{{NoteTA

|G1=化學

}}

{{Elementbox

|name=铼

|enname=Rhenium

|number=75

|symbol=Re

|left=[[鎢]]

|right=[[鋨]]

|above=[[锝]]

|below=[[𨨏|-{zh-cn:-{钅}-<span style="position: relative; left: -1ex">-{波}-</span>; zh-tw:𨨏; zh-hk:𨨏;}-]]

|series=過渡金屬

|period=6

|group=7

|block=d

|image name=Rhenium\_single\_crystal\_bar\_and\_1cm3\_cube.jpg

|appearance=銀白色

|atomic mass=186.207

|electron configuration=&#91;[[氙|Xe]]&#93; 4f<sup>14</sup> 5d<sup>5</sup> 6s<sup>2</sup>

|electrons per shell=2, 8, 18, 32, 13, 2

|phase=固體

|density gpcm3nrt=21.02

|density gpcm3mp=18.9

|melting point K=3459

|melting point C=3186

|melting point F=5767

|boiling point K=5869

|boiling point C=5596

|boiling point F=10105

|heat fusion=60.43

|heat vaporization=704

|heat capacity=25.48

|vapor pressure 1=3303

|vapor pressure 10=3614

|vapor pressure 100=4009

|vapor pressure 1 k=4500

|vapor pressure 10 k=5127

|vapor pressure 100 k=5954

|vapor pressure comment=

|crystal structure=六方密堆積

|oxidation states='''7''', '''6''', 5, 4, 3, 2, 1, 0, -1<br />（微[[酸性]]氧化物）

|electronegativity=1.9

|number of ionization energies=4

|1st ionization energy=760

|2nd ionization energy=1260

|3rd ionization energy=2510

|atomic radius=137

|covalent radius=151±7

|magnetic ordering=[[順磁性]]<ref>[http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps\_info/engineering/elementmagn.pdf Magnetic susceptibility of the elements and inorganic compounds], in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition, CRC press. </ref>

|electrical resistivity at 20=193 n

|thermal conductivity=48.0

|thermal expansion=6.2

|speed of sound rod at 20=4700

|Young's modulus=463

|Shear modulus=178

|Bulk modulus=370

|Poisson ratio=0.30

|Mohs hardness=7.0

|Vickers hardness=2450

|Brinell hardness=1320

|CAS number=7440-15-5

|isotopes=

{{Elementbox\_isotopes\_stable|mn=185|sym=Re|na=37.4%|n=110}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2|mn=187|sym=Re

|na=62.6%|hl=4.12×10<sup>10</sup>[[年]]

|dm1=[[α衰變|α]]|de1=1.653|pn1=183|ps1=[[鉭|Ta]]

|dm2=[[β衰變|β<sup>−</sup>]]|de2=0.0026|pn2=187|ps2=[[鋨|Os]]}}

|isotopes comment=

|discovered by=[[小川正孝]]

|discovery date=1908

|first isolation by=小川正孝

|first isolation date=1908

|named by=[[沃爾特·諾達克]]、[[伊達·諾達克]]、[[奧托·伯格]]

|named date=1922

}}

'''錸'''是一種[[化學元素]]，符號為'''Re'''，[[原子序]]為75。錸是種銀白色的重金屬，在[[元素週期表]]中屬於[[第7週期元素|第7週期]][[過渡金屬]]。錸是地球[[地殼]]中最稀有的元素之一，平均含量估值為十億分之一。錸是熔點和沸點最高的元素之一。錸是[[鉬]]和[[銅]]提煉過程的副產品。錸的化學性質與[[錳]]相似，它在化合物中的[[氧化態]]低至−1，高至+7。

錸在1925年被科學家發現，是最後被發現的穩定元素。其名稱（Rhenium）來自[[歐洲]]的[[萊茵河]]（Rhine）。

[[鎳]]錸[[高溫合金]]可用於製造[[噴氣發動機]]的燃燒室、渦輪葉片及排氣噴嘴。這些合金最多含有6%的錸，這是錸最大的實際應用，其次就是作為化工產業中的催化劑。錸比[[鑽石]]更難取得，所以價格高昂，2011年8月平均每[[公斤]]售4,575美元（每金衡盎司142.30美元）。由於錸應用在高效能噴射及火箭引擎，所以在軍事戰略上十分重要。<ref>{{cite web |url=http://www.metalprices.com/FreeSite/metals/re/re.asp |title=Rhenium |work=MetalPrices.com |accessdate=February 2, 2012}}</ref>

