

第七章 有害废物及放射性固体废物

§ 7.1 固体废物及分类

§ 7.2 有害废物

§ 7.3 放射性固体废物

§ 7.1 固体废物及分类

- 定义：
- 固体废物是指人类在生产建设、日常生活和其他活动中产生的，在一定时间和地点无法利用而被丢弃的污染环境的固体、半固体废弃物质。

固体废物的两重性

- 一方面，废物含有污染成分，排放量大，占地面积广，大量的长期堆放，已对环境和人体健康构成威胁和危害。
- 另一方面，固体废物又含有许多有用物质，是“三废”之中最有可能资源化的废物。

固体废物的分类

- 固体废物分类的方法有多种，按其组成可分为有机废物和无机废物；
- 按其污染特性可分为危险废物和一般废物等。
- 根据《固体废物污染环境防治法》分为城市生活垃圾、工业固体废物和危险废物。
- 按照来源分：矿业固体废物、工业固体废物、城市垃圾、农业固体废物和放射性固体废物五类。

城市生活垃圾

- 城市生活垃圾又称为城市固体废物，它是指在城市居民日常生活中或为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物
- 其主要成分包括厨余物，废纸，废塑料，废织物，废金属，废玻璃陶瓷碎片，砖瓦渣土，粪便，以及废家用什具，废旧电器，庭园废物等等。
- 它的主要特点是成分复杂，有机物含量高。影响城市生活垃圾成分的主要因素有居民生活水平、生活习惯、季节，气候等。

城市生活垃圾成分

组 分	干 基 重 量 百 分 比 (%)					
	碳	氢	氧	氮	硫	灰分
食 物						
脂 肪	73.0	11.5	14.8	0.4	0.1	0.2
混 合 食 品 废 物	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0
水 果 废 物	48.5	6.2	39.5	1.3	0.2	4.2
肉 类 废 物	59.6	9.4	24.7	1.2	0.2	4.9
纸 制 品						
卡 片 纸 板	43.0	5.	44.8	0.3	0.2	5.0
杂 志	32.9	5.0	38.6	0.1	0.1	23.3
白 报 纸	49.1	6.1	43.0	< 0.1	0.2	23.3
混 合 废 纸	43.4	5.8	44.3	0.3	0.2	6.0
浸 蜡 纸 板 箱	59.2	9.3	30.1	0.1	0.1	1.2
塑 料						
混 合 废 塑 料	60.0	7.2	22.8	----	----	10.0
聚 乙 烯	85.2	14.2	----	< 0.1	< 0.1	0.4
聚 苯 乙 烯	87.1	8.4	4.0	0.2	----	0.3
聚 氨 酯	63.3	6.3	17.6	6.0	< 0.1	4.3
聚 乙 烯 氯 化 物	45.2	5.6	1.6	0.1	0.1	2.0
木 材 、 树 枝 等						
花 园 修 剪 垃 圾	46.0	6.0	38.0	3.4	0.3	6.3
木 材	50.1	6.4	42.3	0.1	0.1	0.1
坚 硬 木 材	49.6	6.1	43.2	0.1	< 0.1	0.9
混 合 木 材	49.6	6.0	42.7	0.2	< 0.1	1.5
混 合 木 屑	49.5	5.8	45.5	0.1	< 0.1	0.4
玻 璃 、 金 属 等						
玻 璃 和 矿 石	0.5	0.1	0.4	< 0.1	----	98.9
混 合 金 属	4.5	0.6	4.3	< 0.1	----	90.5
皮 革 、 橡 胶 、 衣 物 等						
混 合 废 皮 革	60.0	8.0	11.6	10.0	0.4	10.0
混 合 废 橡 胶	69.7	8.7	----	----	1.6	20.0
混 合 废 衣 物	48.0	6.4	40.0	2.2	0.2	3.2
其 他						
办 公 室 清 扫 垃 圾	24.3	3.0	4.0	0.5	0.2	68.0
油 、 涂 料	66.9	9.6	5.2	2.0	----	16.9
用 垃 圾 生 产 的 燃 料 (R D F)	44.7	6.2	38.4	0.7	< 0.1	9.9

主要为碳，其次为氧、氢、氮、硫等。

工业固体废物

- **工业固体废物是指在工业、交通等生产过程中过程中产生的固体废物。工业固体废物主要包括以下几类：**
- **(1) 冶金工业固体废物 主要包括各种金属冶炼或加工过程中所产生的各种废渣，如高炉炼铁产生的高炉渣、平炉转炉电炉炼钢产生的钢渣、铜镍铅锌等有色金属冶炼过程产生的有色金属渣、铁合金渣及提炼氧化铝时产生的赤泥等；**

- (2) 能源工业固体废物 主要包括燃煤电厂产生的粉煤灰、炉渣、烟道灰、采煤及洗煤过程中产生的煤矸石等；
- (3) 石油化学工业固体废物 主要包括石油及加工工业产生的油泥、焦油页岩渣、废催化剂、废有机溶剂等，化学工业生产过程中产生的硫铁矿渣、酸渣碱渣、盐泥、釜底泥、精(蒸)馏残渣以及医药和农药生产过程中产生的医药废物、废药品、废农药等；

- **(4) 矿业固体废物** 矿业固体废物主要包括采矿废石和尾矿。废石是指各种金属、非金属矿山开采过程中从主矿上剥离下来的各种围岩，尾矿是指在选矿过程中提取精矿以后剩下的尾渣。
- **(5) 轻工业固体废物** 主要包括食品工业、造纸印刷工业、纺织印染工业、皮革工业等工业加工过程中产生的污泥、动物残物、废酸、废碱以及其他废物；
- **(6) 其他工业固体废物** 主要包括机加工过程产生的金属碎屑、电镀污泥、建筑废料以及其他工业加工过程产生的废渣等。

