

第11章
镧系与锕系金属
(f-block elements)



本章内容

11.1 镧系元素 (Lanthanides)

11.1.1 镧系元素的基本性质

11.1.2 镧系收缩及影响

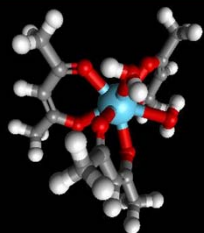
11.1.3 镧系元素的重要化合物

11.2 稀土元素 (Rare Earth Elements)

11.2.1 稀土元素的定义

11.2.2 稀土材料及应用

11.3 锕系元素 Actinides (自学)



1. 镧系元素包括哪些元素？最外层电子结构构型和特征氧化态。

镧系元素：处在IIIB族，即从第57号元素镧(La)到第71号元素镱(Lu)，共15种元素，其外层和次外层的电子构型基本相同(5s/5p/5d/6s)，从Ce开始，电子逐一填充在4f轨道上(从1填充到14)。

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
fblock														

镧系元素的电子构型和性质

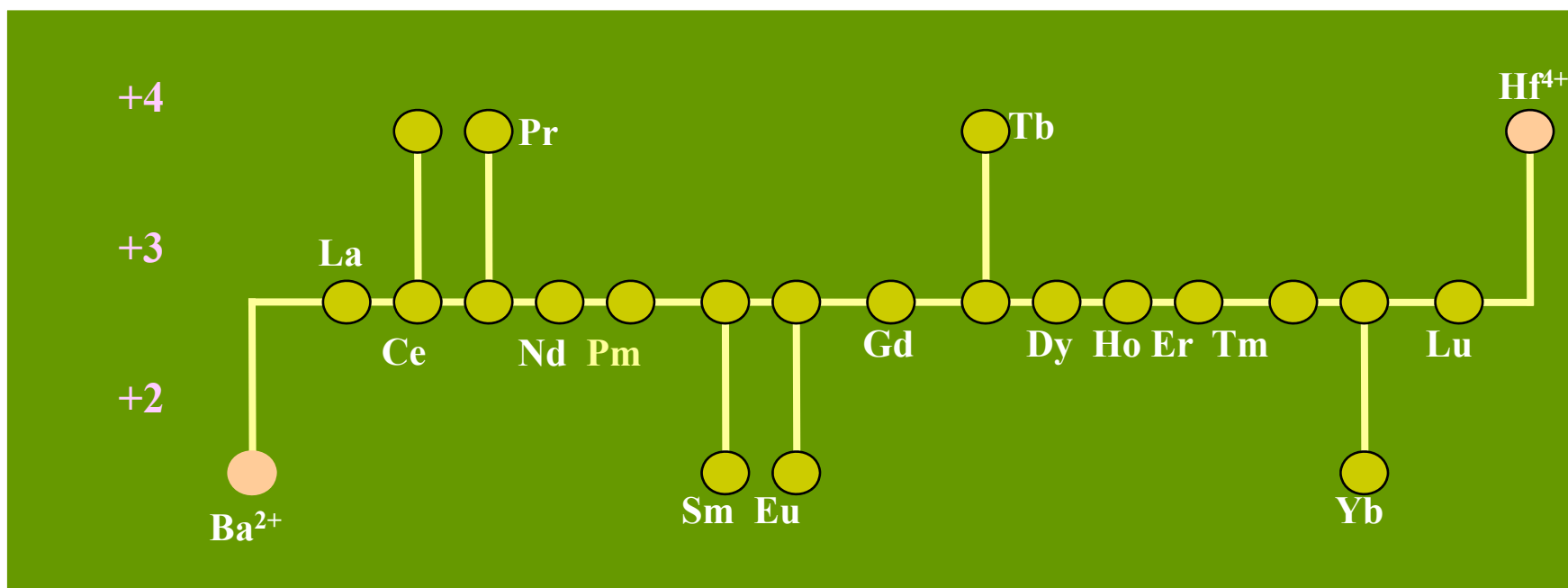


元素	Ln电子组态	Ln ³⁺ 电子组态	常见氧化态	原子半径/pm	Ln ³⁺ 半径 /pm
⁵⁷ La	$4f^0 5d^1 6s^2$	$4f^0$	(3)	187.9	106.1
⁵⁸ Ce	$4f^1 5d^1 6s^2$	$4f^1$	(3),4	182.5	103.4
⁵⁹ Pr	$4f^3 6s^2$	$4f^2$	(3),4	182.8	101.3
⁶⁰ Nd	$4f^4 6s^2$	$4f^3$	(3)	182.1	99.5
⁶¹ Pm	$4f^5 6s^2$	$4f^4$	(3)	182.0	97.9
⁶² Sm	$4f^6 6s^2$	$4f^5$	(3),2	180.2	96.4
⁶³ Eu	$4f^7 6s^2$	$4f^6$	(3),2	204.2	95.0
⁶⁴ Gd	$4f^7 5d^1 6s^2$	$4f^7$	(3)	180.2	93.8
⁶⁵ Tb	$4f^9 6s^2$	$4f^8$	(3), 4	178.3	92.3
⁶⁶ Dy	$4f^{10} 6s^2$	$4f^9$	(3), 2	178.3	90.8
⁶⁷ Ho	$4f^{11} 6s^2$	$4f^{10}$	(3)	177.4	89.4
⁶⁸ Er	$4f^{12} 6s^2$	$4f^{11}$	(3)	176.6	88.1
⁶⁹ Tm	$4f^{13} 6s^2$	$4f^{12}$	(3), 2	175.7	86.9
⁷⁰ Yb	$4f^{14} 5d^1 6s^2$	$4f^{13}$	(3), 2	194.0	85.8
⁷¹ Lu	$4f^{14} 5d^1 6s^2$	$4f^{14}$	(3)	173.4	84.8

