表生矿物鉴定手册

H.A.斯莫利揚尼諾夫
E.C.辛 湼 古 勃 著

地质出版社

56.85073
659

表生矿物鑑定手册

H. A. 斯莫利揚尼諾夫
E. C. 辛 涅 古 勃 著

ЗК55,2 /2

地質出版社
1959年

Н.А.СМОЛЬЯНИНОВ

И

Е.С.СИНЕГУБ

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ГИПЕРГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ

ГОСГЕОЛИЗДАТ 1950

表生矿物多半無独立的工業价值，但在矿床中若得到適当的鑑别，則对指導找矿与勘探工作具有重大意义。許多表生矿物本身能表明在鉄帽帶中正進行着的一些重要的成矿作用。故深入研究表生矿物相当組合及其成因上的互相关系，可帮助了解这些成矿作用的規律。

本手册包括700多种表生矿物。以矿物的化学成分及外表特征作为矿物分組的基礎。

書中对矿物在自然界的現出形狀及產出特征有適当的說明，以便于野外工作之用。本書对吹管分析及普通濕法分析曾加以很大注意。

本書在描述部分由于譯名許多尚未統一，为便于查閱，仍按原書俄文字母排列，最后附有中文索引。

本手册供地質工作者在野外鑑定表生矿物时用。

由东北地質学院賈成勳、丁浩然、楊敏之、才文博、李鴻翅、張愼言等六人翻譯；由張智仁、李克銘、馮天階校訂。

表生矿物鑑定手册

著　者　H.A.斯莫利揚尼諾夫
E.C.辛涅古勃

譯　者　賈成勳、丁浩然等

出版者　地質出版社
北京西四羊市大街地質部內
北京市书刊出版業營業許可証出字第050号

發行者　新华書店

印刷者　地質出版社印刷厂

編輯　[illegible]　校对　馬志正

印数(京)2561—4060　1957年7月北京第1版

开本　31″×43″ 1/32　1959年12月第2次印刷

字数　300,000字　印張12 1/8　插頁

定价(10)　1.70元

目　　录

原　序…… 1
关于矿物的簡單叙述…… 3
吹管分析……12
“表生矿物鑑定手册”使用法……21
表生矿物鑑定表索引……23
“表生矿物鑑定”表……27
矿物分組鑑定表……49
表生矿物的簡單描述…… 191

03091

原　　序

外生矿物在地壳中分佈很广，其种数不少于全部矿物种数的25%，可是，至今为止，对它們的研究却很不够。这是因为表生矿物常和其他矿物相混合，很难与之分离开来，有时且不能很好地看出其本身特征之故。在进行矿物和地質研究时，由于表生矿物和它們实际上所表現的很不一致，故有許多表生矿物容易被遺漏，或者沒有覚察到它們，或者把它們当作别的矿物了。

近来对表生矿物的重視已大为提高。虽然在大多数情况下它們无独立工业的价値，但在矿床中若得到适当鑑别，则对指导找矿与勘探工作具有重大意义。許多表生矿物本身能表明在鉄帽帶中正进行着一些重要的成矿作用。深入研究表生矿物相当的組合及其成因上的互相关系，可帮助了解这些成矿作用的規律。

著者在編写本書的时候，曾注意到：（1）尽可能地根据文献中和各陈列館所收集的材料，叙述所有已知的表生矿物；（2）將表生矿物系統化，以便鑑别。

本書矿物表中包括700种以上的表生矿物。

膠結帶所特有的次生硫化物，因其肉眼不易观察，在本書中論列有限。

矿物的叙述，按字母表的次序进行，这是符合本書作为实用手册之用的。

在編写本“表生矿物鑑定手册”时，主要注意矿物的化学成分与外表特征。也就是用这些作为其分組的基础。

表生矿物在自然界的現出形狀及产出特征在本書中亦有足够說

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

明，因为本書系供野外工作之用，而在野外条件下这些特征是比較易于观察的。

根据外表特征而將矿物归类，常能很快地縮小未知矿物范圍，但在大多数情况下，欲最后鑑定矿物，就这些是不够的，还必須补充一些其他特征，如化学性質等。本書对吹管定性分析及部分普通湿法分析曾加以很大注意，原因就在这里。在个别情况下，为正确鑑定矿物，还須进行光性研究和精密的化学分析。

