

Unit8 环境污染与生态环境影响评价

- 8.1 环境污染物与毒物
- 8.2 污染物在生态环境中的迁移和转化
- 8.3 污染物的毒理学评价
- 8.4 生态监测与生态环境影响评价

8.1 环境污染与毒物

8.1.1 定义

- 环境污染物:

进入环境后,使环境正常组成和性质发生改变,直接或间接有害于生物和人类的物质。

- 毒物（化学）：对机体产生有害作用（毒作用）的化学物质。

- 毒物与非毒物是相对的——剂量

8.1.2 化学污染物

联邦德国在1980年公布了120种水中有害物质名单，其中毒性最强的有16种，它们是：丙酮氰醇，丙烯腈，砷酸氢二钠，苯，四乙基铅，镉化合物，氰化物，DDT，3-氯环氧丙烷，乙酰亚胺，水合肼，林丹，硫醇，乙基对硫磷，汞化合物，银化合物。

我国杨友明等研究者对约一万种化学品经过筛选，确定了52种有毒化学品为我国优先控制的名单。L

氟乙酸甲酯 分子式(Formula): $C_3H_5FO_2$

结构简式: $CH_2FCOOCH_3$

分子量(Molecular Weight): 92.07

是一个重要的含氟化合物，在染料、医药、农药等工业领域有着广泛的用途和发展前景。在医药工业，氟乙酸酯是一个重要的医药中间体，是制备氟代嘧啶类抗肿瘤药物和氟喹诺酸类抗菌药物的起始原料，中等毒性。

导致急性中毒的剂量:

口服 10 mg/kg

皮下注射 10 mg/kg

静脉注射 4 mg/kg

吸入 800 mg/m³/10M

作为对比，沙林毒气的静脉注射致死剂量是 20 ug/kg 猴体重

氯乙腈 分子式 C_2H_2ClN ; $ClCH_2CN$ 外观与性状 无色液体, 有刺激性气味 主要用途 用作杀虫剂、有机合成中间体; 熏蒸剂;

急性毒性: $LD_{50} 220mg/kg$ (大鼠经口); $71mg/kg$ (兔经皮)

亚急性和慢性毒性: 大鼠吸入 $903mg/m^3 \times 5$ 小时/次 $\times 3$ 次, 呼吸困难、嗜睡、运动失调、体温下降、内脏充血。

危险特性: 遇明火、高热易燃。受热分解释出高毒蒸气。遇水或水蒸气、酸或酸气产生有毒的可燃性气体。与强氧化剂接触可发生化学反应。

燃烧(分解)产物: 一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、氯化氢。

1) 重金属

- 相对密度在**5**以上的金属，称作**重金属**。包括铜、铅、锌、锡、镍、钴、镉、汞、镉和铋**10**种金属。重金属的化学性质一般比较稳定。尽管锰、铜、锌等重金属是生命活动所需要的微量元素，但是大部分重金属如汞、铅、镉等并非生命活动所必须，而且所有重金属超过一定浓度都对人体有毒金属的环境毒理学效应
- 重金属和配位体的相互作用，重金属的有机化，重金属的氧化还原反应，重金属的蓄积作用是重金属毒性作用的特性。毒性作用的受体可能是有催化作用的官能团、结构单元，或细胞膜上的转运成分，氨基酸、肽、蛋白质、核酸等生物成分多有与金属结合的基团。
- 汞毒性最大，镉次之，铅、铬、砷称之为“五毒”。

- 重金属污染与其他污染物相比，有其独特性。一是具有毒害性，可以引起中毒、致癌等；
- 二是具有欺骗性，多数重金属废水是无色透明的，不了解的人会把重金属废水当做清洁水，有的农民直接用于灌溉，有的牲畜直接饮用；三是具有富集性，重金属能通过食物链成倍富集，最后进入人体；四是在治理上具有长期性，水体和土壤一旦被重金属污染，治理难度很大，周期很长。
- 据报道，我国每年有**1200**万吨粮食遭到重金属污染(**10%**)，直接经济损失超过**200**亿元；**2009**年，我国**1/6**的耕地受到重金属污染，重金属污染土壤面积至少有**2000**万公顷。

危害

- 1、微量剧毒、长期积累:长期饮用含有重金属的水,有毒元素在人体内积累,可导致神经系统破坏、肺癌、肝癌、食道癌等,导致区域癌症高发病率和新生儿畸变。对成年人来说,从积累到癌症发病约为十年。重金属污染对儿童影响更大,在致癌期以前,可致致神经系统病变和智力发育不全。
- 2、终身有害,不可逆转:这些病变和伤害绝大部分是不可逆的,难以医治。此一积累过程,目前正在进入一个高发期。
- 3、杀手无形,难以提防:由于大多数重金属在水中是以无机物离子存在,无色无味,一般很难直观检测;即使仪器检测也要求高精确度的仪器才能检验出来,一般县一级的实验室不具备检测的条件。例如我国近两年发生的广东北江镉污染(2005)、长沙湘江、株洲砷和镉(2005,5月),湖南岳阳砷污染(2006年9月)等事故都是在专业人员例行检查时发现的。

- 早在**1978**年湘江流域就爆发过重金属超标事件，一度导致部分沿岸居民饮用水中断。由此肇始的汞污染治理，很大程度是迫于社会压力。

- **2006**年，由前环保总局与国土资源部共同承担的“全国土壤现状调查及污染防治项目”正式启动；但计划用**3**年半完成的该项目中途一度搁浅，直至**2008**年才重启，至今也未发布任何结果。

- **2007**年**5**月，中国启动第一次全国污染源普查，首次对中国重金属污染现状进行详细调查，涵盖了水体、大气和土壤。这为今年《规划》的出台，提供了降低排放量的“**2007**年基准线”。

- 这个调查维持了**2**年多，直至**2010**年**2**月才最终对外公布。普查结果显示，当时的重金属(镉、铬、砷、汞、铅)排放量为**90**万吨。

- **2008**年相继发生了贵州独山县、湖南辰溪县、广西河池、云南阳宗海、河南大沙河等多起严重砷污染事件；**2009**年仅环境保护部就接报**10**多起重金属、类金属污染事件。这些事件致使**4035**人血铅超标、**182**人镉超标，引发了**32**起群体性事件。重金属污染防治形势不容乐观。

- **2007年12月,黔南州独山县违法排污,导致独山县麻球河流域及下游三都县都柳江水体砷超标,造成独山县17人轻度砷中毒,沿河约2万人生活用水困难。**
- 2008年1月11日,湖南怀化市辰溪县的至少65人砷中毒。据报道,实际中毒人数远不止65人。**
- 2008年10月,广西河池市砷污染饮用水事件村民三百八十七人砷中毒。**
- 2008年6月,云南高原九大明珠之一,阳宗海发生严重砷污染事件,面积达31平方公里,蓄水量6.04亿立方米的优质水源砷浓度均值为0.128毫克/升,超标12倍。污染地附近的一泉水,砷含量高达67毫克/升,已经接近了致死的浓度。**

目前状态

- 1) 城镇工矿向农村转移的趋势
- 2) 由水源到土壤污染到食物链整体发展的趋势
- 3) 长期积累疾病集中爆发的趋势
- 4) 全城性、流域性的重大环境事故频发的趋势
- 5) 地上污染到地下水直接污染的趋势
- 6) 巧立名目,瞒天过海、异地排污的趋势。
- 7) 城市地表雨水高速公路雨水排污成日趋加重的趋势

重金属污染综合防治十二五规划

- 《规划》重点防控的5大重点行业为：有色金属矿（含伴生矿）采选业、有色金属冶炼业、含铅蓄电池业、皮革及其制品业、化学原料及化学制品制造业。
- 重点防控企业有**4452**家。同时，内蒙古、江苏、浙江、江西、河南、湖北、湖南、广东、广西、四川、云南、陕西、甘肃、青海**14**个省区被列为重点治理省区；
- 《规划》要求，重点区域重点重金属污染物排放量比**2007**年减少**15%**，非重点区域重点重金属污染物排放量不超过**2007**年水平。

(1) 汞

- ①环境汞污染

- 在自然界中，广泛分布于地壳表层的大部分汞与硫结合成硫化汞。普通岩石中的汞含量均小于 $200\mu\text{g}/\text{kg}$ ，地壳中的汞平均含量为 $80\mu\text{g}/\text{kg}$ 。空气中的饱和汞浓度为 $13.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；天然水中汞的本底浓度一般均不超过 $0.1\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ；土壤中的汞含量一般不高于岩石。

- 大气汞污染的重要来源是含汞金属矿物的冶炼和以汞为原料的工业生产所排放的废气。土壤汞污染主要来自施用含汞农药和含汞污泥肥料，另外含汞污水灌溉农田时，土壤也会遭到汞的污染。水体汞污染的主要来源是含汞的工业废水的排放，以汞作为电极的氯碱工业是环境汞污染的祸首；其次为以汞的无机盐作为催化剂的生产化工原料氯乙烯和乙醛的塑料工业；电池工业和电子工业等排放的废水也是水体汞污染的原因。

