

灾害的严重性及土木工程在防灾减灾中的重要性

崔京浩
(清华大学)

- 一、灾害的定义 分类和分级
- 二、灾害的属性及全球灾害的严重性
- 三、中国是一个多灾害的国家
- 四、土木工程在防灾减灾中的重要性

灾害损失

- 全世界 每年数千亿美元，仅2005.8美国卡特里娜飓风损失2000亿美元
- 中国2003年
自然灾害 2800亿人民币/年 死亡2400万人/年
安全事故 4000亿人民币/年
- 灾害损失占国民经济比例：
美国 0.06%
日本 0.08%
中国 2~3%（按2003年自然灾害损失与当年GDP的比值计）

（中国2003年GDP 11.7万亿，自然灾害、安全事故总损失2800+4000=6800亿，占5.8%）

一、灾害的定义

- 世界卫生组织：任何能引起设施破坏、经济严重受损、人员伤亡、健康状况及卫生服务条件恶化的事件，如其规模已超出事件发生社区的承受能力而不得不向社区外部寻求专门援助时，就可称其为灾害。
- 联合国“国际减轻自然灾害十年”专家组：灾害是指自然发生或人为产生的，对人类和人类社会具有危害后果的事件与现象。灾害是一种超出受影响社区现有资源承受能力的人类生态环境的破坏。

灾害的分类

1、自然灾害

- 1) 地质灾害：地震、火山爆发、地下毒气
- 2) 地貌灾害：山崩、滑坡、泥石流、沙漠化、水土流失
- 3) 气象灾害：暴雨、洪涝、干旱、风灾、冰雹低温
- 4) 生物灾害：流行病、病虫害、有害动物
- 5) 天文灾害：天体撞击、太阳活动与宇宙射线异常、陨石

2、人为灾害

- 1) 社会生活灾害：恐怖袭击、战争、瘟疫、交通事故
- 2) 生态灾害：环境污染、人口过剩、非科学发展、认识滞后
- 3) 工程经济灾害：塌方、爆炸、有害物质失控、违规反科学生产

灾害的分级

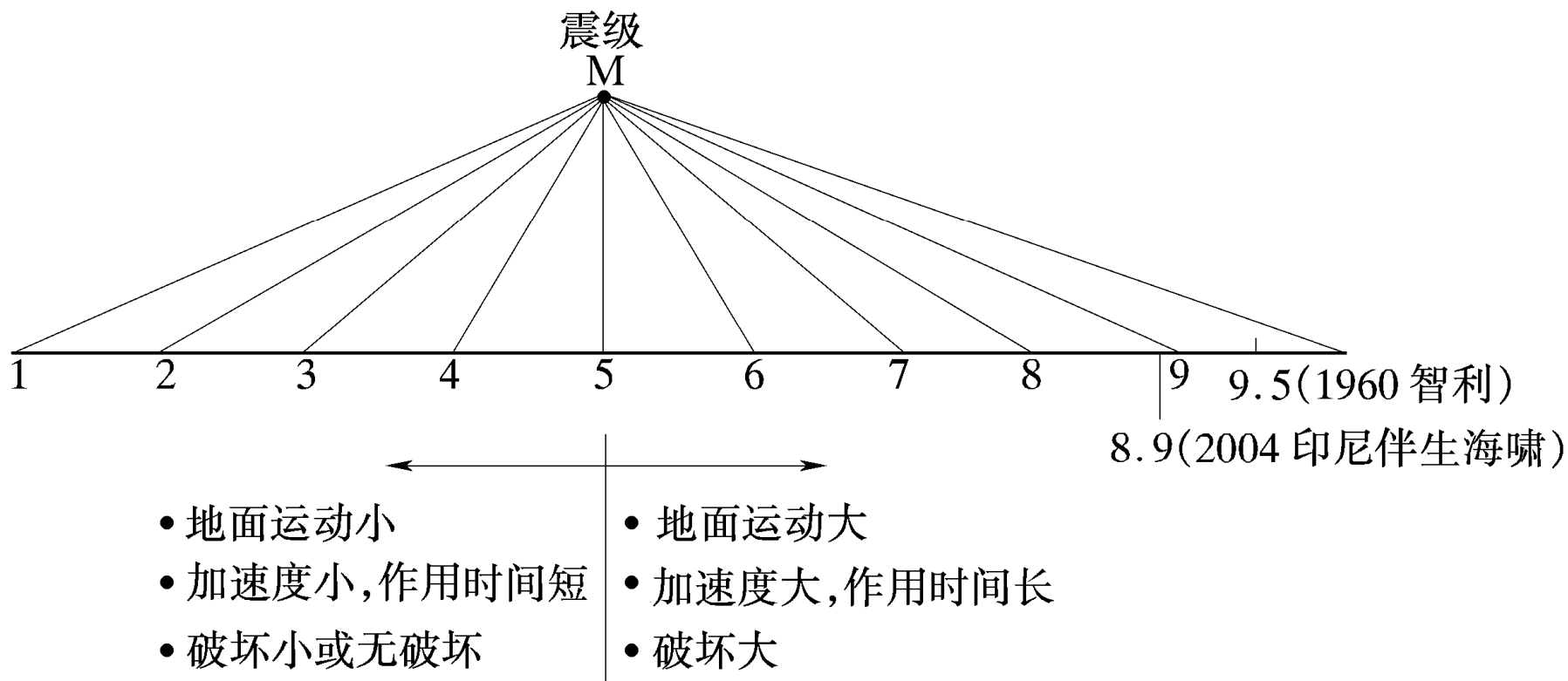
不同质的灾害分级不同

1、以释放能量计——地震

1) 震级，分9级(近年有人分10级)