==歷史==

錸（Rhenium）的名稱源自拉丁文{{lang|la|Rhenus}}，意為[[萊茵河]]。<ref>{{cite book|language=German|title=Forschen Suche und Sucht|first=Hans Georg|last=Tilgner|publisher=Books on Demand| year=2000|isbn=978-3-89811-272-7|url=http://books.google.com/?id=UWBWnMOGtMQC}}</ref>錸是擁有穩定同位素的元素中最後一個被發現的（之後科學家發現了其他沒有穩定同位素的放射性元素，如[[鎿]]和[[鈈]]等）。<ref name="usgs">{{cite web|publisher=[[United States Geological Survey]]|url=http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/|work=Minerals Information|title=Rhenium: Statistics and Information|year=2011|accessdate=2011-05-25}}</ref>[[德米特里·門捷列夫]]在發佈[[元素週期表]]時，就預測了這一元素的存在。英國物理學家[[亨利·莫塞萊]]在1914年推算了有關該元素的一些數據。<ref>{{cite journal|first=Henry|last=Moseley|title=The High-Frequency Spectra of the Elements, Part II|doi=10.1080/14786440408635141|journal=Philosophical Magazine|year=1914|pages=703–713|volume=27 |issue =160|url=http://www.chemistry.co.nz/henry\_moseley\_article.htm}}</ref>[[德國]]的[[沃爾特·諾達克]]（Walter Noddack）、[[伊達·諾達克]]、[[奧托·伯格]]（Otto Berg）在1925年表示在鉑礦和[[鈮鐵礦]]中探測到了此元素。他們後來也在[[硅鈹釔礦]]和[[輝鉬礦]]內發現了錸。<ref name='Ekamangane'>{{cite journal|last=Noddack|first=W.|coauthor=Tacke, I.; Berg, O.|title=Die Ekamangane| journal=Naturwissenschaften| year=1925|volume=13|issue=26 |pages=567–574|doi=10.1007/BF01558746 |bibcode=1925NW.....13..567.}}</ref>1928年，他們在660公斤輝鉬礦中提取出了1克錸元素。<ref name="1g">{{cite journal|last=Noddack| first=W.|coauthor=Noddack, I.|title=Die Herstellung von einem Gram Rhenium |journal=Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie|year=1929|volume=183|issue=1|pages =353–375|doi=10.1002/zaac.19291830126|language=German}}</ref>估計在1968年美國75%的錸金屬都用在科研以及[[難熔金屬]]合金的研製當中。幾年之後，高溫合金才得到廣泛使用。<ref>{{cite book| pages =4–5| url =http://books.google.de/books?id=oD8rAAAAYAAJ&pg=PA4| title =Trends in usage of rhenium: Report| author1 =Committee On Technical Aspects Of Critical And Strategic Material| first1 =National Research Council (U.S.)| year =1968}}</ref><ref>{{cite book

| url = http://books.google.com/?id=Wd9GAAAAYAAJ

| title = Rhenium alloys

| author1 = Savitskiĭ

| first1 = Evgeniĭ Mikhaĭlovich

| last2 = Tulkina

| first2 = Mariia Aronovna

| last3 = Povarova

| first3 = Kira Borisovna

| year = 1970}}</ref>

1908年，[[日本]]化學家[[小川正孝]]宣佈發現了第43號元素，並將其命名為「Nipponium」（Np），以紀念其本國日本（Nippon）。然而，後來的分析則指出，他所發現的是75號元素，而非43（即[[鍀]]）。<ref>{{cite journal|doi=10.1016/j.sab.2003.12.027|title=Discovery of a new element 'nipponiumʼ: re-evaluation of pioneering works of Masataka Ogawa and his son Eijiro Ogawa|year=2004|last=Yoshihara|first=H. K.|journal=Spectrochimica Acta Part B Atomic Spectroscopy|volume=59|pages=1305–1310|bibcode=2004AcSpe..59.1305Y|issue=8}}</ref>Np在今天是[[鎿]]（Neptunium）的化學符號。

==性質==

錸是一種銀白色金屬，其[[熔點]]在所有元素中是繼[[鎢]]和[[碳]]之後第三高的，[[沸點]]則居首位。錸的密度在元素中排第四位，前三位有[[鉑]]、[[銥]]和[[鋨]]。錸具[[六方密排]]晶體結構，晶格常數為''a''&nbsp;=&nbsp;276.1&nbsp;pm和''c''&nbsp;=&nbsp;445.6&nbsp;pm。<ref>{{cite journal |title=Effect of pressure and temperature on lattice parameters of rhenium|first1=L.G. |last1=Liu |last2= Takahashi|first2= T. |last3=Bassett |first3=W. A. |year=1970 |volume=31 |pages=1345–1351|doi = 10.1016/0022-3697(70)90138-1 |journal=Journal of Physics and Chemistry of Solids |issue=6|bibcode = 1970JPCS...31.1345L }}</ref>