- 水生生物摄入的甲基汞可在体内蓄积，并经食物链的生物浓缩和生物放大，在鱼体内浓缩几万至几十万倍。甲基汞是汞公害的病因，汞的甲基化是水体污染危害的主要致毒机理。

- ②汞及其化合物可通过呼吸道、消化道及皮肤等途径进入机体，以肾脏汞含量为最高。汞在体内分布的递减次序是：肾>肝>血液>脑>末梢神经。
- 一般认为**Hg-S**反应是汞产生毒性作用的基础。
- 烷基汞化合物通过破坏大脑和小脑的神经元而使动物死亡，同时被汞抑制或损伤的血脑屏障转运机制，不能供应神经元必要的氨基酸。有机汞化合物也可能是由于破坏了亚细胞结构，例如溶酶体和核糖体的膜，从而影响蛋白质合成和细胞的完整性。甲基汞化合物易溶于脂肪中，易通过血脑屏障而侵犯中枢神经系统，因此中枢神经系统损害的症状明显。

2) 有毒有机物

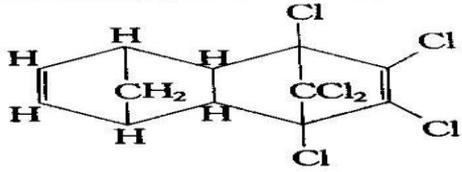
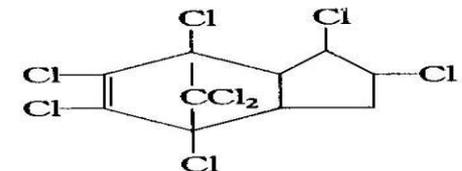
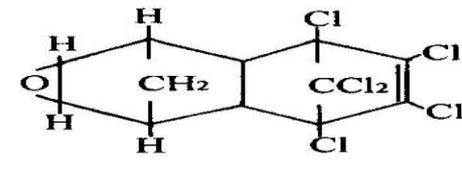
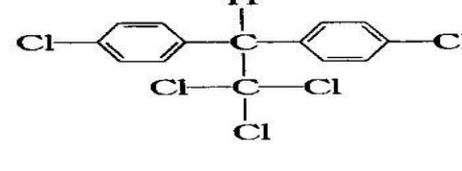
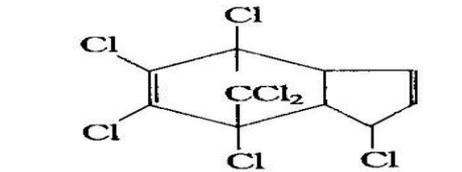
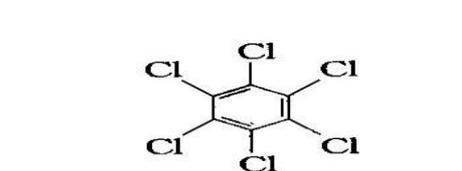
多氯联苯 (PCBs)

抑制水生生物的生长，改变物种的群落结构和自然海藻的总体组成；动物对其很敏感。

多环芳烃(PAH)，致癌。烟气排放，烟草焦油，原油中。

POP_s(Persistent Organic Pollutants) :

POP 物质的毒性

简称 (俗称)	化学名称	化学结构式	毒 性
艾氏剂	六氯-六氢-二亚甲基萘		神经系统和肝功能障碍, 致癌
氯丹	八氯-六氢亚甲茛		毒害中枢神经系统及肝、肾、肺和消化道, 致癌
狄氏剂和异狄氏剂 (二者互为立体异构物)	六氯-环氧八氢-二亚甲基萘		神经系统和肝功能障碍, 致癌 影响人体发育, 致癌
滴滴涕	双对氯苯基三氯乙烷		影响肝、肾功能, 致突变
七氯	七氯化茛		毒害中枢神经系统和肝脏, 影响生殖, 致癌
六氯苯	六氯代苯		神经毒性、影响肝功能

有机农药

- 有机农药目前已有近千种，我国生产和使用的近200种。
- 杀虫剂（Insecticides）
- 除莠剂（Herbicides）
- 杀（真）菌剂（Fungicides）
- 熏蒸剂（Fumigants）
- 灭鼠剂（Rodenticides）等。

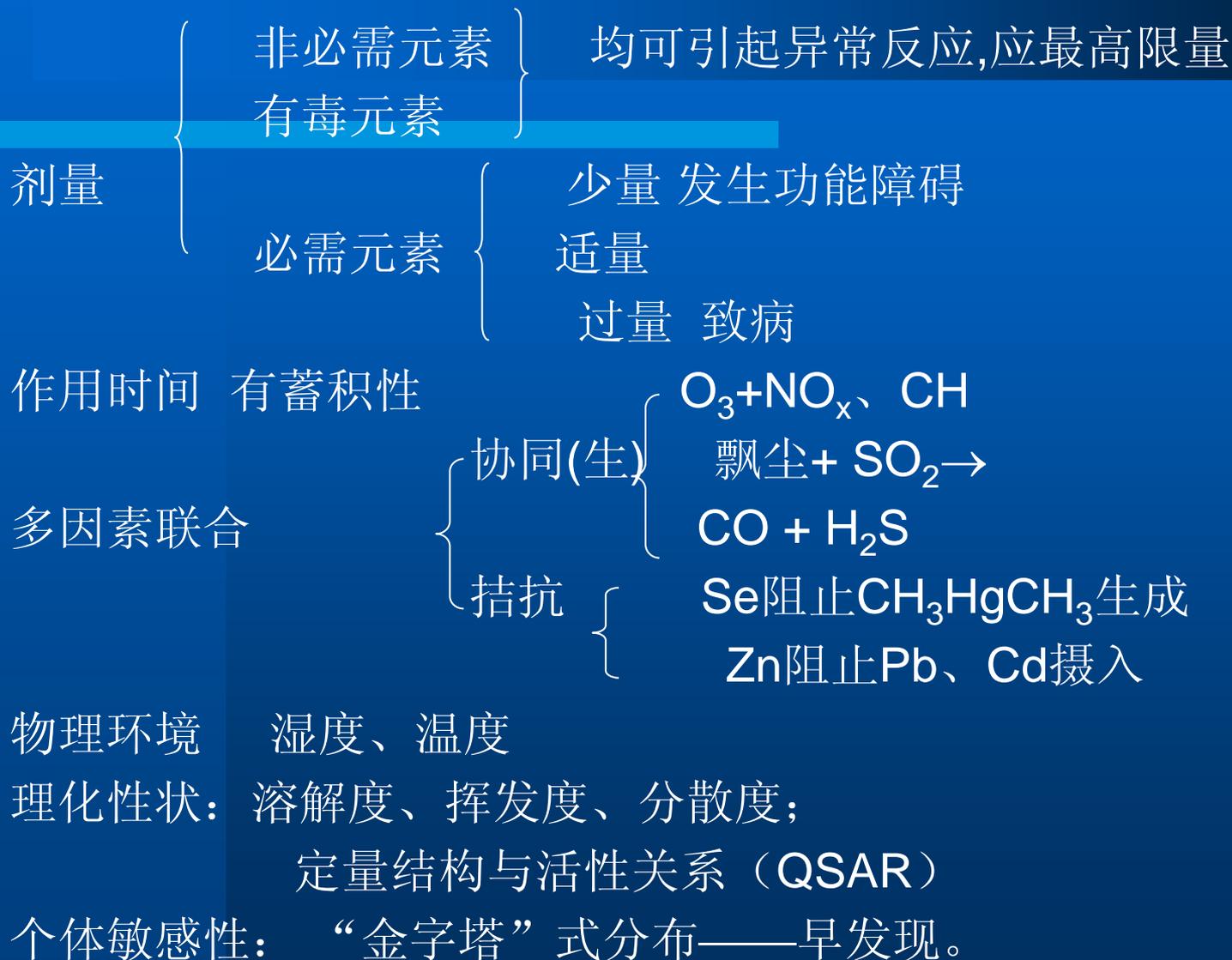
3) 无机污染物 (大气)

- SO_2
- CO
- NO_x



- 大气污染（**atmospheric pollution**）是指大气污染物或由它转化成的二次污染物的含量远远超过正常本底含量，对人体和生物体产生不良影响的大气状况。
- 二氧化硫是重要的大气污染物，历次世界范围内的严重大气污染事件，二氧化硫都是主要的大气污染物。
- 二氧化硫（**SO₂**）为无色而具有辛辣刺激性气味的气体，SO₂进入环境，主要来自含硫矿物燃料的燃烧，大约占SO₂含量的80%；另外对于这种含硫矿物的开采和含有较高硫量的有色金属的冶炼，大约占10%，同时化学工业的生产过程中也产生SO₂。

8.1.3 毒作用影响因素



剂量与危害的关系有以下几种情况

- (1) 对于人体非必需元素、有毒元素或生物体内尚未检出的某些元素：由环境污染而进入人体的剂量达至一定程度，即可引起异常反应，甚至进一步发展成疾病。对于这一类元素主要是研究制定其最高允许限量的问题，即环境中的最高允许浓度，人体的最高允许负荷量等。