镧系元素都形成稳定的**+3氧化态**，同一周期连续 15 个元素形成同一种特征氧化态的现象在元素周期表中绝无仅有； **$4f^0$, $4f^7$, $4f^{14}$**

Ce、Pr、Tb等：**+IV**氧化态

Sm、Eu、Yb等：**+II**氧化态





2. 镧系金属的性质

典型的金属元素,为银白色,较软,有延展性

镧系金属燃点低,用于制造民用打火石和军用发火合金;

镧系金属及其合金具有吸收大量气体的能力,用于电子工业中的吸气材料——

储氢材料研究

磁性材料: **Nd-Fe-B, SmCo₅**



3. 从镧系元素的电极电势数据(p₃₅₉)，了解 镧系金属的活泼性(氧化-还原性)

- (1) 由标准电极电势表可知， $\varphi^\ominus < -2.0 \text{ V}$ ，
镧系元素金属的活泼性仅次于碱金属和
碱土金属，强还原剂，易与空气反应而
失去金属光泽，应隔绝空气保存
- (2) φ^\ominus 相近，活泼性相似。
- (3) 金属活泼性：**Sc/Y/La**递增，**由La到Lu**递
减，即**La**最活泼。



镧系金属化学性质非常活泼，能与大多数非金属发生反应；

- 室温下与卤素生成卤化物 (LnX_3);
- 在1273 K,与氮气反应生成 (LnN);
- 与沸腾的硫反应生成 (Ln_2S_3);
- 与氢气生成非整比化合物 LnH_x ;
- 在高温下生成 LnC_2 / Ln_2O_3 / LnB_4 / LnB_6 等;
- 与水反应生成不溶于水的 $\text{Ln}(\text{OH})_3$ 或 $\text{Ln}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 放出氢气.

4. 镧系水合离子的颜色和规律性

过渡金属离子的颜色: **d-d跃迁**

镧系离子: 4f电子在不同能级间的跃迁, 需吸收能量发生跃迁表现出特征颜色 (**f-f跃迁**)

$\text{La}^{3+}(4f^0)$ 和 **$\text{Lu}^{3+}(4f^{14})$** 离子内无成单4f电子, 不发生 f-f 跃迁, **无色**;

稳定组态的离子 **$\text{Gd}^{3+}(4f^7)$** 和接近稳定组态的离子 **$\text{Ce}^{3+}(4f^1)$** , **$\text{Eu}^{3+}(4f^6)$** , **$\text{Tb}^{3+}(4f^7)$** 和 **$\text{Yb}^{3+}(4f^{13})$** 的吸收峰在紫外区或红外区, 无色或浅色。

颜色呈现周期性变化



Ln³⁺水合离子的颜色 (周期性变化 P₃₆₁)



离子	未成对电子数	颜色	未成对电子数	离子
La³⁺	0 (4f⁰)	无色	0 (4f¹⁴)	Lu³⁺
Ce³⁺	1 (4f¹)	无色	1 (4f¹³)	Yb³⁺
Pr³⁺	2 (4f²)	绿	2 (4f¹²)	Tm³⁺
Nd³⁺	3 (4f³)	淡紫	3 (4f¹¹)	Er³⁺
Pm³⁺	4 (4f⁴)	粉红、黄	4 (4f¹⁰)	Ho³⁺
Sm³⁺	5 (4f⁵)	黄	5 (4f⁹)	Dy³⁺
Eu³⁺	6 (4f⁶)	无色	6 (4f⁸)	Tb³⁺
Gd³⁺	7 (4f⁷)	无色	7 (4f⁷)	Gd³⁺

