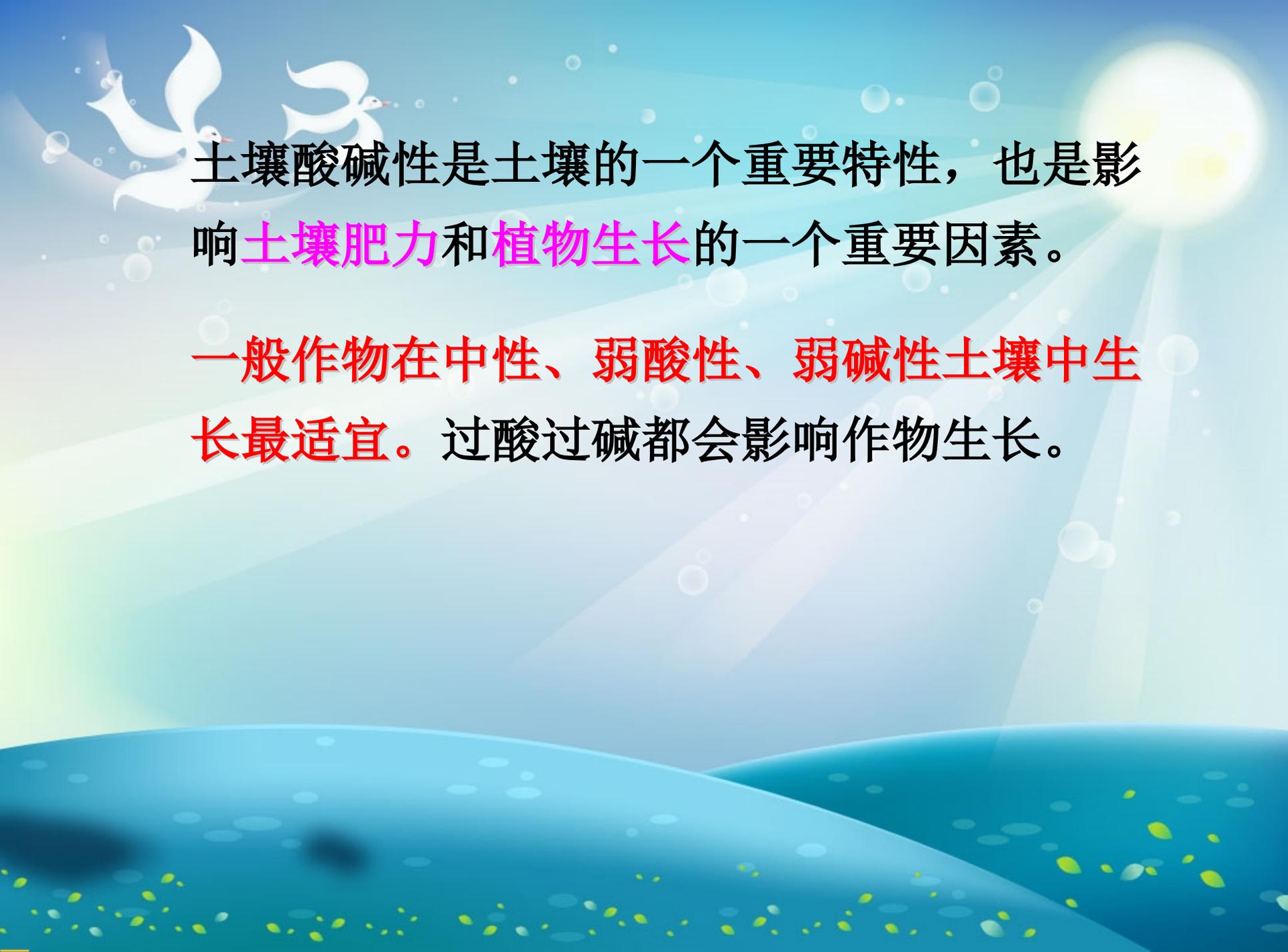


第一节 土壤酸、碱性的形成

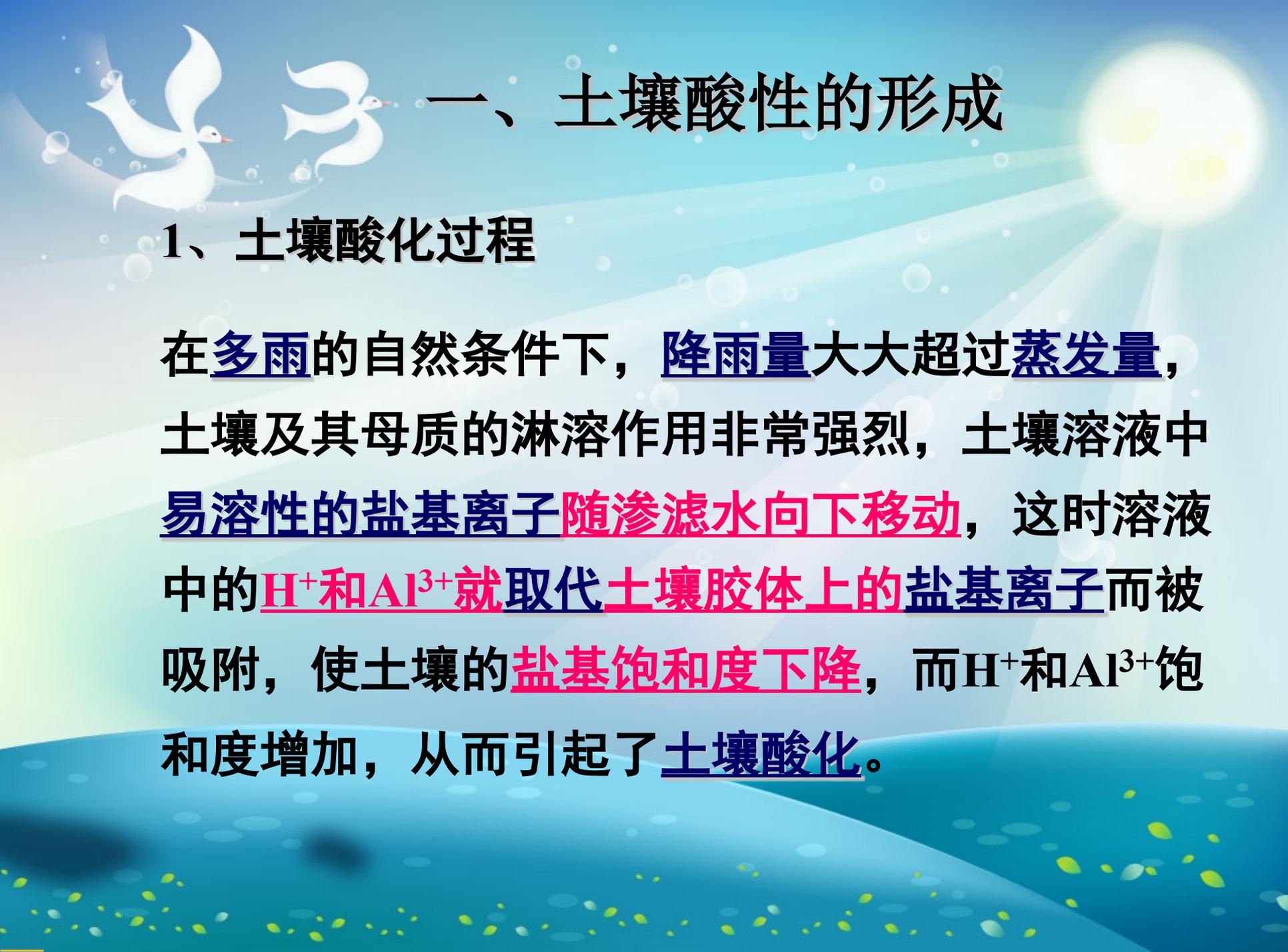
由于土壤是一个复杂的体系，其中存在着各种化学和生物化学反应，因而使土壤表现出不同的酸碱性。

土壤酸碱性是指土壤溶液的反应，即溶液中 H^+ 浓度和 OH^- 浓度比例不同而表现出来的酸碱性质。土壤pH值，就代表土壤溶液的酸碱度。

The background features a bright sun in the upper right corner, casting rays across a blue sky. Two white birds are flying in the upper left. The bottom of the image shows a blue field with yellow and green speckles, suggesting soil or crops.

土壤酸碱性是土壤的一个重要特性，也是影响土壤肥力和植物生长的一个重要因素。

一般作物在中性、弱酸性、弱碱性土壤中生长最适宜。过酸过碱都会影响作物生长。



一、土壤酸性的形成

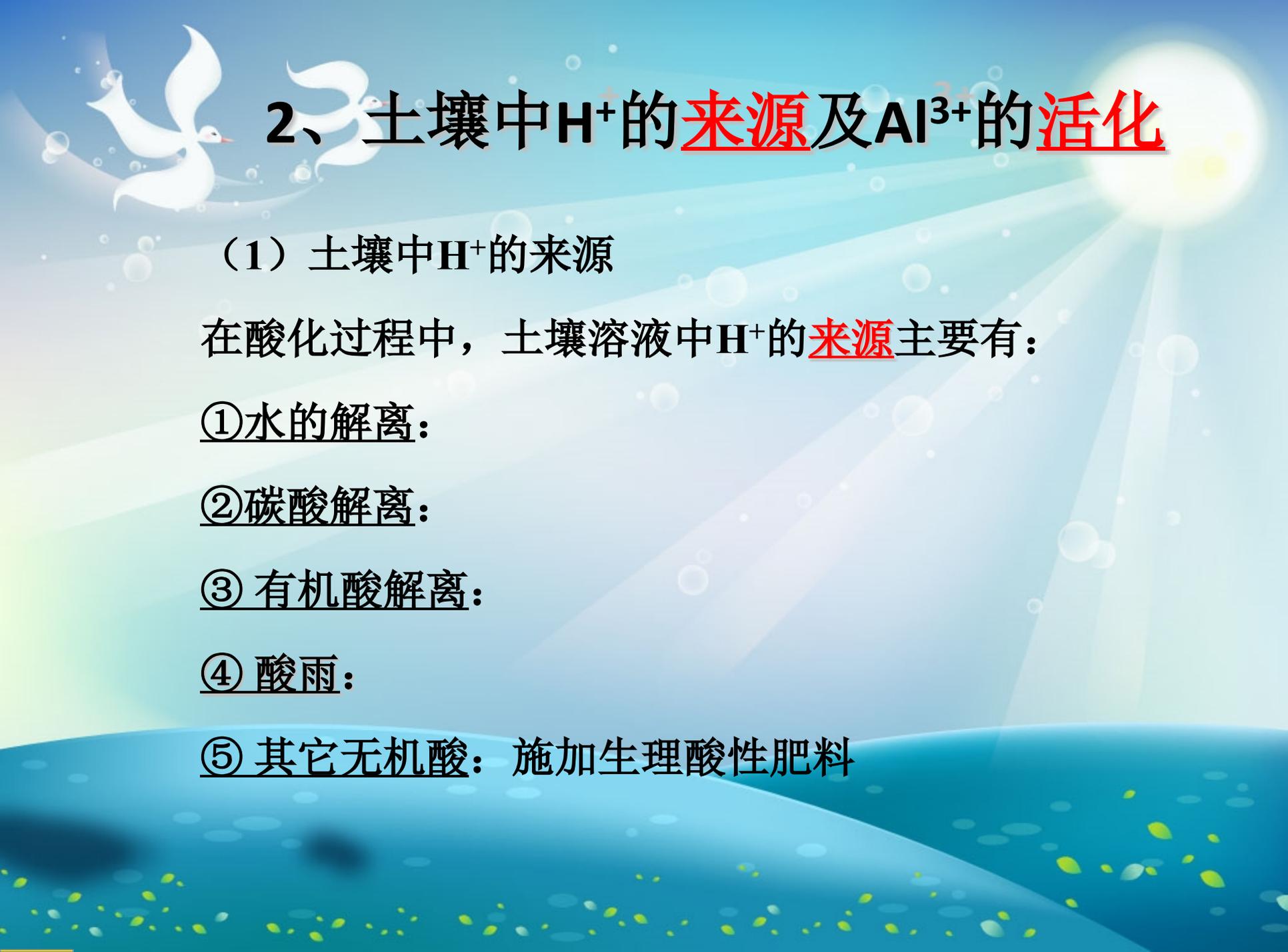
1、土壤酸化过程

在多雨的自然条件下，降雨量大大超过蒸发量，土壤及其母质的淋溶作用非常强烈，土壤溶液中易溶性的盐基离子随渗滤水向下移动，这时溶液中的 H^+ 和 Al^{3+} 就取代土壤胶体上的盐基离子而被吸附，使土壤的盐基饱和度下降，而 H^+ 和 Al^{3+} 饱和度增加，从而引起了土壤酸化。

