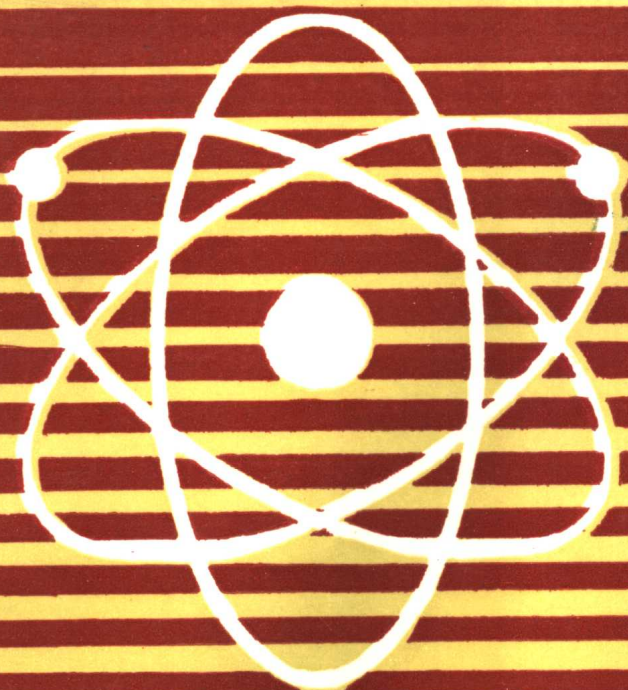




赵 凤 民
陈 璋 如
张 静 宜
王 文 广
编 著

铀矿物鉴定手册

YOUKUANGWU
JIANDING
SHOUCE

原子能出版社

铀矿物鉴定手册

赵凤民 陈璋如 编著
张静宜 王文广
陈肇博 马永焕 审校

原子能出版社

内 容 简 介

本书共分三篇：第一篇为铀矿物研究方法；第二篇为铀矿物各论，本篇以铀矿物晶体化学分类为基础，比较系统地全面地叙述了国内外1982年以前发表的铀矿物的矿物学资料；第三篇为铀矿物鉴定表，其中包括X射线粉晶数据索引。书后附有中、英、俄文铀矿物名称索引。

本书适用于从事铀矿物研究和鉴定的岩矿工作者，亦可供铀矿地质工作者和高等院校的教师、研究生、大学生参考。

铀矿物鉴定手册

赵凤民 陈璋如 编著

张静宜 王文广

陈肇博 马永焕 审校

责任编辑 许文麟

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

国防科工委印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

16开本 787×1092 1/16 ·印张 32.5 ·字数 786 千字

1988年7月北京第一版·1988年7月北京第一次印刷

印数1—1000

统一书号：15175·604 定价：8.50 元

ISBN 7-5022-0074-6/P·3

前 言

六十年代以来,随着近代科学技术的迅速发展,新的分析、测试技术在矿物研究工作中的广泛应用,使矿物学正在经历着一个崭新的时代。作为核燃料资源的铀矿物的研究面貌也焕然一新,无论是对其本质的认识,还是对矿物种的扩大都有了新的进展;一些错误的概念不断被纠正,新的矿物种陆续被发现。此外,铀矿地质工作不断深入发展,对铀矿物的研究提出了更高的要求。在新的形势下原有的铀矿物学方面的书籍已经远远不能满足工作的需要。为此,我们收集和整理了1982年以前(重点是六十年代以来)的铀矿物资料,编写了这本《铀矿物鉴定手册》,以提供一本资料较全的铀矿物研究和鉴定的工具书。

本书共分三大部分:第一篇为铀矿物研究鉴定方法。鉴于目前已出版的有关学科书籍对绝大部分鉴定、分析方法已有详细的描述,本书仅对主要应用于铀矿物的鉴定和分析方法加以介绍。第二篇为铀矿物各论。铀矿物分类是以西多连科(Г.А. Сидоренко)的铀矿物晶体化学分类为基础,并根据新资料作了必要的调整和补充。各类矿物分章介绍,每章中,先对该类矿物作一概述,然后分族介绍矿物的晶体结构特点,并对一些共性和特性作概括描述,以加深对本族矿物的认识。单个矿物的描述采取从宏观到微观的顺序。矿物的各种数据都不采用区间值,而列出具有代表性和特殊性的数据,以利借鉴。第三篇列出了常用的铀矿物鉴定表:光性鉴定表、X射线粉晶数据索引、荧光鉴定表、颜色比重鉴定表和阴阳离子鉴定表。本书最后附有中文、英文、俄文铀矿物名称(包括同义词)索引和参考文献。