其离子的颜色与 f-f 电子跃迁有关



5. 镧系收缩效应及影响

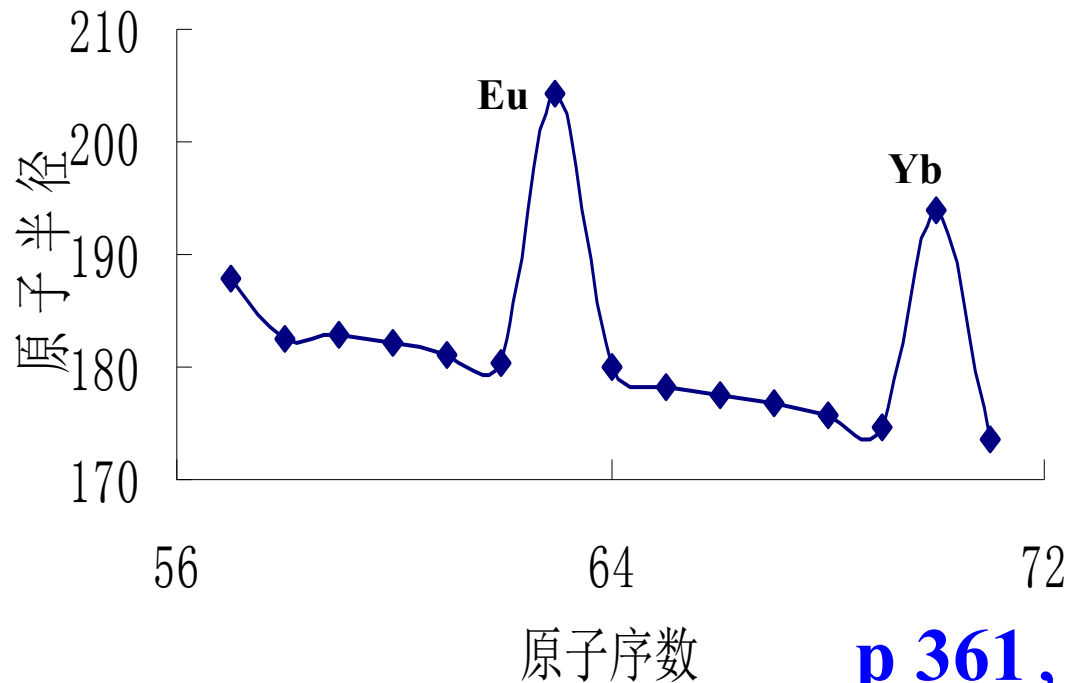
镧系收缩效应：镧系元素的原子半径和离子半径随着原子序数的增加而逐渐减小的现象；

————— 单向变化

主族：原子序数每增加1，半径平均减少10 pm

副族：原子序数每增加1，半径平均减少1 pm

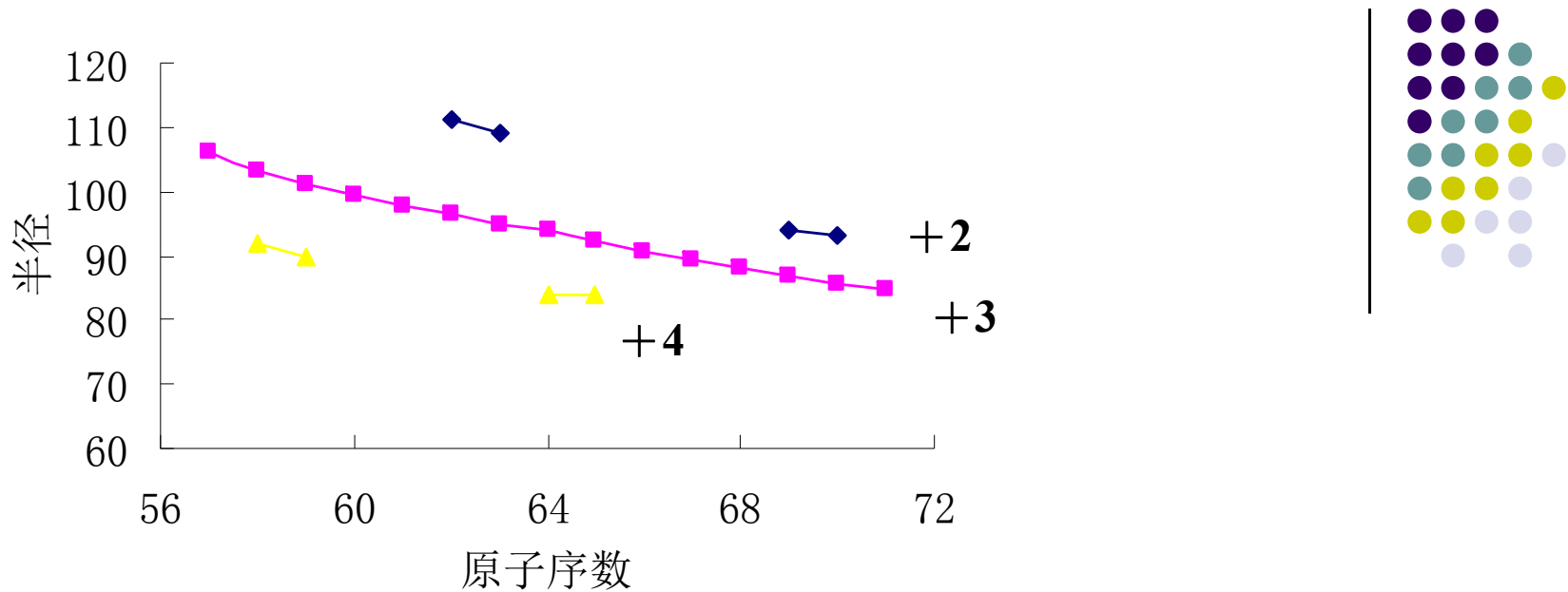
稀土元素原子序数与原子半径关系图



p 361, 图11.1

镧系原子4f电子受原子核束缚不易参与形成金属键，只有5d和6s电子参与金属键的形成。

Eu/Yb: 半径变化异常。Eu $4f^7 6s^2$; Yb: $4f^{14} 6s^2$: 无5d电子，金属键弱，半径大，熔沸点低 (双峰效应)



原子序数与离子半径关系图 p 362, 图11.2

产生镧系收缩效应原因：随原子序数增加，电子填入4*f*亚层，*f*电子云较分散，对5*d*和6*s*电子屏蔽不完全， Z_{eff} 增加对外层电子吸引力增大，使电子云更靠近原子核，使原子和离子半径逐渐减小。