$M = \log_{10} A$ (A为距震中100km测到的最大地震动位移)

每级较前一级增加30倍。



2) 烈度(建筑设防用，反映破坏程度的)分12级，北京8度设防

2、以速度计——风灾(热带气旋)

1805年蒲福风力分级0~12级，风速小于7级(50~61km/h)不构成破坏。1949年扩大为18级，我国参照使用

7级以上风的征象及参数

风力等级	陆地地面征象	自由海面浪高(m)	距地10m高处风速(m/s)
7	全树摇动，迎风步行感觉不便	4.0(5.5)	13.9~17.1 (50~61km/h)
8	微枝折毁，人向前行感觉阻力甚大	5.5(7.5)	17.2~20.7 (62~74km/h)
9	建物有小损(烟囱顶部及平屋顶摇动)	7.0(10.0)	20.8~24.4 (75~88km/h)
10	陆上少见，可将树木拔起或使房屋损坏较重	9.0(12.5)	24.5~28.4 (89~102km/h)
11	陆上很少见，有则必有广泛损坏	11.5(16.0)	28.5~32.6 (103~117km/h)
12	陆上绝少见，摧毁力极大	14.0	32.7~36.9 (118~133km/h)

2006.6中国制定的“热带气旋等级划分”

热带气旋等级	底层中心附近最大平均 风速/(m/s)	底层中心附近 最大风力(级)
热带低压(TD)	10.8~17.1(39~62km/h)	6~7
热带风暴(TS)	17.2~24.4(62~88 km/h)	8~9
强热带风暴(STS)	24.5~32.6(88~117km/h)	10~11
台风(TY)	32.7~41.4(117~149km/h)	12~13
强台风(STY)	41.5~50.9(149~183km/h)	14~15
超强台风 (SuperTY)	$\geq 51.0(\geq 183\text{km/h})$	16或以上