固体废物的产生量与人口、经济发展水平之间的关系

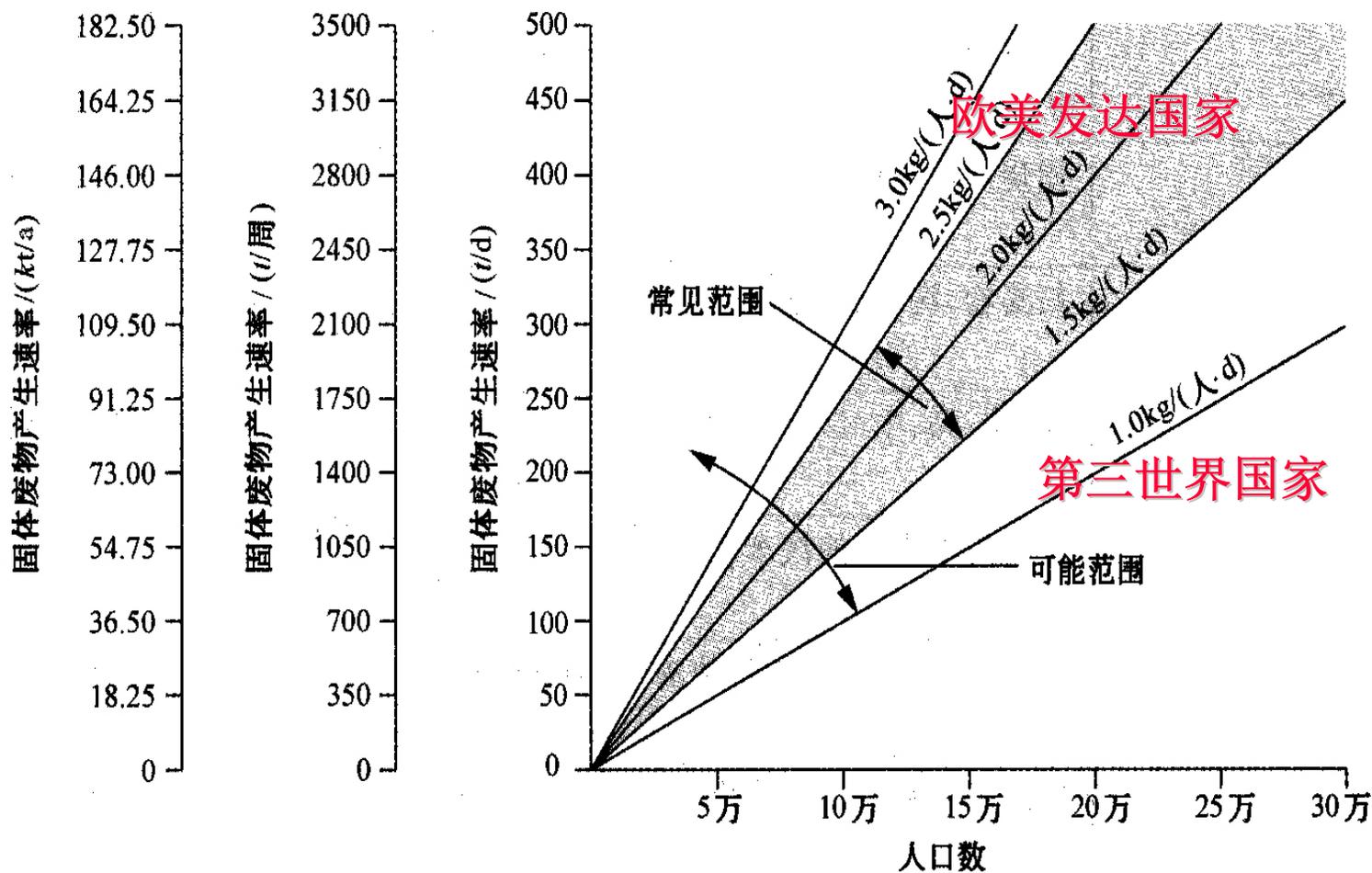


图 8-1 固体废物产生速率与人口数量关系图

固体废物污染控制的特点

● 固体废物固有的特性表现在：

- (1) 直接占用土地并具有一定空间；
- (2) 其品种繁多，数量巨大；
- (3) 包括了有固体外形的危险液体及气体废物。
- (4) 其对环境的污染主要通过水、大气或土壤介质影响人类赖以生存的生物圈，给居民身体健康带来危害。

具体来说，固体废物污染控制的特点是：

- **首先，需要从污染源头起始，改进或采用更新的清洁生产工艺，尽量少排或不排废物。**
- **其次，需要强化对危险废物污染的控制，实行从产生到最终无害化处置全过程的严格管理（即从摇篮到坟墓的全过程管理模式）。**
- **第三，需要提高全民性对固体废物污染环境的认识，做好科学研究和宣传教育，当前这方面尤显重要，因而也成为有效控制其污染的特点之一。**

§ 7.2 有害废物

- 有害废物：是固体废物中危害较大的一类废物。是能对人体健康和环境造成现实危害或潜在危害的废物。

有害废物的特征及鉴别标准

- 有害废物的特性通常包括易燃性、反应性、腐蚀性、浸出毒性、急性毒性、放射性和疾病传染性。根据这些性质，世界各国均制定了自己的鉴别标准和危险废物名录。

- 根据1998年1月4日由国家环境保护局、国家经济贸易委员会、对外贸易经济合作部和公安部联合颁布，1998年7月1日实施的《国家危险废物名录》，我国危险废物共分为47类（可在国家环保总局网站下载）。
- 同时国家制定《危险废物鉴别标准》。国家规定，“凡《名录》所列废物类别高于鉴别标准的属危险废物，列入国家危险废物管理范围；低于鉴别标准的，不列入国家危险废物管理。”