商業用的錸一般呈粉末狀，可在真空或[[氫]]氣中經壓制或[[燒結]]製成高密度固體，其密度為金屬態的90%以上。錸金屬在[[退火]]時延展性很高，可彎曲和捲起。<ref name=CRC>{{cite book| first=C. R.|last=Hammond |chapter=The Elements|title=Handbook of Chemistry and Physics |edition=81st ed.| publisher =CRC press| isbn=0-8493-0485-7| year=2004}}</ref>錸﹣鉬[[合金]]在10 [[開爾文|K]]時是[[超導體]]，鎢﹣錸合金的超導溫度則在4至8 K。<ref>{{cite journal|title=Superconductivity of Some Alloys of the Tungsten-rhenium-carbon System|journal=Soviet Physics JETP|volume=27|pages=13|year=1968|bibcode=1968JETP...27...13N|last=Neshpor|first=V. S.|coauthors=Novikov, V. I.; Noskin, V. A.; Shalyt, S. S.|last2=Novikov|last3=Noskin|last4=Shalyt}}</ref>錸金屬在1.697 ± 0.006 K時成為超導體。<ref>{{cite book | editor= Haynes, William M. | year = 2011 | title = [[CRC Handbook of Chemistry and Physics]] | edition = 92nd|page=12.60 | publisher = [[CRC Press]] | isbn = 1439855110}}</ref>

<ref>{{cite web|url=http://stinet.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0622881|title=The Properties of Superconducting Mo-Re Alloys|author=Daunt, J. G.; Lerner, E.| publisher=[[Defense Technical Information Center]]}}</ref>

錸金屬塊在[[標準溫度和壓力]]下能抵抗鹼、[[硫酸]]、[[鹽酸]]、稀[[硝酸]]（非濃硝酸）以及[[王水]]。

===同位素===

{{Main|錸的同位素}}

錸只有一種穩定同位素錸-185，存量亦極低。自然產生的錸當中有37.4%的<sup>185</sup>Re以及62.6%的[[放射性]]<sup>187</sup>Re。後者的[[半衰期]]長達10<sup>10</sup>年。錸原子的電荷狀態可影響這一壽命。<ref>{{cite web|work=math.ucr.edu|url=http://math.ucr.edu/home/baez/physics/ParticleAndNuclear/decay\_rates.html|title=How to Change Nuclear Decay Rates|year=1993|first=Bill|last=Johnson|accessdate=2009-02-21}}</ref><ref name="Bosch1996">{{cite journal|last1=Bosch|first1=F.|last2=Faestermann|first2=T.|last3=Friese|first3=J.|last4=Heine|first4=F.|last5=Kienle|first5=P.|last6=Wefers|first6=E.|last7=Zeitelhack|first7=K.|last8=Beckert|first8=K.|last9=Franzke|first9=B.|last10=Klepper|first10=O.|last11=Kozhuharov|first11=C.|last12=Menzel|first12=G.|last13=Moshammer|first13=R.|last14=Nolden|first14=F.|last15=Reich|first15=H.|last16=Schlitt|first16=B.|last17=Steck|first17=M.|last18=Stöhlker|first18=T.|last19=Winkler|first19=T.|last20=Takahashi|first20=K.|displayauthors=3|title=Observation of bound-state ''β''<sup>–</sup> decay of fully ionized <sup>187</sup>Re: <sup>187</sup>Re-<sup>187</sup>Os Cosmochronometry|year=1996|journal=[[Physical Review Letters]]|volume=77|issue=26|pages=5190–5193|doi=10.1103/PhysRevLett.77.5190|bibcode=1996PhRvL..77.5190B|pmid=10062738}}</ref><sup>187</sup>Re的[[β衰變]]可用於[[錸鋨定年法]]，以測量礦石的年齡。這一β衰變的能量為2.6 [[電子伏特|keV]]，是所有[[放射性核素]]中最低的之一。錸-186m是壽命最長的[[同核異構體]]之一，半衰期長達20萬年左右。其他已知放射性錸同位素還有25種。<ref name="Audi">{{cite journal|first=Audi|last=Georges |title=The NUBASE Evaluation of Nuclear and Decay Properties|journal=Nuclear Physics A|volume=729|pages=3–128|publisher=Atomic Mass Data Center|year=2003|doi=10.1016/j.nuclphysa.2003.11.001|bibcode=2003NuPhA.729....3A|last2=Bersillon|first2=O.|last3=Blachot|first3=J.|last4=Wapstra|first4=A.H.}}</ref>

===化合物===

{{Category see also|錸化合物}}

錸在化合物中的可以取−3至+7[[氧化態]]，−2除外。+7、+6、+4和+2氧化態最為常見。<ref name="HollemanAF">{{cite book|publisher = Walter de Gruyter|year = 1985|edition = 91–100|pages = 1118–1123|isbn = 3-11-007511-3|title = Lehrbuch der Anorganischen Chemie|first = Arnold F.|last = Holleman|coauthors = Wiberg, Egon; Wiberg, Nils;|chapter = Rhenium| language = German}}</ref>商業用錸一般以[[高錸酸鹽]]出售，如白色水溶的[[高錸酸鈉]]和[[高錸酸銨]]等。<ref name=Brauer>Glemser, O. (1963) "Ammonium Perrhenate" in ''Handbook of Preparative Inorganic Chemistry'', 2nd ed., G. Brauer (ed.), Academic Press, NY., Vol. 1, pp. 1476–85.</ref>

