

苏必利尔湖型铁矿石成因的热液淋滤论

作者以前认为,含铁建造的氧化和淋滤主要是受热岩浆水作用发生的。后来,经过很多人讨论,同意的和反对的都有,这大大地帮助了我对原来的假说进行了修改。最近有人对黄石公园的温泉作了仔细的调查研究,提供了很好的材料,使我能够把原先的假说上升为理论。它与旧概念的差别主要在热雨水。这种理论对解释默萨比的矿床成因特别合适。未作修改的原有热液假说,对说明维密林和马魁特的硬矿是必要的。因为在这两个矿床中,赤铁矿置换了石英是其主要成矿过程,但这里还要提到,热雨水对淋滤二氧化硅可能是一种重要因素。

否定风化作用的依据

对于默萨比矿床,导致放弃风化成因观点的一些依据如下:

1. 已知大矿体延深达905米;
2. 矿石质量和自然条件不随深度变化;
3. 石英的溶液而且还有硅酸盐类的溶液都是大量的;
4. 低价铁完全氧化,特别是磁铁矿已氧化成假象赤铁矿;
5. 除非伴随有氧化作用或是在先前已发生氧化,否则二氧化硅完全不淋滤;
6. 根据对矿坑涌水和其它水源的化验分析结果,现在未见有明显的二氧化硅淋滤;
7. 有这种可能性,即进入含铁建造的冷雨水由于以前与土壤中和其它地层中的硅酸盐类接触,含二氧化硅已经饱和;
8. 矿体的淋滤也许在前寒武纪就已经完成;
9. 矿体下面没有向斜构造来引导雨水的流动;

10. 在自流水可循环的含铁建造中没有大的透水层;

11. 在大多数情况下,矿体的长轴不是所想象的与淋滤溶液沿建造倾斜的运移方向一致;

12. 许多矿体似乎并未沿倾斜上行延伸到地表,看来已被错断。如果雨水沿层理面沿倾斜向下循环,则地面和矿体之间的含铁建造部分应先被淋滤;

13. 许多矿体上下盘都很陡,且界线很清楚,表明淋滤溶液在具体层位中循环很快;

14. 尽管没有控制地下水循环的构造,矿体仍只是分布在为数不多的几个部位;在这几处之间的含铁建造没有被溶蚀;

15. 矿体从帮壁到帮壁坍落了250英尺,这是由于二氧化硅从矿体底部向上淋滤产生的。如淋滤是由矿体顶部开始的,则多孔的矿石一形成即很快地被溶蚀掉。此外,为甚么地下水可以带着二氧化硅从多孔带进入稠密未淋滤的岩石,似乎没有理由可解释。另一方面,如果淋滤是由下而上开始的,则二氧化硅将象泉华一样聚集在地面,长期保护矿体不受溶蚀;

16. 在淋滤期间,当时在大矿体附近存在的侵蚀面比它现在至少要高150到250英尺(图2)。大矿体的顶面也坍塌了150~250英尺,可以此为证。这还意味着,至少有若干矿体,在发生淋滤的时候,部分地为吉尼亚板岩所掩盖。由于事实上,至少是在这个矿体的顶部已发现有这种强烈蚀变的退色板岩;

17. 正如远在基瓦丁镇以西的含铁建造中有辉绿岩侵入体所证实的那样,在含铁建造下面有大的基维诺(晚元古代)侵入岩存在。在此镇以西,淋滤作用很不完全,结果

生成“洗矿”(“wash ores”),表明溶液作用不力,也就是说溶液没有东区那样热;

18.在东默萨比和冈弗林特山脉,由于那里的侵入岩(杜卢斯辉长岩)直接产在含铁建造之上,不可能发生循环,所以无矿体产出;