有害废物的特征及鉴别标准

危险特性	项 目	危险废物鉴别值
腐蚀性	浸出液 pH 值	≥ 12.5 或 ≤ 2.0
急性毒性初筛	小白鼠(或大白鼠)经口灌胃半致死量	1:1 配置浸出液, 灌胃量小白鼠不超过 0.4ml/20g 体重, 大白鼠不超过 1.0ml/100g 体重
浸出毒性	有机汞	不得检出
	汞及其化合物(以总汞计)	0.05
	铅(以总铅计)	3
	镉(以总镉计)	0.3
	总铬	10
	六价铬	1.5
	铜及其化合物(以总铜计)	50
	锌及其化合物(以总锌计)	50
	铍及其化合物(以总铍计)	0.1
	钡及其化合物(以总钡计)	100
	镍及其化合物(以总镍计)	10
砷及其化合物(以总砷计)	1.5	
无机氟化物(不包括氟化钙)	50	
氰化物(以 CN ⁻ 计)	1.0	

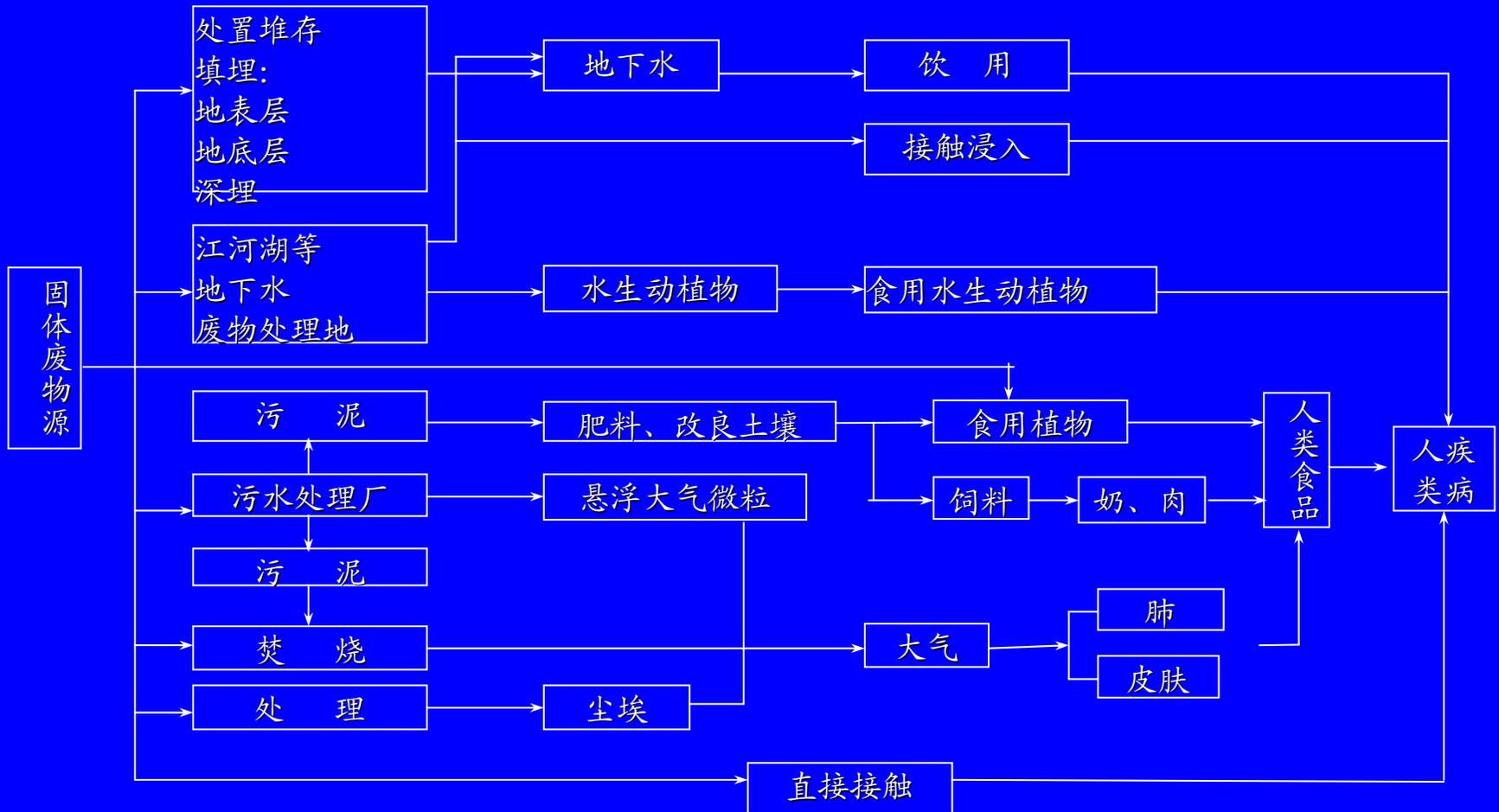
有害废物的越境转移

- **越境转移**：是指危险废物或其他废物从一国的国家管辖地区移至或通过另一国的国家管辖地区的任何转移，或移至或通过不是任何国家的国家管辖地区的任何转移，但该转移须涉及至少两个国家。
- **美国石孚公司向中国出口的废物**：由美国百孚公司出口到中国并最终落脚在北京近郊平谷县的洋垃圾，经北京市环境监测中心站取样分析主要有大量的塑料垃圾袋、卫生间废弃物、废纤维织物、废塑料餐具和易腐有机物。此外还发现夹带有许多一次性注射器、废药瓶、废医用乳胶手套、白色粉状物等危险废物和性质不明废物。另还发现大量毒菌和活的虫体，并散发浓烈恶臭

越境转移有害废物的国际公约

- 《巴塞尔公约》是现今国际上控制废物进出口的基本依据。该公约于1989年3月22日订于瑞士巴塞尔，1992年5月5日生效，并于1995年9月22日被修正。该公约迄今已有100个缔约国

固体废物污染环境途径



固体废物中化学物质致人疾病的途径

固体废物对大气环境的影响

- 堆放的固体废物中的细微颗粒、粉尘等可随风飞扬，从而对大气环境造成污染。据研究表明：当发生4级以上的风力时，在粉煤灰或尾矿堆表层的 $\Phi=1-1.5\text{cm}$ 以上的粉末将出现剥离，其飘扬的高度可达20-50m以上。在风季期间可使平均视程降低30-70%。更有甚者，由于堆积的废物中某些物质的分解和化学反应，可以不同程度上产生毒气或恶臭，造成地区性空气污染。
- 另一种对地区环境的影响是废物填埋场中逸出的沼气，在一定的程度上会消耗其上层空间的氧，从而使种植物衰败。若再植更新的某些植物时，还会产生同样的结果。当废物中含有重金属时，可以抑制植物生长和发育，若在缺少植物的地区，则将受有侵蚀作用而使土层的表面剥离。