(2) 对于人体必需的元素：人体必需元素的剂量与危害的关系则较为复杂。一方面，环境中这种必需元素的含量过少，不能满足人体的生理需求时，会使人体的某些功能发生障碍，形成一系列病理变化；另一方面，如果这类元素的含量增加过多，也会作用于人体，引起程度不同的中毒性病变。以氟为例，饮水中含氟量如在 $0.5\mu\text{g/g}$ 以上，则斑釉齿发病率升高，含氟量达 $8\mu\text{g/g}$ ，则可造成地方性氟病（慢性氟中毒）的流行；但如水中含氟量在 $0.5\mu\text{g/g}$ 以下，则釉齿的发病率显著升高。因此，对这类元素不仅要研究环境中最高允许浓度，而且还要研究其最低必需量的问题。

作用时间

- 很多环境污染物具有蓄积性，只有在体内的蓄积量达至中毒阈值时，才会产生危害。因此随着作用时间的延长，毒物的蓄积量将加大。污染物在体内的蓄积是受摄入量、污染物的生物半衰期（即污染物在生物体内浓度减低一半所需的时间）和作用时间三个因素的影响的。

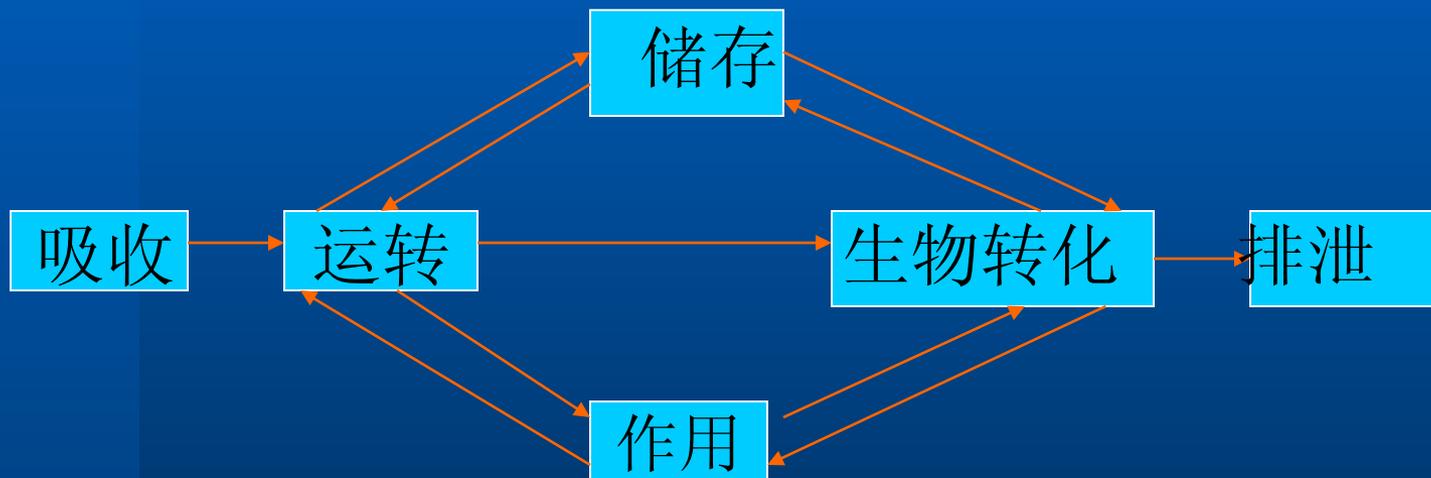
环境污染物的联合作用

- ①协同作用（**synergistic effect**）两种或两种以上化学物同时或在数分钟内先后与机体接触，其对机体产生生物学作用的强度远远超过它们分别单独与机体接触时所产生的生物学作用的总和。
- ②拮抗作用（**antagonistic effect**）两种化学物同时或在数分钟内先后输入机体，其中一种化学物可干扰另一种化学物原有的生物学作用，使其减弱，或两种化学物相互干扰，使混合物的生物学作用或毒性作用的强度低于两化学物输入机体时强度的总和。

个体敏感性

- 人的健康状况、生理状态、遗传因素等，均可影响人体对环境异常变化的反应强度和性质。如：**1952年伦敦烟雾事件**的一周内比前一年同期多死亡的**4000**人中，**80%**是原来就患有心肺疾病的人

8.2 污染物在生态环境中的迁移和转化



- 1) 侵入和吸收
 - 呼吸道
 - 消化道
 - 皮肤
 - 其他(如粘膜、伤口)
- 2) 分布与蓄积(靶器官)
 - I₂----甲状腺; DDT----脂肪
 - CH₃HgCH₃----脑
 - Pb----骨; Cd----肝肾肠粘膜
- 3) 毒物的生物转化
 - 氧化还原和水解
 - 结合反应
 - 可以解毒
 - 可以增加毒性
- 4) 毒物的排泄
 - 肾
 - 消化道
 - 呼吸道
 - 分泌物
- 5) 食物链传递与放大—生物富集

污染物在生物体内的吸收

- (1) 经消化道吸收饮水和由大气、水、土壤进入食物链中的环境污染物均可经消化道吸收，消化道是环境污染物最主要的吸收途径。
- (2) 经呼吸道吸收
- 环境污染物经呼吸道的吸收以肺为主。
- (3) 经皮肤吸收

毒物的生物转化

除很少一部分水溶性强、分子量极小的毒物可以原形从人体中排出外，绝大部分毒物都要经过某些酶的代谢（或转化），从而改变其毒性，增强其水溶性，而易于排泄。毒物在体内的这种毒性转化过程，叫生物转化过程。肝脏、肾脏、胃肠等器官对各种毒物都有生物转化功能，其中以肝脏最为重要。毒物在体内的代谢过程可分为两步：第一步是氧化还原和水解，这一代谢过程主要与混合功能氧化酶系有关，它具有多种外源性物质（包括化学致癌物、药物、杀虫剂）和内源性物质（激素脂肪酸）的催化作用，能使这些物质羟化、去甲基化、脱氨基化、氧化等等，所以又称非特异药物代谢酶系；第二步是结合反应，一般通过一步或两步反应，活性的物质就可能转化为惰性物质而起解毒作用，但也有些惰性物质转化为活性物质而增加其毒性的，如，农药1605在体内氧化成1600，其毒性就增大了。

排泄

- 排泄是一种化学物及其代谢产物向机体外转运的过程，外来化合物的排泄包括化学物本身其代谢产物以及结合物。排泄的主要途径是通过肾脏随同尿液排出和经过肝脏随同胆汁混入粪便中而排出。此外，还有经过呼吸器官随同气体呼出，通过皮肤随同汗液以及随同唾液、乳汁、泪液和胃肠道分泌物等排泄途径

污染物在食物链中的传递与放大

- 环境中污染物的浓度，具有明显的随营养级升高而增大的现象。生物富集（**bio-enrichment**）系指生物或处于同一营养级的许多生物种群，从周围环境中吸收并积累某种元素或难分解的化合物，导致生物体内该物质的浓度超过环境中浓度的现象。

- 镉污染在水生态系统中可沿食物链不断浓缩放大，非污染区贝类的镉含量为0.05mg/kg，而污染带贝类的墨鱼肝中镉含量为420mg/kg，浓缩倍数达8400。
- 农药的食物链积累与放大
- 牡蛎在 $0.1\mu\text{g}/\text{dm}^3$ DDT海水中,40d富集系数达到7万多倍

8.3 污染物的毒理学评价

8.3.1 毒性及定量标准

8.3.2 毒性评价方法

8.3.3 毒理学安全评价程序

8.3.1 毒性及定量标准

- 1) 毒性：污染物质对生物体造成损害的能力。
- 急性：大剂量一次或24小时内多次，短时间对机体引起毒性
 - 慢性：生命周期。非特异性影响如机体免疫功能、对环境因素的抵抗力将明显减弱，表现为人群中患病率、死亡率增加，儿童生长发育受到影响。
 - 亚急（慢）性：1/10生命期间，少量、反复

2) 常用毒性指标-剂量

- 剂量 (**dose**)
- 通常由呼吸途径进入生物体的毒物毒性，以在空气中的质量浓度 mg/m^3 、 mg/dm^3 表示。
- 致死剂量 (**lethal dose, LD**) 或致死浓度 (**lethal concentration, LC**)
- 半数致死剂量 (**LD₅₀**) 或半数致死浓度 (**LC₅₀**) 系指能引起一群动物**50%**死亡所需的剂量。

(3) 阈剂量

- 毒物引起受试对象中少数个体出现某种轻微异常改变所需最低剂量。

急性阈剂量：一次接触毒物所得阈剂量。

慢性阈剂量：长期反复多次接触所得的阈剂量。

慢性毒性参数可使用TDL0（最低中毒剂量,toxic dose low）和TCL0（最低中毒浓度,toxic concentration low）。

(4) 最大无作用剂量

毒物在一定时间内，按一定方式与受试对象接触，用现代的检测方法和最灵敏的观察指标不能发现任何损害作用的最高剂量。



南京汤山中毒事件(9.14事件):