应該附帶說明，有时矿物是否外生尙屬可疑，特别是磷酸鹽类与矽酸鹽类的矿物很难鑑别。在这方面，著者有时还未能掌握确切解决問題的資料。

本書承楚赫罗夫（Ф.В.Чухров）批評地审閱手稿并提供宝貴意見，著者在此致以深深謝意。

关于矿物的簡單叙述

所謂矿物即是未經人类任何直接干涉而因物理化学作用結果在地壳中产生的具有一定物理及化学性質的独立天然物体。这就是矿物与实驗室及工厂里所得到的人工产物不同之处。从物理化学观点来看，每一种矿物都与其产生环境的一定狀态和組成相符合。

在大多数情况下，矿物是固体的，很少是液体和气体的。它的化学成分一般都能用化学式表示。此外，每种矿物还有一系列一定的物理特征，这种物理特征在每一种矿物內，因成分、混入物等的变化而有某些改变。

矿物的外形 矿物常呈晶体、双晶、联生晶、致密粒狀体，土狀堆积、被膜狀、鐘乳狀、皮壳狀等。

矿物的外形显有許多特征，因此，具有很大的鑑别意义。这方面最有意义的是晶体，晶体按晶系及簡單晶形組合的性質而各不相同。

晶体很少是單体。它最常生長成双晶，形成晶簇和各种集合体。

往往就外形看来好象是很好的單个晶体，实际上却是复杂的双晶。双晶的标誌有时可按晶面上的双晶結合綫来認識。除了那些在某种情况下能形成复杂图形的双晶結合綫外，晶面上还能造成各种各样的生長象及侵蝕象。所有这些造成所謂晶面雕刻象。研究晶面雕刻象对鑑别矿物具有很大意义。

晶体常常形成集合体，在集合体內有时可观察到排列整齐的晶体，根据排列位置，晶体可分为放射狀、纖維狀、粒狀，及其他結構。

由微細晶体所組成的致密質体称为隐晶質。

所謂膠体矿物就是那些甚至于在显微鏡下亦不能看出其結晶結構的矿物。鐘乳狀及鮞狀矿物就是膠体矿物的典型。受了晶出作用的膠体称为变膠体。

在土壤表面、悬崖及洞穴壁上，矿物形成霜狀物、被膜和皮壳。

在細裂隙中形成松林石。能直接观察到的矿物的現出形狀，可做为鑑定矿物的重要特征之一。

矿物的顏色和条痕 矿物的顏色决定于：

（1）矿物結構的特点；

（2）矿物中染色体的存在；

（3）机械的混入物。

由于染色体及混入物的参与，同一种矿物的顏色有所不同。矿物的顏色要在新鮮断口上观察，因为矿物表面的顏色由于风化作用而易变化，特别是硫矿物及砷矿物易受損坏。在同一顆粒及同一晶体內具有兩种或更多种顏色的矿物称为多色性矿物。