土壤酸化过程的实质：

主要是在强烈淋溶条件下，由交换性的 H^+ 和 Al^{3+} 引起的。

淋溶作用，是指一种透过天然下渗雨水，或人工灌溉，将上方土层中的某些矿物盐类或有机物质溶解，而将之移往较下方土层中的作用。



2、土壤中H⁺的来源及Al³⁺的活化

(1) 土壤中H⁺的来源

在酸化过程中，土壤溶液中H⁺的来源主要有：

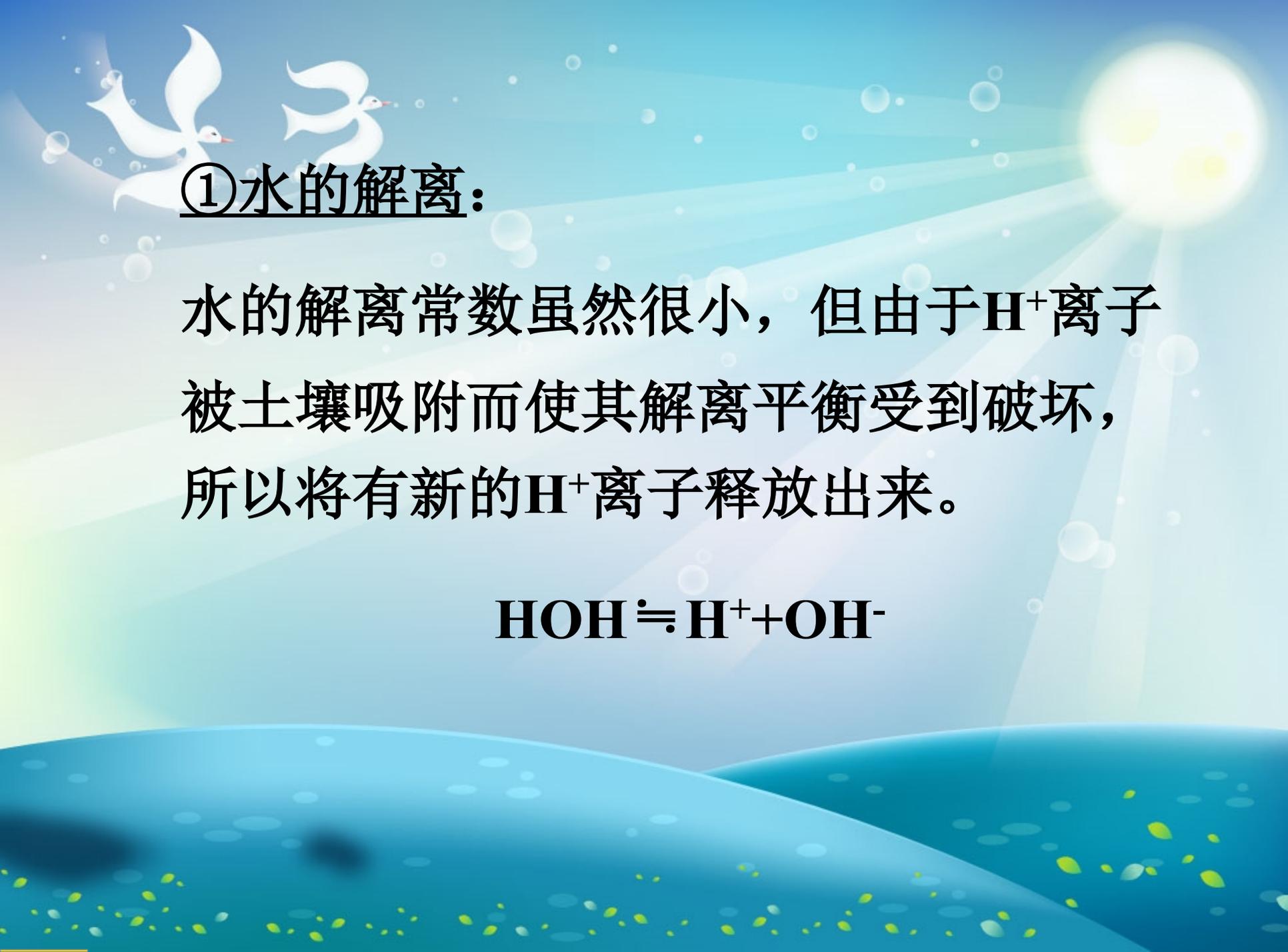
①水的解离：

②碳酸解离：

③有机酸解离：

④酸雨：

⑤其它无机酸：施加生理酸性肥料



①水的解离:

水的解离常数虽然很小，但由于H⁺离子被土壤吸附而使其解离平衡受到破坏，所以将有新的H⁺离子释放出来。



②碳酸解离：

土壤中的碳酸主要由CO₂溶解于H₂O生成，而CO₂是植物根系和微生物的呼吸以及有机物质分解时产生的，所以，土壤活性酸在植物根际要强一些（那里的微生物活动也较强）。



③ 有机酸解离:

土壤中各种有机质分解的中间产物有草酸、柠檬酸等多种低分子有机酸，特别在通气不良以及在真菌活动下，有机酸可能累积很多。土壤中的胡敏酸和富啡酸分子在不同的pH条件下，可释放出几个H⁺。



④ 酸雨:

pH<5.6的酸性大气化学物质主要有两种途径降落到地面：一是通过气体扩散，将固体物降落到达地面称之为干沉降；另一种是随降水，夹带大气酸性物质到达地面称之为湿沉降，习惯上称为酸雨。

随着燃煤、燃油等工业化过程，向大气排放的SO₂和NO_x化合物不断增加，大大加剧了酸雨的进程。

大气中的酸性物质最终都进入土壤，成为土壤氢离子的重要来源之一。

酸雨 \rightleftharpoons H⁺。

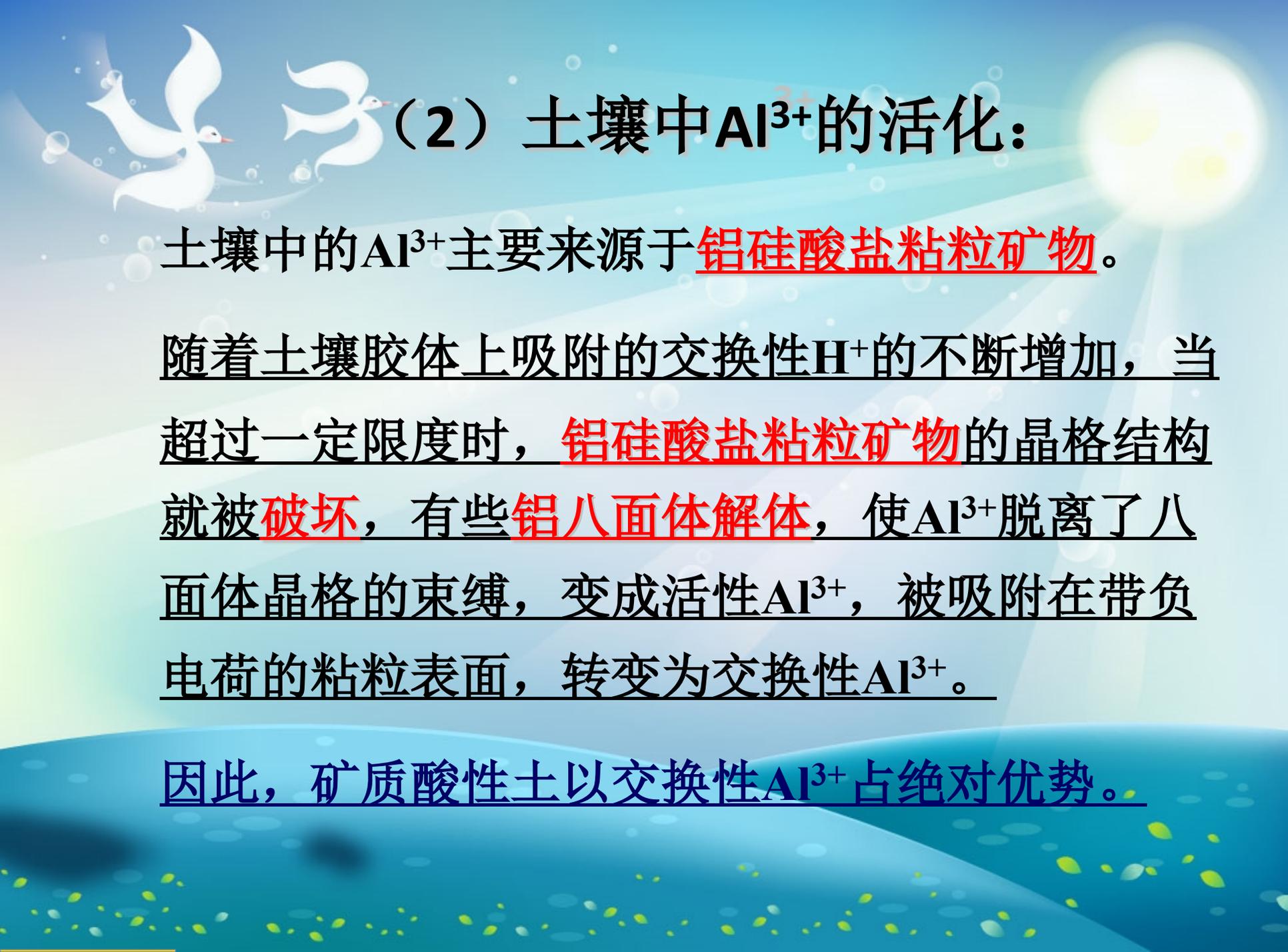
⑤ 其它无机酸：无机酸 \rightleftharpoons H⁺。

施用 (NH₄)₂SO₄ 和 NH₄Cl 等 生理酸性肥料，因为阳离子 NH₄⁺、K⁺ 被植物吸收而留下酸根。土壤中积累 H₂SO₄ 和 HCl；

施用 FeSO₄，土壤中积累 H₂SO₄；

硝化细菌产生硝酸。

备注：某些化学肥料施到土壤中后离解成阳离子和阴离子，由于作物吸收其中的阳离子多于阴离子，使残留在土壤中的酸根离子较多，从而使土壤(或土壤溶液)的酸度提高，这种通过作物吸收养分后使土壤酸度提高的肥料就叫生理酸性肥料，例如硫酸铵，作物吸收其中的 NH_4^+ 多于 SO_4^{2-} ，残留在土壤中的 SO_4^{2-} 与作物代换吸收释放出来的 H^+ (或离解出来的 H^+)结合成硫酸而使土壤酸性提高。所以硫酸铵、氯化铵等都是生理酸性肥料。

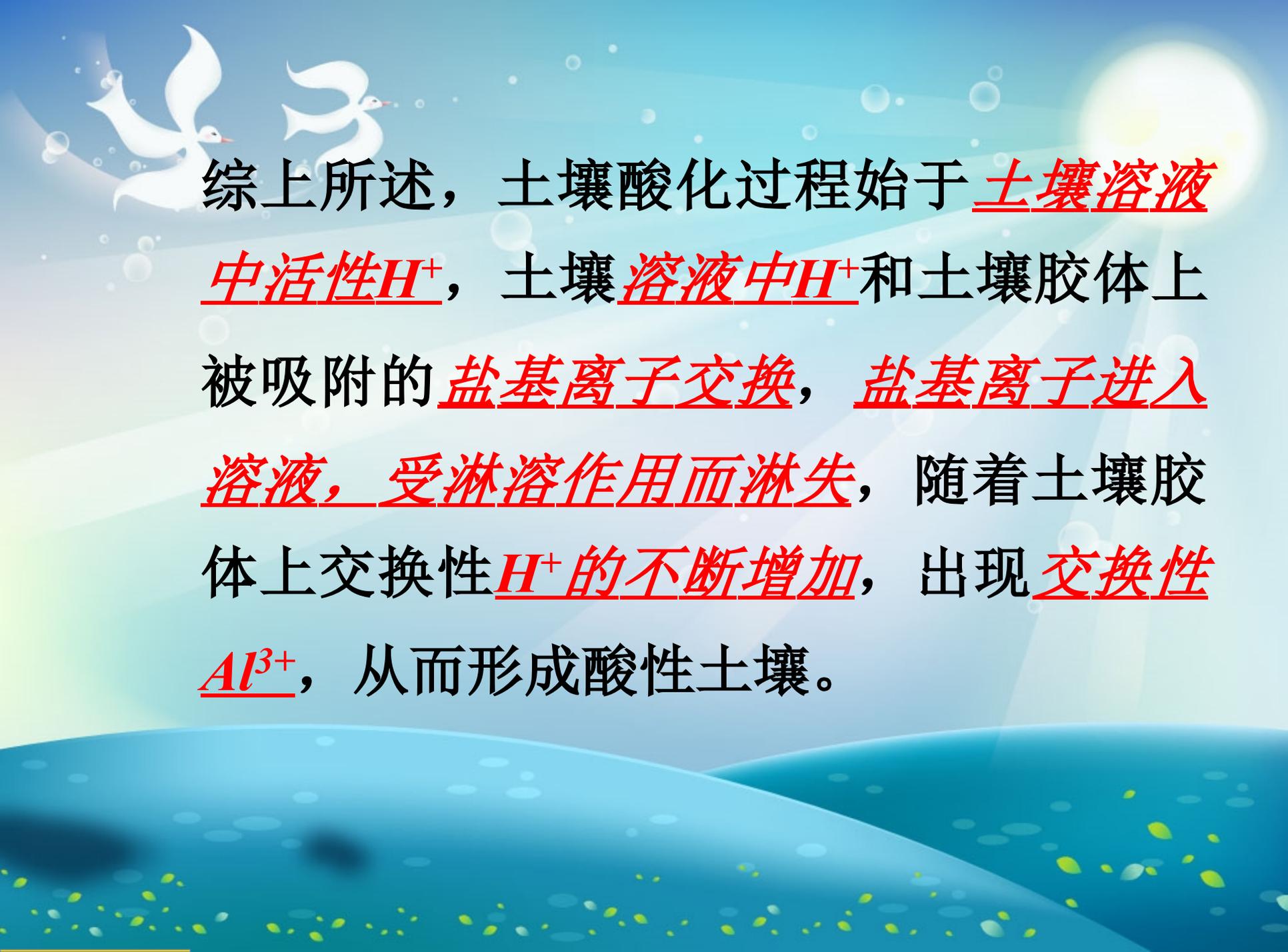


(2) 土壤中 Al^{3+} 的活化:

土壤中的 Al^{3+} 主要来源于铝硅酸盐粘粒矿物。

随着土壤胶体上吸附的交换性 H^+ 的不断增加, 当超过一定限度时, 铝硅酸盐粘粒矿物的晶格结构就被破坏, 有些铝八面体解体, 使 Al^{3+} 脱离了八面体晶格的束缚, 变成活性 Al^{3+} , 被吸附在带负电荷的粘粒表面, 转变为交换性 Al^{3+} 。

因此, 矿质酸性土以交换性 Al^{3+} 占绝对优势。



综上所述，土壤酸化过程始于土壤溶液
中活性 H^+ ，土壤溶液中 H^+ 和土壤胶体上
被吸附的盐基离子交换，盐基离子进入
溶液，受淋溶作用而淋失，随着土壤胶
体上交换性 H^+ 的不断增加，出现交换性
 Al^{3+} ，从而形成酸性土壤。