- 2002年9月13日晚11时许，南京市江宁 区汤山镇经营“菊红”面食店的陈正平潜入“正武”面食店，将所携带的剧毒鼠药“毒鼠强”投放到该店食品原料内，9月14日造成395人因食用有毒食品而中毒，经医院抢救无效死亡42人



- 猪肉与豆类同食易引起腹胀气滞
- 羊肉与荞面热寒相反不宜同食
- 牛肉与栗子同食不易消化吸收
- 鸡肉与芥末同食会伤元气
- 兔肉与橘子同食导致腹泻
- 鸡蛋与豆浆同食影响蛋白质吸收
- 狗肉与大蒜同食刺激肠胃黏膜
- 鲤鱼与咸菜同食容易致癌
- 河虾与番茄同食易食物中毒
- 螃蟹与茄子同食容易致癌
- 芹菜与黄瓜同食会破坏VC
- 黄瓜与辣椒同食会破坏VC
- 大葱与枣同食脾胃不和
- 胡萝卜与白萝卜同食会破坏VC
- 萝卜与橘子同食会诱发甲状腺肿
- 韭菜与酒同食易引起胃肠疾病
- 菠菜与豆腐同食影响Ca的吸收
- 花生与黄瓜同食易导致腹泻

- **2008年2月23日上午11时许,在比亚迪工厂后门市场,吃完早点的65名比亚迪员工出现中毒症状。其中2人经抢救无效死亡,住院治疗19人,医学观察42人。**
- **“2·23”比亚迪投毒案一审判决结果公布。直接投毒者柯必志被判处死刑,投毒者王应德被判死刑缓期二年执行,涉案的新市场老板朱远林和该公司人事科科长张振华分别被判无期徒刑和有期徒刑十五年。**



- **2007年6月初发生在中国矿业大学3名学生铊中毒事件，终于真相大白，原来是一名同学和这三名同学一起吃饭时，把铊水倒在了三位同学的碗里，最终引起了铊中毒。**
- 据说，这位投毒学生的投毒动机很简单，因为这位投毒的学生性格内向，同学不和他玩，出于嫉妒，然后就萌生了给同学投毒的念头，让同学尝尝铊中毒滋味。

- 因生意上的纠纷，湖北新洲阳逻街男子沈华军对隔壁建材店一家人进行投毒报复，造成8人铊中毒，其中两人不治身亡。昨日，武汉市中级人民法院以故意杀人罪，一审判处沈华军死刑。
- 武汉市人民检察院以故意杀人罪，对沈华军提起公诉。法庭上，检方认为，向没有购买资格的人出售剧毒物，武汉瑞祥化玻仪器有限公司的代表舒某负有不可推卸的责任。舒某目前被批捕。

- 湖南省怀化市辰溪县孝坪煤矿发生一起硫酸污染地下水致居民中毒事件，有媒体称数千人中毒，已有**3**人死亡。昨日，辰溪县宣传部在接受记者采访时称，实际中毒人数为**26**人，且无人死亡，该起中毒事故是由大雪压塌硫酸厂排污口，导致地下水污染所引发的。

- **2009，3月17日，河南民权砷污染案开庭。**
- 该县的磷肥厂法人于**2008年8月**，使用高砷硫铁矿制酸，排出剧毒——砷，污染大沙河**1000**余万吨，造成国内最大的砷污染处理事件。
- 而在事件背后还有**3**个触目惊心的事实。
- 其一，县环境监察大队被局领导架空；局领导亲自上重点企业磷肥厂收排污费；同时该厂被挂牌保护，县政府要求实施“零干扰”。
- 其二，浓度超标**899**倍的“毒水”，在**4**个环境监察部门的眼皮下，畅然前行，将抵达安徽境内才被“截获”。
- 其三，**1987**年化工部曾发文禁止“毒砂”高砷硫铁矿，现已被大量开采。专家称，小硫酸厂因图便宜使用此类矿，不可能处理好其污染问题。

- 化工厂用的数百吨劣质矿石引发淮河支流大沙河的严重砷污染,河南、安徽两省紧急开展可能也是世界最大的水体“消砷”行动
- 清除淤泥后,上游的河水进入到包公闸段,经过一段段处理后,经安徽方面派人监测合格后,沉重的闸门提起,一点点下泄,闸门再次关上,又引来一段河水后,进行重复的砷处理。就在这重复的动作进行了4个月后,超过**1000**万吨的砷污染污水得到了处理。

“如此大规模的砷污染水处理,在国内还是第一次。”中科院生态环境研究中心巩文信博士说,“可能也是世界上规模最大的一次。”

- “阳宗海砷污染治理已向全球招标。”昨日（**2008、11、26日**）从昆明理工大学获悉，该校将派出环境工程学院教授胡开林领衔的团队，参与竞标。胡开林表示，彻底清除阳宗海的砷污染物，预计要花**40亿元**。

- 胡开林介绍，阳宗海受污染的水体总量达**6.04亿立方米**，体量巨大成为治污的最难点。他算了一笔账，若用化学方法治理砷污染，每立方米水至少要花**1.5元**，**6亿方水**就要花近**10亿元**的“药费”。再加上工程措施、人力物力的投入，**3年**按期完成，预计要花**40亿元**。