除了矿物晶体及顆粒的顏色外，矿物在无釉瓷板上所留条痕的顏色（矿物粉末的顏色），对鑑定矿物也具有很重要的意义。

光澤 矿物有金屬光澤与非金屬光澤的区别。矿物具黑色条痕，甚至其細碎片亦不透明者屬于第一类（如石墨与磁鉄矿）。帶有顏色或白色条痕的矿物屬于第二类。

但这一規則有下面的例外情况：

1. 自然元素：金、銅、銀、鉑屬于第一类（帶有金屬光澤），虽然按顏色(金为金黃色、銀为銀白色、銅为銅紅色)应屬于第二类。

2. 硫化物中的黃銅矿的条痕为綠色，黝銅矿的条痕为深褐色，但它們都屬于第一类。

除了金屬光澤及非金屬光澤外，还可分出半金屬光澤（当矿物具金屬光澤，但条痕及粉末具顏色时），玻璃光澤、脂肪光澤、絲絹光澤（例如纖維石膏）珍珠光澤等。

解理 許多矿物具有沿着一定的結晶方向裂开並有形成平滑面的能力，这种能力就反映为解理。

按解理完全的程度可分为：

（1）极完全解理，矿物在其他非解理方向难以劈开者（云母、石膏）；

（2）完全解理，断口大半沿着解理的方向发生（長石、方解石、螢石、重晶石）；

（3）尙完全解理，解理容易观察出，但不屬于前二种解理者（橄欖石、榍石）；

（4）不完全解理，解理很难看出者（磷灰石、綠柱石）。

某些矿物沒有解理（石英、脂光石）。

为了更詳細地理解解理的特点，尙須指出：在晶体的內部也具解理的方向，例如立方体（在石鹽中），菱面体（在方解石中）等等。有些矿物同时可发生不同方向的解理，例如重晶石的解理沿（001）完全，沿（110）欠完全。

正象結晶方向一样（沿該方向产生解理的）解理方向的数目及解理的性質是鑑別矿物的很重要特征；然而，只有在完好的晶体內，才能够确定解理的方向。通常在鑑定矿物时，不得不限于指出解理方向的数目（一組或若干組）及解理的性質（完全、清楚等）。

裂开 裂开与解理的区别是，它的发生不是因为內部結構特点所引起的，而是由于外界原因：如压力，沉积在生長晶面上的外来物質（減弱了晶体在这些方向上的坚实度）等。在理論上沿着解理可以分裂成許多分子的薄层，而裂开則只能分裂成一些很厚的层。有时裂开是由于双晶而发生的，或是矿物結構不均匀的結果。

断口 按断口表面特征的性質可分为：

（1）平坦断口，通常沿解理发生；它出現在具有完全或极完全解理的晶体內；

（2）阶梯断口，出現在解理完全及尙完全的晶体內，例如長石；

（3）参差狀断口，其特征为表面不平坦，沒有閃光的解理面，例如磷灰石和其他具不完全解理的矿物的断口；

（4）鋸齿狀断口，为纖維構造的矿物所固有，它很象木材横截面上的具纖維狀的断口；

（5）貝壳狀断口，很象貝壳的表面；这种断口大半出現在沒有解理的晶体內（例如：石英、蛋白石、玉髓等）。

硬度 硬度决定于所試矿物表面对尖稜刻划的抵抗能力。硬度可用絕对單位来表示，但实际上当述及鑑定矿物时，利用少数矿物所組成

的硬度計更要方便些。在这里，这些矿物的硬度是用来作为比較的。摩氏硬度計包括有 10 种硬度不同的矿物，硬度以数字1到10来表示。

滑　石	1	正長石	6
石　膏	2	石　英	7
方解石	3	黃　玉	8
螢　石	4	剛　玉	9
磷灰石	5	金剛石	10

矿物的硬度是由該矿物的硬度与硬度計中矿物的硬度相比較而确定的。为了判断粉末狀矿物的硬度，得以粉末狀矿物摩擦硬度計中的矿物，若硬度計矿物光亮的表面留有刻痕，那末所測的矿物便較硬。

除了摩氏硬度計以外，确定矿物的硬度亦可利用各种易得到的物体。这些物体的硬度在摩氏硬度計中的指数是已知的。例如指甲（硬度近2.5）、銅币（硬度3）、窗玻璃（硬度5.5—6）、小鋼刀（硬度5.5—6）。若矿物划在紙上而不損坏紙，那么它的硬度是1。若矿物用指甲刻划，而在指甲上不留下擦痕，那么該矿物的硬度为2或2.5。若指甲不能刻划矿物，但用小鋼刀尖不費力就能刻划矿物时，那么它的硬度是3。若用小鋼刀刻划矿物，須稍用力才能留下刻痕时，那么該矿物的硬度是4。若用相当大的力才能刻划的，那么它的硬度等于5。最后，若用鋼刀以十分大力才能刻划，那么矿物的硬度是5.5。硬度6以上的矿物可以在鋼刀及窗玻璃上留下刻痕。因此，試驗6以下的矿物的硬度，完全可用小鋼刀和指甲；当不太熟悉矿物的硬度时，在上述硬度范圍內，用指甲及小鋼刀是能很容易地把矿物的硬度确定出来的。