(二) 土壤酸的类型

1、类型——活性酸和潜性酸

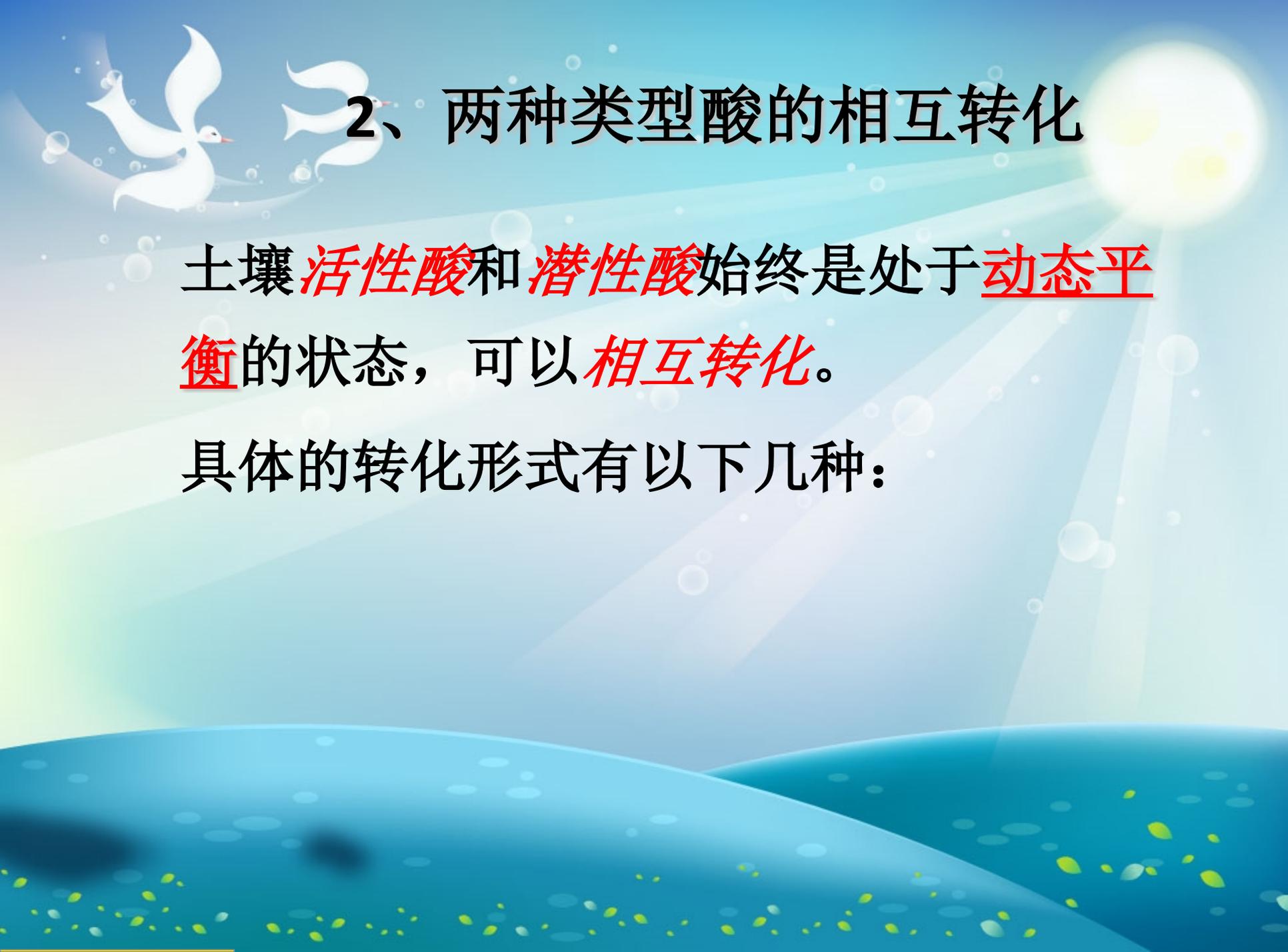
(1) 活性酸：与土壤固相处于平衡状态的土壤溶液中的 H^+ 。或者说存在于土壤溶液中，自由扩散于土壤溶液中的 H^+ 离子。

(2) 潜性酸：指 H^+ 和 Al^{3+} 被吸附在土壤胶体表面，它们只有通过交换作用进入土壤溶液中时，产生 H^+ 离子，才会显示酸性，所以称为潜性酸。

土壤潜在性酸是活性酸的主要来源和后备，它们始终处于动态平衡之中，是属于一个体系中的二种酸。

土壤 pH 值和酸碱性分级

土壤 pH	<4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5- 8.5	> 8.5
级别	极强酸性	强酸性	微酸性	中性	碱性	强碱性



2、两种类型酸的相互转化

土壤 **活性酸** 和 **潜性酸** 始终是处于 **动态平衡** 的状态，可以 **相互转化**。

具体的转化形式有以下几种：

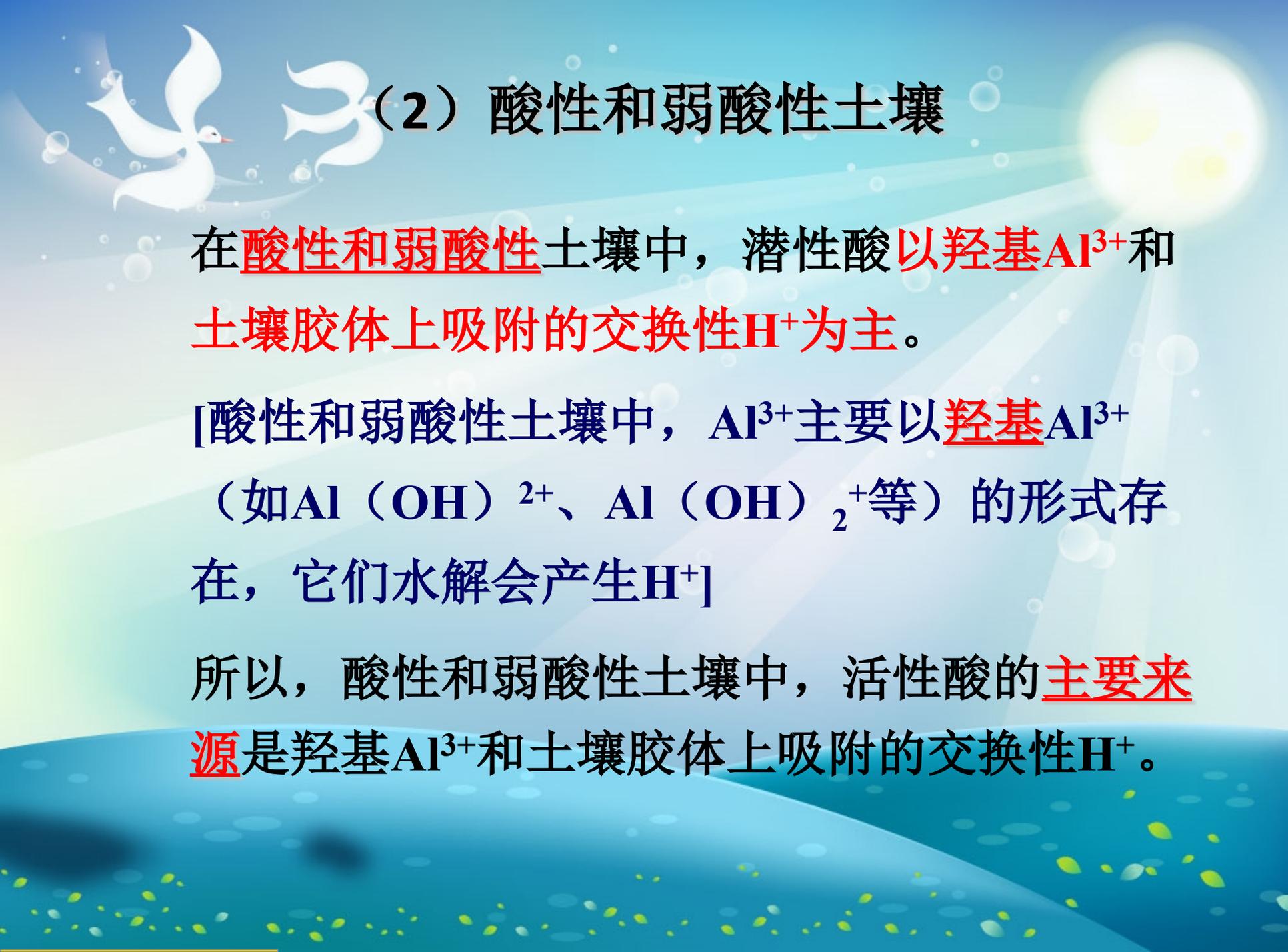
(1) 强酸性土壤中

在强酸性土壤中，潜性酸以交换性 Al^{3+} 和以共价键紧束缚的 H^+ 及 Al^{3+} 占优势。但由于以共价键紧束缚的 H^+ 及 Al^{3+} 很难解离。所以，强酸性土壤中，活性酸的主要来源是土壤胶体上吸附的交换性 Al^{3+} 。

潜性酸和活性酸之间的转化形式主要是：

土壤胶体上吸附的**交换性Al³⁺**的解离并水解成为**溶液中H⁺**。





(2) 酸性和弱酸性土壤

在酸性和弱酸性土壤中，潜性酸以羟基 Al^{3+} 和土壤胶体上吸附的交换性 H^+ 为主。

[酸性和弱酸性土壤中， Al^{3+} 主要以羟基 Al^{3+} （如 $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ 等）的形式存在，它们水解会产生 H^+]