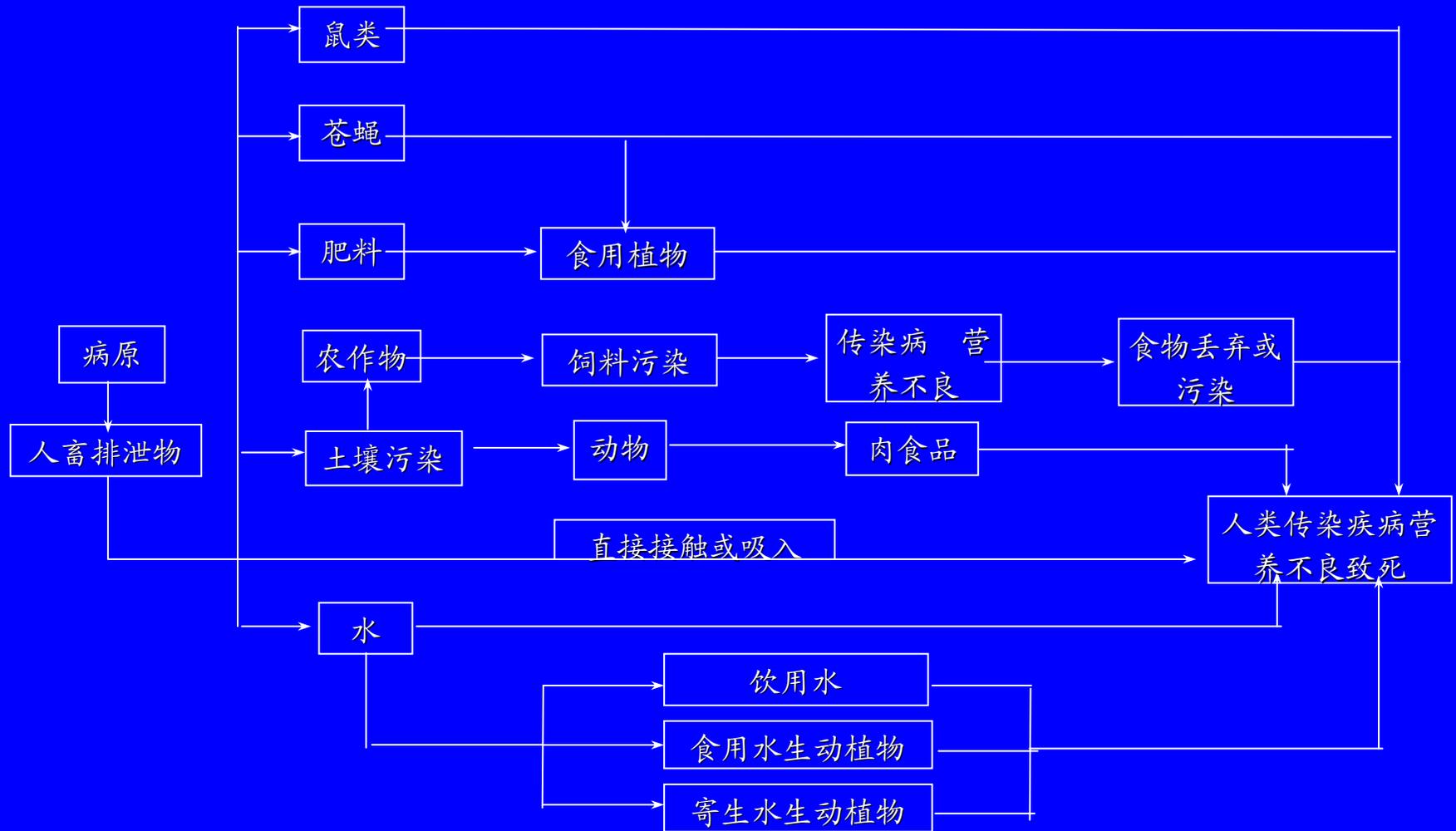
固体废物对水环境的影响

- 固体废物弃置于水体，将使水质直接受到污染，严重危害水生生物的生存条件，并影响水资源的充分利用。此外，堆积的固体废物经过雨水的浸渍和废物本身的分解，其渗滤液和有害化学物质的转化和迁移，将对附近地区的河流及地下水系和资源造成污染。
- 向水体的倾倒固体废物还将缩减江河湖面有效面积，使其排洪和灌溉能力有所降低。据我国有关单位的估计资料，由于江湖中排进固体废物，80年代的水面较之于50年代的减少约2千多万亩。目前我国在不同地区每年仍有成千上万t的固体废物直接倾入江湖之中，其所产生的后果之严重是不言而喻的。

固体废物对土壤环境的影响

- 固体废物及其淋洗和渗滤液中所含有害物质会改变土壤的性质和土壤结构，并将对土壤中微生物的活动产生影响。这些有害成份的存在，不仅有碍植物根系的发育和生长，而且还会在植物有机体内积蓄，通过食物链危及人体健康。
- 在固体废物污染的危害中，最为严重的是危险废物的污染。

固体废物污染病原体对人体健康的影响



环境中病原体向人类传播疾病的途径

- 近半个多世纪的30~70年代，国内外不乏因工业废渣处置不当，其中毒性物质在环境中扩散而引起祸及居民的公害事件。
- 如含镉废渣排入土壤引起日本富山县痛痛病事件；
- 美国纽约州拉夫运河河谷土壤污染事件；
- 以及我国发生在50年代的锦州镉渣露天堆积污染井水事件等。
- 不难看出，这些公害事件已给人类带来灾难性后果。
- 尽管近10多年来，严重的污染事件发生较少，但固体废物污染环境对人类健康将会遭受的潜在危害和影响是难以估量的。