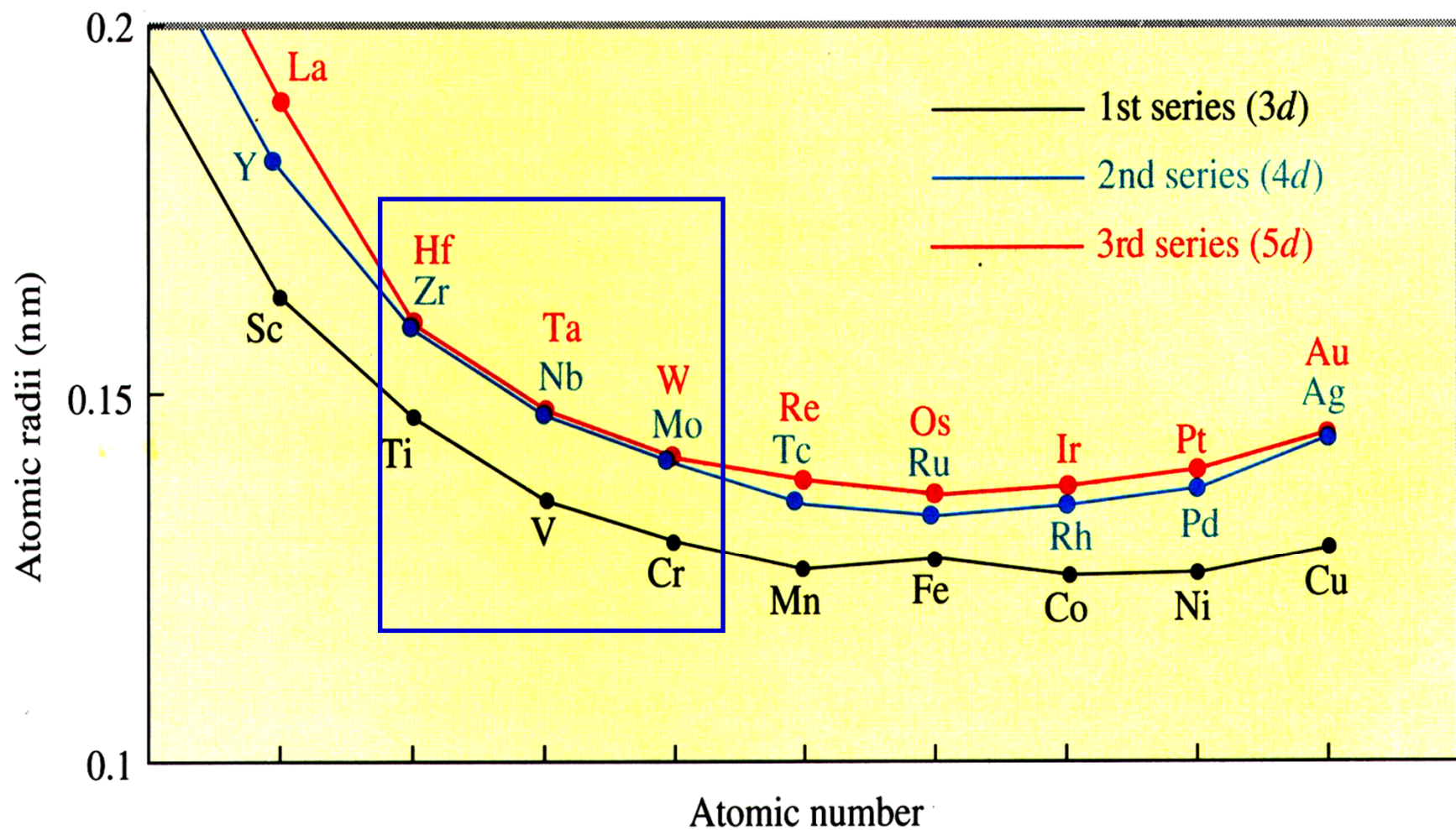
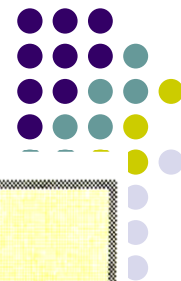
影响



● 缓慢收缩，相邻两元素的半径减小幅度不如其他过渡元素两两间的减小幅度大，镧系元素性质非常相似，在自然界共生，分离困难

● 第三过渡系的离子半径与第二过渡系同族元素非常相近，如 Zr(IV) (80 pm) 和 Hf(IV) (79 pm), Nb(V) (70pm) 和 Ta(V) (69 pm), Mo(VI) (62 pm) 和 W(VI) (62 pm), 化学性质相似，在矿物中共生，分离困难
—— 最难分离的三对元素

● Y^{3+} 离子半径处于 Ho 和 Er 之间，化学性质与之非常相似，故将 Y^{3+} 归在稀土元素重稀土一组。



镧系收缩效应对其后元素半径的影响

6. 镧系元素的磁性



磁性较复杂，主要来源于电子自旋和轨道运动

- **La(III)、Lu(III)**: 未成对电子数=0, 磁矩=0, 表现出抗磁性; 其他离子: 顺磁性;

仅考虑电子自旋贡献, **Gd(III) ($4f^7$)**的磁矩最大;