====鹵化物與鹵氧化物====

最常見的氯化錸有ReCl<sub>6</sub>、[[五氯化錸|ReCl<sub>5</sub>]]、ReCl<sub>4</sub>和[[三氯化錸|ReCl<sub>3</sub>]]。<ref name=G&W>{{Greenwood&Earnshaw2nd}}</ref>這些化合物的結構一般含有錸﹣錸鍵，這在+7態以下十分常見。[Re<sub>2</sub>Cl<sub>8</sub>]<sup>2-</sup>鹽中含有[[四重鍵|四重]]金屬﹣金屬鍵。氯化錸的最高氧化態可以是+6，而氧化態最高的氟化錸則有[[七氟化錸]]。錸還擁有溴化物和碘化物。

錸的化學性質與鎢和鉬相似，因此錸也可以形成各種[[鹵氧化物]]。最為常見的是氯氧化物，包括ReOCl<sub>4</sub>和ReO<sub>3</sub>Cl的。

====氧化物與硫化物====

[[File:Perrhenic-acid-3D-balls.png|left|thumb|120px|高錸酸的結構特殊]]

[[七氧化二錸|Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]]無色，具揮發性，是最常見的氧化錸。其分子結構與大部份金屬氧化物不同。ReO<sub>3</sub>具不完整[[鈣鈦礦]]結構。其他氧化物還包括Re<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、[[二氧化錸|ReO<sub>2</sub>]]及Re<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。<ref name=G&W/>錸的[[硫化物]]有ReS<sub>2</sub>和Re<sub>2</sub>S<sub>7</sub>。高錸酸鹽可經[[氫硫化銨]]轉換為[[四硫代高錸酸鹽]]。<ref>{{cite journal|last =Goodman|first=J. T.|coauthor=Rauchfuss, T. B.|title=Tetraethylammonium-tetrathioperrhenate [Et<sub>4</sub>N] [ReS<sub>4</sub>]|journal=[[Inorganic Syntheses]]|year=2002|volume=33|pages=107–110}}</ref>

====其他化合物====

[[二硼化錸]]（ReB<sub>2</sub>）的硬度極高，與[[碳化鎢]]、[[碳化硅]]、[[二硼化鈦]]和[[二硼化鋯]]相近。<ref>{{cite journal| first=Jiaqian|last=Qin|coauthors= He, Duanwei; Wang, Jianghua; Fang, Leiming; Lei, Li; Li, Yongjun; Hu, Juan; Kou, Zili; Bi, Yan|title=Is Rhenium Diboride a Superhard Material?| journal= Advanced Materials |volume=20|year =2008| pages=4780–4783| doi=10.1002/adma.200801471| issue=24}}</ref>

====有機化合物====

有機錸化學中最常用的初始化合物是[[十羰基二錸]]。鈉[[汞齊]]可將它還原成Na[Re(CO)<sub>5</sub>]，其中錸的氧化態為−1。<ref>{{cite journal|doi = 10.1002/cber.19901230103|title = Nucleophile Addition von Carbonylmetallaten an kationische Alkin-Komplexe [CpL2M(η2-RC≡CR)]+ (M = Ru, Fe): μ-η1:η1-Alkin-verbrückte Komplexe|year = 1990|author = Breimair, Josef|journal = Chemische Berichte|volume = 123|pages = 7|last2 = Steimann|first2 = Manfred|last3 = Wagner|first3 = Barbara|last4 = Beck|first4 = Wolfgang}}</ref>[[溴]]可把十羰基二錸氧化成[[五羰基溴化錸]]：<ref>{{cite journal|journal=[[Inorganic Syntheses]]|title=Pentacarbonylrhenium Halides|first=Steven P.|last =Schmidt|coauthors=Trogler, William C.; Basolo, Fred| volume=28|year=1990|pages=154–159|doi=10.1002/9780470132593.ch42|series=Inorganic Syntheses|isbn=978-0-470-13259-3}}</ref>

:Re<sub>2</sub>(CO)<sub>10</sub> + Br<sub>2</sub> → 2 Re(CO)<sub>5</sub>Br

[[鋅]]和[[乙酸]]可再將其還原為[[五羰基氫錸]]：<ref name=Urb>{{cite journal|author=Michael A. Urbancic, John R. Shapley|title=Pentacarbonylhydridorhenium|journal=[[Inorganic Syntheses]]|volume=28|pages=165–168|year=1990|doi =10.1002/9780470132593.ch43|series=Inorganic Syntheses|isbn=978-0-470-13259-3}}</ref>