灾害基本属性

1、普遍性和恒久性

灾害是物质运动形式普遍发生，不断发生，直至永恒

2、多样性与差异性 复杂、模糊、起源、轻重

3、全球性与区域性

全球处处有灾，不同区域灾种不同、严重性不同

4、随机性与预测困难性 时间、地点、强度、范围

5、突发性与迟缓性

突发：地震、火山。 迟缓：沙漠化、水土流失。

6、迁移性、滞后性与重现性

迁移：加拿大酸雨来自美国污染

滞后：人口膨胀，科学发明负面显现的滞后。

重现：每10年左右一次大地震，中国每年约20次台风

7、后果的双重性

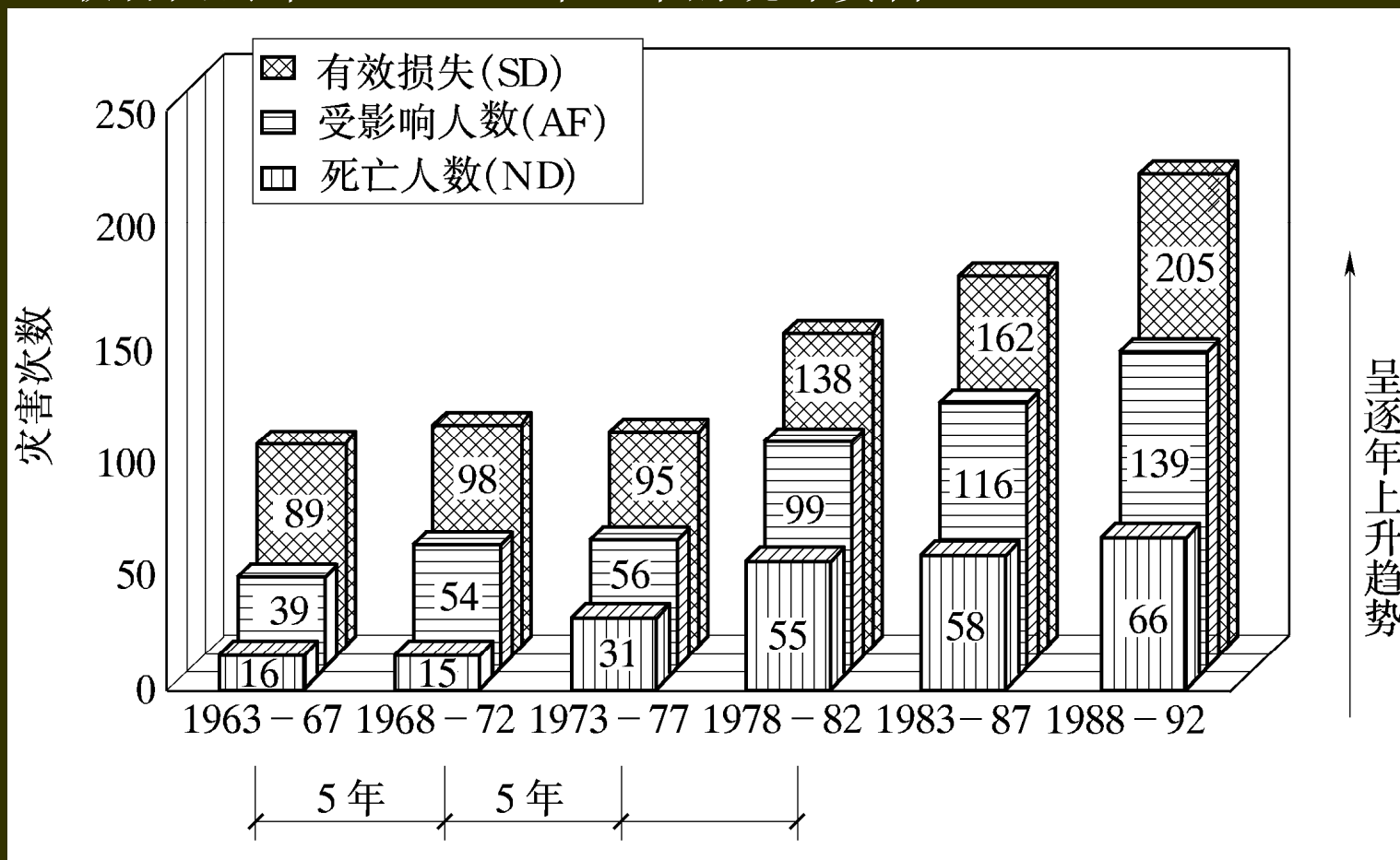
火山灰经风化后可成沃土；台风给东南各省带来降雨和降温；地震使矿床上移；CO₂产生温室效应但利于光合作用，森林过火后再生更茂