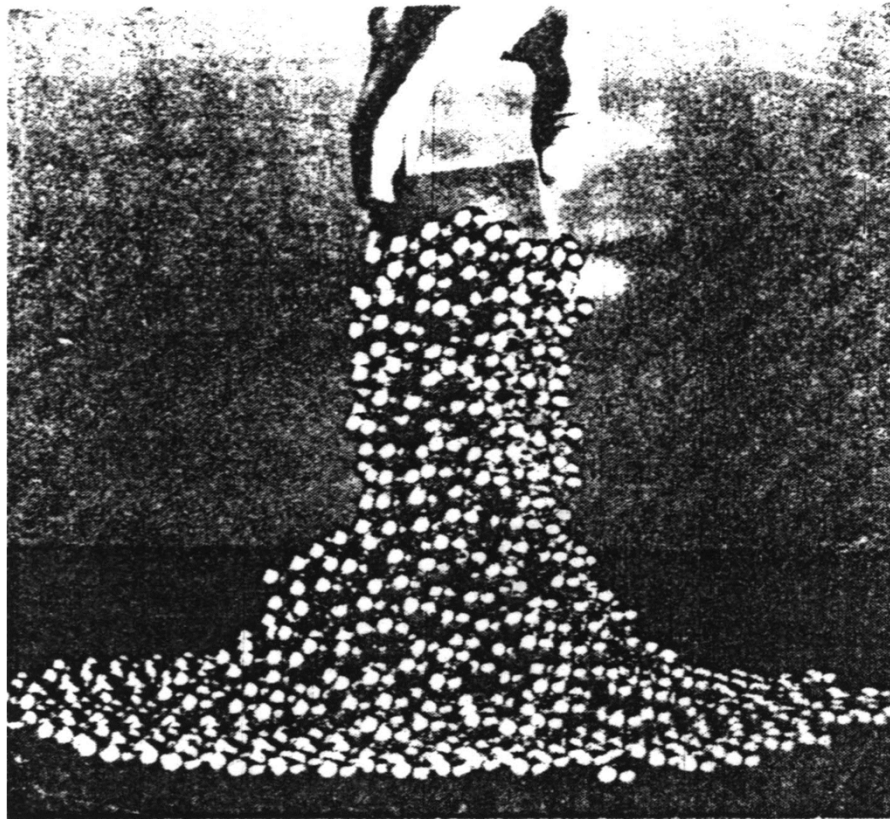
考虑电子自旋和轨道贡献, 表现为双峰效应

磁性双峰效应: **(La~Sm): Pr (max)**

(Sm~Ln): Dy

应用: 良好的磁性材料、永磁材料、MRI试剂

Nd-Fe-B: 磁铁王; SmCo_5 , 磁体



Nd-Fe-B 磁体的吸力

该磁体能吸起自重的 800 倍



镧系氧化物及氢氧化物的性质

- 属碱性氧化物，不溶于碱而易溶于酸（硝酸、盐酸等）； Ln_2O_3 在空气可吸收 CO_2 形成碳酸盐；高温灼烧过的 CeO_2 难溶于强酸，需加入还原剂（ H_2O_2 ）以助溶；氧化镨 Pr_6O_{11} /氧化铽 Tb_4O_7
- 氧化物（氢氧化物）：盐转化的重要中间体
- 氧化物（ Ln_2O_3 ）的重要用途：光学玻璃， CeO_2 作为抛光粉， Eu_2O_3 用于制造红色荧光粉等

● $\text{Ln}(\text{OH})_3$ 的碱性从上至下依次降低



$\text{Ln}(\text{OH})_3$ 的溶度积和开始沉淀的 pH

$\text{Ln}(\text{OH})_3$	颜色	开始沉淀的 pH			K_{sp}^θ
		硝酸盐	氯化物	硫酸盐	
$\text{La}(\text{OH})_3$	白	7.82	8.03	7.41	1.0×10^{-19}
$\text{Ce}(\text{OH})_3$	白	7.60	7.41	7.35	1.5×10^{-20}
$\text{Pr}(\text{OH})_3$	浅绿	7.35	7.05	7.17	2.7×10^{-22}
$\text{Nd}(\text{OH})_3$	紫红	7.31	7.02	6.95	1.9×10^{-21}
$\text{Sm}(\text{OH})_3$	黄	6.92	6.83	6.70	6.8×10^{-22}
$\text{Eu}(\text{OH})_3$	白	6.91	—	6.68	3.4×10^{-22}
$\text{Gd}(\text{OH})_3$	白	6.84	—	6.75	2.1×10^{-22}
$\text{Tb}(\text{OH})_3$	白	—	—	—	2.0×10^{-22}
$\text{Dy}(\text{OH})_3$	黄	—	—	—	1.4×10^{-22}
$\text{Ho}(\text{OH})_3$	黄	—	—	—	5.0×10^{-23}
$\text{Er}(\text{OH})_3$	浅红	6.76	—	6.50	1.3×10^{-23}
$\text{Tm}(\text{OH})_3$	绿	6.40	—	6.21	3.3×10^{-24}
$\text{Yb}(\text{OH})_3$	白	6.30	—	6.18	2.9×10^{-24}
$\text{Lu}(\text{OH})_3$	白	6.30	—	6.18	2.5×10^{-24}
$\text{Y}(\text{OH})_3$	白	6.95	6.78	6.83	—

Ln (III) 的重要盐类



卤化物、硫酸盐、草酸盐等

● 可溶盐: $\text{LnCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Ln}_2(\text{SO}_4)_3$ (形成复盐用于稀土分离)

● 难溶盐: $\text{Ln}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$, $\text{Ln}_2(\text{CO}_3)_3$, LnF_3 , LnPO_4