硬度在7以下的矿物为数最多，硬度7以上的矿物是較少見的。

而同一矿物的硬度可因所刻划晶面的結晶値和方向的不同而有所不同。例如方解石的硬度在菱面体的晶面上（沿解理）硬度为3，而在柱面上就近于4。

比重　按比重可將矿物分为三类：輕矿物——比重小于2.5，中

重矿物——从2.5到4，重矿物——比重大于4。大多数矿物的比重是从2.5到4。比重依化学成分和物質結構而定。重金屬的矿物較重，而含水矿物則較輕。

測定矿物的比重可用各种方法——比重瓶，静水天秤，重液等。重液法測定比重在矿物实用上具有特别大的意义，因为得出結果快而精确。

重液法是將重液稀釋到其比重等于所試矿物的比重为止。这时矿物在重液中呈悬浮狀态。此后用威斯特发尔天平測定液体的比重。应用最广的是杜列重液（$2KJ \cdot HgJ_2$），其最大比重是3.19。它可以任何比例的水稀釋，再濃縮时不分解。这样，就可取得比重从1到3.19的溶液。

对于測定矿物比重的实际工作，可准备若干种不同比重（2.4；2.6；2.8；3.0；3.19）的标准杜列溶液，以便將欲測矿物与各种不同比重的标准溶液依次进行試驗，測定出它的比重。用手称重可以大致确定矿物的比重，但这得需要相当大的标本，並且标本的大部分应由所試的矿物組成。

磁性 磁性为含鉄、鈷或鎳的矿物所特有。它只能在强烈电磁鉄的作用下才显示出来。在强电磁的影响下，含有上述元素的大多数矿物，特别是鉄的矿物的顆粒都被吸引。改变电磁場的强度可以把矿物按磁性大小程度的不同，加以区分开来。强磁性矿物有：磁鉄矿 $FeFe_2O_4$，鎂磁鉄矿 $(Mg,Fe)Fe_2O_4$，磁黄鉄矿 Fe_nS_{n+1}。这些矿物很小的顆粒都可被弱磁鉄，如帶磁性的小刀或小的馬蹄鉄等所吸引，而大块的可使磁針发生轉动。

試驗磁性可按下述方法进行。把一小块欲試矿物用小鎚击碎，然后以帶磁性的小刀或小馬蹄鉄来吸引击碎矿物的粉末。依矿物顆粒是否被磁鉄吸引，便可决定矿物磁性的有无。

电性 用呢絨或毛皮在某些矿物上摩擦时，矿物就可以帶电，結果这些矿物就能吸引小块紙片。硫、琥珀即具有此种特性。有些矿物在加热时可以充电（热电性），冷却时电荷符号改变。假若把具有上述性質的矿物（如異极矿 $Zn_2H_2SiO_5$）加热並在冷却时洒上一层硫

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

及鉛丹（Pb_3O_4）的混合粉末，就可以明显地看出这种現象。为此，可將粉末用小风箱通过絹絲篩子吹出。通过篩孔，硫磺获得負电荷，被吸引到晶体荷正电的部位，把这部位染成黃色；晶体荷負电的部位則吸引帶正电的鉛丹被染成紅色。

发光性 許多矿物受各种外界作用（加热、紫外綫照射、輻射綫作用、摩擦、折断等）的影响而发光的現象，称为发光性。发光性可分为以下几种：

螢光——在外能作用下发生的一种瞬間发光。某些螢石在透射光綫中能产生此种現象。例如英国康瓦尔产的紫藍色螢石能发出美丽的淺藍色光，“螢光”这一名称即由此而来。同一种矿物的发光的强度和顏色变化很大，这是由于一些尙未十分清楚的原因造成的。儘管有此种原因，这种标誌对許多矿物的鑑定，仍是很重要的。