所以，酸性和弱酸性土壤中，活性酸的主要来源是羟基 Al^{3+} 和土壤胶体上吸附的交换性 H^+ 。

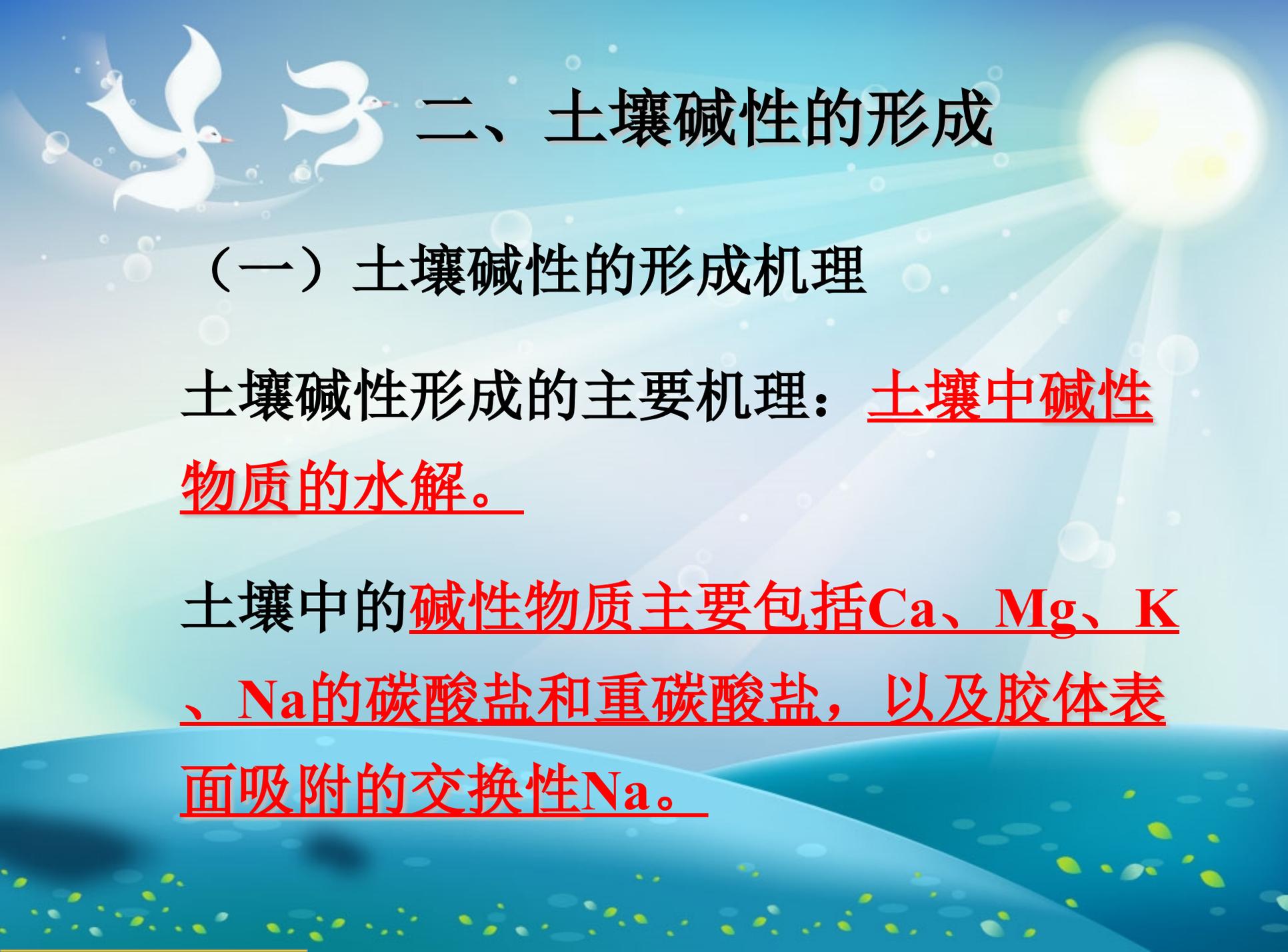
潜性酸和活性酸之间的转化方式主要有两种：

一种是羟基Al³⁺的水解；



另一种是土壤胶体表面吸附的交换性H⁺的解离。





二、土壤碱性的形成

(一) 土壤碱性的形成机理

土壤碱性形成的主要机理：土壤中碱性物质的水解。

土壤中的碱性物质主要包括Ca、Mg、K、Na的碳酸盐和重碳酸盐，以及胶体表面吸附的交换性Na。

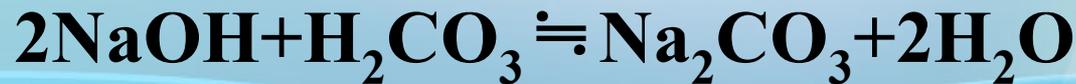
1、碳酸钙水解：

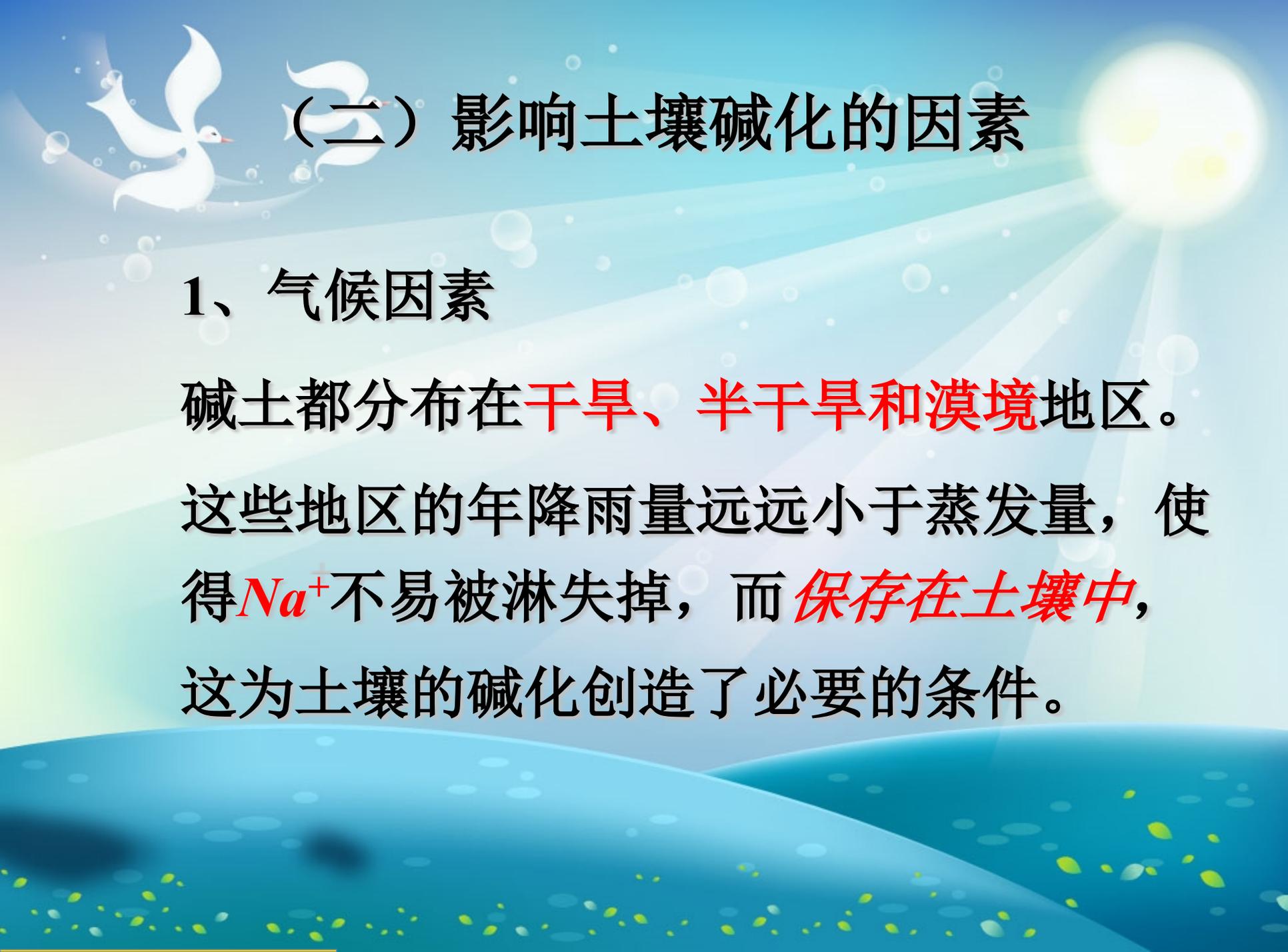


2、碳酸钠水解：



3、交换性钠水解：





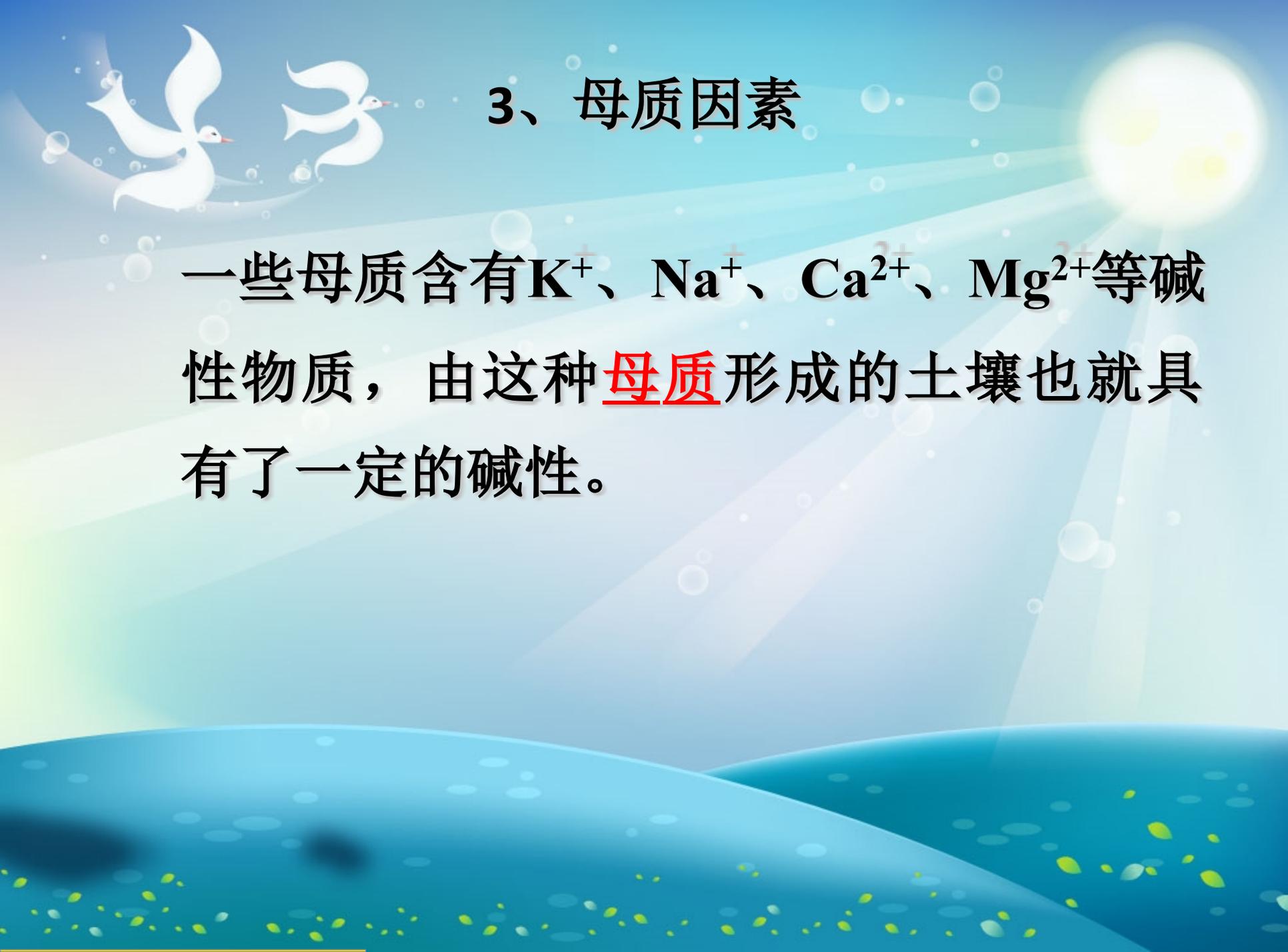
(二) 影响土壤碱化的因素

1、气候因素

碱土都分布在**干旱、半干旱和漠境**地区。这些地区的年降雨量远远小于蒸发量，使得 **Na^+** 不易被淋失掉，而**保存在土壤中**，这为土壤的碱化创造了必要的条件。

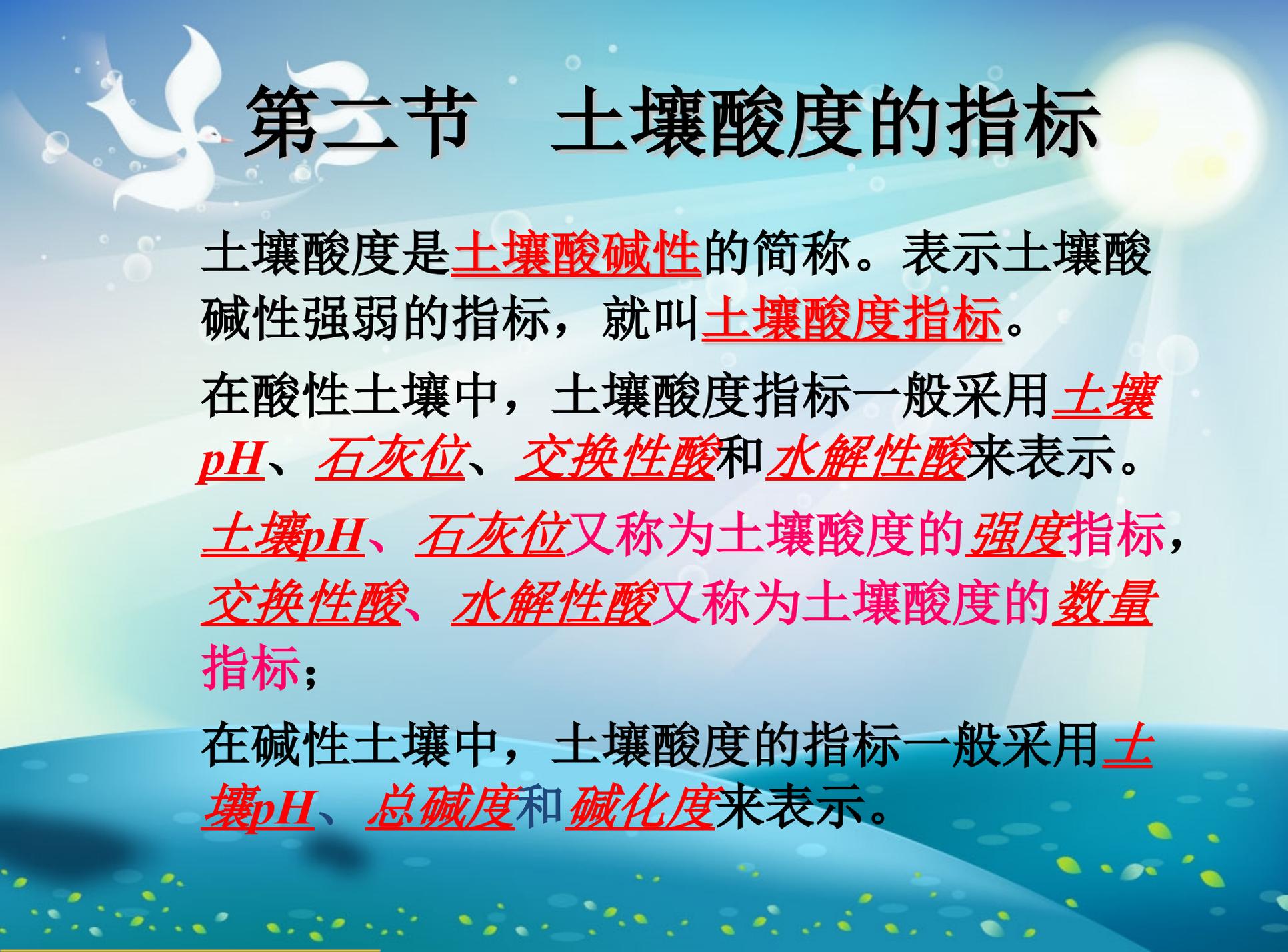
2、生物因素

一些高等植物能选择性地吸收 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等，这也为碱化土壤的产生创造了条件。即Na、K、Ca、Mg等盐基的生物积累。一些植物适应在较干旱条件下生长，而且有富集碱性物质的作用：海蓬子含 Na_2CO_3 3.75%，碱蒿含2.76%。盐蒿含2.14%，芦苇含0.49%。



3、母质因素

一些母质含有 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等碱性物质，由这种母质形成的土壤也就具有了一定的碱性。