:Re(CO)<sub>5</sub>Br + Zn + HOAc → Re(CO)<sub>5</sub>H + ZnBr(OAc)

Methylrhenium trioxide（CH<sub>3</sub>ReO<sub>3</sub>，縮寫MTO）是一種揮發性無色固體，可作為某些化學反應的[[催化劑]]。該化合物有多種合成途徑，最常見的是使Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>與[[四甲基錫]]反應：

:Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Sn → CH<sub>3</sub>ReO<sub>3</sub> + (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>SnOReO<sub>3</sub>

也存在對應的烷基和芳基化合物。MTO可催化[[過氧化氫]]氧化反應。末端[[炔烴]]會產生對應的酸或脂，內在炔烴產生二酮類，而[[烯烴]]則產生[[環氧化合物]]。MTO還能催化[[醛]]和[[重氮甲烷|重氮烷烴]]至烯烴的轉換反應。<ref>Hudson, A. (2002) “Methyltrioxorhenium” in ''Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis''. John Wiley & Sons: New York, ISBN 9780470842898, {{DOI|10.1002/047084289X}}.</ref>

====九氫合錸酸鹽====

[[File:Nonahydridorhenate-3D-balls.png|right|thumb|120px|{{chem|ReH|9|2-}}的結構]]

[[九氢合铼酸钾|九氫合錸酸鹽]]是一種特殊的錸化合物。九氫合錸酸負離子（{{chem|ReH|9|2-}}）原先被認為是錸負離子Re<sup>−</sup>。該離子中錸的氧化態為+7。

===存量===

[[Image:Molybdenit 1.jpg|thumb|left|輝鉬礦]]

錸是地球[[地殼]]中[[地球的地殼元素豐度列表|最稀有]]的元素之一，平均含量為十億分之一；<ref name=G&W/>某些文獻記載的錸含量為十億分之0.5。地球地殼元素含量從高至低排列，則錸居第77位。<ref name="Emsley2001p358">{{cite book |title=Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements|last=Emsley|first=John|publisher=Oxford University Press|year=2001|location=Oxford, England, UK|isbn=0-19-850340-7|chapter=Rhenium|pages=358–360|url=http://books.google.com/?id=j-Xu07p3cKwC}}</ref>純錸不出現在自然中。[[輝鉬礦]]主要由[[二硫化鉬]]組成，但能含最多0.2%的錸元素。這是錸的主要商業開採來源。<ref name=G&W/>單一輝鉬礦樣本中的錸含量可高達1.88%。<ref name="Rousch"/>[[智利]]擁有全球最大的錸礦藏（夾雜在銅礦藏中），截止2005年是世界最大的錸出產國。<ref>{{cite web|url=http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2005/cimyb05.pdf |format=PDF|first=Steve T|last=Anderson| publisher=[[United States Geological Survey]]|title=2005 Minerals Yearbook: Chile|accessdate=2008-10-26}}</ref>1994年，科學家在[[俄羅斯]][[千島羣島]]之一[[擇捉島]]上的庫德里亞維火山（Kudriavy）上首次發現錸[[礦物]]。這種礦物在[[火山噴氣孔]]凝聚形成，成份主要為二硫化錸。<ref>{{cite journal|last=Korzhinsky|first=M.A.|coauthors=Tkachenko, S. I.; Shmulovich, K. I.; Taran Y. A.; Steinberg, G. S.| date=2004-05-05|title=Discovery of a pure rhenium mineral at Kudriavy volcano|journal=[[Nature (journal)|Nature]]|volume=369|pages=51–52|doi=10.1038/369051a0|issue=6475|bibcode = 1994Natur.369...51K }}</ref>庫德里亞維山每年主要以二硫化錸的形式噴出20至60公斤錸。<ref>{{cite journal| last1 = Kremenetsky| first1 = A. A.| last2 = Chaplygin| first2 = I. V.| title = Concentration of rhenium and other rare metals in gases of the Kudryavy Volcano (Iturup Island, Kurile Islands)| journal = Doklady Earth Sciences| volume = 430| pages = 114| year = 2010| doi = 10.1134/S1028334X10010253|bibcode = 2010DokES.430..114K }}</ref><ref>{{cite journal | last1 = Tessalina | first1 = S | last2 = Yudovskaya | first2 = M | last3 = Chaplygin | first3 = I | last4 = Birck | first4 = J | last5 = Capmas | first5 = F | title = Sources of unique rhenium enrichment in fumaroles and sulphides at Kudryavy volcano | journal = Geochimica et Cosmochimica Acta | volume = 72 | pages = 889 | year = 2008 | doi = 10.1016/j.gca.2007.11.015 | bibcode=2008GeCoA..72..889T | issue = 3}}</ref>錸礦（rheniite）十分罕有，收藏價格很高。<ref>{{cite web|url=http://www.galleries.com/minerals/sulfides/rheniite/rheniite.htm|publisher=Amethyst Galleries|title=The Mineral Rheniite}}</ref>