19.在铁山和金尼山之间的含矿砾岩的洞穴中,见有很大的磁铁矿晶体。

否定热滤淋滤作用的依据

反驳岩浆水淋滤作用的依据:

a,当岩浆水进入了含铁建造,除非它们在向上运移的路途中经过气相,而且到达含铁建造时凝结,否则应含有近于饱和的二氧化硅。如果在与地下水混合时,在当时的压力下,温度大大地下降,可以发生变化;

b,有些矿体在玻克甘梅(Pokegama)石英岩以上若干距离的含铁建造中尖灭。显然,在这以下发生的淋滤作用不大。如果岩浆喷气主要是沿垂直方向上升的,说明未发生淋滤作用是由于喷气在达到矿体所在位置以前是以气态存在的;

c,与岩浆水伴生的矿物一般认为是少见的。但正如上面指出的,由于含铁建造成分简单,在默萨比山脉,即使温度超过200℃,与含铁建造相互作用,也并不会产生复杂的矿物;

d,褐铁矿(针铁矿)相对地讲是大量存在的,是硅酸铁和菱铁矿的蚀变产物。关于针铁矿稳定范围的上限已发表有大量文章作过讨论,可以假定是在140℃左右。根据黄石公园间歇泉盆地的钻探结果,在大约400英尺深处,曾见到针铁矿。测定见到针铁矿处的温度高达170~180℃。因为没有在超过这一温度的情况下进行过观察,推想即使在温度稍高的情况下它也能存在。芬纳对岩性的描述使作者相信,形成这种针铁矿的温度可能比测得的高。如果确是这样,则这将证明,针铁矿(褐铁矿)产出的温度将接近180℃。

岩浆喷气使雨水变热

温泉流出的水是受火成侵入作用而变热的,主要是与炽热岩石接触所致。这种设想由来已久,而且对间歇泉几乎普遍都适用。近来更多的地质人员认为,从岩浆逸出的热气是使雨水来源的地下水变热的原因。后来艾伦和戴伊获得这样的结论,即黄石公园大量的间歇泉水并不是从和它接触的火成岩获得热量的。火成岩是不良的传热体,能够尽快地释出这样大的流量,而且流了数千年之久的泉水所需的巨大热量,是不可思议的。冷却后的接触面将立即变成良好的热绝缘体。所以,必须从不受这些限制的另外的来源获取热量。地下深处冒出的炽热喷出物(主要为气体)似乎是最理想的热源。这种高温喷发物有着高度的流动性,具有很大的热容量,拥有数量级相当大的热量,热蒸汽为其主要组分。当然,如果与适量雨水接触,即可凝结。据艾伦和戴伊估计,甚至在黄石公园晚期活动阶段,每秒钟有足以熔化三吨冰的热量扩散到109立方英尺的水中。他们还估计这些水在24小时内从溶液中带走了将近390吨物质,其中主要是 SiO_2 。

铁矿石的氧化和淋滤

上述事实 and 概念可以用来说明苏必利尔湖型铁矿石的氧化和淋滤,特别是用来说明原来用岩浆水假说解释遭到反对的(见前节a~d等条)默萨比铁矿石的氧化和淋滤是很方便的。

含铁建造由于容易破碎,节理和破碎带甚为发育,使地下水很容易沿裂缝进入。有些地区基维诺年代的基性侵入岩由下而上比由其他方向更容易趋近比瓦比克建造,这种破碎作用甚至更强烈。可以假定,含铁建造含地下水已达饱和程度。利思曾经提出,苏必利尔湖地区是半干燥地区,在“多山地区”氧化和淋滤到3000~4000英尺,想必地下水面是非常低的。自从矿体开始形成以来,其相对产状及周围的构造特征实质上没

有改变。所以,从这样一些假定条件,很难对冷水循环假说(不论是关于它的数量,还是关于它的深度)获得任何帮助。似乎在发生氧化作用的同时,已有大量水来淋滤二氧化硅,因为野外研究已证明这两种过程有很亲密的联系。当热的气态喷出物冲入时,它们开始发生强烈的作用,同时在向上冲入的过程中,使地下水变热,并驱使地下水向地面流动(图1)。在向上走的途径中所受的阻力应该是最小。即使由于地形的关系,地下水的水位差不大,因为横向的摩擦力大,也不能“支持”其向上。