本书由北京铀矿地质研究所岩矿室组织编写。王文广负责编写铀矿物鉴定分析方法部分。张静宜负责编写铀矿物晶体结构、X射线粉晶分析数据和X射线粉晶数据索引。陈璋如负责编写铀的复杂氧化物、铀酰钼酸盐、铀酰硫酸盐、铀酰砷酸盐、铀酰亚硒酸盐、铀酰亚碲酸盐以及铀酰磷酸盐类矿物。其余部分均由赵凤民负责编写。全书由赵凤民统稿。

在编写过程中我们除引用公开发表的资料外,还引用了北京铀矿地质研究所一些最新研究成果和未发表的资料,其中有甘鑫平的铀矿物差热分析资料,涂江汉等的铀矿物显微荧光测试数据,高民的径迹蚀刻在岩矿工作中的应用和其它方面的有关资料。本书图件由邓爱萍、王玉春、许怀惠清绘。全书由陈肇博、马永焕审校,王德荫审阅了部分底稿。另外徐国庆等对本书编写工作提供了许多宝贵意见,在此表示感谢。

编写说明

本书收集了到1982年为止的主要铀矿物资料,其中包括一些研究程度差、资料不充分的铀矿物;对有充分依据已经废除的铀矿物,本书均未收入,但对于只是定名错误的矿物资料仍尽量编入到相应的矿物章节中,以供参考。

关于铀矿物的定义。铀是一个化学性质活泼的元素,一方面在自然界形成大量以铀为主的铀矿物,这类矿物是大家公认的铀矿物;但是另一方面铀还以不同形式参加到其它矿物之中。对铀以吸附状态或机械混入物形式存在的矿物都一致称为含铀矿物。而对铀以类质同象形式存在的矿物的看法则不一致。有人将其一部分划为铀矿物,另一部分划为含铀矿物,有人则将其全部划为含铀矿物。我们根据对资料的综合分析,将铀为固定组分、参加矿物晶体结构,含量一般超过5%的矿物,定名为铀矿物。铀不是固定组分,不参加矿物晶体结构,或虽是固定组分,也参加矿物的晶体结构,但含量低于5%的矿物,都定为含铀矿物。5%是一个统计性的数值。以此值选入的铀矿物,既基本上能够满足一般铀矿地质研究的需要,又不至于把其它矿物学书中已有详细描述,铀矿地质工作者又不常遇见的大量含铀的稀土、钍矿物包括到本书中。

关于铀矿物的译名。铀矿物的译名比较混乱,一名多译的情况非常多,不恰当的译名亦有所见。在还无统一命名的情况下,本书以通用的译名为基础,根据矿物的晶体化学特征对部分译名进行了修改。过去有关书中或文献中的曾用名都在相应矿物的描述部分给以注明,并列入书后的矿物名称索引中,以备查考。

书中矿物光性数据表、矿物化学成分表内及表注的1, 2, 3……均为栏号,表示不同样品的数据。矿物X射线粉晶数据表内的I, II……表示同一矿物不同样品的分析数据,它与第三篇(五)X射线粉晶分析数据索引中矿物名称后括号内的代号一致。

书中各单位都采用国际单位制通用符号。晶胞参数(a_0, b_0, c_0)的单位为 $\text{\AA m}$,单胞体积 V 的单位为 $\text{\AA}^3 \text{m}$,文中不再注明。X射线粉晶分析的强度 I 统一换算为十进制制。

本书引用的资料数据除部分为作者所测试的外,大量的的是引自有关期刊或文献。为了读者查阅需要和避免重复,采用一些矿物学参考文献的排列原则。在书后总参考文献录中只列出书名和期刊;在单个矿物描述之后列出参考文献的具体出处,每个参考文献前〔〕中的数字为书后总参考文献前的顺序号。X射线粉晶数据内的参考文献中直接注明JCPDS标准卡片号。此外,由于一些矿物资料在许多文献中同时都有报道,所以只对一些重要数据或特殊情况注明具体参考文献。