==生產==

[[Image:Ammonium perrhenate.jpg|thumb|right|高錸酸銨]]

錸是從硫化銅礦石提煉過程中的含鉬焙燒煙氣提取出來的。鉬礦石含有0.001%至0.2%的錸元素。<ref name=G&W/><ref name="Rousch">{{cite journal|doi = 10.1021/cr60291a002|title = Recent advances in the chemistry of rhenium|year = 1974|author = Rouschias, George|journal = Chemical Reviews|volume = 74|pages = 531|issue = 5}}</ref>從煙氣物質中可用水淋洗出[[七氧化二錸]]和[[高錸酸]]，再用[[氯化鉀]]或[[氯化銨]]使其沉澱為高錸酸鹽，最後以[[重結晶]]方法進行純化。<ref name=G&W/>錸的全球年產量在40至50噸之間，主要產國有[[智利]]、[[美國]]、[[秘魯]]和[[波蘭]]。<ref name="USGS\_2012\_summary">{{cite web|title=Rhenium|work=Mineral Commodity Summaries |publisher=U.S. Geological Survey|month=January|year=2012|url=http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/mcs-2012-rheni.pdf|format=PDF|first=Michael J.|last=Magyar|accessdate=2013-09-04}}</ref>另外，鉑﹣錸催化劑和某些錸合金的回收過程每年可產出10噸錸。每公斤錸價格從2003至2006年的1千至2千美元迅速升至2008年2月的1萬美元以上。<ref name="minormetals">{{cite web|title=MinorMetal prices|publisher=minormetals.com|url=http://www.minormetals.com/|accessdate=2008-02-17}}</ref><ref>{{cite web|url=http://in.reuters.com/article/oilRpt/idINL1037587920080710|first=Jan|last=Harvey|title=Analysis: Super hot metal rhenium may reach "platinum prices"|date=2008-07-10|accessdate=2008-10-26|publisher=Reuters India}}</ref>要製成錸金屬，需在高溫下用[[氫氣]]還原[[高錸酸銨]]：<ref name=Brauer/>

:2 NH<sub>4</sub>ReO<sub>4</sub> + 7 H<sub>2</sub> → 2 Re + 8 H<sub>2</sub>O + 2 NH<sub>3</sub>

==應用==

[[Image:Engine.f15.arp.750pix.jpg|thumb||right|[[F100渦輪扇發動機]]使用第二代含錸高溫合金]]

全球錸產量的70%都用於製造[[噴射引擎]]的[[高溫合金]]部件。<ref name ="Naumov">{{cite journal|title=Rhythms of rhenium|journal=Russian Journal of Non-Ferrous Metals|volume=48|issue=6|year=2007|doi=10.3103/S1067821207060089|pages=418–423|first=A. V.|last=Naumov}}</ref>錸的另一主要應用是在鉑﹣錸[[催化劑]]，可用於生產無[[鉛]]、高[[辛烷]]的[[汽油]]。<ref name="USGS\_2009\_yearbook">{{cite web|title=2009 Mineral Yearbook: Rhenium|date=April 2011|url=http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/myb1-2009-rheni.pdf|format=PDF| first=Michael J.|last=Magyar|publisher=United States Geological Survey}}</ref>

===合金===

加入錸會提升鎳[[高溫合金]]的[[蠕變]]強度。錸合金一般含有3%至6%的錸。<ref>{{cite web|title=Nickel Based Superalloys|first=H. K. D. H. |last=Bhadeshia|url=http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2003/Superalloys/superalloys.html|publisher=University of Cambridge| accessdate=2008-10-17}}</ref>第二代合金的含錸量為3%，曾用在[[F-16]]和[[F-15]]戰機引擎中。第三代單晶體合金的含錸量則有6%，曾用在[[F-22]]和[[F-35]]引擎中。<ref name="USGS\_2009\_yearbook"/><ref>{{cite book |title=Aerospace Materials: An Oxford-Kobe Materials Text|first=B.|last=Cantor|coauthors=Grant, Patrick Assender Hazel|publisher=CRC Press| year=2001|isbn=978-0-7503-0742-0|url=http://books.google.com/?id=n09-HajhRHYC |pages=82–83}}</ref>錸高溫合金還用於工業[[燃氣輪機]]。高溫合金在加入錸後會形成拓撲密排相（TCP），因此其微結構會變得不穩定。第四代和第五代高溫合金使用[[釕]]以避免這一現象。

[[File:CFM56 P1220759.jpg|thumb|left|仍使用3%錸合金的CFM56噴射引擎]]