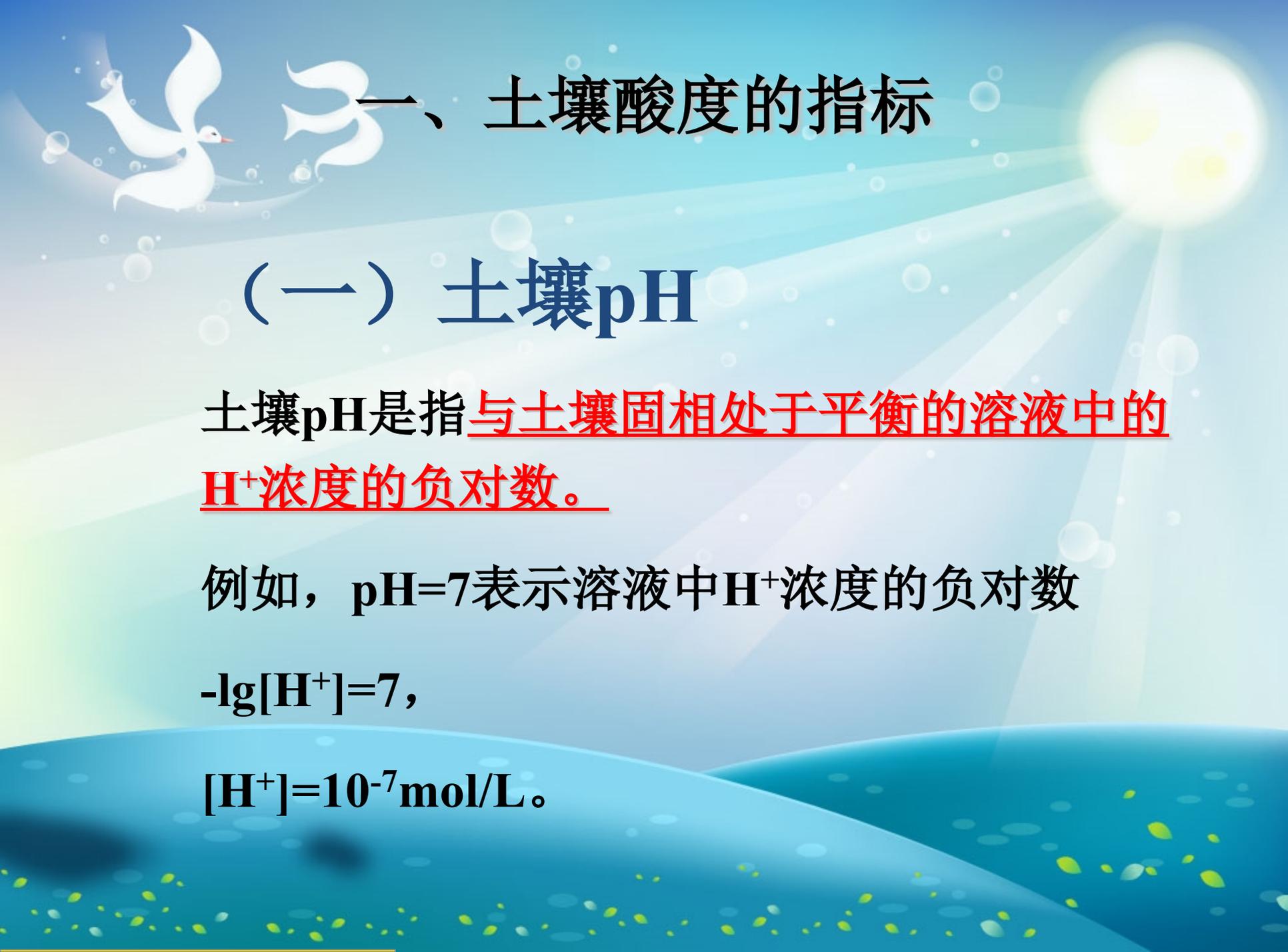
第二节 土壤酸度的指标

土壤酸度是土壤酸碱性的简称。表示土壤酸碱性强弱的指标，就叫土壤酸度指标。

在酸性土壤中，土壤酸度指标一般采用土壤pH、石灰位、交换性酸和水解性酸来表示。

土壤pH、石灰位又称为土壤酸度的强度指标，交换性酸、水解性酸又称为土壤酸度的数量指标；

在碱性土壤中，土壤酸度的指标一般采用土壤pH、总碱度和碱化度来表示。



一、土壤酸度的指标

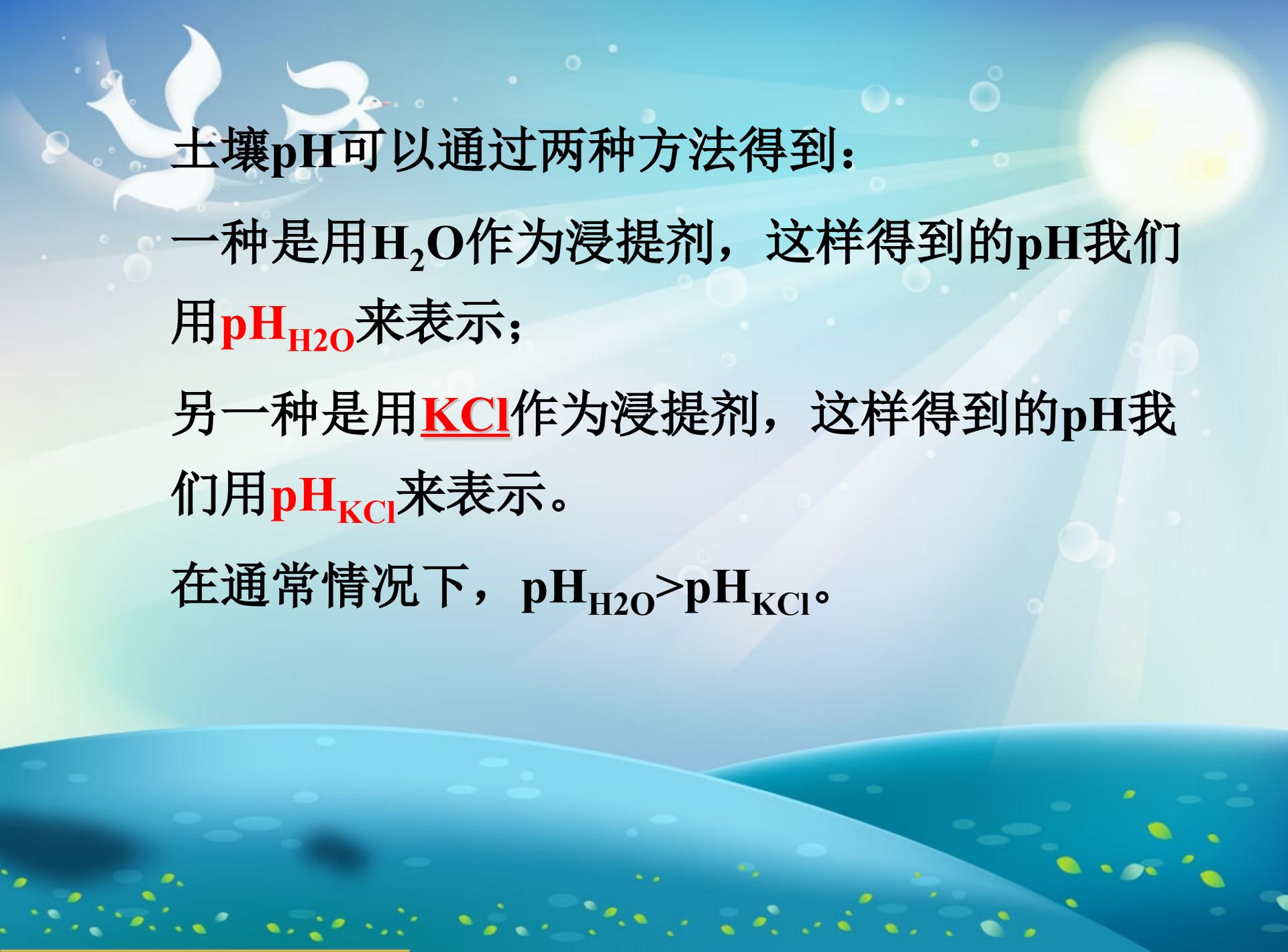
(一) 土壤pH

土壤pH是指与土壤固相处于平衡的溶液中的H⁺浓度的负对数。

例如，pH=7表示溶液中H⁺浓度的负对数

$$-\lg[\text{H}^+]=7,$$

$$[\text{H}^+]=10^{-7}\text{mol/L}。$$

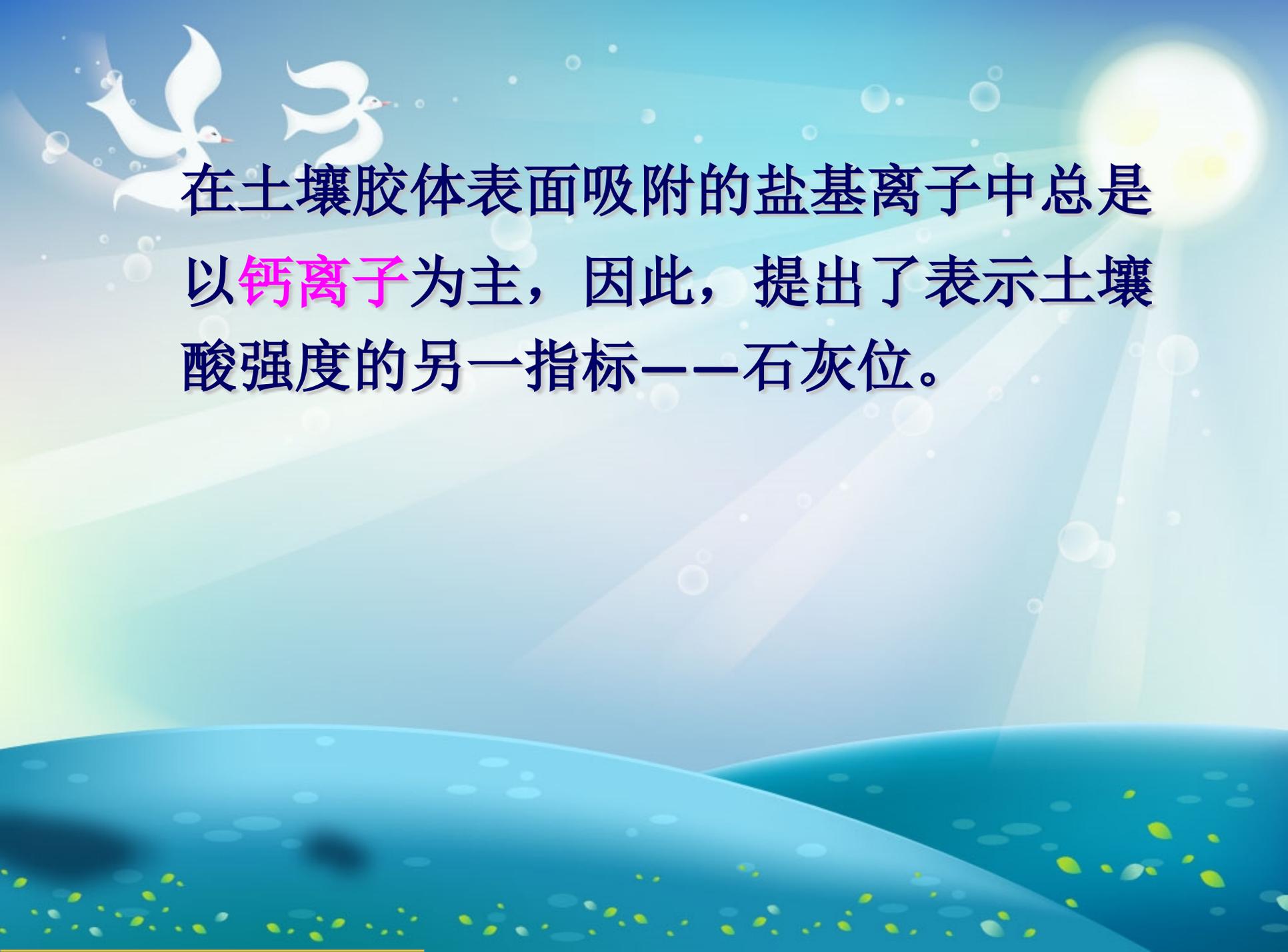


土壤pH可以通过两种方法得到：

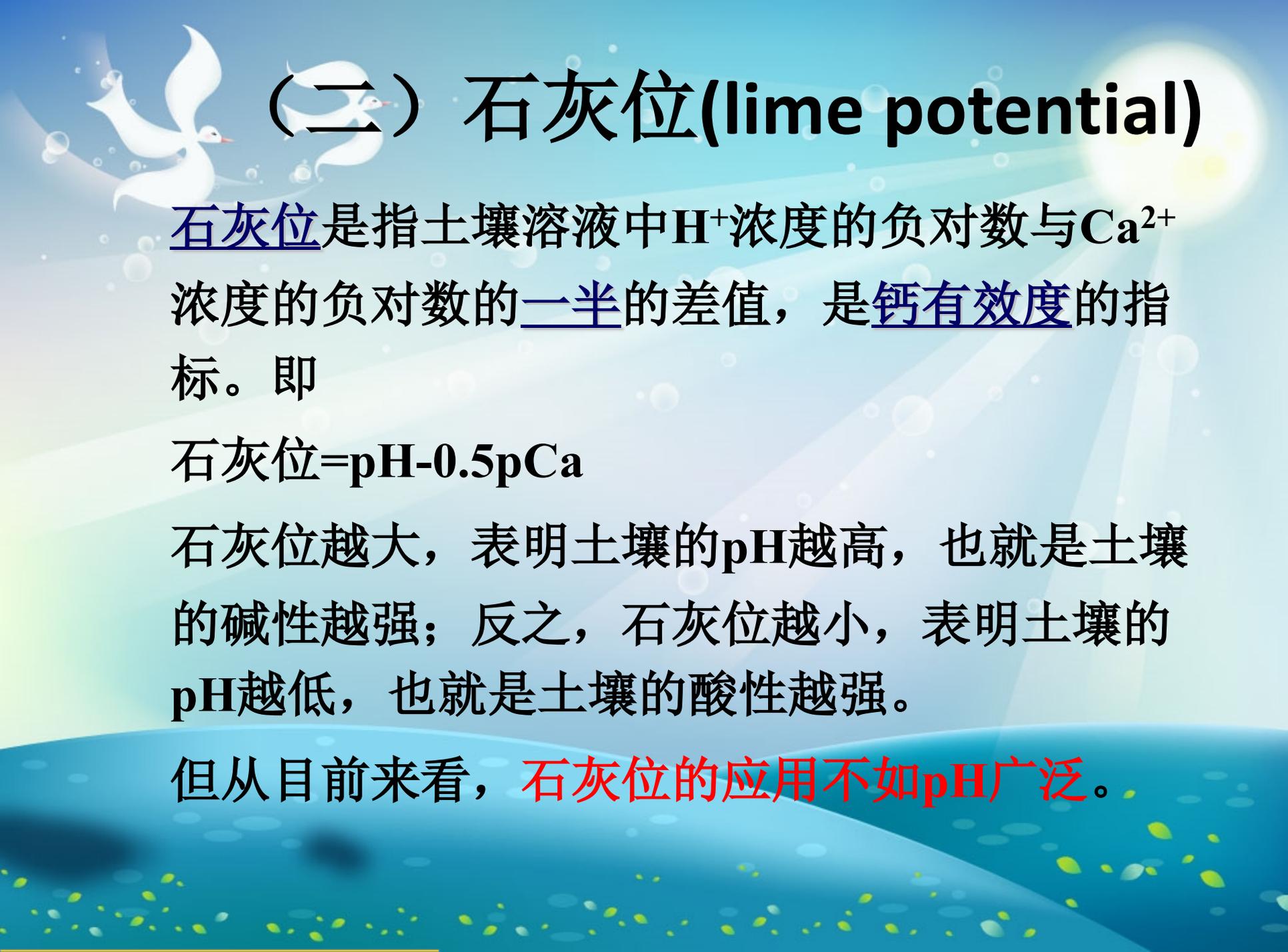
一种是用 H_2O 作为浸提剂，这样得到的pH我们用 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 来表示；

另一种是用 KCl 作为浸提剂，这样得到的pH我们用 pH_{KCl} 来表示。

在通常情况下， $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} > \text{pH}_{\text{KCl}}$ 。