- 他说，水体砷污染治理的方法很多，主要包括化学沉淀法、生物治理法、离子交换法、蒸发然后回收蒸馏水法等。

8.3.2 毒性评价方法

1) 一般毒性评价

(1) 急性毒性评价

①急性致死毒性试验 5级

②水生生物急性毒性试验

(2) 蓄积毒性评价

(3) 亚慢性毒性和慢性毒性评价

2) 特殊毒性评价（三致）

(1) 细菌回复突变试验（Ames）

(2) 染色体畸变分析法

(3) 微核试验

(4) 显性致死突变试验

(5) 姊妹染色单体交换试验

8.3.3 毒理学安全评价程序

1) 试验前准备

- (1) 收集资料
- (2) 受试物样品及动物

2) 评价程序

- (1) 《食品安全性毒理学评价程序（试行）》
1986年卫生部
- (2) 《农药毒性试验方法暂行规定（试行）》

8.4生态监测与生态环境影响评价

8.4.1 生态监测的概念和理论依据

8.4.2 生态环境影响评价

8.4.3 生态风险评价

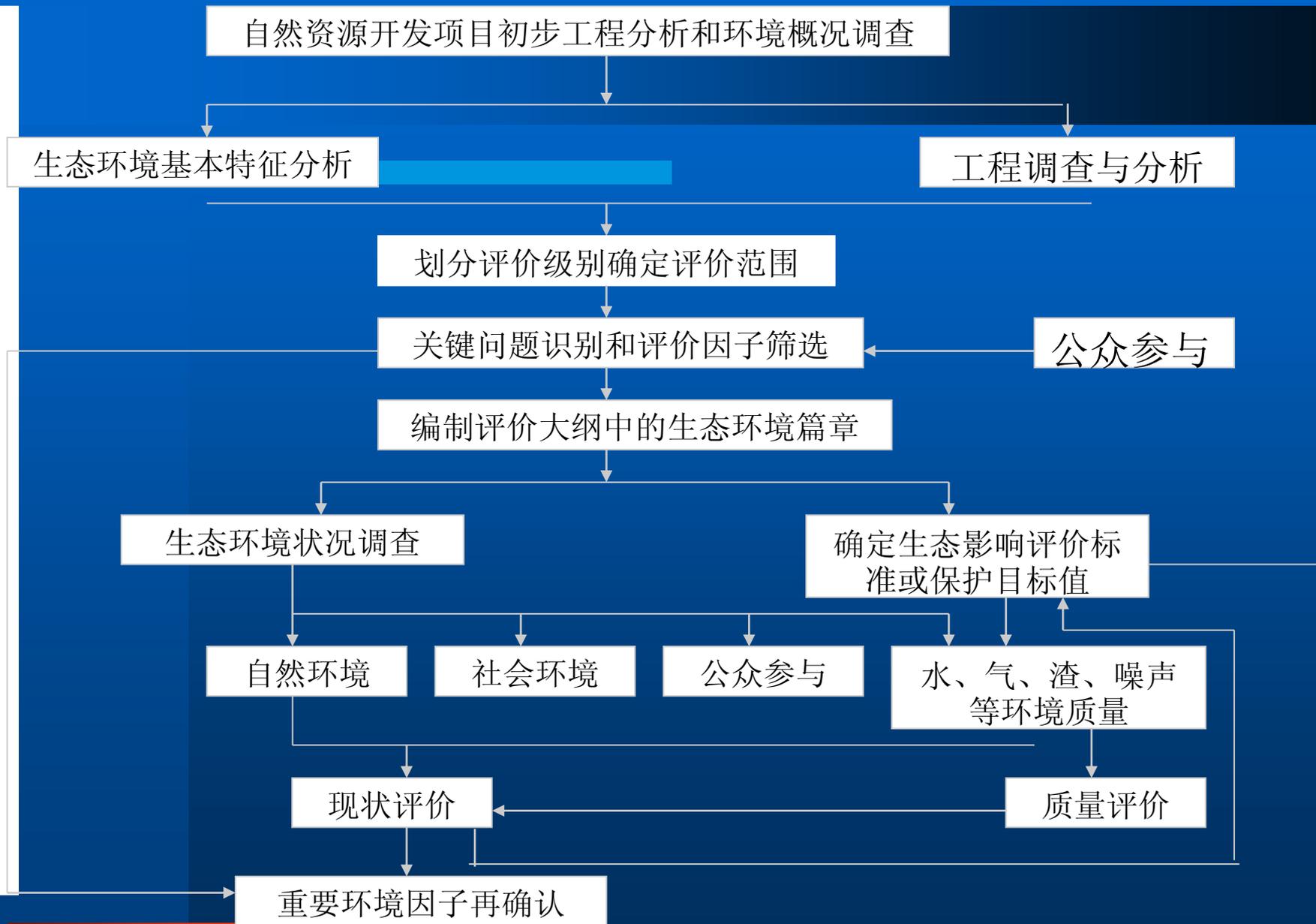
8.4.1 生态监测的概念和理论依据

- 生命与环境的统一性和协同进化—基础
- 生物适应的相对性—可能
- 生物富集—依据
- 可比性

8.4.2 生态环境影响评价

1) 定义：通过定量揭示和预测人类活动对生态影响及对人类健康和经济发展的作用，分析确定一个地区的生态负荷或环境容量

2) 生态影响评价的程序





3) 生态环境评价的方法

- 图形叠置法
- 生态机理分析法
- 类比法
- 列表清单法
- 质量指标法
- 景观生态学方法
- 系统发现法
- 生产力评价法
- 数学评价方法

图形叠置法

- 把两个或更多的环境特征重叠表示在同一张图上，构成复合图，用以在开发行为影响所及的范围内，指明被影响的环境特征及影响相对大小。

生态机理分析法

- 调查环境背景现状
- 调查植物和动物分布，动物栖息地和迁徙路线
- 根据调查结果进行划分，描述其分布特点、结构特征和演化等级
- 识别珍贵物种
- 根据兴建项目后的环境变化，对照无开发项目条件下动物、植物和生态系统演替趋势，预测动物和植物个体、种群和群落的影响，并预测生态系统演替方向。

类比法

- 整体类比
- 单项类比
- 一般单项类比比较多。

列表清单法

- 将实施的开发活动和可能受影响的环境因子分别列于同一张表格的列与行，在表格中用不同的符号判定每项开发活动与对应的环境因子的相对影响大小。
- 方法简便，不能定量表示。

质量指标法

$$\Delta E = \sum_{i=1}^n (Eh_i - Ep_i) \times W_i$$

- 式中p， h为前后环境质量指标
- 关键是建立环境因子的评价函数曲线

景观生态学方法

- 空间结构分析
 - 模块的确定
 - 优势度的计算
- 功能与稳定性分析
 - 生物恢复力分析
 - 异质性分析
 - 种群源的持久性和可达性分析
 - 景观组织的开放性分析

系统发现法

- 专家咨询法
- 层次分析法
- 模糊综合评判法
- 综合排序法
- 系统动力学方法
- 灰色关联法
-

生产力评价法

- 生物生产力
- 生物量
- 物种量
- 生物多样性定量评价

数学评价方法

- 多元线性回归
- 多元非线性回归
- 趋势面方法

8.4.3 生态风险评价

- 定义
- 程序
- 方法

定义

- 利用生态学、环境化学及毒理学的知识，定量地确定环境危害对人类的负效应的概率及其强度的过程。

程序

问题的形成

分析过程

风险源评估

效应评估

风险特征化

风险管理

生态风险评估方法

- 物理模型
- 统计学模型
- 数学模型
 - 归宿模型
 - 效应模型

小结

- 污染物与毒物概念
- 影响毒作用的因素
- 毒性与剂量
- 生态影响评价程序、方法

思考题

- P233: 1~5

生态监测的方法

- 个体和种群水平
 - ❖ 指示生物法 (indicator organism)
- 群落和生态系统水平
 - ❖ 污水生物系统法 (saprobien system)
 - ❖ PFU(聚氨酯泡沫塑料块)法(polyurethane foam unit)
- 生物测试 (bioassay)

指示生物法

- 指示生物法是指用指示生物来监测环境状况的一种方法。指示生物(indicator organism)是一些对环境中的某些物质，包括污染物的作用或环境条件的改变能较敏感和快速地产生产明显反应的生物。通过其所作的反应可了解环境的现状和变化，起“预警”功能。
- 指示生物的基本特征：
 - 对干扰作用反应敏感且健康；
 - 具有代表性；
 - 对干扰作用的反应个体间的差异小、重现性高；
 - 具有多功能。
- 常用的指示生物：紫花苜蓿（ SO_2 ），地衣和苔藓（ SO_2 、氟化物），菜豆、烟草（ O_3 ）等。

污水生物系统法

- 污水生物系统法是由Kolkwiz 和 Marsson 1909年提出，后经完善的一种用于河流污染、尤其是有机污染的一种监测方法。
- 由于河流受污染后，在污染源下游的一段流程里会发生自净过程，即随着河水污染程度的逐渐减轻，生物的种类组成也随之发生变化，在不同的河段将出现不同的物种。
- 根据生物种类组成将河流划分为多污带、 α -污染带、 β -污染带和寡污染带。各污染带都有各自的物理、化学和生物的特征。
- 亦可用群落中优势种群来划分污染带。

PFU法

- **PFU法**是用取氨酯泡沫塑料块采集水域中微生物和测定其群集速度来监测和评价环境质量状况的一种方法。**1969**年由美国弗吉尼亚工程学院和弗吉尼亚州立大学环境研究中心的**Cairns** 等人**1969**年创立的。国内自**80**年代起将这种方法用于污染水体的监测和评价。
- **PFU法**的原理是岛屿生物学原理，即原生动物集群过程实际上是集群速度随着种类上升而下降的过程，二者的交叉点就是种数的平衡点。达到平衡点的时间取决于环境条件。
- **PFU法**的优点：使监测水平提高到了群落层次，使监测更符合客观事实和真实环境；简便易行。

生物指数法

- 生物指数法是指用数学公式反映生物群落结构变化，以评价环境质量。常用的有：
 - 生物指数 (BI) = $2nA+nB$, n 为底栖大型无脊椎动物的种类数, A 为敏感种类数, B 为耐污染种类数。
 - 污染生物指数 = 颤蚓类的个体数量 / 底栖动物个体数量 * 100
 - 硅藻指数 = $(2A+B-2C) / (A+B-C) * 100$, A 为不耐污染的种类数; B 为对有机污染耐力强的种类数; C 为在污染区内独有的种类数。

生物测试

- **生物测试**又称生物测定或生物检试，是利用生物受到污染物质的毒害所产生的生理机能等变化测试污染状况的方法。
- **毒性试验**
 - 急性毒性试验
 - 慢性毒性试验
- **致突变检测**
 - **微核技术**：细胞分裂过程中染色体进行复制时，如果受到外界诱变因子作用，就会产生一些游离的染色体片断，形成包膜，变成大小不等的小球体，这就是微核。利用细胞减数分裂四分体时期出现的微核来指示环境污染的方法称微核技术。

中国生态环境影响评价的内容

- ▶ 工程调查与分析
- 工程资料的收集

包括项目可行性研究报告或项目建议书；工程设计资料；工程的平面图；区域规划资料和图件。

- 工程分析

- (1) 拟建主、辅工程简要描述及分析；
- (2) 同类工程的调查分析；
- (3) 对生态影响途径的分析，主要包括施工人员施工活动、机械设备使用等使植被、地形地貌改变，使土地和水体生产能力及利用方向发生改变，以及由于生态因子的变化使自然资源受到影响。运行期主要包括工程运行改变了区域空间格局、土地和水体的利用状况，以及由此而影响了自然资源状况。

根据评价项目对生态影响的程度和影响范围的大小，将生态影响评价工作级别划分为1、2、3级；选择1~3个方面的主要生态影响依据下表进行划分。

评价工作级别 主要生态影响及其变化程度	工程影响范围		
	>50 km ²	20~50 km ²	<20 km ²
生物群落			
生物量减少(<50%)	2	3	/
生物量锐减(≥50%)	1	2	3
异质性程度降低	2	3	/
相对同质	1	2	3
物种的多样性减少(<50%)	2	3	/
物种的多样性锐减(≥50%)	1	2	3
珍稀濒危物种消失	1	1	1
区域环境			
绿地数量减少,分布不均,连通程度变差	2	3	/
绿地减少 1/2 以上,分布不均,连通程度极差	1	2	3
水和土地			
荒漠化	1	2	3
理化性质改变	2	3	/
理化性质恶化	1	2	3
敏感地区	1	1	1