矿物学部分常用符号

一、红外光谱分析部分

VW 吸收率很弱

W 吸收率弱

m 吸收率中等

SS 吸收率次强

S 吸收率强

VS 吸收率很强

var 可变强度

b 宽

Vb 很宽

n 窄

Sp 尖陡

inf 弯曲 (曲线上的变化)

W, sh 弱肩 (在主要吸收峰斜坡上显示出来,但没有明显分开)

Sh 肩 (刚刚分开)

m, sh 中等肩 (十分明显的肩)

s, sh 强肩 (在强度上接近于主要吸收带)

plat 平顶 (吸收带或肩的顶端平稳)

二、光学部分

N 折射率

N₀ 矿物常光折射率

N_e 矿物非常光折射率

N_p 矿物低折光率方向的折光率

N_m 矿物光轴面上的折光率

N_g 矿物高折光率方向的折光率

2V 光轴角

r ≤ v 光轴分光

a, b, c 结晶轴方位

R 反射率

P_e 赫氏颜色值

X, Y, Z 反射色刺激值

三、结晶学部分

(001) 晶面符号

[001] 晶带符号

{001} 单形符号

晶体测量部分

三斜晶系

$a:b:c$ ($b=1$) 线式轴率

α, β, γ 线式轴间角

$p_0:q_0:r_0$ ($r_0=1$) 极式轴率

λ, μ, ν 极式轴间角

p'_0, q'_0, x'_0, y'_0 心射极平投影要素

ϕ, ρ, A, B, C 三斜角

单斜晶系

$a:b:c$ ($b=1$) 线式轴率

$p_0:q_0:r_0$ ($r_0=1$) 极式轴率

$r_2:p_2:q_2$ ($q_2=1$) 极式轴率

β c 轴与 a 轴的正端之间的轴角

μ 反轴角 (β 的补角)

p'_0, q'_0, x'_0 (e') 投影要素

$\phi, \rho, \phi_2, \rho_2=B, C, A$ 单斜角

斜方晶系

$a:b:c$ ($b=1$) 线式轴率

$p_0:q_0:r_0$ ($r_0=1$) 极式轴率

$q_1:r_1:p_1$ ($p_1=1$) 极式轴率

$r_2:p_2:q_2$ ($q_2=1$) 极式轴率

$\phi, \rho, \phi_1, \rho_1, \phi_2, \rho_2$ 斜方角

四方晶系

$a:c$ ($a=1$) 线式轴率

$p_0:r_0$ ($r_0=1$) 极式轴率

ϕ, ρ 四方角

A 晶面与 a (100) 的面角

$\overline{M}$ 晶面与 $-m$ ($\overline{1}10$) 的面角

M 晶面与 m (110) 的面角

六方晶系、三方晶系

$a:c$ ($a=1$) 线式轴率

$p_0:r_0$ ($r_0=1$) 极式轴率

ϕ 晶面的方位角

ρ 极距角

M 晶面与 ($\overline{1}100$) 的面间角 (六方晶系)

A_1 晶面与 (2110) 的面间角 (三方晶系)

A_2 晶面与 (1210) 的面间角

等轴晶系

ϕ 方位角

$\rho=A_3$ 晶面与 (001) 的面间角

A_1 晶面与 (100) 的面间角

A_2 晶面与 (010) 的面间角

D 晶面与 (011) 的面间角

O 晶面与 (111) 的面间角

晶体结构部分

a_0, b_0, c_0 晶胞参数

V 晶胞体积

hkl 衍射指标

铜靶 (铁靶) 指阳极所用的某种金属磨光面

K_α, K_β 阳极原子的 K 层电子被阴极飞驰来的电子打去时, 外层电子便来补缺, 此时产生 K 系 X 射线, L 层电子过渡到 K 层产生 K_α X 射线, M 层电子过渡到 K 层产生 K_β X 射线

目 录

第一篇 铀 矿 物 研 究 方 法

第一章 铀矿物的鉴定程序和鉴定方法	(3)
第一节 铀矿物的研究和鉴定程序	(3)
第二节 放射性照相法	(4)
一、宏观放射性照相法	(4)
二、显微放射性照相法	(5)
第三节 径迹蚀刻法	(11)
第四节 光致发光法	(16)
一、宏观光致发光法	(16)
二、显微荧光强度测定法	(17)
三、发光光谱分析法	(21)
第五节 红外光谱分析法	(27)