● Ln_2O_3 (或 Pr_6O_{11} , Tb_4O_7) + 相应的酸



相应盐的水合物



卤化物 LnX_3 :

氟化物 (LnF_3) 不溶于水, 在含 $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HNO_3 的盐溶液中加入 HF 或 F^- 离子, 得到 LnF_3 沉淀, 即使 F^- 过量也不形成氟配离子而溶解——镧系离子的定性鉴定;

氯化物/溴化物/碘化物: 溶于水和某些极性有机溶剂; 氟化物: 在甲醇/乙醇中易溶



● **Ln(III)** 盐的结晶水数不同，硝酸盐最高为 6，硫酸盐为 8，卤化物不同：

LnX_3	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sa	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
LnCl_3															
LnBr_3															
LnI_3															



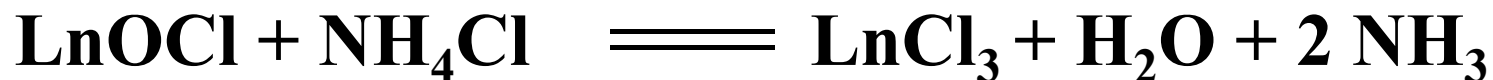
● 无水Ln(III)盐的制备

稀土无水盐的制备比较麻烦，直接加热会使其发生部分水解形成难溶的氯氧化物：



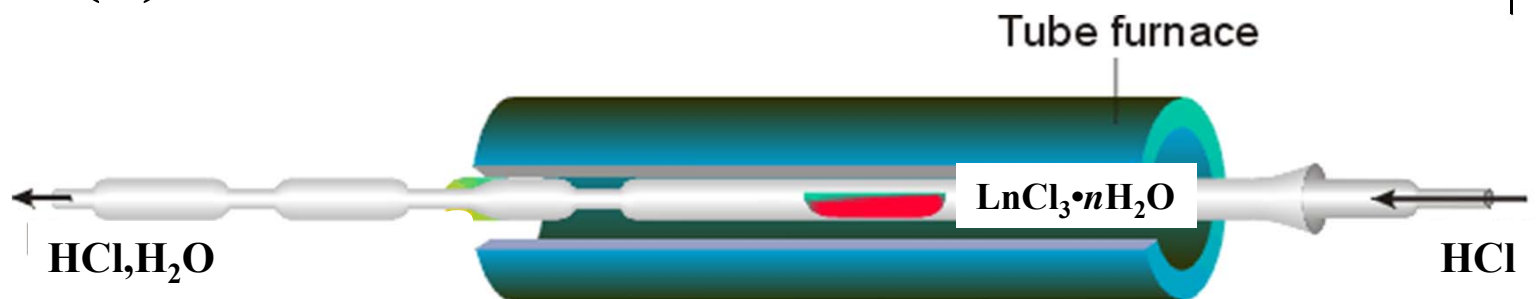
在氯化铵存在下、氯化氢气流中或真空脱水的方法制备。

(1) 氯化铵存在下会抑制 LnOCl 的生成：



● 无水稀土盐的制备

(2)



(3) 无水稀土氯化物：直接与过量 SOCl_2 在加热下回流3-4 hrs，蒸除过量 SOCl_2 ，再将样品放在真空干燥器内备用

原理： SOCl_2 与水极易反应生成 HCl 和 SO_2



- **硝酸盐**：溶解性很好，常用稀土盐

- **硫酸盐**：

(1) 水合硫酸盐在低温下脱水得到无水盐，升温后会发生分解反应变为碱式硫酸盐以及氧化物

(2) 易与 K^+ ， NH_4^+ ， Na^+ 等离子形成溶解度较小的复盐，应用在稀土元素的分离和提纯





草酸盐： $\text{Ln}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

(1) 不溶于水，在氯化物中加入草酸得到
 $\text{Ln}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 沉淀。

(2) 利用草酸盐在酸性介质中难溶性特点，
可通过形成草酸盐的方法将镧系离子和其
金属离子、轻重镧系元素的分离等；

(3) 草酸盐受热易分解形成相应的氧化物



✦ **II 价或IV价的盐:**

Ce(IV) (如硫酸高铈): 酸性介质中, 强氧化性

—— 滴定法测定 Fe^{2+} (铈量法)

Tb/Pr/Dy/Nd(IV) 离子: 在溶液中不能稳定存在;

以氧化物的形式存在, Pr_6O_{11} , Tb_4O_7

Eu/Sm/Yb(II) 离子: 强还原性, 易被氧化, 具

有与+3价离子不同的荧光/磁性能等;

Ln(II) 盐—— 无水 Ln(III) + Li还原

8. 轻稀土和重稀土元素各指哪些元素?