在土壤胶体表面吸附的盐基离子中总是以钙离子为主，因此，提出了表示土壤酸强度的另一指标——石灰位。



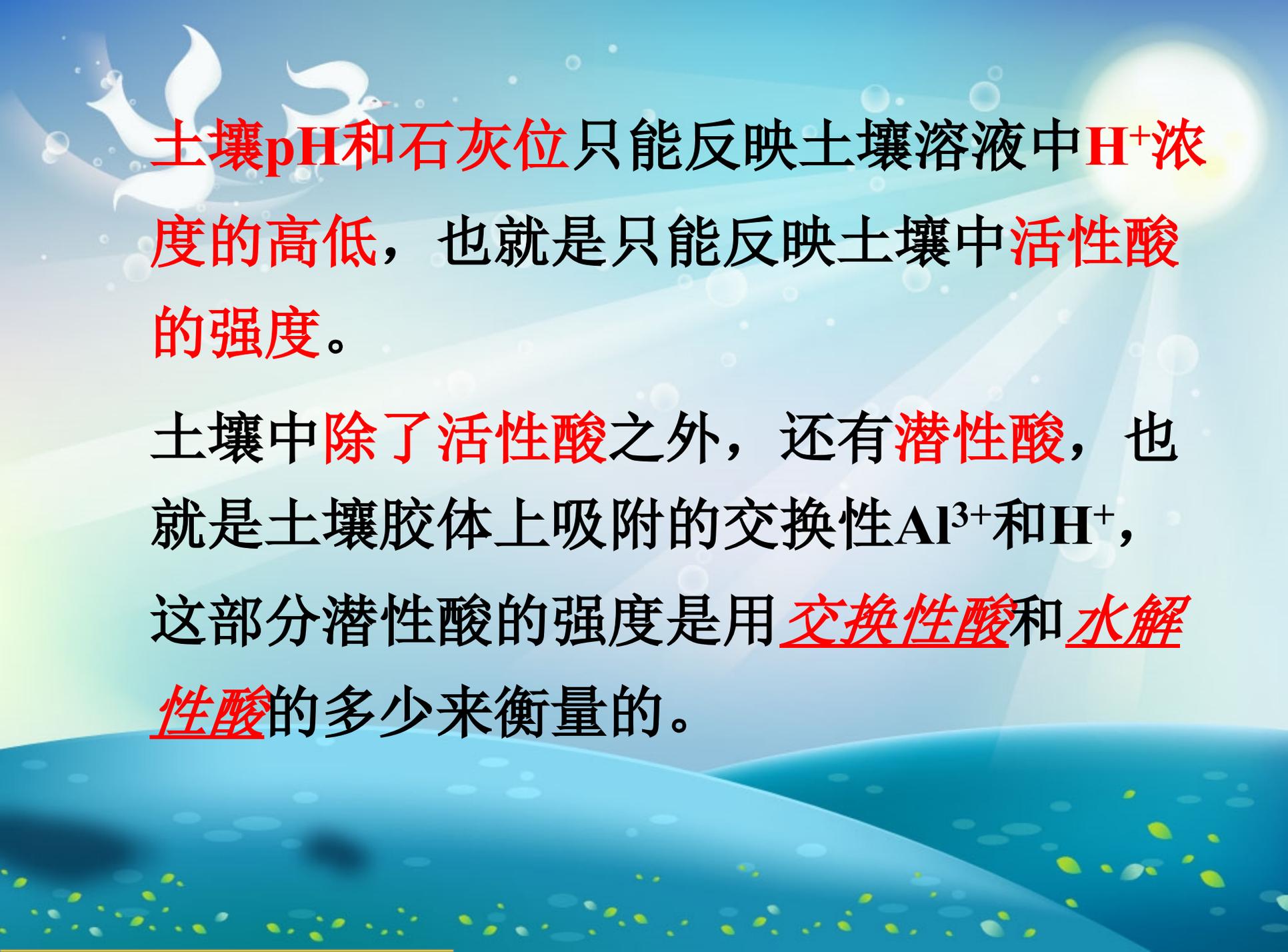
(二) 石灰位(lime potential)

石灰位是指土壤溶液中 H^+ 浓度的负对数与 Ca^{2+} 浓度的负对数的一半的差值，是钙有效度的指标。即

$$\text{石灰位} = \text{pH} - 0.5\text{pCa}$$

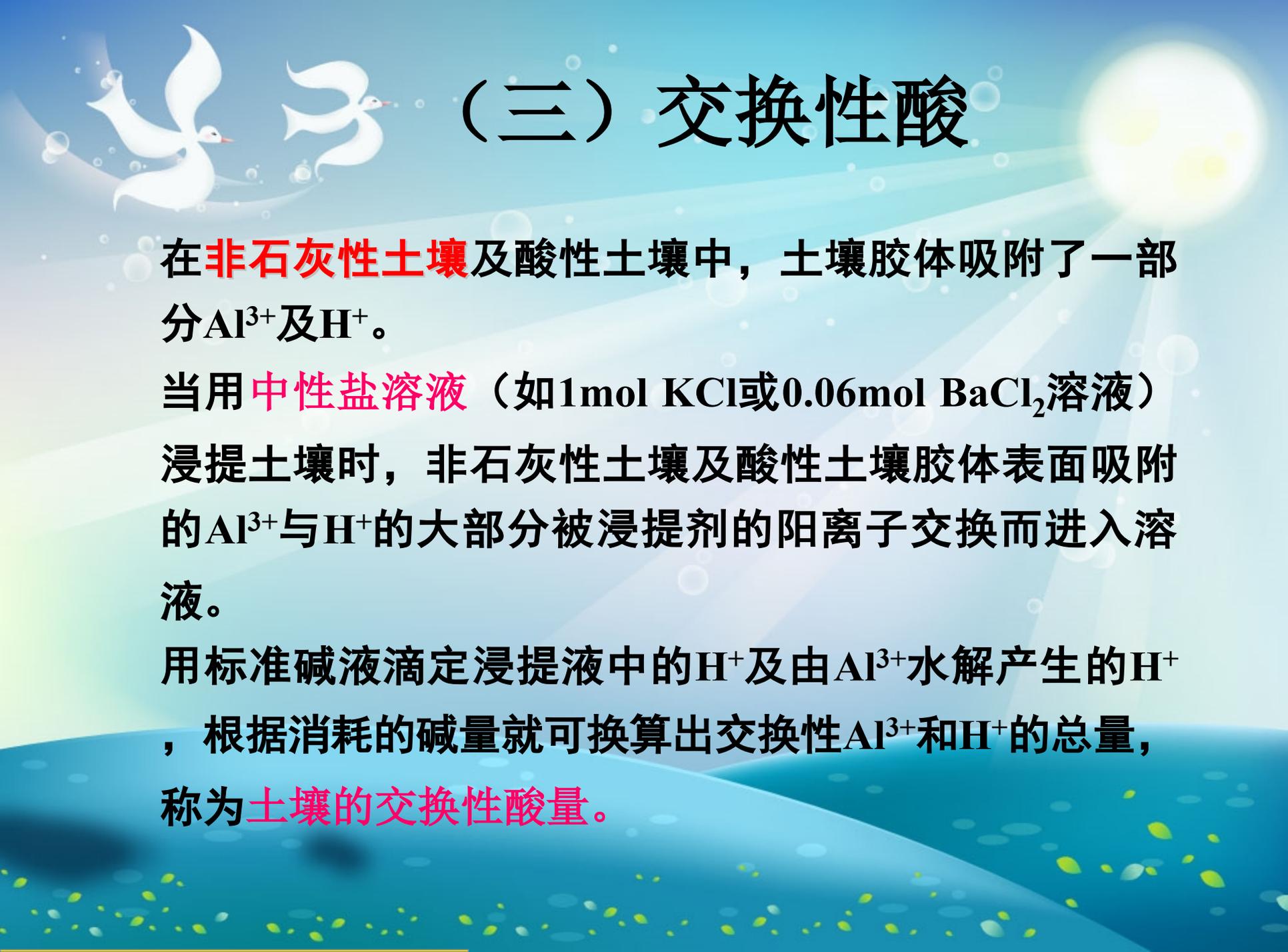
石灰位越大，表明土壤的pH越高，也就是土壤的碱性越强；反之，石灰位越小，表明土壤的pH越低，也就是土壤的酸性越强。

但从目前来看，**石灰位的应用不如pH广泛。**



土壤pH和石灰位只能反映土壤溶液中 H^+ 浓度的高低，也就是只能反映土壤中活性酸的强度。

土壤中除了活性酸之外，还有潜性酸，也就是土壤胶体上吸附的交换性 Al^{3+} 和 H^+ ，这部分潜性酸的强度是用交换性酸和水解性酸的多少来衡量的。



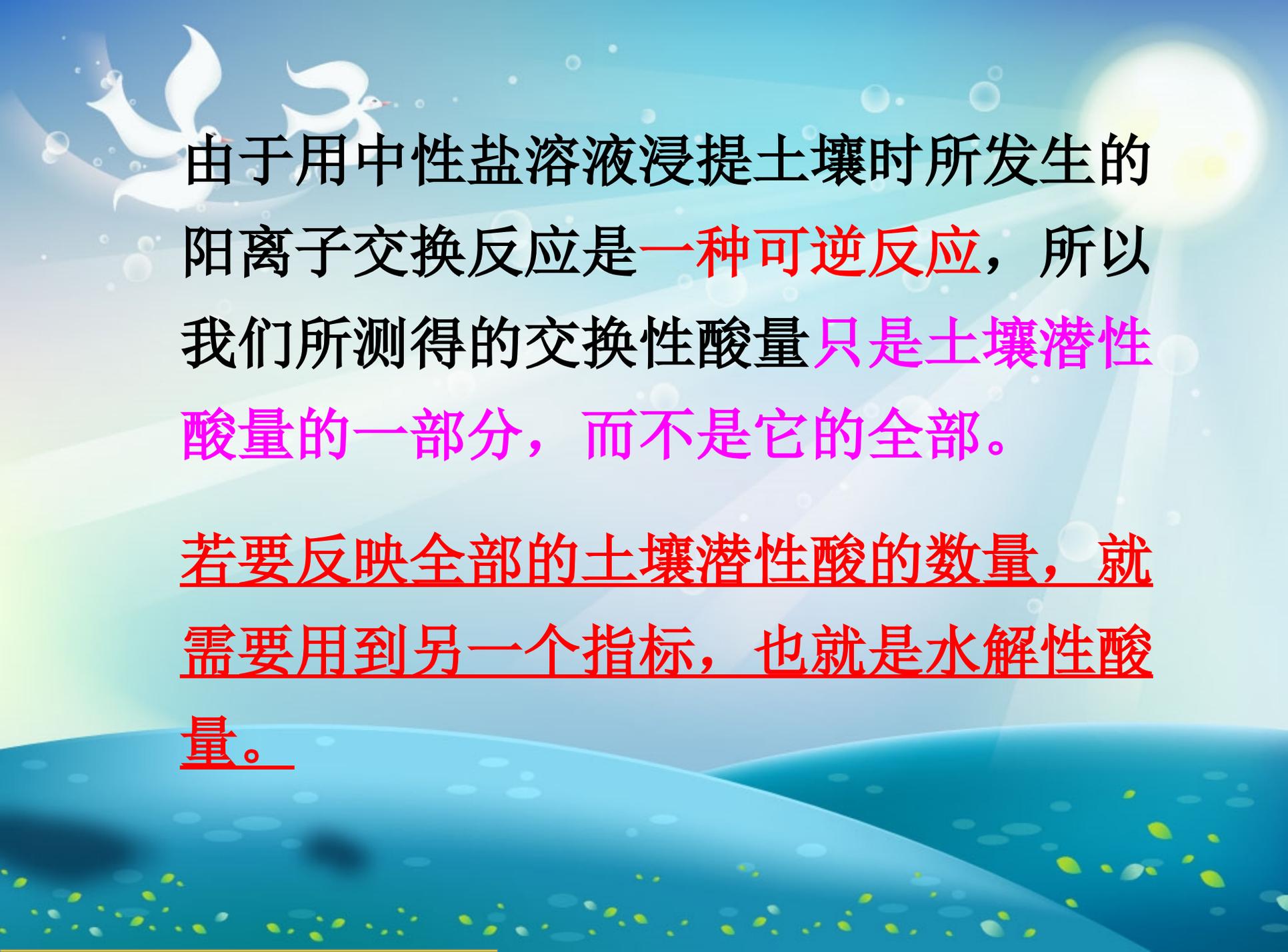
(三) 交换性酸

在**非石灰性土壤**及酸性土壤中，土壤胶体吸附了一部分 Al^{3+} 及 H^+ 。

当用**中性盐溶液**（如 1mol KCl 或 0.06mol BaCl_2 溶液）浸提土壤时，非石灰性土壤及酸性土壤胶体表面吸附的 Al^{3+} 与 H^+ 的大部分被浸提剂的阳离子交换而进入溶液。