7.3 放射性固体废物

- 放射性核素：

核素是具有特定原子质量数、原子序数和核能态的一类原子。



- 核素的符号 A_ZX

- X 是化学元素符号， A 原子质量数， Z 是原子序数。

放射性衰变及其类型

- **核衰变：放射性核素自发地改变结构形成另一种核素的过程。**
- **由于过程中总伴有带电或不带电粒子放出，所以又称为放射性衰变。**
- **放射性衰变按放出粒子性质分为： α 衰变， β 衰变， β^+ 衰变， γ 衰变、电子俘获。**

典型辐射线简介

α 粒子

- 是带正电的高能粒子(He原子);
- 穿过介质后迅速失去能量;
- 通常来自一些重原子(例如铀, 镭)或一些人造核素;
- 不能穿透很远, 但在穿入组织(即使是不能深入)也能引起组织的损伤(它们一旦被吸入或注入, 那将是十分危险);
- 能被一张薄纸阻挡。

典型辐射线简介

- β 射线
- 带电荷，高速运行；
- 从核素放射性衰变中释放出的粒子(如来自氚，C-14等)；
- 比 α 射线更具有穿透力，但在穿过同样距离，其引起的损伤更小；
- β 粒子能被体外衣服消减；
- 几毫米厚的铝箔可完全阻挡。

典型辐射线简介

- γ 射线
- 是一种光量子，不带电荷，又无质量；
- 在放射性衰变过程中伴随着 α ， β 射线一同释放出；
- 具有很强穿透力（天然核素钾-40及人工核素钚-239和铯-137是环境中 γ 射线主要来源）；
- 能轻易穿透人的身体，对人体造成危害；
- 几英尺厚的混凝土能阻挡

典型辐射线简介

- X射线
- 是带电粒子与物质交互作用产生的高能光子；
- 与 γ 射线有许多类似特性，但它们起源不同（X射线由原子外部引起，而 γ 射线由原子内部引起）；
- 比 γ 射线能量低，因此穿透力小于 γ 射线；
- 日常中被运用于医学和工业上；
- 癌症治疗中破坏癌变细胞；
- 是人造辐射的最大来源；
- 几毫米厚的铅能够阻挡住X射线。

放射性衰变速率方程及放射性活度

- 一级反应速率： $-dN/dt = \lambda N$
- $N = N_0 e^{-\lambda t}$
- $N-t$ 瞬时未衰变的核素； λ - 衰变常数
- 活度：核衰变速率（ $-dN/dt$ ）是表示核素放射性强弱的基本物理量，通常称为放射性活度，符合为 A 。 $A = A_0 e^{-\lambda t}$

放射性半衰期：放射性核的数目衰变为原来一半所需要的时间，符合为 $T_{1/2}$ 。

$$T_{1/2} = 0.693 / \lambda$$

辐射量及其单位

- 照射量(率)：单位质量空气中解离的电荷量(率), R
-
- 吸收量(率)：单位质量物质吸收的辐射能量(率), Gy Rad

环境放射性的来源

- **天然源：**来自地球外层空间的宇宙射线和地球天然存在的放射性核素辐射。
- **人为源：**以诊断医疗为目的所使用的辐射源设备和放射性药剂、核武器试验、核工业及核研究单位排放的三废，以及带有辐射的消费品（如电视机、夜光种表）等。

放射性固体废物的分类

- 根据国际原子能机构 (IAEA) 建议, 分以下四类:
- 第一类: $X \leq 0.2R/h$ 的低水平放射性废物, 不必采用特殊防护。主要是:
- 第二类: $0.2R/h < X \leq 2R/h$ 的中水平放射性废物, 需用薄层混泥土或铅屏蔽防护。主要是:
- 第三类: $X > 2R/h$ 的高水平放射性废物, 需要特殊防护装置。主要是:
- 第四类: α 放射