8、人为性和可预防性

战争，恐怖主义，核泄露，人口膨胀，生态破坏...
可以通过政治、政策、科技等予以预防

全球灾害严重性

联合国公布1963~1992年30年的统计资料



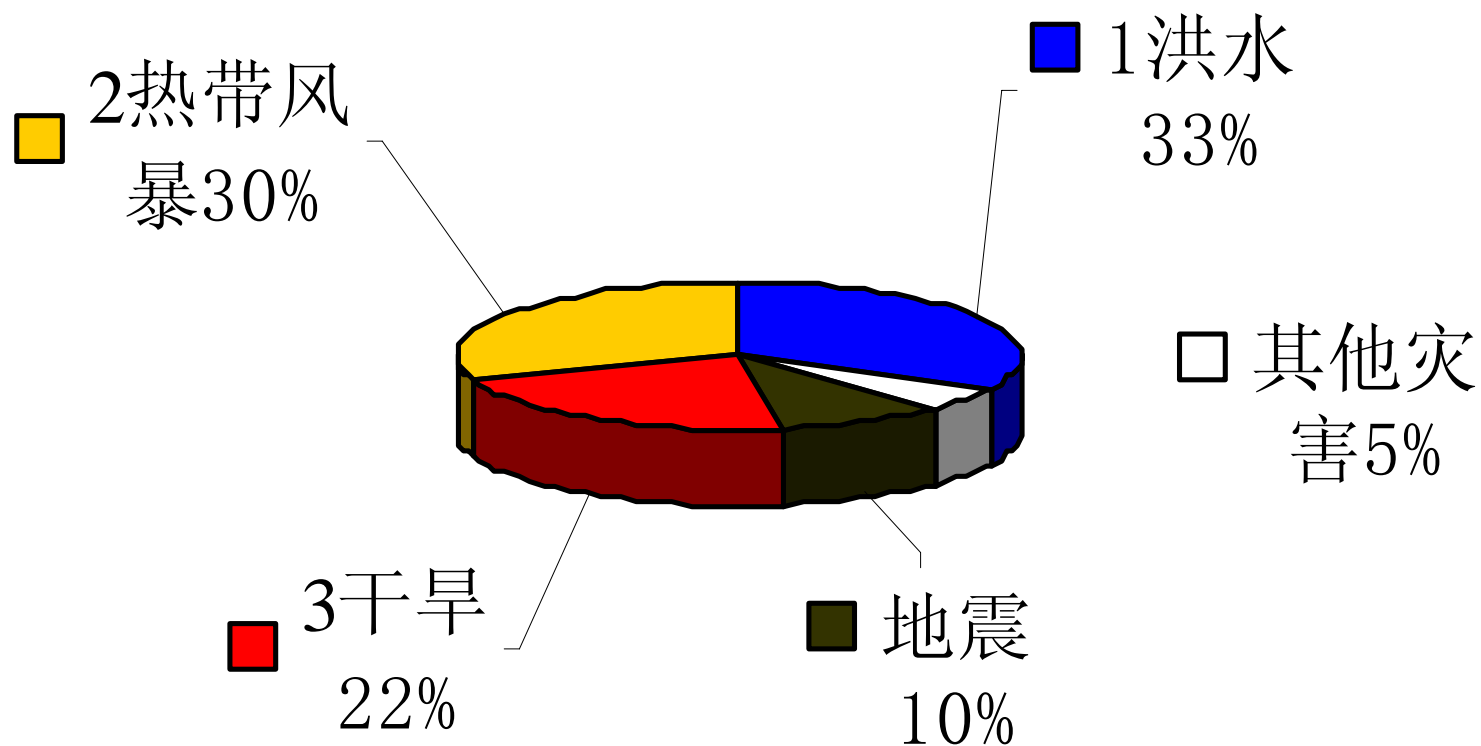
1 SD(有效损失) \geq 年国民生产总值1%

1 AF(受影响人数) \geq 受灾地区或国家总人数1%

1 ND(死亡人数) \geq 100人

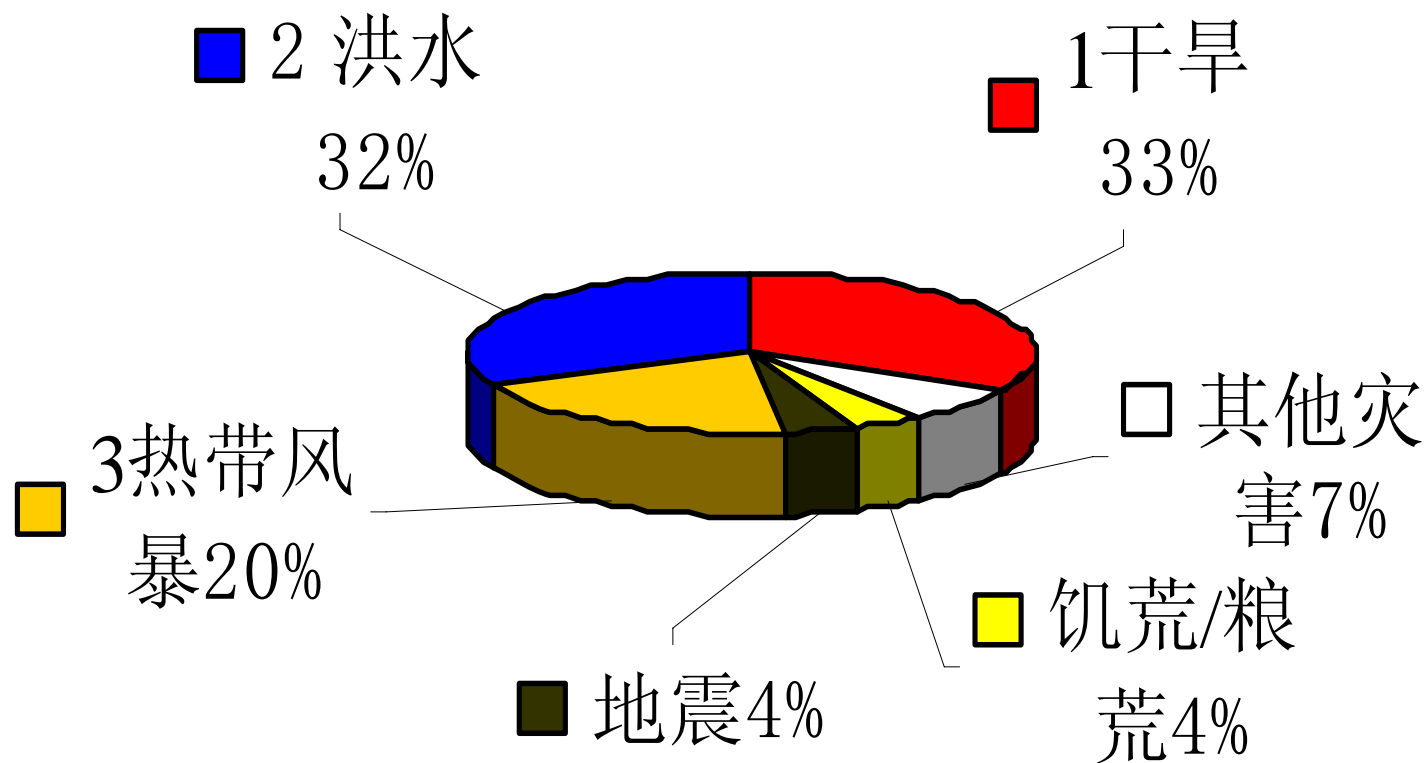
(满足三条之一者算一次, 列入统计数字)

有效损失 (SD)