第二篇 铀 矿 物 各 论

第二章 铀的简单氧化物	(56)
一、晶质铀矿、沥青铀矿、铀黑	(58)
二、方钍石	(68)
三、富钙铀矿	(71)
四、黑钨铀矿	(72)
第三章 铀钼的复杂氧化物	(74)
一、褐钨铀矿	(74)
二、紫钨铀矿	(76)
第四章 铀钍铀钼的复杂氧化物	(76)
一、钍铀矿	(82)
二、斜方钍铀矿	(86)
三、钍铀钍铁矿	(88)
四、铀烧绿石	(92)
五、铀钍铀矿	(95)
六、铀细晶石	(99)
七、黑稀金矿	(101)
八、铀钍矿	(105)
九、铀钍铀矿	(110)

十、阿山矿	(112)
十一、铌钽铀矿	(114)
十二、铌钽铁铀矿	(115)
第五章 四价铀的硅酸盐	(117)
一、铀石	(117)
二、铀钍石	(121)
第六章 四价铀的磷酸盐	(125)
一、稀土磷铀矿	(125)
二、稀土磷钙铀矿	(126)
第七章 铀酰氢氧化物和铀酸盐	(129)
一、柱铀矿	(131)
二、水斑铀矿	(135)
三、橙红铀矿	(137)
四、水丝铀矿	(139)
五、黄钡铀矿	(141)
六、黄钙铀矿	(144)
七、黄钾铀矿	(147)
八、绿铀矿	(150)
九、红铀矿	(152)
十、橙黄铀矿	(155)
十一、黄钾钙铀矿	(157)
十二、黄钾钙锶铀矿	(159)
十三、红铅铀矿	(162)
十四、铜铀矿	(163)
十五、板铅铀矿	(165)
十六、钡铀矿	(168)
十七、钙铀矿	(169)
十八、准钙铀矿	(170)
十九、黑铅铀矿	(172)
二十、水标铀矿	(174)
二十一、纤铈铀矿	(176)
二十二、水沥青铀矿	(178)
二十三、水铀矿	(180)
第八章 铀酰硅酸盐	(182)
一、硅钙铀矿	(184)
二、 β 硅钙铀矿	(187)
三、硅镁铀矿	(190)
四、硅铜铀矿	(193)
五、硅钡铀矿	(195)

六、硅铅铀矿	(196)
七、硅钾铀矿	(199)
八、硅钠铀矿	(202)
九、硅铀矿	(204)
十、高硅钙铀矿	(206)
十一、高硅钾铀矿	(209)
十二、水硅铀矿	(211)
十三、钙水硅铀矿	(213)
十四、镁水硅铀矿	(215)
第九章 铀酰磷酸盐	(217)
一、钙铀云母	(220)
二、准钙铀云母	(224)
三、准钠铀云母	(226)
四、准氢铀云母	(229)
五、铜铀云母	(231)
六、准铜铀云母	(234)
七、镁铀云母	(237)
八、准钾铀云母	(240)
九、铵铀云母	(242)
十、准铁铀云母	(244)
十一、锰铀云母	(247)
十二、钡铀云母	(248)
十三、准钡铀云母	(249)
十四、铝铀云母	(252)
十五、铝铀云母 I	(254)
十六、准铝铀云母	(256)
十七、铅铀云母	(258)
十八、磷铀矿	(260)
十九、磷钙铀矿	(262)
二十、高钙磷钙铀矿	(265)
二十一、磷钡铀矿	(267)
二十二、磷铅铀矿	(268)
二十三、水磷铅铀矿 I	(271)
二十四、水磷铅铀矿 II	(272)
二十五、磷钍铀矿	(274)
二十六、磷铝铀矿 I	(275)
二十七、磷铝铀矿 IV	(277)
二十八、磷铀矿 I 和准磷铀矿 I	(278)
二十九、斜磷铅铀矿	(280)

