

## 第二章 放射化学和核化学

尽管放射化学和核化学密不可分，然而其研究对象大体上还是有所分工。放射化学主要研究放射性元素和核素的制备、分离、纯化、分析及其应用。核反应化学则主要是用放射化学和核物理的方法研究核的性质及核反应的机理。同位素化学研究同一元素由于核内中子数不同引起的电子能级改变所关联的化学效应，其研究对象主要是稳定同位素。

### 一、放射化学的开端

尽管 1896 年，贝克勒尔 (Alexandre Edmond Becquerel, 1852—1908) 发现铀盐有放射性,1898 年 G·C·施密特 (Gerhard Carl Schmidt, 1865—1949) 发现钍盐也有放射性。然而对放射化学来说，它的开端应该从 1898 年 7 月 18 日居里夫妇发现放射性元素钋 (Polonium) 算起。对物理学和化学来说，真正有革命意义的发现是居里夫妇于 1898 年 12 月 26 日在巴黎发现了镭。这是他们在资金不足、设备简陋的困难条件下，加工许多吨沥青铀矿才从中提炼得来的。

镭的发现极具革命意义，1903 年鲁迅在《说钋》一文中说此事。钋就是镭。他说：“自 X 射线之研究，而得钋线；由钋线之研究，而生电子说。由是而关于物质之观念倏一震，生大变象。最大涅槃，吐故纳新。败果既落，新葩欲吐，虽曰古籀夫人之伟功，而终当脱冠以谢 19 世纪末 X 射线发现者林达根氏。”古籀夫人即居里夫人，“林达根”今译为伦琴。对于居里夫人的贡献还应再加上一条，即她发现了原子能，因为镭元素自发地不停地放出热量，尽管说不出其原因。

接着各放射性元素相继被人们发现。1899 年德比尔纳 (André Debierne, 1874—1949) 发现了钷，1901 年 A·W·霍夫曼和施特劳斯发现了放射性铅，1902 年吉塞尔 (Friedrich Oskar Giesel, 1852—1927) 发现了镭射气 (Rn)，1903 年马尔克沃德 (K. Marckwald) 发现了放射性碲，1906 年博尔特伍德 (Bertram Borden Boltwood, 1870—1927) 发现了放射性钍 (钷)，而在 1906—1907 年哈恩 (Otto Hahn, 1879—1968) 发现了放射性钷和新钍。这些发现使一门新的科学——放射性学得以建立起来。参加继续发展这门科学的，除了上面提到的人以外，在巴黎还有居里夫人 (这时她的丈夫已不幸逝世)、德比尔纳和他的学生，在英国有克鲁克斯、拉姆赛、E·卢瑟福、索迪，在奥地利有法扬斯 (Kasimir Fajans, 1887—1975)，在德国有多恩 (Friedrich Ernst Dorn, 1848—?)、亨里希 (Henrich) 等。中国的放射化学也是从法国居里实验室——放射化学策源地传来的。1929 年秋，居里夫人接受我国清华大学物理系第一届毕业生施士元到居里实验室研究钋的放射化学性质。1932 年 12 月，她主持了施士元的论文答辩。我国受到居里夫人指导的还有郑大章，郑于 1934 年回国后主持国立北平研究院镭学研究所，为中国带回了放射化学。

P·居里 (Pierre Curie, 1859—1906)，法国物理学家，以对压电现象和许多重要研究而著称。在化学史上，他的名字与钋和镭的发现联系在一起。这两种元素是他和他的妻子 M·S·居里 (Marie Skłodowska Curie, 1867—1934) 共同合作发现的。他是一位谦虚而具有坚强性格和自由观点的人。由

于经济条件差，他在发现镭的过程中不得不克服许多困难（他们的实验室就设在一间小棚里）。在索邦附近他不幸被马车撞倒身亡。

M·S·居里出生于波兰，在巴黎求学，认识了P·居里，后来结为夫妇。她同丈夫一起发现了钋和镭，大大推动了放射性的研究。在巴黎成立了镭学研究所，这是对两位科学家不朽的纪念。居里夫人对放射性的研究工作是很多的。著有《放射性教程》（2卷，1910年）、《同位现象和同位元素》（1924年）以及其它关于放射性的著作。1903年，居里夫妇同贝克勒尔获诺贝尔物理学奖，而1911年居里夫人单独获得了诺贝尔化学奖。

如今居里夫人已成为有史以来20位科学伟人之一，但很遗憾在她生前未能成为法兰西科学院院士，在她逝世之后60年被获入先贤祠。1995年初，居里夫人的灵柩迁葬法国国家公墓，成为获此殊荣的第一位女性。同时也是对她的遗体的辐射量进行分析的机会。所以掘移其灵柩的工作是在法国防致电离辐射局（ORPI）指挥下进行的。居里夫人的遗体被置于一口木棺中，木棺外由一套铝棺包裹，而外面又套在一木棺中。防致电离辐射局发现，在内棺中的镭所产生的辐射水平，为每立方米360个贝克勒尔，比在墓穴入口处所发现的每立方米13个贝克勒尔明显要高。但是这一水平还是远远低于暴露于每立方米7000个贝克勒尔镭条件下的承受极限。镭的半衰期是1620年，尽管居里夫人的实验室被镭严重污染，但是ORPI断言，居里夫人在世的时候，不可能一直处于暴露在镭的致命辐射量之下，镭只有通过嘴或皮肤被人吸收下，才可能有此危险。因此，ORPI推测，居里夫人的死因很可能与第一次世界大战期间使用X光照相有关，而当时对X射线尚无预防措施。

放射性物质放射出的三种射线，即 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线，是经过了几十年的时间由各国科学家才弄清楚了的。其中， $\alpha$ 、 $\beta$ 射线具有明显的粒子性质，而 $\gamma$ 射线则具有波的性质。 $\alpha$ 射线由氦原子构成，带有两个正电荷，它们能使磷光物质放光。 $\beta$ 射线是带负电的粒子，是具有很大速度的电子，与阴极射线相似。 $\gamma$ 射线是高频率的电磁波，与X射线相似。

到了1912年，已经发现的放射性元素接近30种。详细序列混乱不清，不能在此详述。值得一提的是，如E·卢瑟福和索迪在1902年指出的，放射性元素是由不稳定的原子构成，它自发地蜕变成新元素同时放出 $\alpha$ 、 $\beta$ 或 $\gamma$ 射线，从而使问题清楚了。镭是镭蜕变系列中的一部分，直接前身是Th（钍—232），后身是氡，在达到稳定状态以前，氡进而蜕变成几种连续的元素，从镭A一直到镭G。钍盐和钍盐的衰变情况相似。原子可分的概念同原子是不可分的终极粒子的旧观念在每个细节上都进行着斗争，但不可能有其它解释。放射现象证明了在放射物质中产生了物质的转变，E·卢瑟福和索迪提出用原子蜕变的理论来解释。这是一种创新的革命思想。