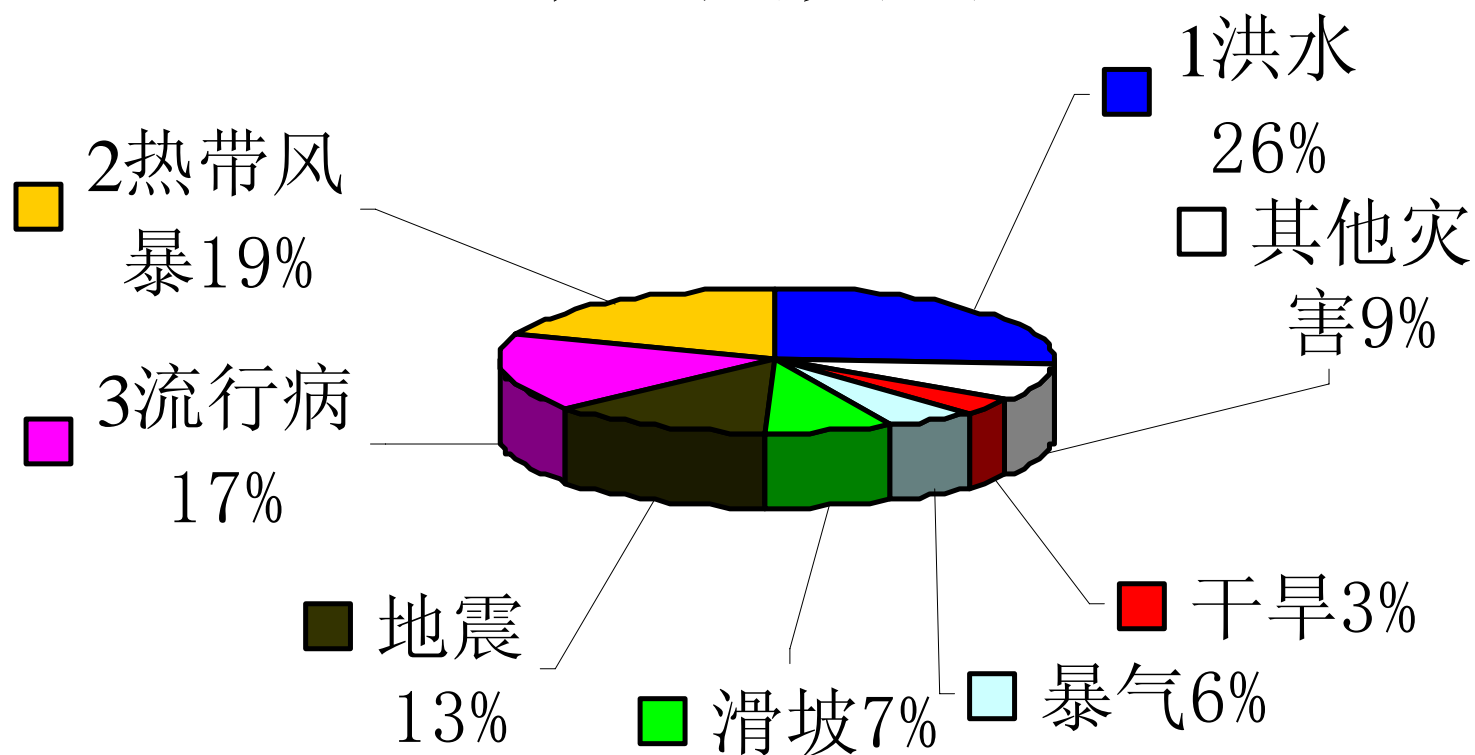
1SD \geq 年国民生产总值1%

受影响人数(AF)