2006年的錸消耗量分別為：[[通用電氣]]28%，[[勞斯萊斯股份有限公司]]28%，[[普惠公司]]12%，皆用於生產高溫合金。另有14%用作催化劑，18%作其他用途。<ref name ="Naumov"/>由於軍用噴射引擎需求持續增加，因此有必要研發含錸量更低的高溫合金，以維持供應。比如，新型[[CFM56]]高壓渦輪（HPT）葉片使用的合金含1.5%的錸，以取代含錸量為3%的合金。<ref>{{cite journal | last1 = Fink | first1 = Paul J. | last2 = Miller | first2 = Joshua L. | last3 = Konitzer | first3 = Douglas G. | title = Rhenium reduction—alloy design using an economically strategic element | journal = JOM | volume = 62 | pages = 55 | year = 2010 | doi = 10.1007/s11837-010-0012-z|bibcode = 2010JOM....62a..55F }}</ref><ref>{{cite web| first =Douglas G. | last =Konitzer | url = http://web.archive.org/web/20110725021809/http://memagazine.asme.org/Articles/2010/September/Design\_Era\_Constrained.cfm | title = Design in an Era of Constrained Resources | accessdate = 2010-10-12| date = 2010-09}}</ref>

錸可增強[[鎢]]的物理性質。鎢﹣錸合金在低溫下可塑性更高，易於製造、塑形，且在高溫下的穩定性也得以提高。這一變化會隨錸含量增加，所以鎢﹣錸合金含有27%的錸，即錸在鎢中的溶解極限。<ref>{{cite book|title=Tungsten: properties, chemistry, technology of the element, alloys, and chemical compounds|first=Erik|last=Lassner|coauthor=Schubert, Wolf-Dieter| publisher=Springer|year=1999|isbn=978-0-306-45053-2|url=http://books.google.com/?id=foLRISkt9gcC&pg=PA256|page=256}}</ref>[[X射線]]源是鎢﹣錸合金的其中一個應用。鎢和錸的熔點和原子量都很高，有助於抵抗持續的電子撞擊。<ref>{{cite book|title =Practical radiotherapy physics and equipment|first=Pam|last=Cherry|coauthor=Duxbury, Angela|publisher=Cambridge University Press|year=1998|isbn=978-1-900151-06-1|url =http://books.google.com/?id=5WIBbmmDm-gC&pg=PA55|page=55}}</ref>這種合金還用作[[熱電偶]]，可測量最高2200 °C的溫度。<ref>{{cite journal |title=Tungsten-Rhenium Thermocouples for Use at High Temperatures|journal=Review of Scientific Instruments|volume=39|pages=1233|year=1968|doi=10.1063/1.1683642|first= R.|last=Asamoto|coauthors=Novak, P. E.|issue=8|bibcode = 1968RScI...39.1233A }}</ref>

錸在高溫下十分穩定，蒸氣壓低，耐磨損，且能夠抵禦電弧腐蝕，所以是很好的自動清洗電觸頭材料。開關時的電火花會對觸頭進行氧化耗損。不過，七氧化二錸（Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>）在360 °C左右昇華，所以會在放電過程中移去。<ref name ="Naumov"/>

錸與鉭和鎢一樣具有高熔點和低蒸氣壓，所以用這些材料製成的燈絲在氧氣環境下穩定性較高。<ref>{{cite journal|doi=10.1021/j100873a513|year=1966|last=Blackburn|first=Paul E.|journal=The Journal of Physical Chemistry|volume=70|pages=311–312|title=The Vapor Pressure of Rhenium}}</ref>這類燈絲被廣泛用於[[質譜儀]]、[[電離壓力計]]<ref>{{cite journal|title=Tungsten-Rhenium Filament Lifetime Variability in Low Pressure Oxygen Environments|last= Earle|first=G. D.|coauthors=Medikonduri, R.; Rajagopal, N.; Narayanan, V.; Roddy, P. A.|journal= IEEE Transactions on Plasma Science|volume=33|issue=5|pages=1736–1737|doi =10.1109/TPS.2005.856413|year=2005|bibcode = 2005ITPS...33.1736E }}</ref>及照相閃光燈等。<ref>{{cite book|title=The chemical element: a historical perspective|first=Andrew|last=Ede| publisher=Greenwood Publishing Group|year=2006|isbn=978-0-313-33304-0}}</ref>