三十、假钙铀云母.....	(283)
三十一、芙蓉铀矿.....	(285)
三十二、磷铝铀矿 II.....	(286)
三十三、磷铝铀矿 III.....	(288)
三十四、磷铝铀矿 V.....	(290)
第十章 铀酰砷酸盐	(292)
一、钙砷铀云母、准钙砷铀云母.....	(293)
二、准钠砷铀云母.....	(297)
三、准氢砷铀云母.....	(300)
四、翠砷铜铀矿.....	(301)
五、准翠砷铜铀矿.....	(303)
六、镁砷铀云母.....	(306)
七、准镁砷铀云母.....	(309)
八、准钾砷铀云母.....	(310)
九、准铁砷铀云母.....	(312)
十、准钴砷铀云母.....	(314)
十一、钡砷铀云母、准钡砷铀云母.....	(316)
十二、铝砷铀云母.....	(318)
十三、准铝砷铀云母.....	(320)
十四、准锌砷铀云母.....	(320)
十五、砷铀矿.....	(322)
十六、砷钙铀矿.....	(325)
十七、砷镁铀矿.....	(326)
十八、砷铅铀矿.....	(327)
十九、斜砷铅铀矿.....	(328)
二十、砷铋铀矿.....	(331)
第十一章 铀酰钒酸盐	(334)
一、济钒铀矿.....	(330)
二、钒钙铀矿.....	(337)
三、准钒钙铀矿.....	(340)
四、钒钡铀矿-钒铅铀矿.....	(342)
五、钒钠铀矿.....	(347)
六、钒钾铀矿.....	(349)
七、铈钒钾铀矿.....	(351)
八、钒铝铀矿.....	(353)
九、准钒铝铀矿.....	(355)
十、钒铜铀矿.....	(356)
十一、钒铀矿.....	(358)
十二、红钒钙铀矿.....	(360)

十三、磷钒铀矿	(361)
第十二章 铀酰碳酸盐	(362)
一、纤碳铀矿	(363)
二、水菱铀矿	(366)
三、菱铀矿	(367)
四、菱钙铀矿、准菱钙铀矿	(368)
五、菱镁铀矿	(371)
六、多水碳钙镁铀矿	(372)
七、水碳钙镁铀矿	(374)
八、纤铀碳钙石	(375)
九、碳钠钙铀矿	(377)
十、菱钾铀矿	(379)
十一、碳铅铀矿	(381)
十二、黑碳钙铀矿	(383)
十三、菱钙铜铀矿	(385)
第十三章 铀酰硫酸盐	(387)
一、水铀矾	(388)
二、水硫铀矿	(393)
三、 β 水硫铀矿	(395)
四、铜铀矾	(396)
第十四章 铀酰钼酸盐	(400)
一、钼铀矿	(401)
二、钼钙钠铀矿族	(404)
三、钼镁铀矿	(407)
四、水钼铀矿	(408)
五、多水钼铀矿	(410)
第十五章 铀酰亚硒酸盐	(413)
一、硒铜铀矿	(414)
二、高硒铜铀矿	(415)
三、硒铜铅铀矿	(418)
四、硒钡铀矿	(420)
第十六章 铀酰亚碲酸盐	(422)
一、碲铅铀矿	(423)
二、碲铀矿	(424)
三、高碲铀矿	(427)
第十七章 铀酰复酸盐	(428)
一、板菱铀矿	(428)
二、硫磷铝铁铀矿	(431)
三、湘江铀矿	(434)

第三篇 铀 矿 物 鉴 定 表

一、铀矿物鉴定表使用说明	(438)
二、铀矿物鉴定表	(439)
(一)光性鉴定表	(439)
1. 反射光下铀矿物鉴定表	(439)
2. 透射光下铀矿物鉴定表	(441)
(1)均质矿物	(441)
(2)一轴晶正光性矿物	(442)
(3)一轴晶负光性矿物	(442)
(4)一轴晶或异常二轴晶正光性矿物	(442)
(5)一轴晶或异常二轴晶负光性矿物	(443)
(6)一轴晶光性未定矿物	(445)
(7)二轴晶正光性矿物	(445)
(8)二轴晶负光性矿物	(447)
(9)二轴晶光性未定矿物	(452)
(10)光性不明矿物	(452)
(二)颜色比重鉴定表	(453)
(1)带不同色调的绿色矿物	(453)
(2)黄绿、绿黄色矿物	(453)
(3)淡黄色矿物	(454)
(4)黄色矿物	(454)
(5)带不同色调的黄色矿物	(455)
(6)带不同色调的红色矿物	(456)
(7)带不同色调的橙色矿物	(457)
(8)带不同色调的褐色矿物	(457)
(9)黑 紫黑 紫色矿物	(458)
(10)黑 褐黑色矿物	(458)
(三)荧光鉴定表	(459)
(四)阴阳离子鉴定表	(460)
(1)四价铀矿物化学成分鉴定表	(460)
(2)铀酰矿物化学成分鉴定表	(461)
(五)X 射线粉晶数据索引	(463)

