

濒危元素

(北京大学 王颖霞 编译自 Richard Stevenson. *Physics World*, 2019, (12): 12)

在国际化学元素周期表接近尾声之际，理查德·史蒂文森(Richard Stevenson)调查了用于多种高科技设备的关键元素(包括镓、铟和铊)的长期供应是否真的存在危机。

安静夜晚的来临愈发美妙。从阴极射线管发展到平板显示器，电视变得更薄更大且画面更加清晰。人们也有更大的余地选择想要观看的内容。不再受限于曾经仅有的四、五个地面频道，借助于Netflix等互联网流媒体的服务，人们可以从数百甚至数千个节目中进行选择。而且，如果不需要专注于观看的内容，则可以通过轻按智能手机同时关注新闻并与朋友交流。

所有这些好处都依赖于一些化学元素，它们很少(如果有的话)在夜间新闻或备受瞩目的纪录片中被提及。其中一种元素就是铟，它与锡一起和氧结合形成覆盖在电视、手机和笔记本电脑屏幕上的透明导电氧化物层。铟还用于红外激光器，后者通过光纤传输数据而连通互联网。与镓结合，它可用于制造LED，用做屏幕背光显示和照明设备。镓也用在智能手机、提供面部识别的激光器以及增强发送到基站信号的放大器中。最后，这些设备中都有集成电路，集成电路中包含非常薄的二氧化铟层作为绝缘体。这种绝缘层已取代了二氧化硅基的绝缘体，在当今先进的晶体管中后者不能阻止电子的逃逸。

令人担忧的是，这3种关键元素(镓、铟和铊)的长期可用性受到质疑。美国化学学会列出了9种元素，它们在未来100年内将面临着供应的“严重威胁”(其他6种元素分别是砷、锗、金、氦、碲和锌)。尽管有些关于这些元素“即将枯竭”(包括BBC

于2014年首次报道铟可能最早在2025年耗尽)的报道夸大其辞，但用于智能手机和高科技设备中元素的未来供应的确是个不容忽视的问题。

乍一看，这些问题似乎很容易回答。只需找出还可以产出多少材料，将这个数字除以每年的预计消耗量，结果就会知道该元素将可用多长时间。不幸的是，这种“信封背面”(指简单的处理)的方法难以给出正确的答案。原因有三：没有考虑材料产生的过程；假设所存在材料的提取都是经济可行的；忽视了元素储存的位置且对储量了解或报告甚少。

就铟、镓和铊而言，对其未来的预测尤为复杂，因为这些元素均非直接开采。是的，它们都是副产品。铟来自锌矿开采，镓主要从铝精炼过程所用的铝土矿中提取，而铊藏在锗矿中。对这3种元素而言，在未来短缺问题的讨论中，生产占了很大比重。

铟：波动

依据供求定律，如果铟快要用完了，它的价格应该更高。好消息是，在过去十年左右的时间里，尚无迹象表明有这种情况发生。但是，这并不意味着电视、智能手机、照明设备和激光制造商应该松一口气，因为粗略看一看原始价格数据并不能揭示小市场价格变动的真正动力。

每年全球的铟产量仅约800吨，它是如此之小以至于这种柔软的银色金属在世界上任何金属交易所中都未登场。因此，任一供应商的行为都会对价格产生重大影响。2002—2005年，由于法国一家大型冶炼厂的关闭加之需求的增长，铟的价格从每吨100美元猛涨到10倍左右。最近，铟的价格从每吨500美元跌至每吨300美元，这是由于中国政府支持的交易平台“泛亚有色金属交易所”在2015年因涉嫌大规模欺诈而倒闭的影响。

德国Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf的研究人员Max Frenzel研究了铟、镓和锗的供应，他解释说泛亚有色金属交易所的失败影响深远，据报道该交易所囤积了大量的铟。官方数字是3600吨，不过Frenzel提出，难以判断这个数字是否属实。他指出，倘若该数字准确，交易所“必须积累整个中国超过十年的全部产量”。



全系统运行。2018年1月，一家名为Alkane Resources的澳大利亚公司宣布，已在其示范性试验厂开发了专有的工艺从锗中分离铟

自泛亚有色金属交易所倒闭之后，对铟的需求就停滞了，铟的生产很容易满足工业需求。中国和韩国的产量分别占需求量的大约1/3，剩下的供应来自加拿大和日本。如果未来需要增加产量，一个相对容易的选择就是增加生产铟的锌冶炼厂的份额。Frenzel估计，如果需要的话，初级锌产品可能产出的铟量是现今的2倍或3倍。但是，增加锌产量的解决方案并非唾手可得，因为冶炼厂安装新产能装置通常需要2—5年的时间。