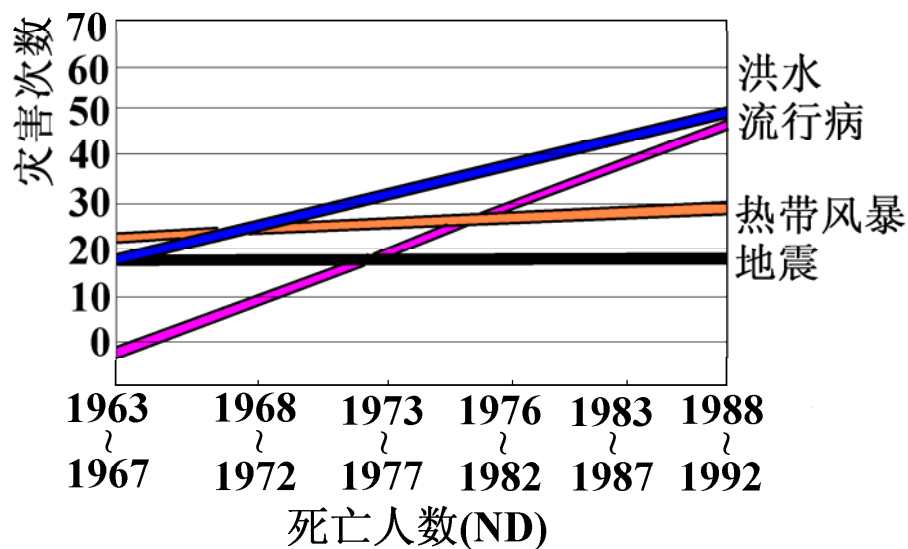
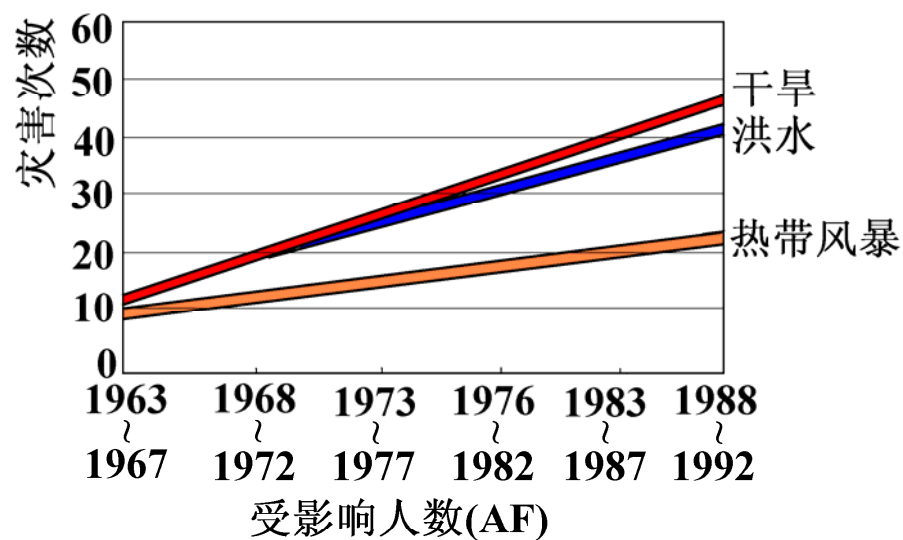
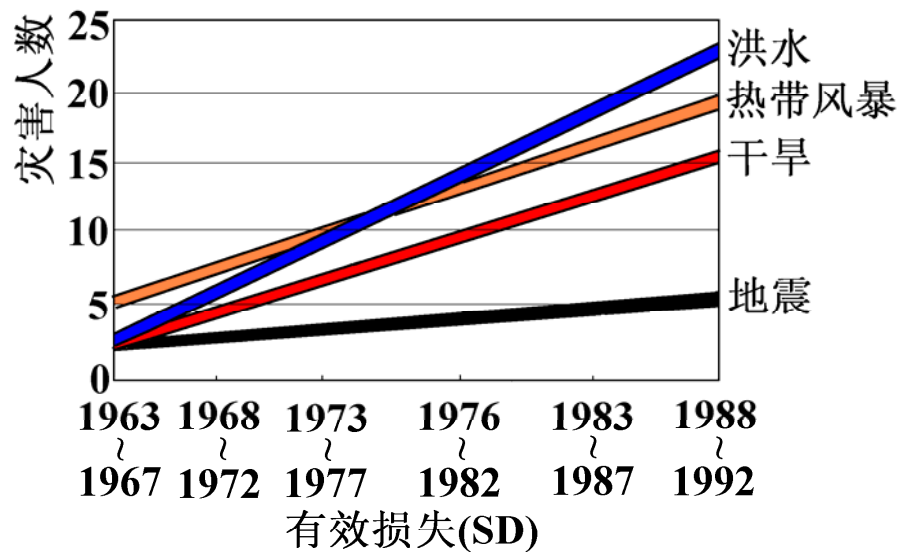