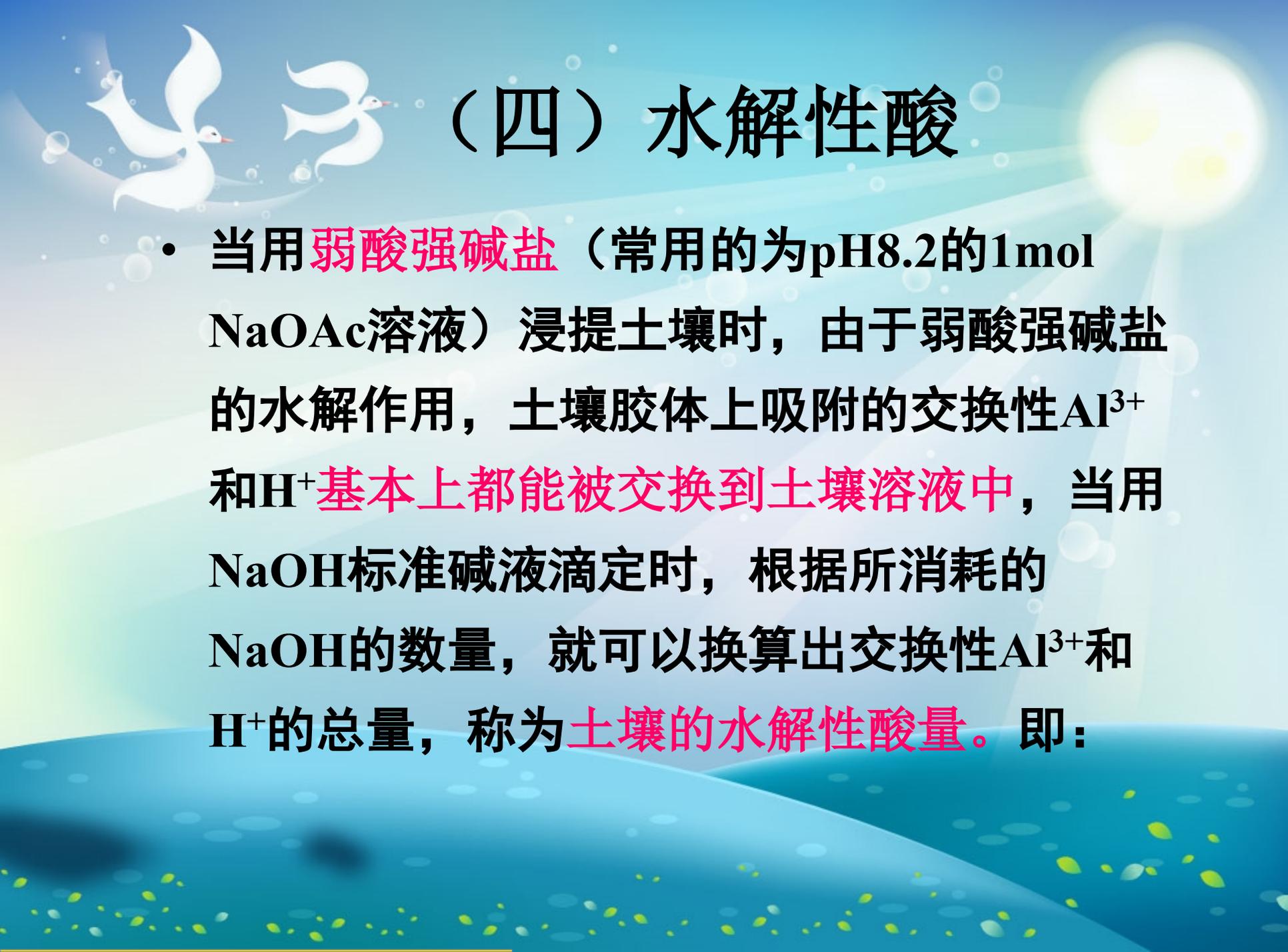
用标准碱液滴定浸提液中的 H^+ 及由 Al^{3+} 水解产生的 H^+ ，根据消耗的碱量就可换算出交换性 Al^{3+} 和 H^+ 的总量，称为**土壤的交换性酸量**。





由于用中性盐溶液浸提土壤时所发生的阳离子交换反应是一种可逆反应，所以我们所测得的交换性酸量只是土壤潜性酸量的一部分，而不是它的全部。

若要反映全部的土壤潜性酸的数量，就需要用到另一个指标，也就是水解性酸量。



(四) 水解性酸

- 当用**弱酸强碱盐**（常用的为pH8.2的1mol NaOAc溶液）浸提土壤时，由于弱酸强碱盐的水解作用，土壤胶体上吸附的交换性 Al^{3+} 和 H^+ **基本上都能被交换到土壤溶液中**，当用NaOH标准碱液滴定时，根据所消耗的NaOH的数量，就可以换算出交换性 Al^{3+} 和 H^+ 的总量，称为**土壤的水解性酸量**。即：

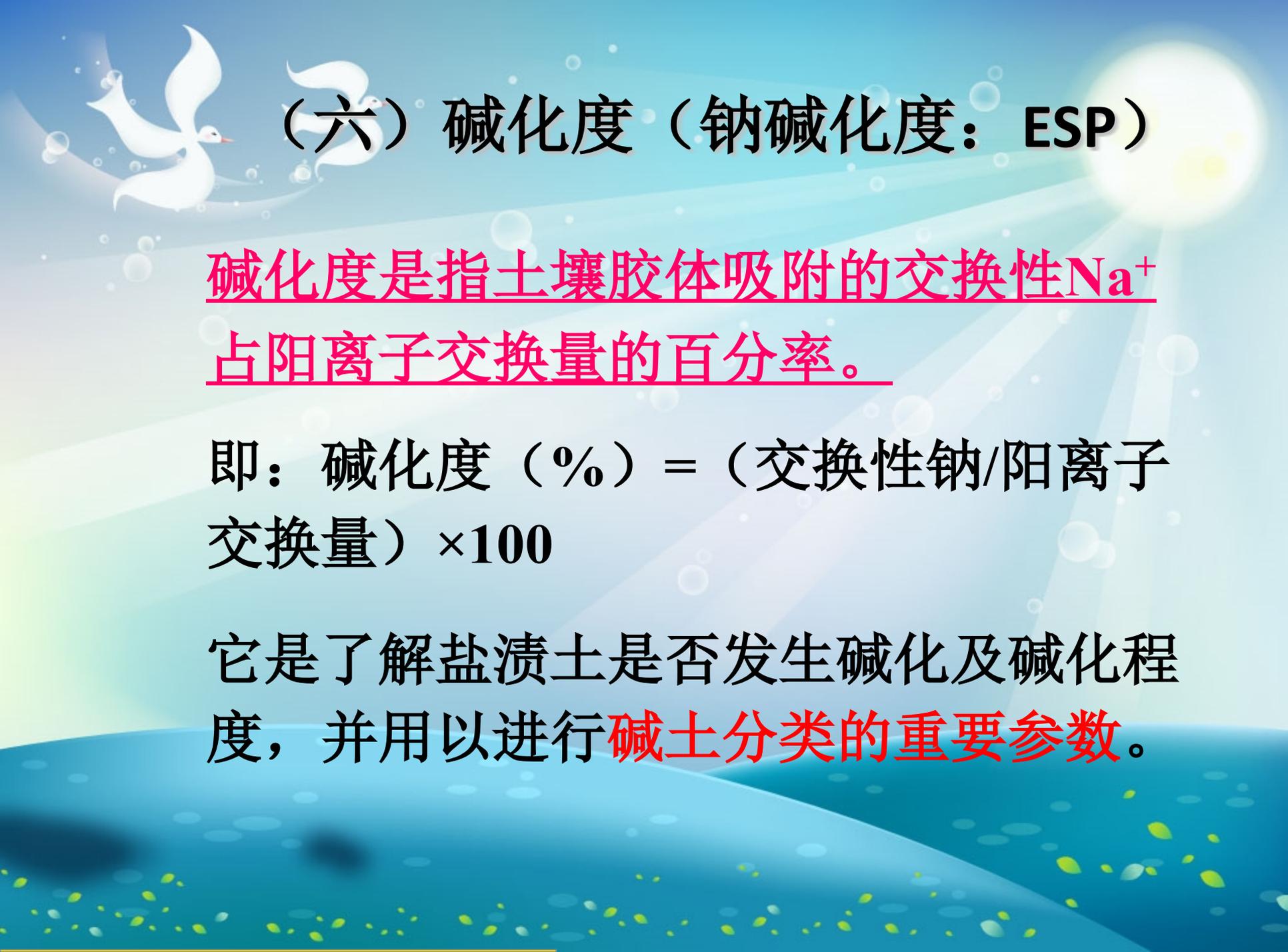


由于上述阳离子交换反应的产物是 H_2O （不易解离）和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ （在中性、碱性条件下沉淀），而 CH_3COOH 的解离度极小而呈分子态，故反应向**右**进行，直到被吸附的 H^+ 和 Al^{3+} 被 Na^+ 完全交换。

一般来看，土壤水解性酸度大于交换性酸度。

(五) 总碱度

- **总碱度**是反映碱性土壤的碱性强弱的指标。它是土壤溶液或灌溉水中 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 的总量。即：总碱度 $=\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^-$ [cmol (+) /L]
- 土壤碱性形成的主要机理之一就是土壤溶液中K、Na、Ca、Mg的碳酸盐和重碳酸盐的水解，所以土壤溶液中 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 的总量也就反映了土壤碱性的强弱，当总碱度较高时，说明土壤的碱性较强；总碱度较低时，说明土壤的碱性较弱。

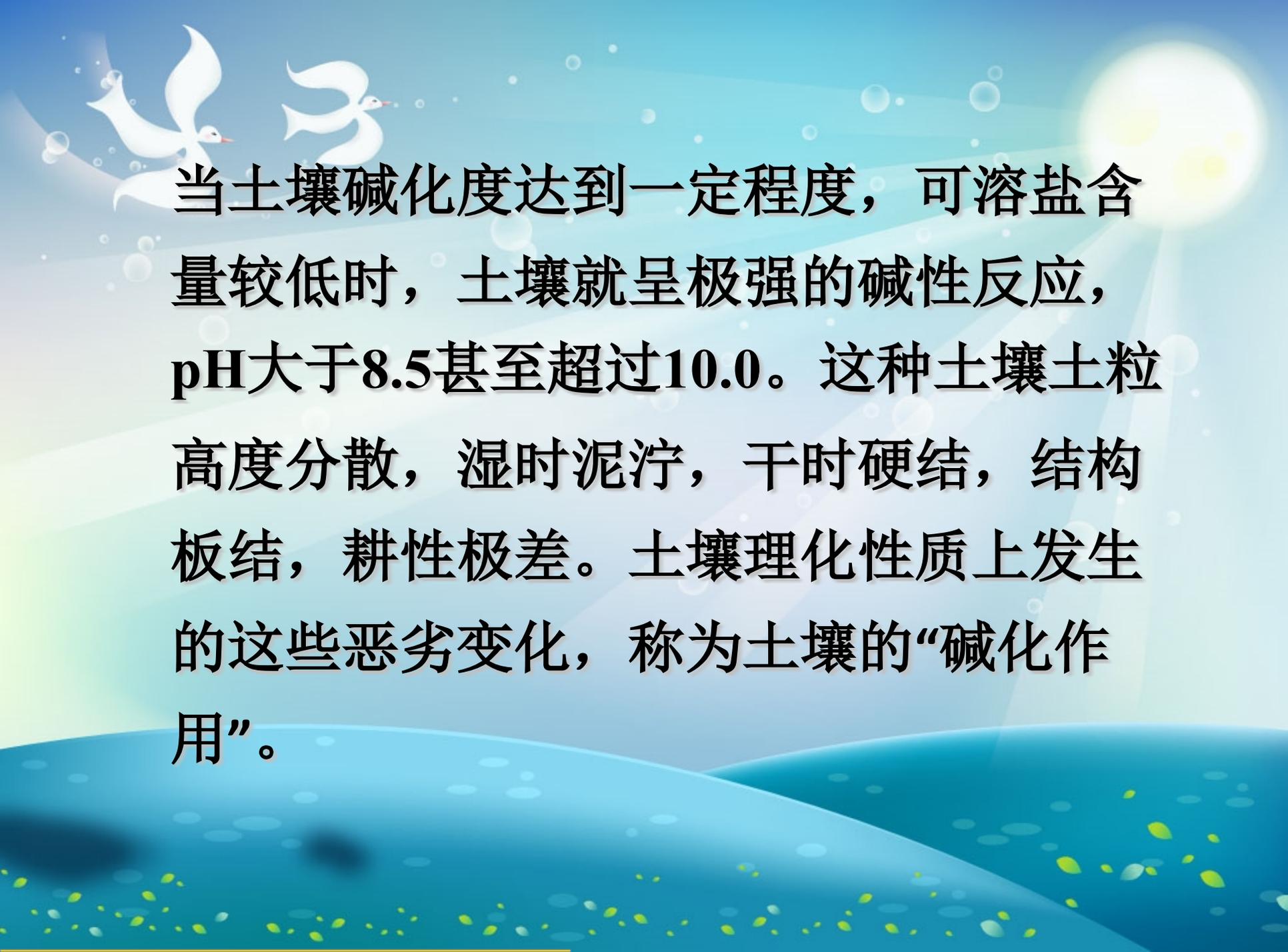


（六）碱化度（钠碱化度：ESP）

碱化度是指土壤胶体吸附的交换性Na⁺占阳离子交换量的百分率。

即：碱化度（%）=（交换性钠/阳离子交换量）×100

它是了解盐渍土是否发生碱化及碱化程度，并用以进行**碱土分类的重要参数**。

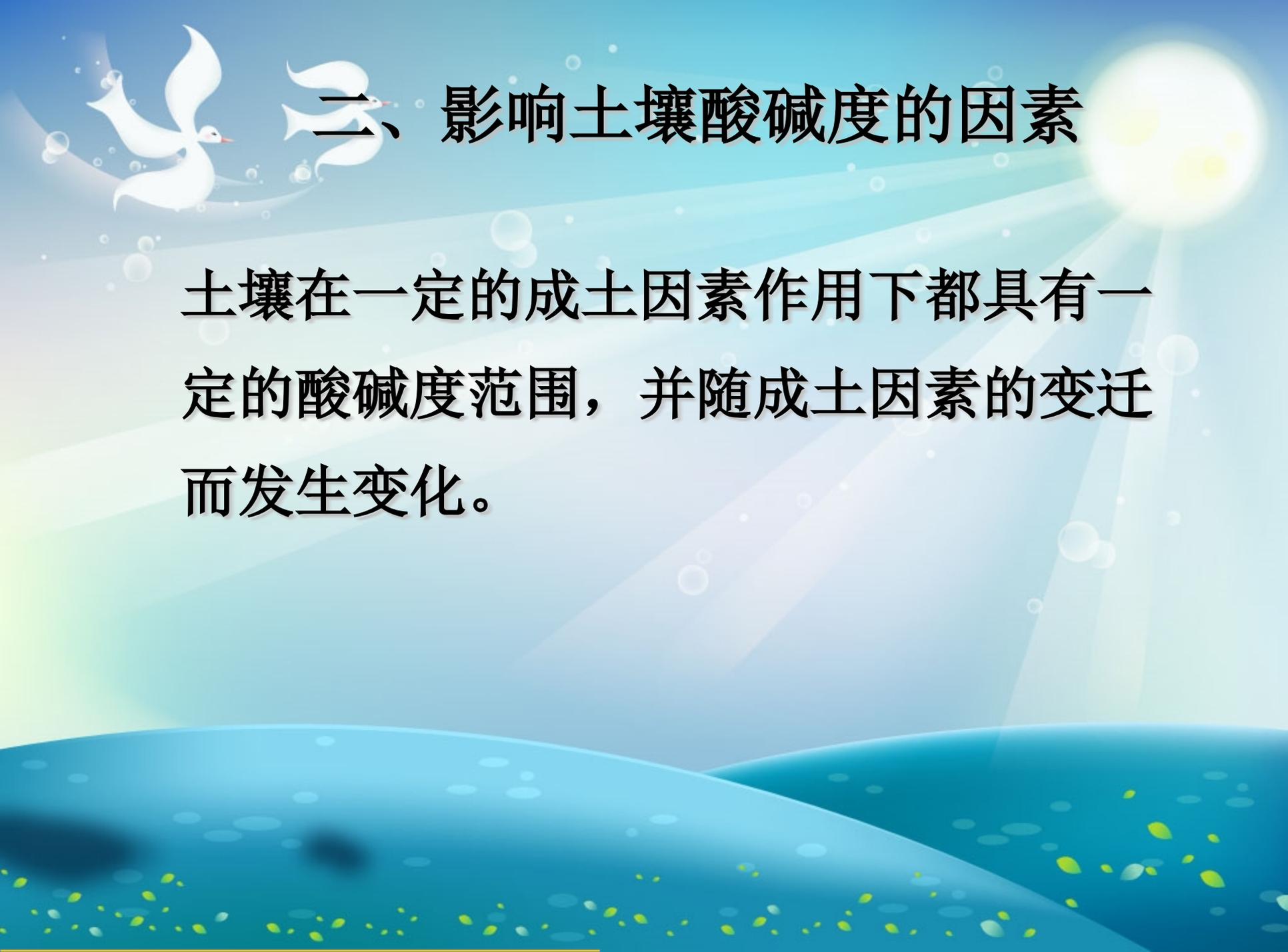


当土壤碱化度达到一定程度，可溶盐含量较低时，土壤就呈极强的碱性反应，pH大于8.5甚至超过10.0。这种土壤土粒高度分散，湿时泥泞，干时硬结，结构板结，耕性极差。土壤理化性质上发生的这些恶劣变化，称为土壤的“碱化作用”。