核辐射对人体的危害

- 对机体的损伤作用

神经系统，内分泌系统，造血系统，生殖系统等

- 急性放射病

骨髓性；肠型；脑型

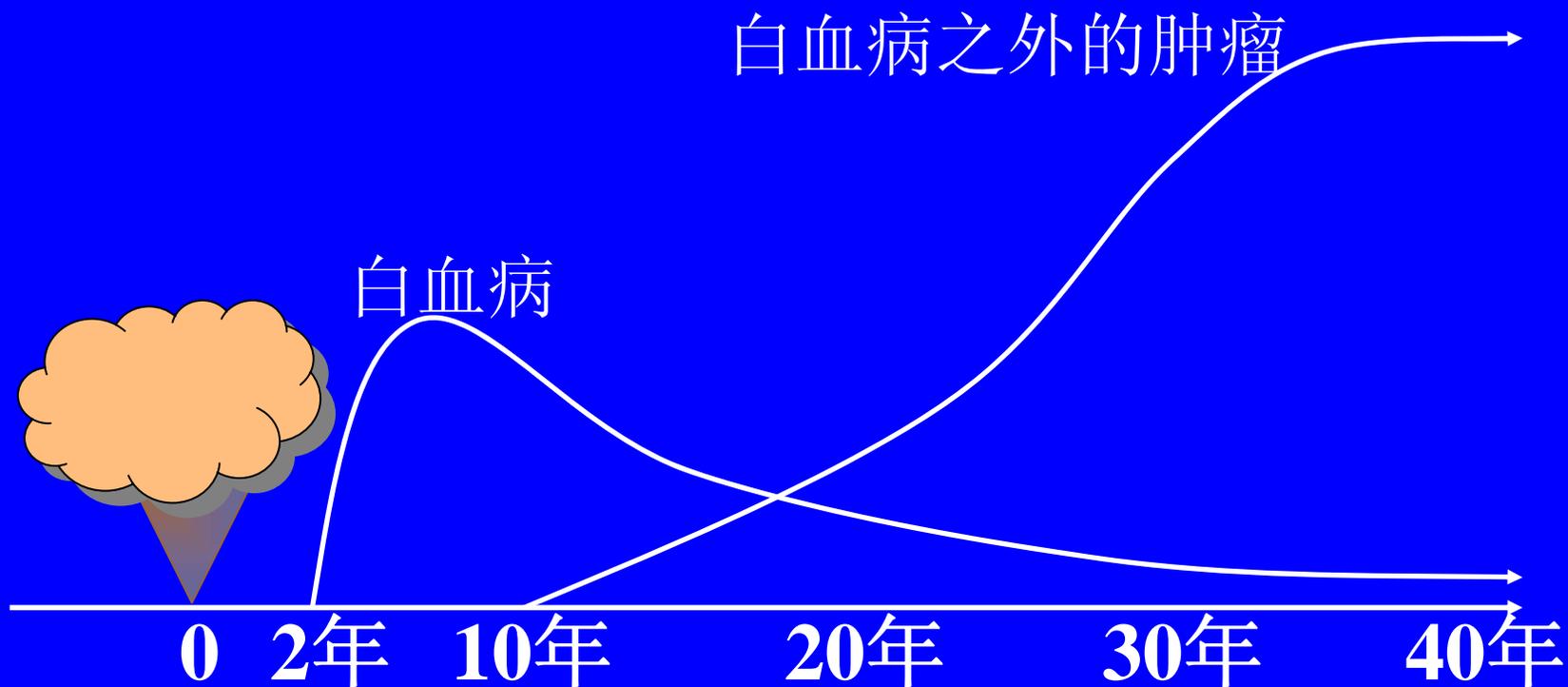
- 致死性

- 遗传效应

（广岛、长崎的流行病学未发现显著差异）

- 致癌效应（广岛、长崎的案例）

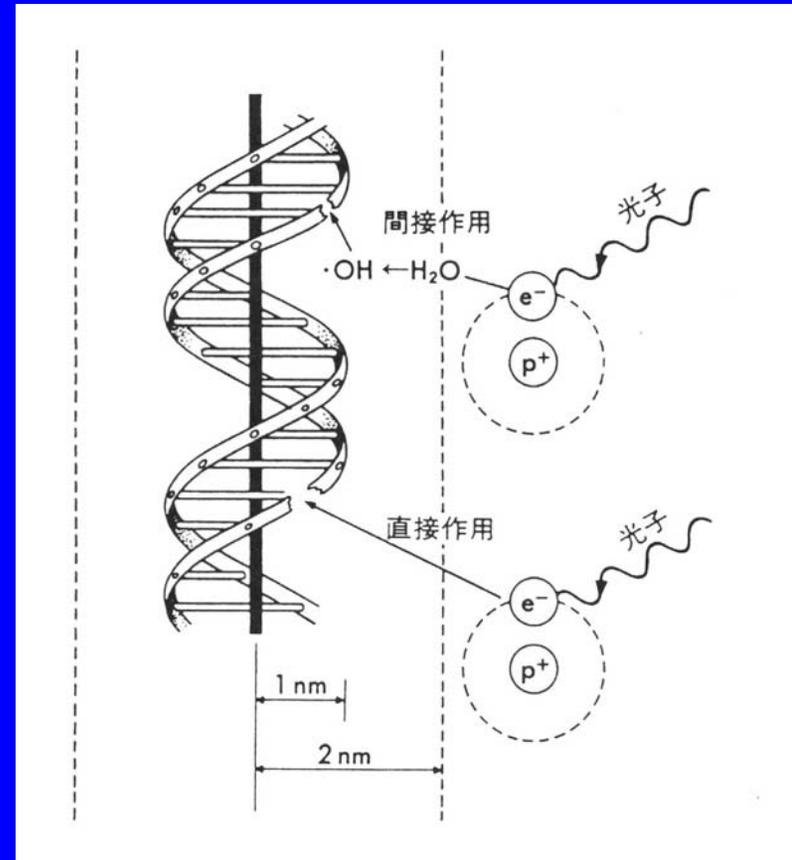
辐射的致癌效应



受害者肿瘤发生率随时间的变化

生物效应产生的过程和机理

辐射的能量转移过程



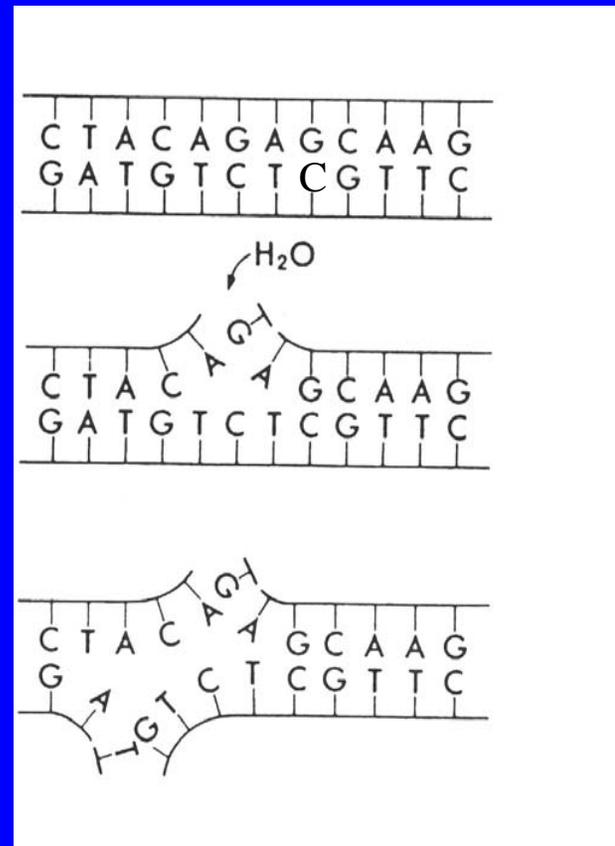
DNA损伤（分子水平）