▶ 评价范围与评价期限

● 评价范围

- (1) 划定评价范围的原则和依据是生态因子之间互相影响和相互依存的关系。非污染生态影响评价的范围主要根据评价区域与周边环境的生态完整性确定。
- (2) 要以重要评价因子受影响的方向为扩展距离，1、2、3级评价项目的评价范围，一般分别不能小于8~30km，2~8km和1~2km。

● 评价期限

- (1) 生态影响评价（现状与预测评价）：对施工期和运行期进行评价与分析，对远期运行情况预测；
- (2) 生态影响后评价：在项目建成并运行一段时间后，对实际的环境影响进行评价（对重大自然资源开发项目进行）。

▶ 生态环境影响识别

- 影响因素识别：对作用主体即开发建设项目的识别。
- 影响对象的识别：对影响受体即生态环境的识别。
- 影响后果与程度的识别
 - (1) 影响的性质:正负、可逆不可逆、长期短期、累积非累积
 - (2) 影响的程度：影响发生的范围大小、剧烈程度，持续时间的长短，是否影响到生态系统的主要组成因素等。

▶ 生态环境现状调查P251

- 调查方法：收集现有资料；现场调查。
- 调查内容

(1) 自然环境状况调查

A. 自然环境基本特征调查：气象气候因素和地理特征因素；自然资源状况：水资源、土地资源、动植物资源等；人类开发历史、开发方式和强度；自然灾害及其对生境的干扰破坏情况；生态环境演变的基本特征。

B. 主要生态问题调查：水土流失、沙漠化、盐渍化、污染影响等。

C. 评价区内敏感区历史和现状情况调查

D. 图件收集和编制：地形图、基础图件、卫图等。

- 调查内容

- (2) 社会经济状况调查

- A. 社会结构情况调查;

- B. 经济结构与经济增长方式;

- C. 移民问题调查;

- D. 自然资源量及开发利用情况的调查

- (3) 公众参与

- 两种类型的公众：受拟建项目影响的公众个人或社会团体；没有直接受到拟建项目的影响，但由于他们的特长，可能对潜在的环境影响的性质、范围、特点拥有有关信息的公众。

▶ 生态现状评价

● 评价要求

- (1) 在生态环境基本特征调查的基础上对生态环境功能状况进行评价。
- (2) 2级以上评价要在生态制图的基础上进行；3级评价必须配有土地利用现状图等基本图件。
- (3) 评价结果要应用一些数量指标、空间关系指标、程度指数等支撑。

- ▶ 生态现状评价
- 生态参数数值的汇总和整理
 - (1) 生态参数数值的来源：**(a)**野外调查；**(b)**室内化验分析；**(c)**定位或半定位观测；**(d)**地图、航片、卫片；**(e)**从有关部门收集、统计和咨询。
 - (2) 数据的汇总和整理：可分为检查资料、统计分组、标准化处理和绘制图表等步骤。
 - (3) 1级评价要建立项目数据库，内容包括调查和收集的相关资料和图件，分析结果和报告。资料部分应包括水、气、噪声评价部分的监测及相关数据。

• 生态制图与现场测试

- (1) 生态制图：将生态学的研究成果用图的方式表达，是在收集的各种图件、资料的基础上或应用遥感技术采集数据的基础上完成的。
- (2) 评价对图件的要求：**(a)** 生态影响评价的图件需有正规比例的基础图件和评价成果图件组成；**(b)** 3级项目要完成土地利用现状图和关键评价因子的评价成果图；**(c)** 2级项目要完成土地利用现状图，植被分布图，资源分布图等基础图件和主要评价因子的评价和预测成果图，上述图件要通过计算机完成并可以在地理信息系统上显示；**(e)** 1级项目除完成上述图件和达到上述要求以外，要用图形、图象显示评价区域全方位的评价和预测成果。
- (3) 评价对现场测试的要求：1级项目要进行评价区生物量实测，物种多样性调查和生物群落异质状况调查；2、3级项目可以依据已有信息判断，或实测 3—5个点位予以验证。

▶ 生态现状评价

● 评价内容

- (1) 从生态完整性的角度评价现状环境质量；
- (2) 用可持续发展观点评价自然资源现状、发展趋势和承受干扰的能力；
- (3) 生态评价的侧重点：植被破坏、荒漠化、珍稀濒危动植物物种消失、自然灾害、土地生产能力下降等重大资源环境问题及其产生的历史、现状和发展趋势

植物样方调查和物种重要值

- 野外植被调查样方大小：草地 1m^2 以上；灌木林 10m^2 以上；乔木林 100m^2 以上；
- 计算植被中物种的重要值：
 - 密度 = 个体数目 / 样地面积；相对密度
 - 优势度 = 底面积 / 样地面积；相当优势度
 - 频度 = 含该种样地数 / 样地总数；相对频度
 - 重要值 = 相对密度 + 相对优势度 + 相对频度
 - 通常重要值最大的几个物种为群落优势种。

▶ 生态影响预测与评价

● 影响预测与评价的基本步骤

- (1) 选定影响预测的主要对象和主要预测因子;
- (2) 选择预测方法、模式、参数, 并进行计算;
- (3) 确定评价标准, 进行主要生态系统和主要环境功能的预测评价;
- (4) 进行社会、经济和生态环境相关影响的综合评价与分析。

- ▶ 生态影响预测与评价
- 影响预测内容

自然资源开发项目对区域生态环境（主要包括对土地、植被被、水文和珍稀濒危动、植物物种等生态因子）影响的预测内容包括：

- (1) 是否带来某些新的生态变化；
- (2) 是否使某些生态影响严重化；
- (3) 是否使生态问题发生时间与空间上的变更；
- (4) 是否使某些原来存在的生态问题向有利的方向发展。
- (5) 进行经济损益分析。

- 影响预测方法

一般采取类比分析、生态机理分析、景观生态学的方法进行文字分析与定性描述，也可以辅之以数学模拟进行预测。

- 生态影响评价

- (1) 由于拟议项目类型、对环境作用方式以及评价等级和目的要求等的不同，生态影响评价采样的方法、内容和侧重也不尽相同。
- (2) 综合评价与分析：阐明生态环境所受的主要影响，影响的性质和程度；阐明生态环境变化对区域或流域生态环境功能和生态环境稳定性的影响，影响的补偿可能性和生态环境功能的可恢复性；阐明建设项目对主要敏感目标的影响程度。

▶ 生态影响的减缓措施和替代方案

● 制定减缓措施的原则

- (1) 凡涉及到珍稀濒危物种和敏感地区等类生态因子发生不可逆影响时，必须提出可靠的保护措施和方案；
- (2) 凡涉及到尽可能需要保护的生物物种和敏感地区，必须制定补偿措施加以保护；
- (3) 对于再生周期长、恢复速度较慢的自然资源损失要制定补偿措施；
- (4) 对于再生周期短资源损失，当其恢复的基本条件没有发生逆转时，不必制定补偿措施；
- (5) 需制定区域的绿化规划。

- ▶ 生态影响的减缓措施和替代方案
- 实施减缓措施的途径
 - (1) 保护：贯彻“预防为主”的思想和政策，预防性保护是优先考虑的措施。
 - (2) 恢复：通过事后努力而使生态系统的结构或环境功能得到一定程度的修复。
 - (3) 补偿：重建一种生态系统，以补偿应开发建设活动而损失的环境功能的措施。
 - (4) 建设：采取改善区域生态环境、建设具有更高环境功能的生态系统的措施。
- 替代方案：指开发项目的规模、选址（线）的可替代方案，包括项目环境保护措施的多方案比较。大多数生态环境影响评价报告须提出替代方案。

▶ 多维欧氏空间距离法

用几项生态参数来描述生态质量状况，每一种状况是 n 维空间的一个点 (X_1, X_2, \dots, X_n) ，每一个参数值是该点的一个坐标值。对每项参数设定一个理想值，其对应的点为 $(X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0)$ ，将实际参数值与理想值进行比较，可将欧氏空间的实际参数值标准化为 $(X_1/X_1^0, X_2/X_2^0, \dots, X_n/X_n^0)$ 。

如各参数的权重值为： b_1, b_2, \dots, b_n 。则理想点坐标为 (b_1, b_2, \dots, b_n) ，生态质量状况在标准空间的坐标为 $(b_1 X_1 / X_1^0, b_2 X_2 / X_2^0, \dots, b_n X_n / X_n^0) = (m_1, m_2, \dots, m_n)$ ，两者之间的欧氏距离为

$$P_{W,N} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (m_i - b_i)^2}, \quad (m_i = b_i \cdot X_i / X_i^0)$$