土壤的碱化度越高，说明交换性 Na^+ 所占的百分比越大，土壤的碱性就越强。

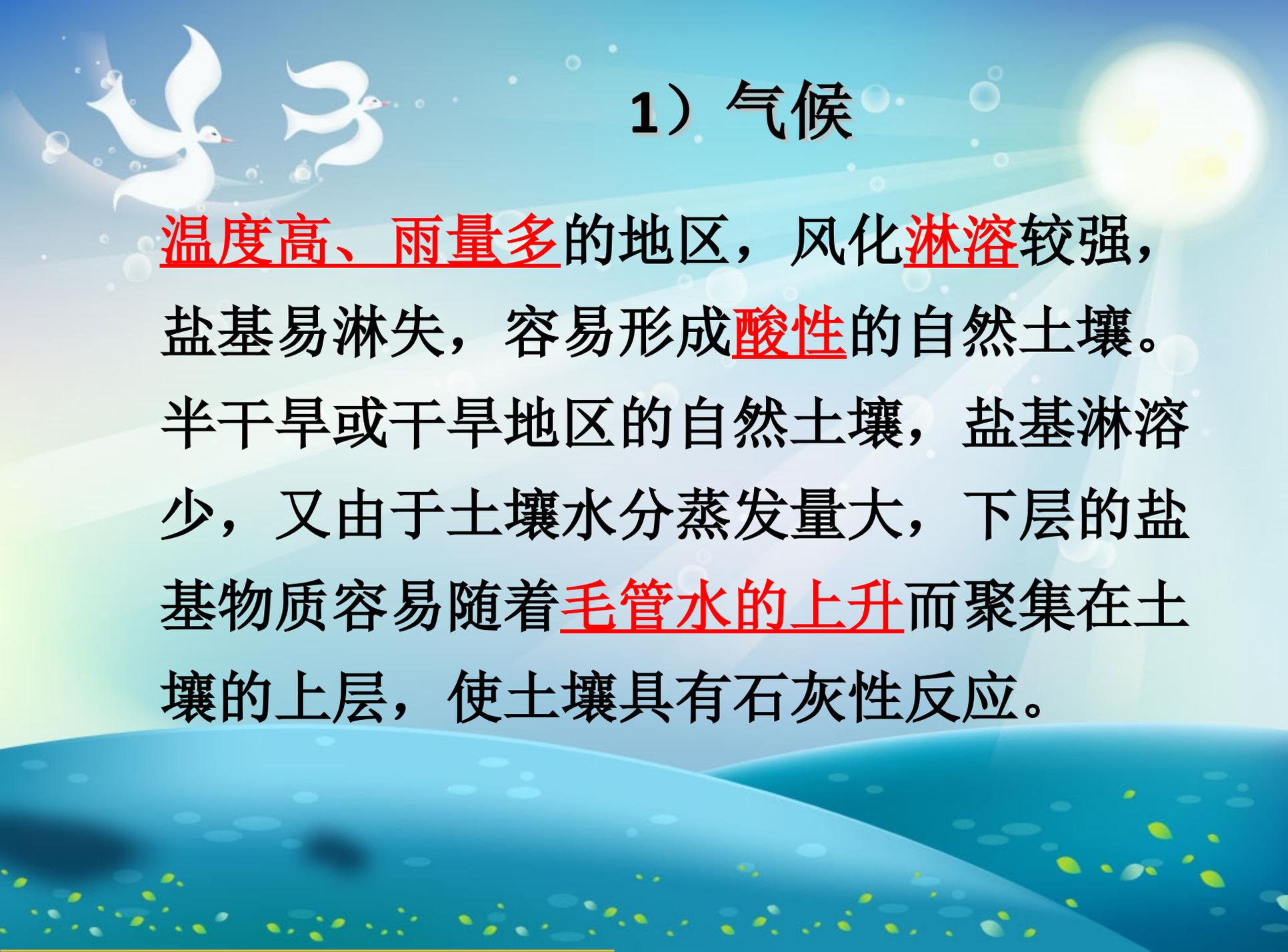
通常按以下标准对碱土进行分类：

ESP	碱土类型
$<5\%$	非碱化土
5 % -10 %	弱碱化土
10 % -20 %	碱化土
$>20\%$	碱土



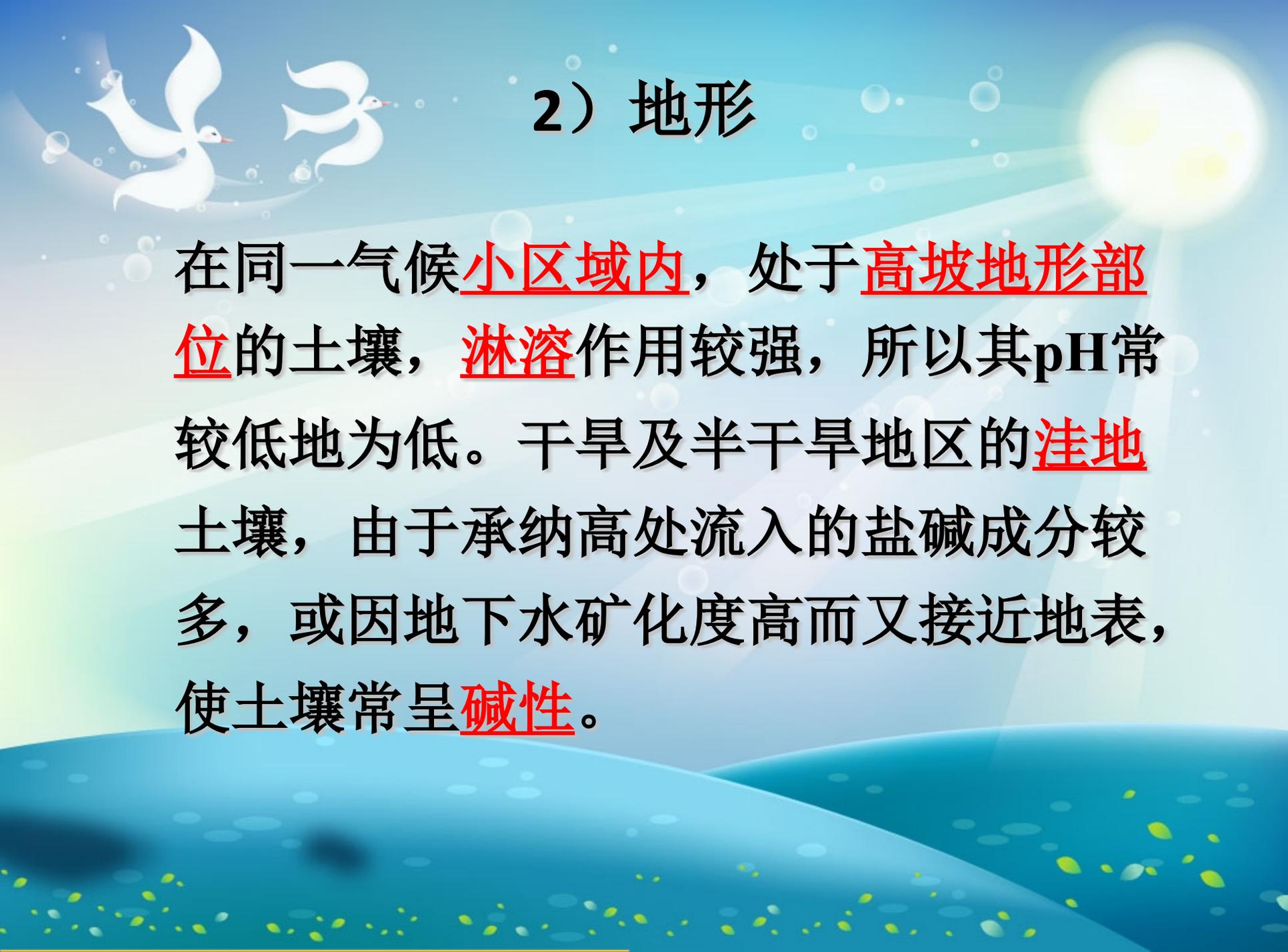
二、影响土壤酸碱度的因素

土壤在一定的成土因素作用下都具有一定的酸碱度范围，并随成土因素的变迁而发生变化。



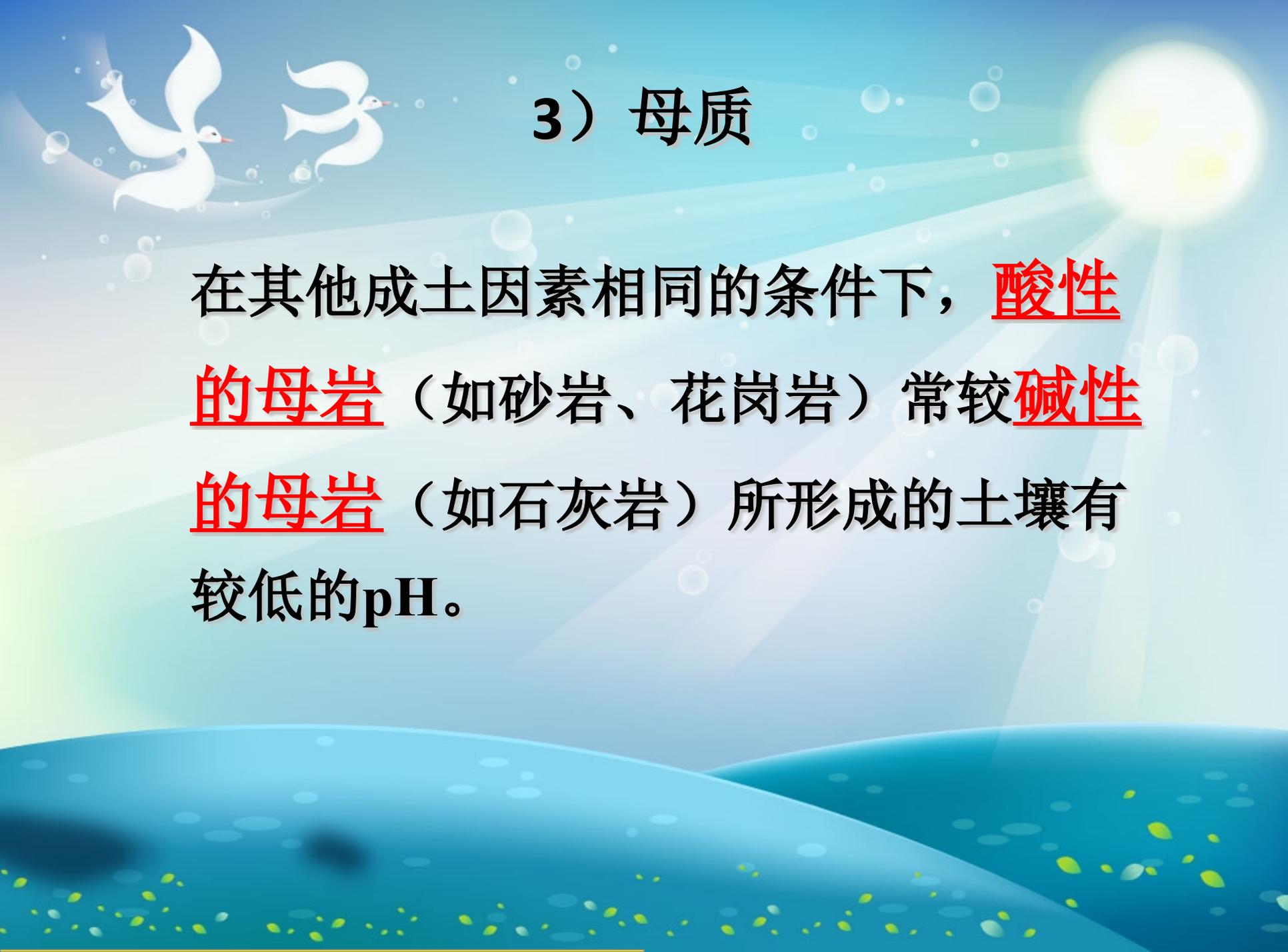
1) 气候

温度高、雨量多的地区，风化淋溶较强，盐基易淋失，容易形成酸性的自然土壤。半干旱或干旱地区的自然土壤，盐基淋溶少，又由于土壤水分蒸发量大，下层的盐基物质容易随着毛管水的上升而聚集在土壤的上层，使土壤具有石灰性反应。



2) 地形

在同一气候小区域内，处于高坡地形部位的土壤，淋溶作用较强，所以其pH常较低地为低。干旱及半干旱地区的洼地土壤，由于承纳高处流入的盐碱成分较多，或因地下水矿化度高而又接近地表，使土壤常呈碱性。



3) 母质

在其他成土因素相同的条件下，**酸性**
的母岩（如砂岩、花岗岩）常较**碱性**
的母岩（如石灰岩）所形成的土壤有
较低的pH。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/227155100151006111>