附录

一、铀矿物中文名称索引	(484)
二、铀矿物英文名称索引	(491)
三、铀矿物俄文名称索引	(497)
参考文献	(502)

第 一 篇

铀 矿 物 研 究 方 法

第一章 铀矿物的鉴定程序和鉴定方法

第一节 铀矿物的研究和鉴定程序

在铀矿地质工作中，铀矿物的鉴定和研究基本上可划分为三个阶段：铀矿物的普查（确定铀或含铀矿物的存在）；矿物性质的描述和测定；资料的综合分析和定名。鉴定和研究矿物的方法很多，从古老的肉眼鉴定法到各种现代化的仪器分析鉴定方法同时存在。肉眼鉴定法是凭借肉眼或借助于放大镜、立体显微镜和小刀等简单工具确定矿物的颜色、条痕、硬度、形态、解理、断口等性质，有时还要配合微化分析（或吹管分析）来鉴定矿物。肉眼鉴定法虽然有一定局限性，提供的数据精度差，但对初步鉴定和研究矿物还是必不可少的。一个有经验的矿物工作者，仅凭借肉眼鉴定法能准确确定出常见矿物的名称。当然，在深入进行矿物研究时，则必须采用精确的研究方法。表1-1列出了目前所采用的各种矿物研究方法。应当指出，其中有些方法，如穆斯堡尔效应、顺磁共振、核磁共振等，还只局限于研究某些矿物的个别问题，加之仪器设备复杂，目前还未得到广泛的应用。另外，铀矿物研究鉴定的基本方法，如光学性质、物理性质、化学成分、晶体结构等的研究鉴定都与非铀矿物相同。这些方法在已出版的矿物鉴定工具书中都有详细的叙述，本书只对铀矿物特有的放射性研究法、荧光研究法等予以重点介绍。此外，红外吸收光谱法近年来在铀矿物研究中亦广泛应用，所以，也综合整理加以介绍。

众所周知，矿物的同一种性质可以用不同的方法进行测定，所以，在鉴定过程中正确选择合理的方法是很重要的。另一方面，每种方法都各有长处和短处，因此，要利用长处，互相补充，避免重复。例如，研究矿物的化学成分目前已经有许多测定方法。测定方法的选择需要根据研究的目的和样品的具体情况而定。为了确定矿物名称有时简单的斑点分析、显微化学分析方法就能满足需要；要确定矿物的准确化学成分或某些微量元素在矿物中的分布特征，这就要借助于化学分析法或电子探针分析法。

铀矿物研究除作为独立学科外，主要是为铀矿床学和铀地球化学的研究提供重要依据。这就要求在鉴定测量铀矿物的各种性质和数据时要有的放矢，即着重研究矿物的某一方面或几方面的性质。一般只是在建立新的矿物种和积累具有代表性或特殊性的矿物资料时，才要求对矿物各种性质进行全面的研究和测定。

铀矿物有些特殊性质在鉴定过程中要加以注意。（1）铀矿物的特点是具有放射性，根据这点很容易和其它矿物区别开。但是，用普通 γ 辐射仪测量铀矿物的放射性，并不是测铀的放射性，而是测镭的 γ 射线。这在铀镭处于严重不平衡时就可能造成错觉。含镭矿物因具强放射性可能被误认为是铀矿物或有铀矿物的存在，而新生的铀矿物由于极度偏铀其放射性强度较低则可能被忽略。（2）四价铀矿物在近地表的条件下，一般都不同程度地水化，同时四价铀易于氧化而形成铀酰离子团。随着水化程度的增强和铀酰离子团的增多，矿物的比重、硬度、反射率（或折光率）降低，颜色逐渐变浅。（3）有的铀酰矿物，特别是铀云母类矿物所含的层间水，由于键力弱，在外界条件变化时很容易丢失和获得。水含量的变化又会导致