$P_{W,N}$ 值越小，生态质量越好。

● 生态环境影响评价的方法

- ▶ 图形叠置法
- ▶ 列表清单法
- ▶ 类比法

整体类比、单项类比。

- ▶ 系统分析法

具体方法有专家咨询法、层次分析法、模糊综合评判法、综合排序法、系统动力学、灰色关联等方法。

● 生态环境影响评价的方法

▶ 生产力评价法

- 生物生产力：生物在单位面积和单位时间所产生的有机物质的重量，亦即生产的速度。目前多以测定绿色植物的生长量来代表生物的生产力，公式为：

$$P_q = P_n + R$$

$$P_n = B_q + L + G$$

标定生长系数为生长量与标定生物量的比值：

$$P_a = \frac{B_q}{B_{mo}}$$

P_a 增大，环境质量越来越好。

生产方评价法

- 生物量：一定地段面积内某个时期生存着的活有机体的重量。

标定相对生物量，为各级生物量与标定生物量的比值：

$$P_b = \frac{B_m}{B_{m0}}$$

P_b 增大，环境质量趋好。

- 物种量：单位空间（面积）内的物种数量，称为物种量。

标定相对物种量，为物种量与标定物种量的比值：

$$P_s = \frac{B_s}{B_{s0}}$$

P_s 增大，环境质量趋好。

● 生态环境影响评价的方法

- ▶ 生物多样性定量评价
- 物种多样性指数(Shannon-Wiener指数)

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

- 均匀度

$$E = \frac{H}{H_{\max}}$$

$$H_{\max} = \log_2 T$$

- 优势度

$$D = \log_2 T + \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

中国生态环境质量评价实例

- 指标体系及其涵义
 - 生物丰度指数
 - 植被覆盖指数
 - 水网密度指数
 - 土地退化指数
 - 污染负荷指数

中国生态环境质量评价实例

- 指标的权重及计算方法

生物丰度指数 =

$(0.5 \times \text{森林面积} + 0.3 \times \text{水域面积} + 0.15 \times \text{草地面积} + 0.05 \times \text{其他}) / \text{区域面积}$

- 植被覆盖指数 =

$(0.5 \times \text{林地面积} + 0.3 \times \text{草地面积} + 0.2 \times \text{农田面积}) / \text{区域面积}$

中国生态环境质量评价实例

- 水网密度指数 = 河流长度 / 区域面积 + 湖库面积 / 区域面积 + 水资源量 / 区域面积
- 土地退化指数 = (0.05 × 轻度侵蚀面积 + 0.25 × 中度侵蚀面积 + 0.7 × 重度侵蚀面积) / 区域面积
- 污染负荷指数 = (0.4 × SO₂排放量 + 0.2 × 固废排放量 + 0.4 × COD排放量) / 区域降水量

生态环境质量计算

- **生态环境质量指数(Ecological Quality Index, EQI) =**
0.3x生物丰度指数+0.25x水网密度指数
+0.2x植被覆盖指数+0.15x (1-土地退化指数) +0.1x (1-污染负荷指数)

生态环境质量分级

级别	优	良	一般	较差	差
指数	≥ 75	55-75	35-55	20-35	< 20
状态	植被覆盖度好，生物多样性好，生态系统稳定，最适合人类生存	植被覆盖度较好，生物多样性较好，适合人类生存	植被覆盖度处于中等水平，生物多样性一般水平，较适合人类生存，但偶尔有不适宜人类生存的制约因子出现	植被覆盖度较差，严重干旱少雨，物种较少，存在明显限制人类生存因素	条件较恶劣，多属戈壁、沙漠、盐碱地、秃山或高寒山区。人类生存环境恶劣

表 3.1 全国生态环境质量排序 (以省、自治区、直辖市为单元)

等级	省份	EQI	生物丰度 指数	植被覆盖 指数	水网密度 指数	土地退化 指数	污染负荷 指数
优	海南	92.66	100.00	88.93	81.47	97.32	99.08
	浙江	87.67	80.70	100.00	80.39	92.81	94.41
	福建	86.99	83.74	98.01	75.60	90.59	97.75
	广东	86.56	82.81	95.75	74.92	95.42	95.20
	云南	81.4	96.86	96.11	44.47	86.81	89.85
	广西	80.2	83.44	90.09	53.38	96.64	93.07
	湖南	79.98	77.62	91.59	62.27	90.43	92.42
良	江西	79.28	68.38	93.16	71.80	83.20	97.03
	湖北	64.65	46.20	67.07	61.69	82.37	96.00
	贵州	62.37	65.64	61.10	40.88	82.53	78.55
	安徽	62.04	28.25	55.97	73.77	95.06	96.66
	四川	59.07	52.45	63.42	38.61	77.84	93.18
	黑龙江	56.65	37.37	78.26	25.47	90.81	98.02
	吉林	55.43	37.81	72.76	24.81	91.82	95.62
	上海	54.7	23.42	29.07	97.45	97.50	28.73
	江苏	53.27	10.63	33.83	80.01	97.42	86.96
	重庆	51.12	43.99	53.95	46.37	54.99	72.95
一般	辽宁	49.96	29.76	57.91	29.16	89.18	87.82
	北京	48.52	35.16	52.37	28.11	93.53	64.40
	天津	46.52	10.08	26.83	67.42	96.84	67.50
	山东	44.83	23.41	24.10	50.01	79.82	85.10
	河南	43.03	15.19	35.03	33.02	94.59	90.19
	河北	41.35	23.30	37.68	21.23	88.08	83.06
	陕西	39.68	25.78	45.69	25.47	47.99	92.40
	内蒙古	36.28	24.69	50.28	9.70	44.06	97.82
	西藏	35.07	25.37	24.36	30.66	32.90	99.89
	较差	青海	31.1	13.55	19.07	19.38	55.96
山西		30.12	20.38	29.89	12.61	57.74	62.15
甘肃		25.69	14.91	24.23	12.90	22.68	97.47
宁夏		25.67	10.66	23.27	13.28	58.97	56.55
新疆		20.03	8.62	14.88	10.97	12.11	99.02
全国	44.06	28.40	46.12	31.88	58.78	95.32	

注: 数据来源说明如下:

