50	2.8
安山质凝灰岩	15	2.99	1.55	0.57	2.8
石英斑岩类 (流纹岩质凝灰岩)	18	5.26	2.45	1.04	17.6
“玫瑰色”花岗闪长斑岩	20	4.04	1.75	0.95	6.0
“古斯塞”花岗闪长斑岩	6	2.81	1.09	0.41	1.6
石英二长岩	6	2.86	1.07	0.39	1.6

测定样品在水饱和和矿化类型中的分布

表 3

岩 性	样品数目	样品在不同水饱和和类型中的分配				水饱和和平均速度	水饱和和相对速度
		I	II	III	IV		
白 岗 岩	4	3	—	—	1	1.75	很快
安山质凝灰岩	16	8	6	2	—	1.62	很快
石英斑岩类 (流纹岩质凝灰岩)	24	2	2	—	20	3.51	很慢
“玫瑰色”花岗闪长斑岩	18	3	2	3	10	3.11	慢
“古斯塞”花岗闪长斑岩	6	2	2	—	—	2.00	快
石英二长岩	7	2	—	4	1	2.57	中等

化,但够工业品位的矿石,仅见于石英斑岩类岩石中。

“玫瑰色”花岗闪长斑岩的含铜量也比较高。这两种岩石的特点是:总孔隙度和有效孔隙度均高,但水饱和和速度则是最慢的。由此得出成矿作用与矿液流动速度密切相关的认识,并认为应具有对成矿最有利的流速。矿液流速过快,就来不及沉淀析出矿物,不能成矿。相反,矿液流速过慢,则渗入岩石中的矿液量极少或者几乎没有,当然也不能成矿。

上述所有矿床中均可见到,高孔隙度的岩石有利于成矿,对矿化均起储矿作用。但是,汞镉矿床则不然。捷尔里克海斯克(图瓦)和科克塞尔(阿尔泰)汞矿床中,火山沉积岩的孔隙度与其汞含量有反比关系:孔隙度越高,汞量就越低(B.И.索特尼科夫等,1961,见图7)。不仅不同种类岩石如此,而且同一种类的岩石也是如此。最有利于成矿的岩石为高孔隙度岩层中的较低孔隙的地段。在此,高孔隙度(n_0 达10.55%; n_9 达7.39%)岩石起着矿液的通道作用,低孔隙度($n_0=3.93-5.17\%$; $n_9=1.21-2.68\%$)岩石则起储矿及矿液遮挡作用。

对矿液的遮挡作用,在南费尔干纳汞镉矿床中表现得更加明显(尼基弗列夫等,1963)。含矿微石英岩的有效孔隙度为1.63—2.10%,覆盖其上的碳酸盐化页岩的有效孔隙度为0.83—1.43%。

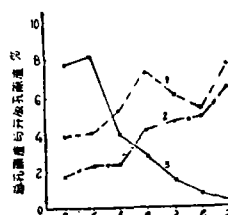


图 7 科克塞尔及捷尔里克海斯克矿床具有不同孔隙度的岩石中的汞含量曲线

根据索特尼科夫等(1961)。资料

a. 凝灰砾岩之砾石(4); b. 砾岩、细粒状凝灰砂岩(2); B. 凝灰砾岩(5); r. 凝灰砾岩之胶结物(3); a. 蚀变岩(1); e. 中粒凝灰砂岩(3); ж. 粗粒碎屑状凝灰砾岩(6)。1. 总孔隙度; 2. 开放孔隙度; 3. 含汞量(假定单位)。

注: 括号里的数字代表测定样品数目

总而言之,围岩的岩石孔隙度对成矿起着矿液的通道作用、遮挡作用及储矿作用,而且这几种作用都是很清楚的。对于不同金属组份,在不同地质条件下,围岩对于成矿起着不同的作用。一般说来,高孔隙度的岩石对活动性较小的金属组份,如铁、钨、铜、铅、锌等多半起储矿作用,而对活动性较大的组份,如汞、镉等多半起矿液通道作用;前者在高孔隙度岩石中易于成矿,而后者在遮挡层下面易于成矿。