当然,不可能估计出凝结后再和雨水混合的喷发物中岩浆水的数量。溶液中携带的二氧化硅的数量可能与黄石公园温泉中的二氧化硅有同样大的数量级,黄石公园温泉的二氧化硅含量为百万分之800。此二氧化硅大部分沉淀在地面。除保护下伏矿石不受侵蚀外,这种盖层还有另外的功用。它往往封闭了早期的通道,使淋滤作用横向或沿倾斜向下或向上扩展(图1、2)。因为水和气被排出,地下水则横向或沿斜倾向下进入。当然,在含铁建造的任何层位都可以发生,主要取决于当地的条件。这一特点说明了矿体在铁燧岩中在深部为甚么会沿纵向或侧向突然尖灭。这些位置实际上是雨水首先与高温喷发物接触并获得淋滤动力的地方。就成因而论,这里是矿体的起点而不是它的终点。这种解释也对“二氧化硅奔向何处?”的问题提供一个现成的答案。

裂隙可使大量溶液通过,矿体的轴即顺着这些裂隙延伸。下伏的石英岩节理不发育。低铁物质在氧化时使岩石解体,使循环作用得以加速,由于象含铁建造那样,不含低铁物质,所以相对地讲不受侵蚀。在淋滤作用完全终结(或开始变低)以前,在温度降低和喷发物减少的地方,有含松散石英颗粒的“洗矿石”形成。冷水成因假说不能说明为甚么淋滤活动从希宾以西40英里处开始逐渐减小。另一方面,火成活动向西变弱,这是一种容易作出的解释。铁矿石中有“砂糖

状”石英相,水洗可以去掉,这种情况实际上并不限于默萨比山脉有,似乎也产在所有苏必利尔湖一带的矿石中,不过所含的比例差别很大)。

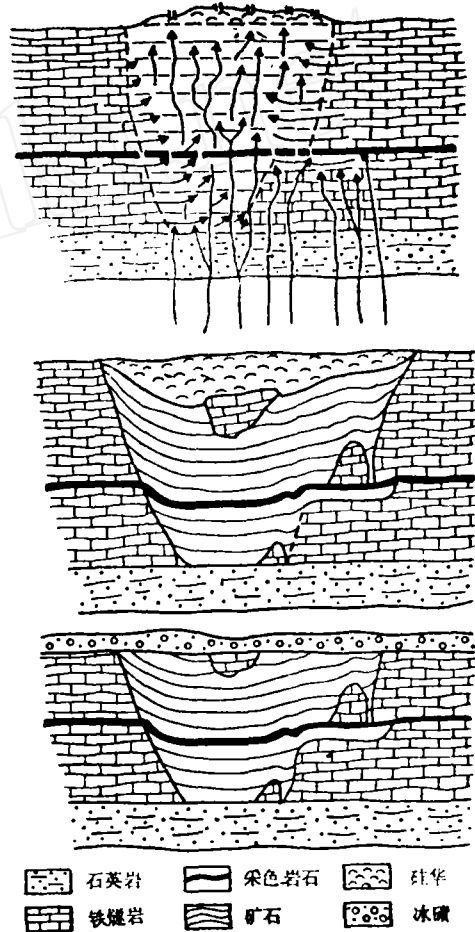


图1 默萨比矿体发育最初阶段。上升喷汽与含铁建造不同层位进来的雨水混合。

图2 淋滤最后阶段。由于泉华覆盖,矿体横向扩展。

图3 盖层被侵蚀掉、冰碛物沉积之后的矿体。纵断面与含铁建造的走向平行。

结 论

对于苏必利尔湖铁矿矿石(特别是默萨比的铁矿石)的热液氧化和淋滤成因提出了一种修正理论。认为热水主要来源于雨水,由雨水和来自大侵入体上升的气态喷发物混合而成。地下水通常是近乎停滞的,它受热