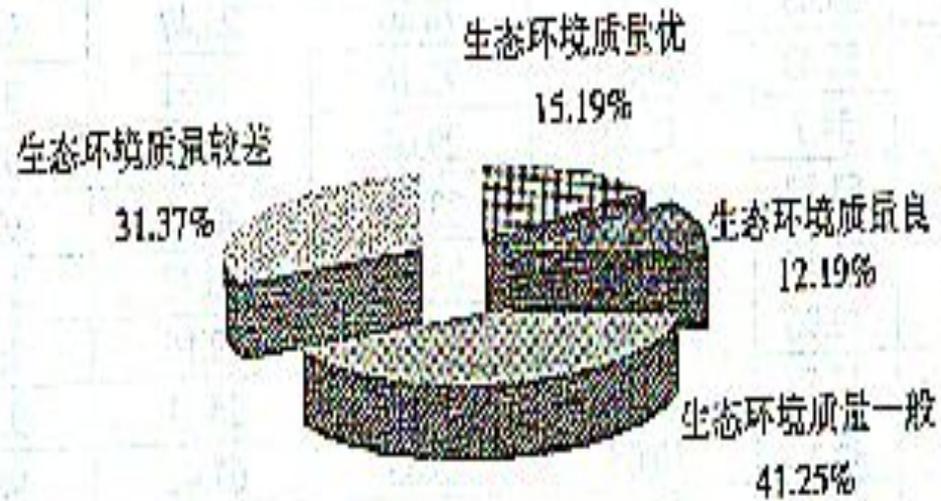
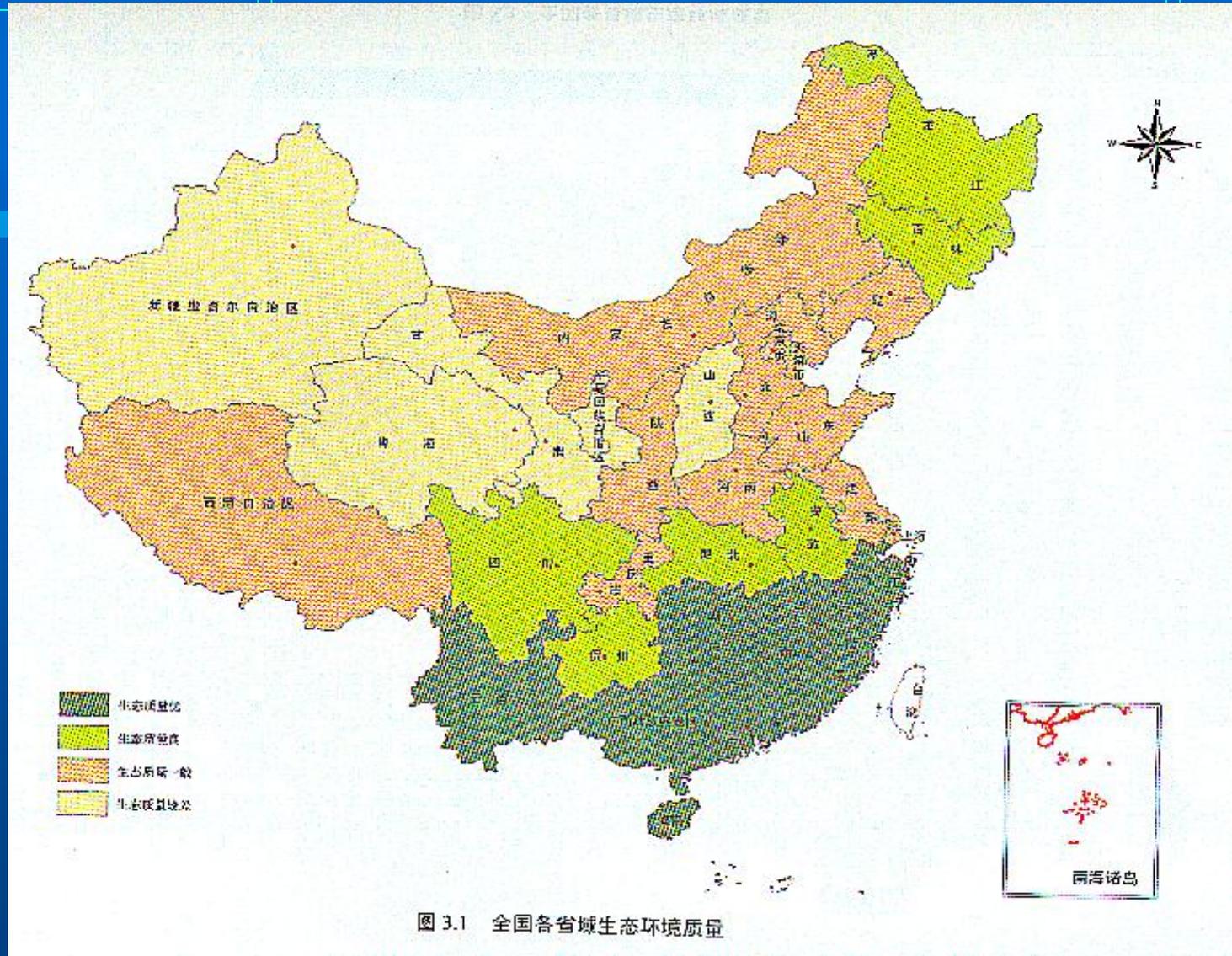
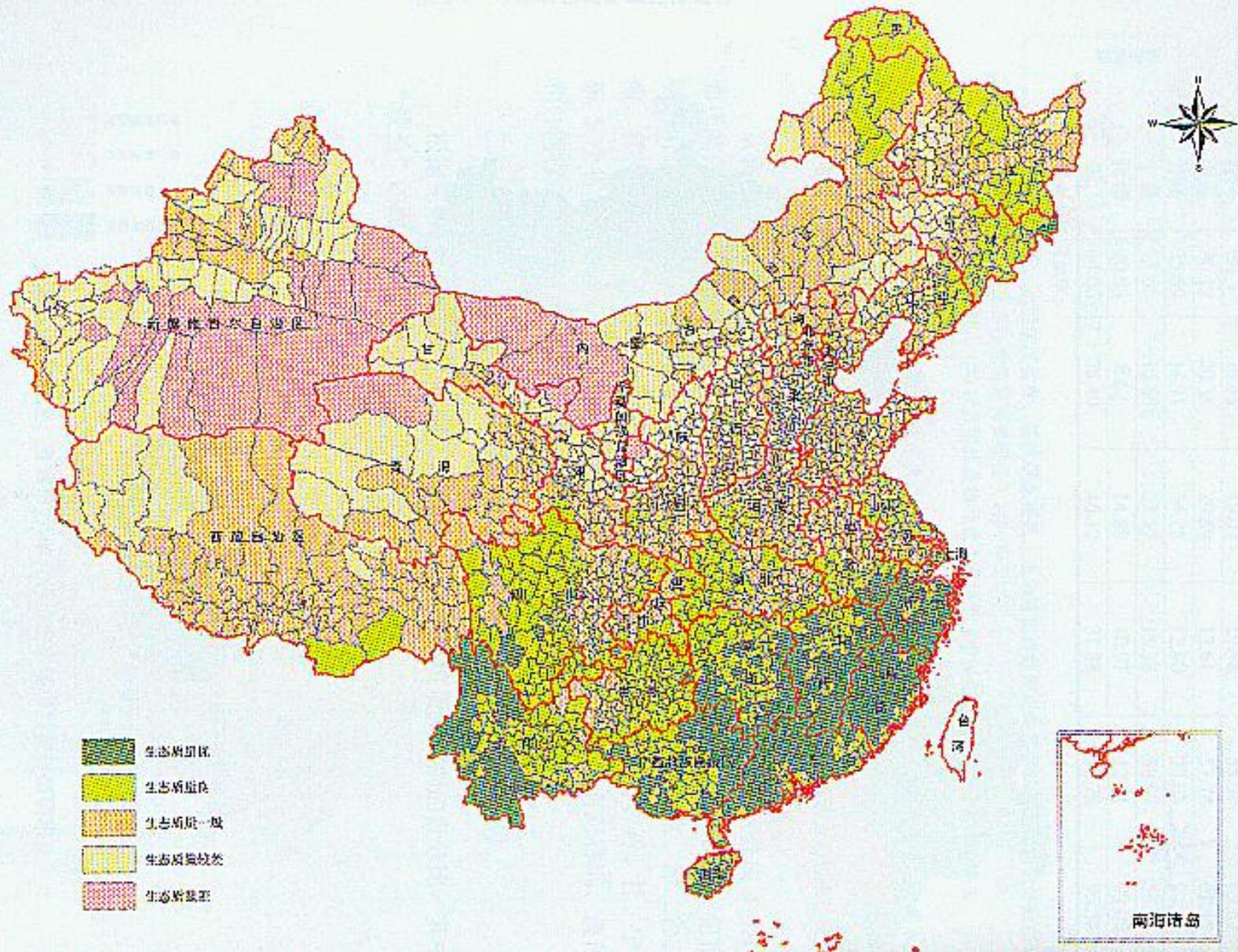


图 3.2 全国以省(自治区、直辖市)为单元评价生态环境质量类型面积比





《环境影响评价技术导则—非污染生态影响》

（HJ/T19—1997）内容摘要

- ▶ 适用范围：水力、水电、矿业、农业、林业、牧业、铁路、公路、旅游的开发利用，自然资源和海洋带开发，对生态环境造成影响的建设项目和区域环境影响评价中的生态影响评价。
- ▶ 主要内容
 - 总则
 - 工程调查与分析
 - 生态环境状况调查
 - 生态现状评价
 - 影响预测
 - 生态影响的防护、恢复及替代方案
 - 结论

美国的生态环境影响评价

- 美国生物环境评价的相关法律
- 美国生物环境评价的基本步骤
 - ▶ 识别拟议项目或活动的生物影响
 - ▶ 描述现有生物环境状况
- 运用物种清单定性描述
- 运用结构化资料定性一定量描述
- 运用生物评价系统（HES）、生境评价程序（HEP）等生境方法描述
- 运用能量系统图描述

● 美国生物环境影响评价的基本步骤

- ▶ 获取有关的法律和规章
- ▶ 影响预测

尽可能定量化，无法定量化时，就进行定性描述。

● 预测方法

(1) 定性描述

(2) 模型法

A、生态系统模型

B、物理模型

- ▶ 影响显著性评价
- ▶ 减缓措施的识别和采用

减缓措施包括避免、减少、纠正、防止、补偿。

● 主要评价方法

▶ 生境评价系统（HES）

- 确定项目地区各种类型水生和陆地生境的面积；
- 计算各土地利用类型和生境类型的生境质量指数值；
- 计算生境单位价值；
- 预测未来有/无项目时的生境单位价值；
- 运用生境单位价值评价项目替代方案的影响；
- 确定应采取的减缓措施。

● 主要评价方法

▶ 生境评价程序（HEP）

- 确定研究区域、描述植被类型、选择评价物种；
- 计算生境单位（HU）

$$HU = (HSI) \times (\text{生境面积})$$

- 预测影响

净影响 = 年均生境单位（有项目） - 年均生境单位（无项目）

- 制定弥补（减缓）计划。

总结

要点：

- ▶ 生态环境影响评价以生态学原理为基础；
- ▶ 生态环境就影响评价的基本过程是影响识别、选择调查与评价、影响预测与评价、减缓措施和替代方案；
- ▶ 生态环境影响评价的方法很多，有描述性的、非定量的，也有复杂的定量的，但尚不成熟，应根据评价对象、内容、目的和要求来选择；
- ▶ 中国与美国的生态环境影响评价的基本步骤是一致的，但评价对象、方法及有关的法规却有各自的特点。

重点：基本概念、教材P266的思考题。

级 别	大鼠口服LD ₅₀ (mg/kg)	相当于人的致死剂量(g/人)
极 毒	<1	0.05
剧 毒	1~50	0.5
中 等 毒	51~500	5
低 毒	501~5000	50
微 毒	5001~15000	500
无 毒	>15000	2500