===催化劑===

錸﹣鉑合金是[[催化重整]]過程中的一種催化劑。這種石油加工過程能夠提高[[石腦油]]的[[辛烷值]]。用於催化重整的催化劑當中，30%含有錸。<ref>{{cite journal|title=Rhenium-containing catalysts in reactions of organic compounds|year=1998|journal=Russian Chemical Reviews|volume=67|pages=157–177|doi=10.1070/RC1998v067n02ABEH000390|first=Margarita A.|last= Ryashentseva|issue=2|bibcode = 1998RuCRv..67..157R }}</ref>在[[礬土]]（氧化鋁）表面塗上錸，可作為[[烯烴複分解反應]]的催化劑。<ref>{{cite journal|journal=Catalysis Today |volume=51| issue=2|year=1999|pages=289–299|title=Olefin metathesis over supported rhenium oxide catalysts|first=Johannes C.|last=Mol|doi=10.1016/S0920-5861(99)00051-6}}</ref>含錸催化劑可抗禦氮、硫和磷的催化劑中毒現象，因此被用在某些氫化反應中。<ref name=CRC/><ref>{{cite journal|journal=Ind. Eng. Chem. Res.|volume=38|issue=5|pages=1830–1836|year=1999|title=Selective Rhenium Recovery from Spent Reforming Catalysts|doi= 10.1021/ie9806242|first=T. N. |last=Angelidis|coauthors=Rosopoulou, D. Tzitzios V.}}</ref><ref>{{cite journal|title=The Oxidation State of Rhenium and Its Role in Platinum-Rhenium|url=http://www.platinummetalsreview.com/pdf/pmr-v22-i2-057-060.pdf |format=PDF| first=Robert|last=Burch|journal=Platinum Metals Review|year=1978|volume=22|issue=2|pages =57–60}}</ref>

===其他用途===

<sup>188</sup>Re和<sup>186</sup>Re同位素具有放射性，可用於治療[[肝癌]]。兩者在身體組織的穿透深度相近，分別為11毫米和5毫米，但<sup>186</sup>Re的半衰期較長（90小時，相比17小時），所以更為優勝。<ref name="Dilw">{{cite journal| first=Jonathan R.|last=Dilworth|coauthor =Parrott, Suzanne J.|title=The biomedical chemistry of technetium and rhenium| journal=Chemical Society Reviews|year= 1998|volume=27|pages=43–55|doi=10.1039/a827043z}}</ref><ref>{{cite web|publisher=[[Oak Ridge National Laboratory]]|title=The Tungsten-188 and Rhenium-188 Generator Information|year=2005|url=http://www.ornl.gov/sci/nuclear\_science\_technology/nu\_med/188info.htm|accessdate=2008-02-03 |archiveurl = http://web.archive.org/web/20080109170105/http://www.ornl.gov/sci/nuclear\_science\_technology/nu\_med/188info.htm <!-- Bot retrieved archive --> |archivedate = 2008-01-09}}</ref>

<sup>188</sup>Re還被用於一種新型胰腺癌療法：用[[李斯特菌]]攜帶這一錸放射性同位素進入身體，針對性地對抗癌組織。<ref>{{cite web|last=Baker|first=Monya|title=Radioactive bacteria attack cancer|url=http://www.nature.com/news/radioactive-bacteria-attack-cancer-1.12841|work=Nature|date=22 April 2013}}</ref>

錸在元素週期表中位於[[鍀]]之下，所以根據週期規律，兩者的性質相近。含錸化合物可以很容易地轉換為對應的鍀化合物。這在放射性藥物學中非常有用，因為鍀（特別是醫學常用的鍀-99m同位素）價格高，半衰期短，所以很難直接使用。<ref name="Dilw"/><ref>{{cite journal|doi=10.1039/QR9621600299|title=An outline of technetium chemistry|year=1962|author=Colton, R.|coauthor=Peacock R. D.|journal=Quarterly Reviews Chemical Society|volume=16|pages=299–315|issue=4}}</ref>

==安全==

由於用量一般很少，所以人們對錸以及錸化合物的毒性所知甚少。鹵化錸和高錸酸鹽等可溶鹽的有害性可能來自錸或者其他所含元素。<ref name="Emsley">{{cite book|title=Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements|last=Emsley|first=J.|publisher=Oxford University Press|year=2003|location=Oxford, England, UK|isbn=0-19-850340-7|chapter=Rhenium| pages=358–361}}</ref>科學家只對極少數錸化合物作過毒性測試，包括高錸酸鉀和三氯化錸。試驗以老鼠作為對象，測得高錸酸鉀的7天[[半數致死量|LD<sub>50</sub>]]值為2800&nbsp;mg/kg，三氯化錸的LD<sub>50</sub>值為280&nbsp;mg/kg。<ref>{{cite journal|title=Pharmacology and toxicology of potassium perrhenate and rhenium trichloride|pages=321–323|first =Thomas J.|last=Haley|coauthor= Cartwright, Frank D.|doi=10.1002/jps.2600570218|journal=Journal of Pharmaceutical Sciences|volume=57|issue=2|year=1968|pmid=5641681}}</ref>

==參考資料==

{{Reflist|colwidth=30em}}

==外部鏈接==

\* [http://www.periodicvideos.com/videos/075.htm Rhenium] at ''The Periodic Table of Videos''（諾丁漢大學）

{{元素週期表}}

{{錸化合物}}

[[Category:过渡金属]]

[[Category:铼| ]]

[[Category:第6周期元素|6U]]

[[Category:化学元素|6U]]

{{Link GA|de}}

{{Link GA|en}}

{{Link FA|el}}

{{Link GA|es}}