P₃₆₆₋₃₆₇ 镧系元素 / 稀土元素



稀土元素(**Rare Earth elements**), 18 世纪得名, “稀”指稀有, “土”是指其氧化物难溶于水。稀土元素在地壳中的含量并不稀少, 性质也不象土, 而是一组活泼金属。

“稀土”: 一种历史的习惯。

根据 **IUPAC** 规定, 把第**57**号至第**71**号的**15**个元素称为**镧系元素**, 用**Ln**表示; **Ln+Y/Sc**称为**稀土元素(17种元素)**, 用**RE**表示



➤ 稀土元素的发现历史：历时150多年

1787年，瑞典人C.A. Arrhenius在小镇**Ytterby**采石场中发现一种黑色矿石；1794年，芬兰人**加多林(J. Gadolin)**从中分离得到一种**新的氧化物**；1797年，A.G. Ekeberg将该矿石命名为 $(Y_2FeBe_2Si_2O_{10})$ 硅铍钇矿，该氧化物为**Yttria(Y_2O_3)**——发现**钇(Y)**，其后在矿中陆续发现一系列的钇族元素；从小镇**Ytterby**发现并命名了许多中稀土元素：**Y, Tb, Er, Yb**等

1947年，马林斯基 (J.A. Marinsky) 等：从人工铀裂变中分离得到 **Pm(钷，放射性元素)**。



表 1—1 稀土元素的发现年份、发现人和名称来源与涵义

年份	元素	发现人	名称来源与涵义
1794	Yttria	J. Gadolin	来自小镇名 <u>Ytterby</u>
1803	Ceria	M. H. Klaproth J. J. Berzelius W. Hisinger	纪念当时发现的谷 神星 Ceres
1814	Cerium(Ce)	J. J. Berzelius	同上
1839—41	Lanthanum (La)	C. G. Mosander	希腊字意为隐藏起来的
1839—41	Didymia (Di)	C. G. Mosander	希腊字意为孪生兄弟
1843	Yttrium(Y)	C. G. Mosander	来自小镇名 <u>Ytterby</u>
1878	Terbium(Tb)	M. Delafontaine J. C. G. de Marignac	来自小镇名 <u>Ytterby</u>
1878	Erbium(Er)	J. C. G. de Marignac	来自小镇名 <u>Ytterby</u>
1878	Ytterbium (Yb)	J. C. G. de Marignac	来自小镇名 <u>Ytterby</u>
1879	Samarium (Sm)	L. de Boisbaudran	从以俄国人 B. E. Самарский 命名的 Samarskite 矿 (铌钽矿)中提取而得名



年份	元素	发现人	名称来源与涵义
1879	Thulium (Tm)	P. T. Cleve	以斯堪的纳维亚的古老 名称Thule命名
1879	Holmium (Ho)	P. T. Cleve	以瑞典首都斯德哥尔摩 Stockholm命名
1880	Gadolinium (Gd)	J. C. G. de Marignac	以 J. Gadolin 的 名字命名
1885	Neodymium (Nd)	C. A. von Welsbach	希腊字意为 新的孪生子
1885	Praseodymium (Pr)	C. A. von Welsbach	希腊字意为绿色 的孪生子
1886	Dysprosium (Dy)	L. de Boisbaudran	希腊字意为难以 接近的
1896— 1901	Europium (Eu)	E. A. Demarcay	以欧洲Europe命名
1907	Lutetium (Lu)	G. Urbain C. Janz C. A. von Welsbach	以巴黎的古老名称 Lutetia命名
1947	Promethium (Pm)	J. A. Marinsky L. E. Glendenin C. D. Coryell	以希腊神话中盗火种给 人类的普罗美修斯 Prometheus命名

稀土元素分类

⁵⁷La ⁵⁸Ce ⁵⁹Pr ⁶⁰Nd ⁶¹Pm ⁶²Sm ⁶³Eu
镧 铈 镨 钕 钷 钐 铕

⁶⁴Gd ⁶⁵Tb ⁶⁶Dy ⁶⁷Ho ⁶⁸Er ⁶⁹Tm ⁷⁰Yb ⁷¹Lu
钆 铽 镝 钬 铒 铥 镱 镱

轻稀土组(铈组)

重稀土组(钇组)

(1) 两分组：铕以前叫轻稀土元素或称铈组元素；铕以后+钇叫重稀土元素或称钇组元素。

(2) 三分组：铈组(轻)、铽组(中稀土)、钇组(重)

La-Sm

Eu-Dy

Ho-Er



9. 稀土元素的存在、提取、性质和应用

资源分布情况：稀土元素在自然界中广泛存在，以矿物存在；在地壳中储藏量约占地壳的**0.0153%**，整个稀土元素在地壳中的丰度比一些常见元素要多，如比锌多3倍，比铅多9倍，比金多3万倍，在地壳中分布较广而显得稀少，属分散元素；

- 由于稀土/镧系元素性质相似，在自然界中共生存在，各元素的分离相当困难，很难获得纯的稀土金属。



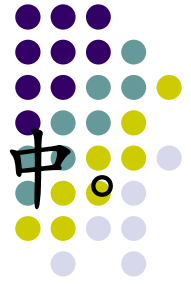
资源储量:

1993年, 探明的世界稀土工业储量 1亿吨 (以稀土氧化物计);

美国, 澳洲, 印度, 前苏联, 巴西等: 稀土储量很大

中国: 稀土资源大国, 几乎占全球储量的一半, 4800万吨; 18个省/自治区有稀土矿, 其中以内蒙古白云鄂博氟碳铈矿床为最大;

离子矿: 我国特有矿种, 稀土离子以吸附状态存在矿物中, 储量大, 品种全, 质量好, 开采成本低



由于稀土元素性质相似，常共生于同种矿物中。
按其存在形态，主要有三种类型的矿源：

a) 独立的稀土矿物；

独居石(混合磷酸盐)、氟碳铈镧矿

b) 以类质同晶的形式分散在方解石、磷灰石等矿物中；

c) 呈吸附状态存在于粘土矿、云母矿等矿物中
如铈硅石 $(\text{Ce, Y, Pr} \dots)\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、褐帘石等