1AF ≥ 受灾地区或国家总人数1%

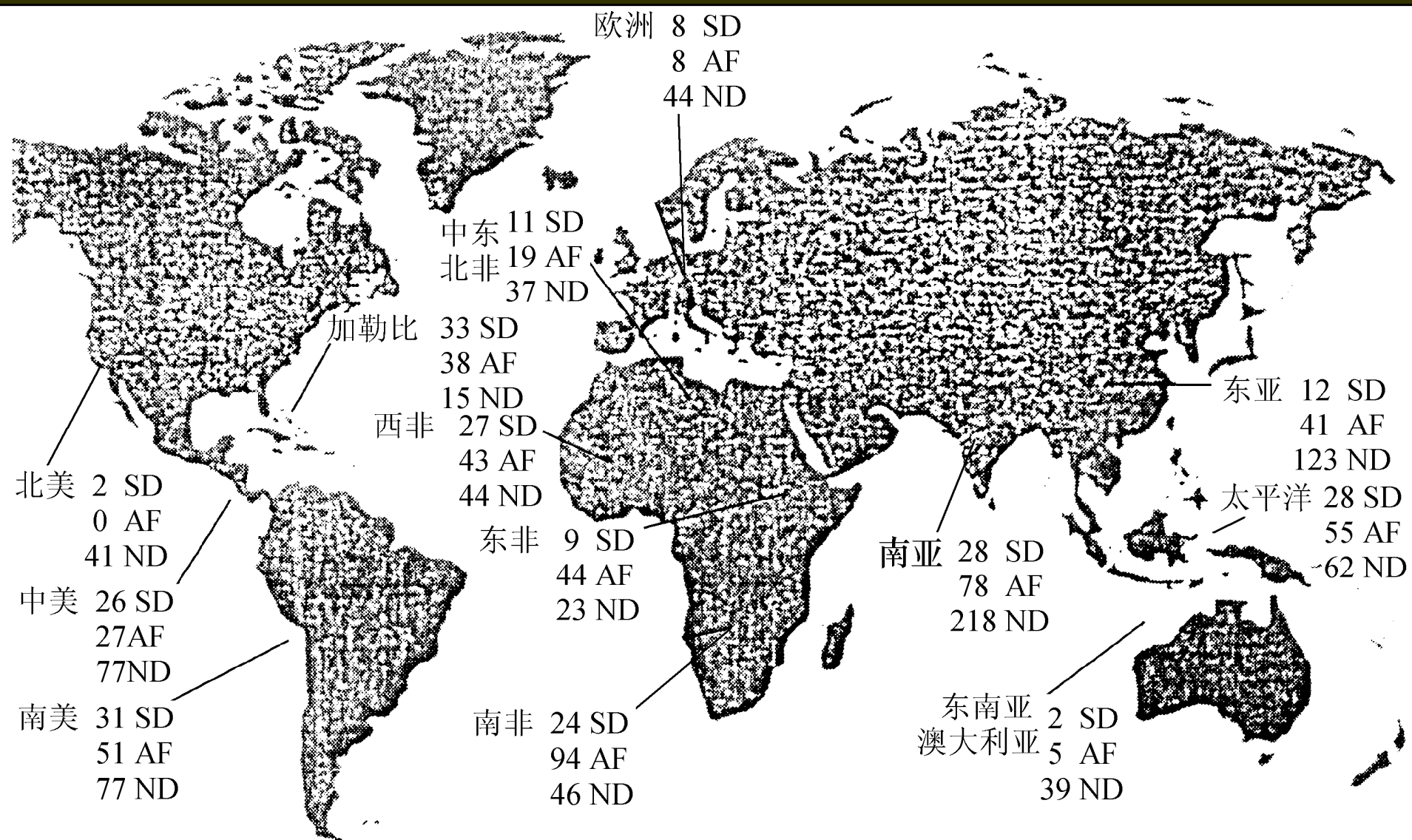
死亡人数 (ND)



1ND \geq 100人



呈上升趋势



南亚、东亚最重，北美最轻

结论(指自然灾害)

- 1、严重性按灾种划分依次为：
洪水、干旱、热带风暴、流行病、地震
有人统计三种气候灾害占总损失75%
- 2、严重性按地区划分依次为：
南亚(印支半岛)，东亚(中国)，太平洋，
南非，南美，西非，最好的是北美、欧洲
- 3、所有灾害随时间均呈上升趋势

人为灾害——战争、恐怖袭击、人口膨胀、科技发展认识上的滞后、生态失衡.....

1、战争

● 二次大战

- 1、涉及六十多个国家20亿人口，死亡近1亿人。
- 2、中国死亡3000万，损失大于1000亿美元。
- 3、苏联死亡4000万。

● 核袭击

1、广岛

1945年8月6日晨8时15分，代号“小男孩”铀弹当量12.5千吨TNT，爆心离地高度570米爆炸。冲击波摧毁90%建筑，城市过火6小时，爆后11年 统计：死6.8万，伤7.6万，占全市人口56%

2、长崎

1945年8月9日上午11时30分，代号“胖子”钚弹当量22千吨TNT，爆心离地高度500米爆炸。摧毁房屋建设28.3%（长崎地形陡峭山谷较多）死 3.08万，伤2.1万，合计5.9万
占该市总人口34%