增加铟产量的另一种方法是回收和再利用更多的铟。大多数铟用于制造屏幕上的氧化铟锡膜，当进行涂覆时，90%甚至更多的铟最终会留在溅射机中。回收这种废料对制造商而言有经济价值。而扔掉电视、笔记本电脑和手机时，情况就不同了。由于这些装置中的铟都很少，因此，铟的回收效益不高。

考虑到回收利用的水平、铟需求的趋势以及提供其来源的原材料生产，Frenzel预测，在未来20—30年内，供应可能勉强满足需求。之后，价格将上涨，这可能会导致其他更多的供应进入。例如，如果铟价格上涨一个数量级，则某些锌矿可能会变成铟矿。



新的开始。Alkane Resources公司的目的是在澳大利亚新南威尔士州Toongi的一个矿脉上建立一个矿区。如果他们成功获得融资，新矿山将提供足够的铟来满足全球几年的需求

镓：供过于求

镓的生产规模甚至比铟还要小，2018年的全球总产量仅为410吨。其中大部分用于制造激光器、发光二极管和射频功率放大器。像铟一样，镓的产地并不能反映其原料的全球分布情况。尽管全球镓供应量的95%来自中国，但中国供应商生产的精炼氧化镓仅占世界的一半，而精炼氧化铝是大多数镓的来源。

镓的产量在2015年达到470吨的峰值，导致最近几年供过于求。这种过量正在加剧由于各种因素而导致的持续40多年的价格下跌。扣除通货膨胀因素后，镓的价格已从1970年代的每吨3000美元跌至如今的每吨300—400美元。

价格下跌是一个迹象，表明人们对镓的未来供应的担忧远不及铟。Frenzel解释说：“目前，我们生产的镓仅为可以产出铟量的1/20—1/5，而铟的产量已达1/3—1/2。”尽管长期来看，镓的需求趋势增加，Frenzel认为，源自氧化铝和其他副产品的镓供应不足至少应在40年之后。即使这种情况发生，镓价格的上涨也将带来更多的产量。他认为“在接下来的50年中，应该不会有问题。”

铪：开采更多？

与铟或镓不同，世界上铪的生产商并不直接面向消费品。硅集成电路的消耗仅占铪年产量的3—5%。最大的份额用于制造耐受极高温高压的超级合金，占到3/5。这些合金被配置在航空航天工业中，特别是火箭排放废气的外壳和涡轮叶片中。铪的其他用途还包括：用于焊接的等离子切割头，核控制棒和催化剂前驱体——这些应用分别占全球产量的15%，10%和7%。

铪的主要来源是氧化铪，氧化铪原矿中始终含有约1.8%的铪。对于

大多数氧化铪用户而言，少量铪的存在几乎没有什么影响。然而，对于核工业而言，必须除去铪以生产纯铪。因此，控制棒的制造者和使用者对铪的生产水平产生很大的影响。

为了摆脱铪生产的束缚，并为目前以中国为主的生产找到替代方案，一家名为Alkane Resources的公司正在尝试建立铪的新来源。这家总部位于澳大利亚的公司希望在新南威尔士州设置一个矿区，并在其旁边建造一座加工厂。据Alkane技术总监Ian Chalmers称，该矿每年可生产150—200吨的铪。这是一个不小的数目：到2025年，全球市场预计每年将达到100—160吨。Alkane的项目已获得政府的批准，并且在示范工厂进行了试生产。Chalmers说，最后的障碍是获得扩大规模所需设施的投资。

寻找替代品

总而言之，现有证据表明，铟、镓和铪的供应可持续数十年。在此之后很难说，也难以让投资者或像Frenzel这样的独立专家做出预测。但是，即使这些来源确实用光了，可能也关系不大。历史证明，当一种材料短缺时，经常会出现替代品。

例如，在1970年代，扎伊尔（现在的刚果民主共和国）的战争打乱了钴的开采，钴是最早的永久磁铁中必不可少的成分。之后，稀土磁铁取代了它们。同样，人们也在努力寻找钨导电氧化物的替代品，银纳米线、银纳米球、金属网、聚合物和碳的同素异构体都是潜在的希望。

因此，很难想象由于某些元素的短缺而使已有技术退步的情况发生。那么，如果您要享受来临的美好夜晚，请放松身心：您的未来观看体验可能会比今天更好。