● 矿物:

稀土矿约有 250种(含稀土, 非主要组分)

有工业价值的稀土矿物: 50 ~ 60种。

具有开采价值的只有10种左右

有代表性的稀土矿物

名称	主要化学组成	说明
独居石	$(\text{Ln}, \text{Th})\text{PO}_4$	Ln 主要代表 La, Ce 等轻稀土元素
氟碳铈镧矿	LnCO_3F	Ln 主要代表 La, Ce 等轻稀土元素
磷钇矿	YPO_4	除 YPO_4 外, 还含有重稀土元素磷酸盐



稀土元素的应用

稀土离子：4 f轨道，丰富的电子能级、较多的成单电子：

—— 优良的光电磁性质、生物活性、催化活性等；应用广泛：传统产业、高新技术产业

(a) 冶金行业：稀土作为添加剂，净化钢液，改变钢中杂物的形态和分布，改善钢的组织结构，达到改进合金的力学、物理、加工性能目的，同时耐腐蚀、热稳定性都会得到改善。

铸铁 / Mg 合金 / Al 合金等：广泛应用

(b) 玻璃陶瓷：—— 以稀土氧化物的形式

稀土抛光粉、稀土光学玻璃、陶瓷颜料、

稀土工程陶瓷 etc:

玻璃着色：玻璃 + Nd_2O_3 ：呈鲜红色；

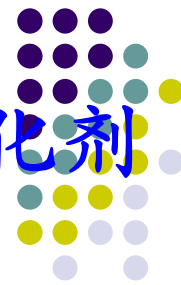
+ Pr_6O_{11} ：呈绿色

陶瓷： Y_2O_3 、 CeO_2 等

- 玻璃陶瓷材料：光学玻璃、光纤

CeO_2 (抛光剂), $\text{ZrO}_2:\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ ：镨黄陶瓷





(c) 石油化工行业：应用含稀土的分子筛催化剂

其催化活性比其他催化剂要高20~30%。

稀土离子的配位数可变，调节催化性能；

(d) 稀土农用：化肥、农药，可以改善水果增产，预防病虫害等。

不同稀土使用方法对部分农作物增产效果的影响

稀土使用方法		增产效果，%				
		春小麦	花生	大豆	甜菜	白菜
浸	种	10.8			10.2	
拌	种	8.3	8.3	6.7	10.3	15.5
喷	施	7.1	9.4	6.4	7.0	15.0



磁性材料

永磁材料：永磁体最基本的作用是在某一特定空间产生一恒定磁场，维持此磁场并不需要任何外部能源： SmCo_5 、Nd-Fe-B 等

磁光材料：指在紫外到红外波段，具有磁光效应的光信息功能，如磁光光盘等。

超磁致伸缩材料：指稀土-铁汞化合物具有比铁、镍等大得多的磁场伸缩值。可做声纳系统、驱动器等



发光 / 激光材料：因 f-f、f-d 跃迁而使发出的

光能量差大、波长短而成为发光宝库

含 Eu/Tb /Sm/ Yb /Ce等稀土元素

电视机红粉： $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$

三基色荧光粉：红粉 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$

绿粉： $(\text{Ce}, \text{Tb})\text{MgAl}_{11}\text{O}_{19}$



长余辉发光材料



灯用稀土荧光粉发展历史

1938年，G.E. Inman制备荧光灯(荧光粉： CaWO_4 (蓝)， $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ (绿粉)和 $\text{CdB}_2\text{O}_5:\text{Mn}^{2+}$ (红)；

1944年，A.H. Mckeay, 铈锰激发的卤磷酸钙荧光粉(卤粉)；1948年首次被应用到荧光灯；发光效率、量子产率等大大提高，但存在发光频率区间短(450~600nm)，光显色性差，稳定性差的缺点；



灯用稀土荧光粉发展历史

1974年，荷兰，

铝酸钡镁 ($\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$: 450nm, 蓝光材料)

$\text{MgAl}_{11}\text{O}_9:\text{Ce},\text{Tb}$: 545nm, 绿光材料

$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 611nm, 红光材料

制备三基色荧光灯

1995年，飞利浦公司推出T5细管稀土三基色荧光灯管，发光效率高达106lm/W, 寿命1600h, 开关2万次，实现“高效、节能、舒适、亮丽、长寿命”的新型电光源。在发达国家已经取代传统的粗型直管日光灯。

贮氢、发热、超导材料



超导材料的两大特性：临界温度 T_c 以下电阻为零，具有排斥磁场效应。人们渴望制备超导电缆，因为它可减少或避免能量损失，如可使粒子加速器再极高能量下操作。

1987年，中科院赵忠贤和美国Houston大学朱经武等独立发现 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 的超导体， T_c 达95 K。

LaNi_5H_x ：—— 储氢材料、镍基合金/La-Mg合金



医药中的应用：

抗凝血：因 RE^{3+} 对 Ca^{2+} 的拮抗作用所致。
烧伤药物；抗炎、杀菌；抗动脉硬化作用；
抗肿瘤；降血糖。

稀土制剂对皮肤病的疗效

病 例	例数, 人	痊愈, 人	有效, 人	无效, 人	有效率, %
脓 疱 疮	96	46	35	15	84.4
虫 咬 皮 炎	44	21	17	6	86.4
多发性疖疮	34	17	12	5	85.3
总 计	174	84	64	26	85.1