結 束 語

岩石孔隙度的研究及其应用不仅限于上述方面。扎略斯基 (1950、1958、1960、1961) 提出了岩石孔隙度研究的新方向—分異孔隙度問題; 岩石孔隙度的研究在化探工作中起着重要作用。这些問題都应引起足够的重視。

內生矿床成矿中, 岩石孔隙度的研究尚处于开始阶段, 但已經获得了很大的成就, 証实了研究岩石孔隙度的重要性。

由上述資料可以得出下列結論:

1) 为了全面了解和認識成岩及成矿規律, 不仅需要掌握成岩、成矿过程中化学成分的变化特点, 而且必須充分了解作用过程中岩石、矿石的物理机械性质, 首先是其孔隙度的变化特点。

2) 岩漿期后蝕变与成矿过程中, 岩石孔隙度的演化是有一定規律的。交代淋蝕作用一般使岩石孔隙度增加, 充填沉淀作用一般使岩石孔隙度减少。照例, 成矿前的围岩蝕变作用属于前一种情况, 而矿化作用属于后一种情况。淋蝕交代作用越发育, 蝕变岩石的孔隙度就越大。不同阶段蝕变作用相重迭时, 晚期阶段蝕变岩石的孔隙度要比早期阶段蝕变岩石的孔隙度大。岩石孔隙度的測定資料, 可以应用于区分淋蝕交代成因与充填沉淀成因的岩石和矿石。

3) 岩漿期后成矿作用的前期, 均出現围岩的蝕变現象, 該蝕变岩石通常成为成矿围岩。因此, 研究这种围岩的孔隙度具有重要意义。蝕变围岩及未蝕变围岩的孔隙度, 对成矿起着矿液通道作用、遮挡作用及儲矿作用。高孔隙度的岩石, 对活动性較小的金属組份的成矿有利, 矿液遮挡层 (低孔隙度岩石) 的存在則为活动性較大的金属組份成矿的有利条件。

我們在岩漿期后矿床中, 对岩石孔隙度研究方面做了一些工作, 但尚做得不多, 也不够系統, 今后应当加强这一工作。为了加速岩石孔隙度的研究工作, 提出下列几个問題, 供讀者参考。(1) 測定有关岩石孔隙度的各种系数时, 一般可以測定总孔隙度, 有效孔隙度、分異孔隙度、水飽和度及滲水速度等。不同

系数有其不同用处, 可以解决不同的問題。分異孔隙度的研究, 应特別引起注意。有了分異孔隙度資料, 就可以更精确而多方面的对比各种岩石, 从而了解成岩及成矿过程中更多的規律性。(2) 从岩石孔隙度角度探索各种火成岩、沉积岩、变质岩、火山岩等区分特点。岩石孔隙度的大小及其性质, 与該岩石的成因有着密切的关系。有些資料已經显示出这一研究方向的可能性。(3) 岩漿期后蝕变与成矿过程中, 岩石孔隙度的演化規律問題。(4) 围岩的孔隙度对成矿作用的影响問題。(5) 从岩石孔隙度角度探索交代变质、热变质及区域变质成因岩石的区分特点問題。(6) 交代成因与充填成因岩石 (矿石) 的区分特点問題。(7) 岩石孔隙度对內生矿床原生暈的影响問題。

上述許多問題的解决。看来同分異孔隙度的研究和有关岩石孔隙度的各种系数的綜合对比, 灵活运用, 是分不开的。

主要参考文献

- [1] 杜达列夫 “地质与地球物理” 1961年第9期
- [2] 扎略斯基 “全苏第二届岩石学會議論文集” 1960年
- [3] 高罗列夫、图列根叶夫 “金属矿床地质” 1960年第6期
- [4] 涅克拉索夫、尼戈洛叶夫 苏联科学院金属矿床地质、岩石学、矿物学地质研究所論文集1961年第43期
- [5] 尼基菲叶夫、罗扎諾夫 “金属矿床地质” 1963年第3期
- [6] 罗扎諾夫 “金属矿床地质” 1961年第2期
- [7] 罗扎諾夫、克利斯塔利內 苏联科学院金属矿床地质、岩石学、矿物学地质研究所論文集 1961年第41期
- [8] 索特尼戈夫、謝尔巴、特培欽斯基 “地质与地球物理” 1961年第10期