单链断裂：

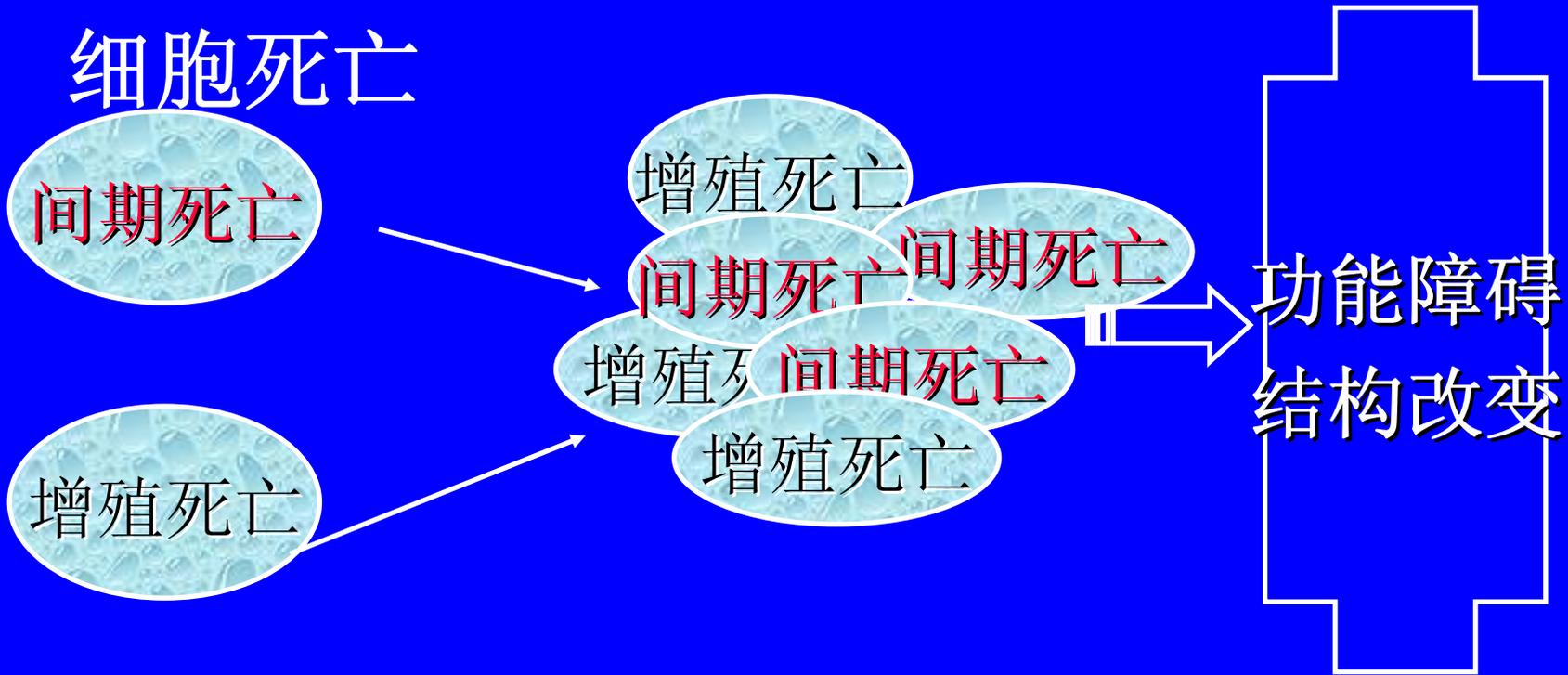
有时可实现无差错修复

双链断裂：

错误修复

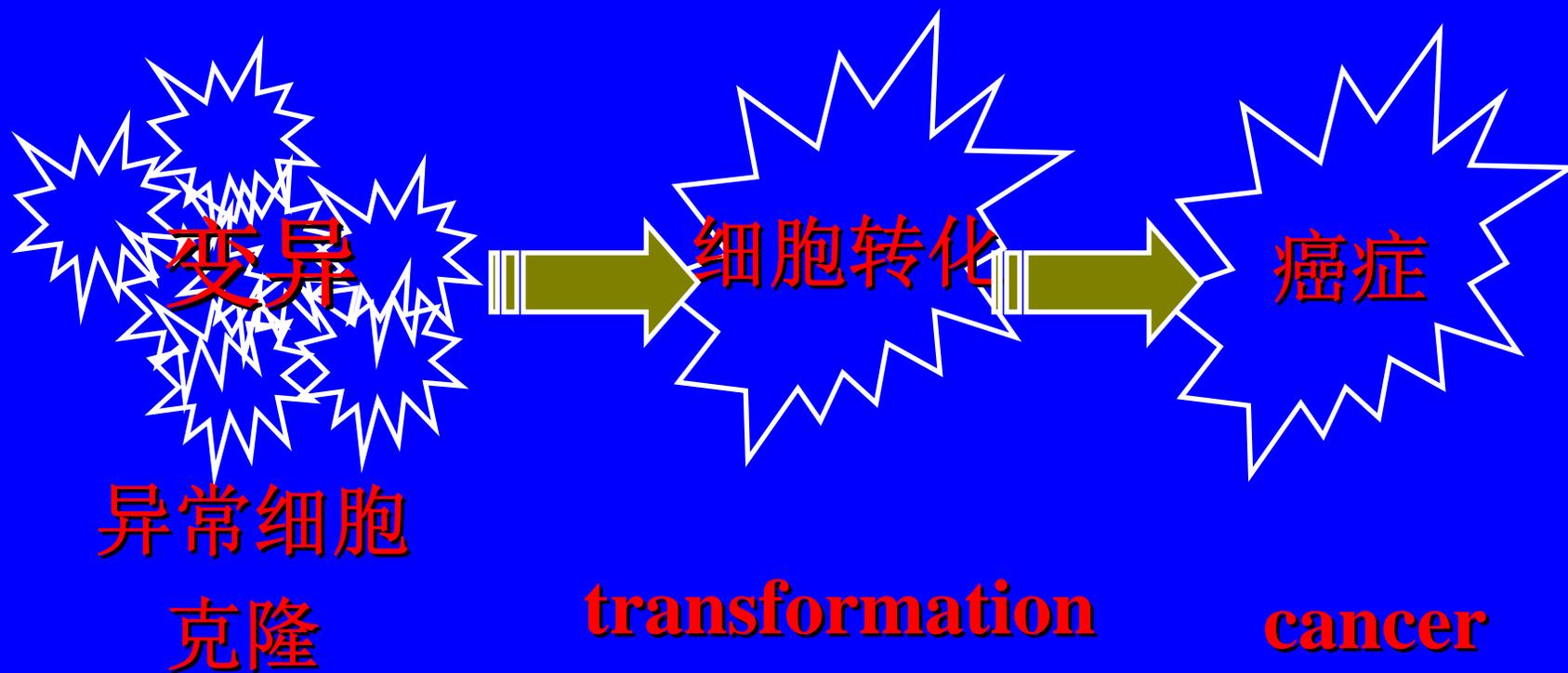


细胞水平损伤



细胞水平损伤

细胞变异



细胞凋亡(apoptosis)

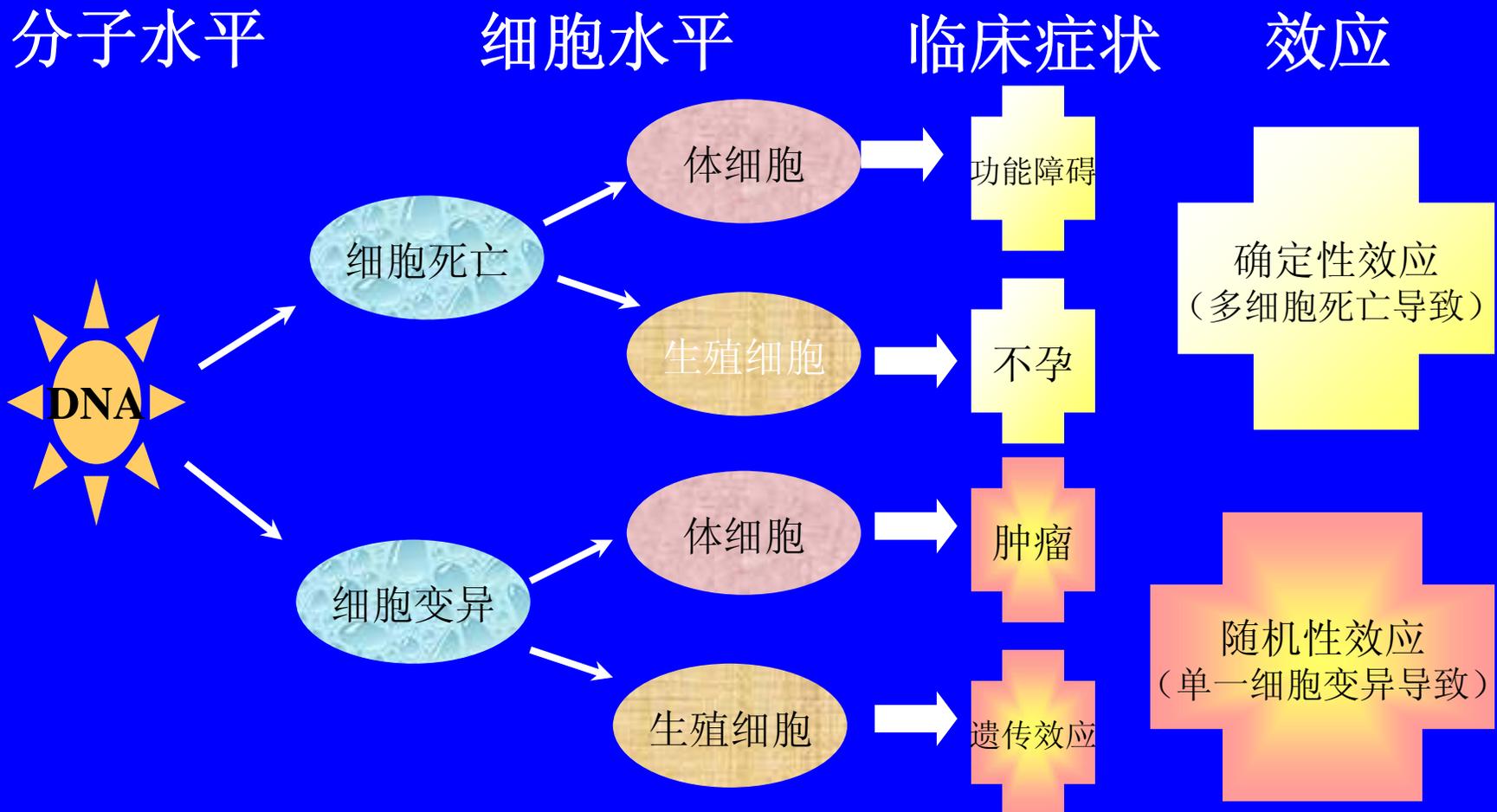
变异细胞的程序性死亡 (programmed death)

镜下表现：胞核浓缩、断裂 凋亡小体

机理：P⁵³基因 激活自我致死程序

是变异细胞免于患癌的重要机制

生物效应产生的过程和机理



生活中防止电磁辐射技巧

- 不要把家电集中摆放，特别不要集中摆放在卧室里。
- 避免长时间使用家用电器、手机等。
- 使用手机：接通瞬间释放的电磁辐射最大，最好在铃声响过一两秒或两次铃声之间接听，使用时头部和手机天线的距离尽量远一些，最好使用分离耳机；不要将天线对着婴儿头部。
- 与家电保持安全距离，彩电的安全距离是荧光屏宽度的5倍左右，日光灯为2~3米，微波炉开启之后要离开至少1米远，孕妇和小孩应尽量远离微波炉。
- 电器暂停使用时，最好不让它们处于待机状态，因为此时可产生较微弱的电磁场，长时间也会产生辐射积累。
- 个人防护：
 - 加强营养；
 - 防护产品
 - 防护服，防辐射屏，防辐射罩。