磷光——物体在受外能作用以后发生的一种光。例如某些霞石的变种在受太阳光照射以后，放在黑暗的地方，可以发光。某些螢石也有此种性質。磷灰石、螢石、重晶石及其他矿物在加热后，可以发光。

加热时发光的性質称为热光性。某些螢石在頗大程度上具有这种特性。有时甚至在溫度 60° 时就可以看到螢石的发光現象，当溫度升高时，光加强，但以后过热时，即消失，且再也不出現了。

摩擦光 当摩擦或折断时矿物所发出的一种光。閃鋅矿的淺色变种、白云母（沿解理剝裂成薄片时）和其他矿物具有这种发光現象。

可燃性和臭气 自然硫、某些硫矿物和有机物（琥珀、地蜡等）在加热时很容易燃燒；此时发出一种特殊的臭气。有时臭气在发生火花时开始感覚到。硫黃臭气为黃鉄矿和白鉄矿所特有，蒜臭为砷和其他含砷矿物所特有。某些石英、螢石和方解石被击碎及磨成粉末时，就发出令人窒息的臭气，正与硫化氫的气味一样。还有一些矿物当摩擦时（摩擦磷灰岩的瘤瘤便发出燒皮子臭）或当被水湿潤时（潮湿高嶺土的气味）都发出臭气。許多有机矿物本身就有臭（瀝青、地蜡及其他）。

許多矿物的臭是由于偶而获得帶臭物質的結果。芳香石灰岩、石英岩、螢石等就是这样。在此情况下，臭具有成因上的意义，它能指出一些形成矿物的特殊条件。

味感 只有溶于水的矿物才具有味，氯化鈉（岩鹽）——鹹味；明矾——酸味、鉀鹽——苦味。因此在試驗味时，先应决定矿物是否溶于水。

粗糙感及油膩感 借触覚而引起的感覚也具有鑑别矿物的意义。在矿物上撫摸可以有各种不同的感覚：滑膩感，涂染感（例如滑石和高嶺土）和干燥感（"瘦感"），以及用手指摩擦时发生不舒适的粗糙感（例如明矾石、鋁土矿、矽藻土、白堊等）。

吸湿性 矿物从空气中吸水而湿潤的性質。此时易溶矿物可化为液体（光鹵石），不溶矿物就粘舌或粘于湿潤的嘴唇（高嶺土、多水高嶺土、膠块土）。当为水湿潤时，某些吸湿性强的不溶矿物就裂开，而散到水中並发出劈拍的声音，分裂成小块（膠块土）。

* * *

在很多情况下，鑑定矿物得用定性化学分析及更深入地研究矿物的特性。

为了迅速地进行定性化学分析，可用吹管分析法；借此方法順便可認識矿物的一些物理性質，它是以下的各种性質。如可熔性、加热时起泡或膨脹等現象的最簡易的鑑定方法。

关于吹管分析鑑定法，在本書中專門有一章来叙述。

研究表生矿物时，必須具有下列矿物成因方面的基本概念。

表生成因类型 屬于表生成因类型的矿物是在地表附近或在地表上由于地表水、空气中的氧、二氧化碳、有机物及有机物的生命活动的結果而形成的。

表生作用可分为以下几种：

（1）金屬矿床的氧化及鉄帽帶的形成。硫矿物及砷矿物最容易遭受氧化，这些矿物中的硫及砷变成含氧的化合物（一部分变为硫酸及砷酸），而金屬变成氧化物，或与上述酸相互作用生成这些酸的鹽类。氧化帶中形成的氧化鉄——褐鉄矿分佈于此帶的上部，它好象复