以后,变成了活化的二氧化硅溶剂,它上升放出喷发物,在地表将携带的二氧化硅沉淀在矿石上,成为泉华。泉华可形成一种临时性保护层,使软矿不受侵蚀。喷发物主要是过热的蒸汽,仅利用其凝结热就可以使大量雨水变热。热水排除后,新的地下水即从四面八方进入。只要喷发蒸汽促使其循环,这种过程就将持续进行。这与现在黄石公园温泉地区所发生的过程很类似。周密的研究证明,过去坚持风化假说和岩浆假说所遇到的困难已经消除。此种新理论可用来解释所有苏必利尔湖型铁矿的成因。主要差别可能只是喷发物的类型、温度和数量上的差异。含铁建造的成分变化,和含铁建造相对岩脉、断层以及多多少少不透水地层的产状变化很容易说明在野外所见到的差异。

注1:默萨比山地质情况很简单,上休伦统的比瓦比克含铁建造覆在玻克甘梅石英岩之上,而弗吉尼亚板岩又整合地覆在含铁建造之上。含铁建造向南倾,倾角约 10° 。形成含铁建造的铁燧岩为条带状含铁石英岩和铁蛇纹石岩,并含有若干板岩相物质,其中以“采色岩(Paintrock)”最明显。铁燧岩中最常见的矿物为细粒磁铁矿,其次为铁蛇纹石、菱铁矿和赤铁矿。矿体呈槽状,是铁矿层淋滤掉二氧化硅后坍塌变成槽形的。

注2:戈吉比克山有六个矿体,一个接一个地产在六个不同高度。这里介绍的新理论完全可以正

确地解释矿体这种重叠现象。在库郁纳山已知矿体延深达900英尺,这些矿体沿陡倾的地层向下,一般在到达含铁建造时尖灭。此迷惑费解的现象现在可以得到解释。喷汽和雨水在此深度相遇并一道上升。关于马魁特和梅诺明尼地区的“上盘矿体”的产状,第一次用所介绍的理论得到了合理的解释。马魁特山的软矿所处的位置也可用这种理论来说明。

所以,不应该像斯蒂芬罗杰斯那样,相信含铁建造中的古侵蚀面。他建立一个论点证明,在戈吉比克山布拉泽顿-森载伊湖矿区,基维诺(晚元古代)侵蚀面达到含铁建造,由于地表氧化淋滤在该处有一矿体形成。含矿卵石砾岩位于矿层和基维诺统沉积岩之间。但他没有提到,矿体与一辉绿岩岩墙紧密伴生。在这方面(所以也可能在成因方面)与大多数戈吉比克山的矿体相似,并不是形成在泰勒斯板岩和含铁建造之间的古侵蚀面之上。砾岩是在后来的侵蚀面切过矿层时才形成的。

再次请注意这一事实,即侵入活动在矿体形成之前已开始,据所知是一直持续到矿体完全形成以后终止。这说明马魁特山和戈吉比克山的矿体成因是特别适用的。……作者认为硬矿是来自大堆同样岩浆放出的热形成的,软矿是由基维诺期岩浆来的热生成的。这种看法与作者先前的观点不同。原先认为马魁特山的矿石可能是在一个时期富集的。

贝庚译自《Economic Geology》

1937, Vol. 32, No.2, p.121~130

作者: J. N. 克鲁纳

国外鲕状铁矿石的利用

鲕状铁矿在世界铁矿石总储量中占有一定比例。西欧的褐铁矿储量约140亿吨,其中最大的是洛林矿区,约有77亿吨。英国的鲕状铁矿约有47亿吨。许多国家目前利用的

是钙质矿,尚未利用硅质矿。选矿方法有:手选、洗选、重选、重介质分选、磁选和流程处理。近几年来,也开展了多种处理方法的研究,如磁化焙烧、沸腾焙烧、直接还原、水冶等。目前,工业上还应用了粒铁法、海绵铁法和金属化焙烧等流程来处理鲕状铁矿石。