盖在原生硫化矿床的露头上一样，因此叫做“铁帽”。铁帽帶內可产出大量的表生矿物。

氧化帶以下为膠結帶或次生硫化富集帶。这帶与上述氧化帶的区别是：这里进行硫化物二次生成作用，此作用是因原生硫化物与金屬硫酸鹽溶液反应的結果，例如：

$$CuSO_4+FeS_2+H_2O=CuS+FeSO_4+H_2SO_4.$$

在上述情况下，次生硫化物的堆积还必須有硫酸的中和作用。

（2）高嶺土化、鋁土矿化等作用。这些作用乃是由地表附近鋁矽酸鹽及矽酸鹽的风化作用而发生的。

（3）鹽类及其他化合物在水盆地中的沉积作用（A．K．博尔廸列夫称为“化学作用”）。例如形成岩鹽、鉀鹽、鎂鹽及其他鹽类的矿床，有时也形成磷灰岩、氫氧化鉄（褐鉄矿）和氫氧化鋁（鋁土矿）的矿层。

（4）由于有机物的生命活动及分解作用而发生的生物作用。由此作用生成的矿物称为生物岩（按薩莫依洛夫）。湖成鉄矿、某些磷灰岩、成矽藻土狀的蛋白石可以作为它的例子。

共生 所謂共生就是指矿物在自然界有規律的共同存在。

在自然界中很少能够直接見到矿物的生成。通常矿物是一个作用已經完結的产物和似乎是标明該作用的进程中一定阶段的記录。在成因上，与作用的进程相关的矿物組成共生系列。共生系列的实际意义是在于：若在矿床中找到共生系列內的一种矿物时，那就表明在矿床中还应当找到另外的有关矿物。

矿物的年代关系及世代 矿物是在某一过程中同时生成或者按一定順序連續产出。显然，若一种矿物生在另一矿物的裂隙中，則后一矿物生成較早。結晶晚的矿物通常充填在其他晶形完整的矿物內，因此它本身就不具其独有的晶形。

矿物时常被溶解，而在这些地方沉积上其他矿物。此时在形成較晚的矿物內可以保存着早期矿物的殘余（殘跡）。

同一矿物有时不是在同一成矿阶段生成，而是在不同成矿阶段生成的。因此，同一矿物可有若干世代，其形狀、詳細的化学成分及共

生关系有时很不相同。由这些差異可以确定矿物屬于那一世代。

标型矿物及矿物的标型特征 某些矿物的存在具有一定特殊类型或生成原因者，則此类矿物称为标型矿物。例如，黃鉀鉄矾就是氧化帶的一种标型矿物，而其原生矿石則应該是富含鉄的硫化物。

同样，若某些特征能表明矿物一定的形成条件者，則此种特征称为矿物的标型特征。例如，純淨的自然金（沒有銀的混入物），就說明在表生作用中有利于金的形成。

假象及副象 所謂矿物学中的假象是指保存原先矿物或物体的形狀的一种現象。假象在表生作用帶內分佈甚广。假象可分为化学的及物理的兩种。化学假象又名交代假象。在交代假象中原来的物質为新的物質所替换，有时且保存着原有物質的一切微細外形。例如，树形的蛋白石及玉髓假象、黃鉄矿形的褐鉄矿假象、菱鉄矿形的褐鉄矿假象就是这样。物理假象分为兩种类型：外壳假象及空洞充塡假象。第一种假象是在晶体表面上所生成的外壳（皮膜），晶体后来被破坏了，並被溶蝕了，遂留下外壳假象。这是一种特殊的空心晶体模型。第二种类型的假象是当矿物溶解后所留下的空洞被其他物質充塡生成的。这种假象就如同按照已經消失了的矿物形狀所鑄造出来的一样。

所謂副象就是指假象不仅保持着原来矿物的外形，同时也保持着原来矿物的化学成分，只不过是結晶構造有所改变而已。

假象的意义是在于，可以根据它来断定矿床中从前存在的矿物，特别是屬于原生矿石中的矿物。

吹管分析

我們假定，使用本鑑定表的人們基本上已經明白了吹管分析法。因此这里只叙述吹管分析法的一般知識，以便使讀者回忆起最主要的操作方法及实驗反应。

吹管分析須用烛焰、酒精灯或煤气灯。

烛焰由下列三个錐形部分組成：

（1）內錐形部分是蜡烛內的气态物質，溫度較低。

（2）中錐形部分由蜡烛最先分解的产物（C、CO、H_2O、H）組成；在化学方面其特点是含有大量氧化程度不足的产物，因而这錐形部分称为还原部分；其溫度較高。

（3）外錐形部分由蜡烛最后燒尽的物質組成，並含有过量的氧；称为氧化錐，溫度很高。

借吹管將空气吹到烛焰內。因之火焰燃燒更为熾烈，並具有某些新的性質。这时內錐形部分几乎消失，中錐形部分和外錐形部分变得更为分明，並且溫度升高。其反应能力（中錐形部分的还原能力和外錐形部分的氧化能力）也就大大提高。

利用吹管可进行各种簡捷的鑑定矿物的試驗。

这种試驗的价值还在于不需要复杂的仪器及專門的設备，因之，吹管分析法可称为“野外工作法”。因为吹管反应是利用高溫和火焰的氧化与还原的性質来作，所以有时称吹管分析法为“高溫化学分析法”。

下面簡要地叙述一下有关于鑑定矿物的一些主要的試驗。

珠球色 在鉑絲的圈眼中获得的成透明玻璃狀的硼砂或磷酸鹽熔融体称为珠球。

当珠球灼热时，可熔解許多金屬氧化物，有时它們本身也被染成一种特有的鮮明顏色。这时所发生的反应有下列几种：

（1）硼砂与金屬氧化物熔融后生成相应的偏硼酸鹽，例如：

$$Na_2B_4O_7 + FeO = Fe^{\cdot\cdot}(BO_2)_2 + 2NaBO_2$$

$$3Na_2B_4O_7 + Fe_2O_3 = 2Fe^{\cdot\cdot\cdot}(BO_2)_3 + 6NaBO_2$$

（2）把硼砂珠相应地放在氧化焰或还原焰內加热，可以使低价金屬的偏硼酸鹽轉变成高价的偏硼酸鹽，反之亦然，这样就可出現一系列的珠球色的变化。

$MnO_2 + CO \longrightarrow MnO$——与硼砂珠作用生成无色玻璃，

$MnO + O_2 \longrightarrow Mn_3O_4$——由于錳的高度氧化，珠球染成紫色。

（3）磷酸鹽灼燒后变成偏磷酸鈉：

$$NaNH_4HPO_4 \cdot 4H_2O \longrightarrow NaPO_3 + NH_3 + 5H_2O.$$

（4）偏磷酸鈉能熔解金屬氧化物並生成正磷酸鹽：

$$3NaPO_3 + 3FeO = Fe_3(PO_4)_2 + Na_3PO_4;$$

$$3NaPO_3 + Fe_2O_3 = 2FePO_4 + Na_3PO_4.$$

氧化程度改变可以使珠球变为其他顏色。如在氧化焰中所得的$FePO_4$使球珠变成淡黃色，而在还原焰中取得的$Fe_3(PO_4)_2$成暗綠色玻璃。

珠球色試驗应在鉑絲圈眼（小环）中进行。試驗必須用放在木炭上灼燒的矿物，因为金屬硫化物及砷化物与鉑絲一起灼燒时，能損坏鉑絲，而且不能形成珠球的特有染色，因为只有氧化物才能使其染色。試料用量应很少（某些元素甚至只用最少的量）。

假若有兩种染色物質参与，則形成混色。

表1所示的珠球顏色是冷态时的顏色；热时珠球顏色稍有不同。

火焰顏色 將矿物强烈灼热时，有时发現火焰有染色現象（表2）。为使火焰的顏色更清楚，可將矿物灼热后小心地沾些鹽酸，再重新燒灼。

鉀焰的紫色常被鈉焰遮隱。为了鑑定有鈉存在时的鉀，可以透过藍玻璃来看火焰，因为藍玻璃能吸收黃色。

利用銅的氧化物与$CuCl_2$的火焰顏色的不同，可发現矿物中是否含氯。为此可將硼砂球用氧化銅染色，然后再加所試矿物，如含有氯則火焰成天藍色。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com