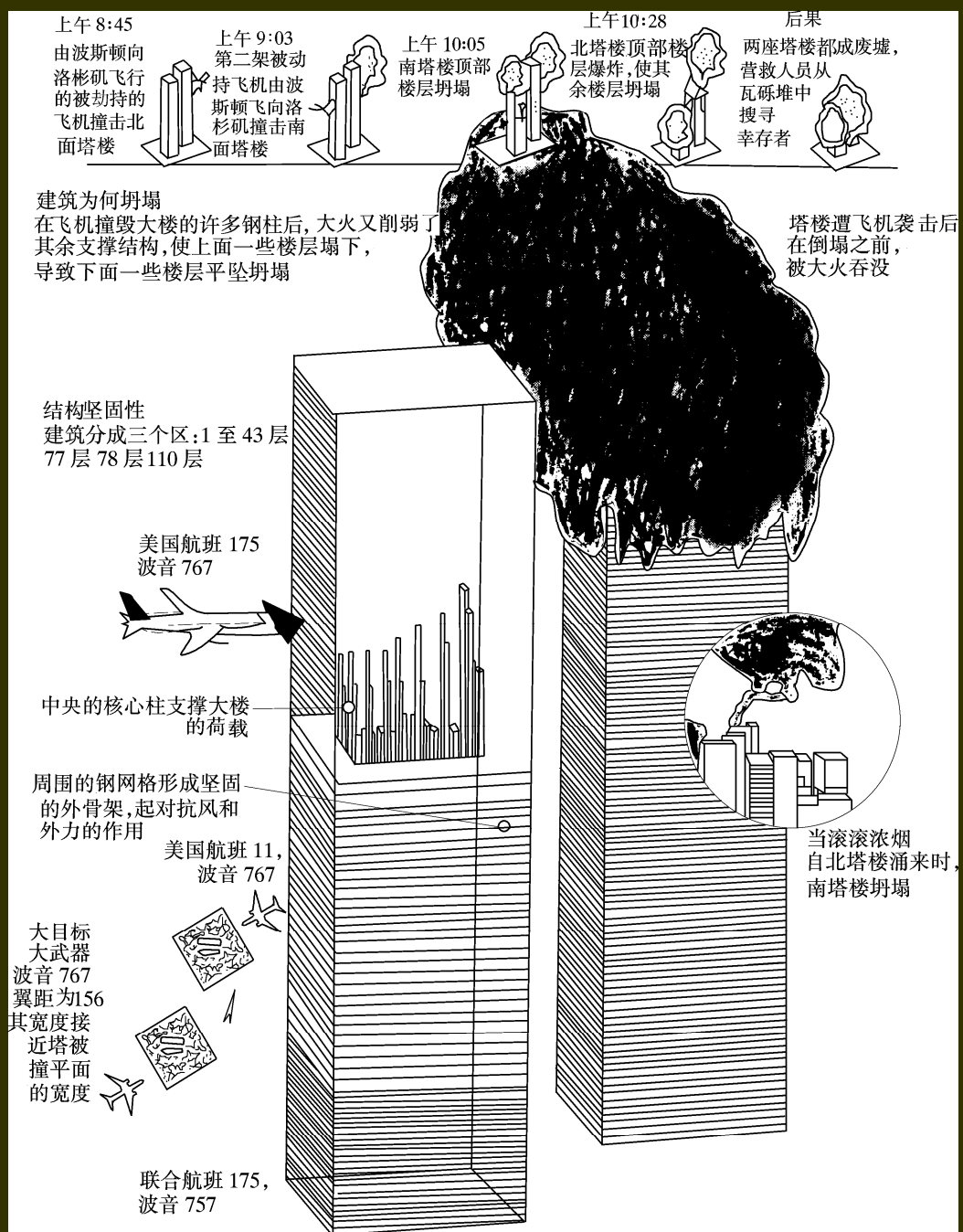
近代战争平民伤亡的增加

	一次大战	二次大战	朝鲜战争	越南战争	伊拉克战争
军民伤亡比例	20:1	13:12	1:5	1:20	1:100

- 1991.1.17~2.28多国部队与伊拉克战争
伊军死2000人
平民死20万，军民死亡比例：1:100
- 2004.3.20~5.1，美英联军进攻伊拉克(出动23万大军)美军死1600人，2006.6媒体报导已达2500人，伊军死亡5倍于美军约8万人，平民可能达30万左右

911恐怖袭击

- 纽约世贸大厦，南北两塔楼，110层(高416m)，占地6.5km²，耗资7亿美元；办公面积84万m²，电梯100台，可容5万名工作人员办公及2万人同时就餐，钢框筒结构，用钢7.8万t，最大风力楼顶可摆92cm。
- 2001年9月11日，8:45(纽约时)B-757撞北塔楼；9:03B-767撞南塔楼
- 损失300亿美元；死亡3000多人
- 两机共载油近90t，燃烧1000°C钢筒软化塌落，为大楼撤离提供1小时



911事件的基本情况

2004年11起重大恐怖事件

序号	日期	地点	简况	死	伤	注
1	2.1	伊拉克北埃尔比勒	库尔德两办楼自杀式爆炸	109	133	
2	2.6	莫斯科地铁	列车爆炸	40	100	普京称车臣所为
3	3.2	伊拉克巴格达及卡尔巴拉	系列爆炸	271	500	
4	3.11	西班牙首都马德里	旅客列车系列爆炸	196	1800	“基地”下属的马德里旅
5	8.24	(俄)图拉州及罗斯托夫州坠机	(俄)图-134，图-154由莫斯科起飞后坠毁	89		89人未计机组人员
6	8.31	莫斯科地铁车站	自杀式爆炸	10	51	
7	9.1	(俄)别斯兰市第一中学	恐怖分子劫持1000人质达3天，特种部队抢救	335		死亡中包括30名绑匪
8	9.9	雅加达澳驻印尼使馆	自杀式爆炸	9	100	伤者有4名中国人
9	11.7	埃及西奈半岛塔巴地区	连续3起爆炸	34	100	死亡中游客居多
10	12.6	沙特阿拉伯美国领事馆	恐怖分子袭击	5		5人国籍不同
11	12.9	伊拉克纳杰夫和卡尔巴拉两圣城	炸弹袭击	62	130	

序号1，3，4，7最严重，影响最大的是4，7两次事件

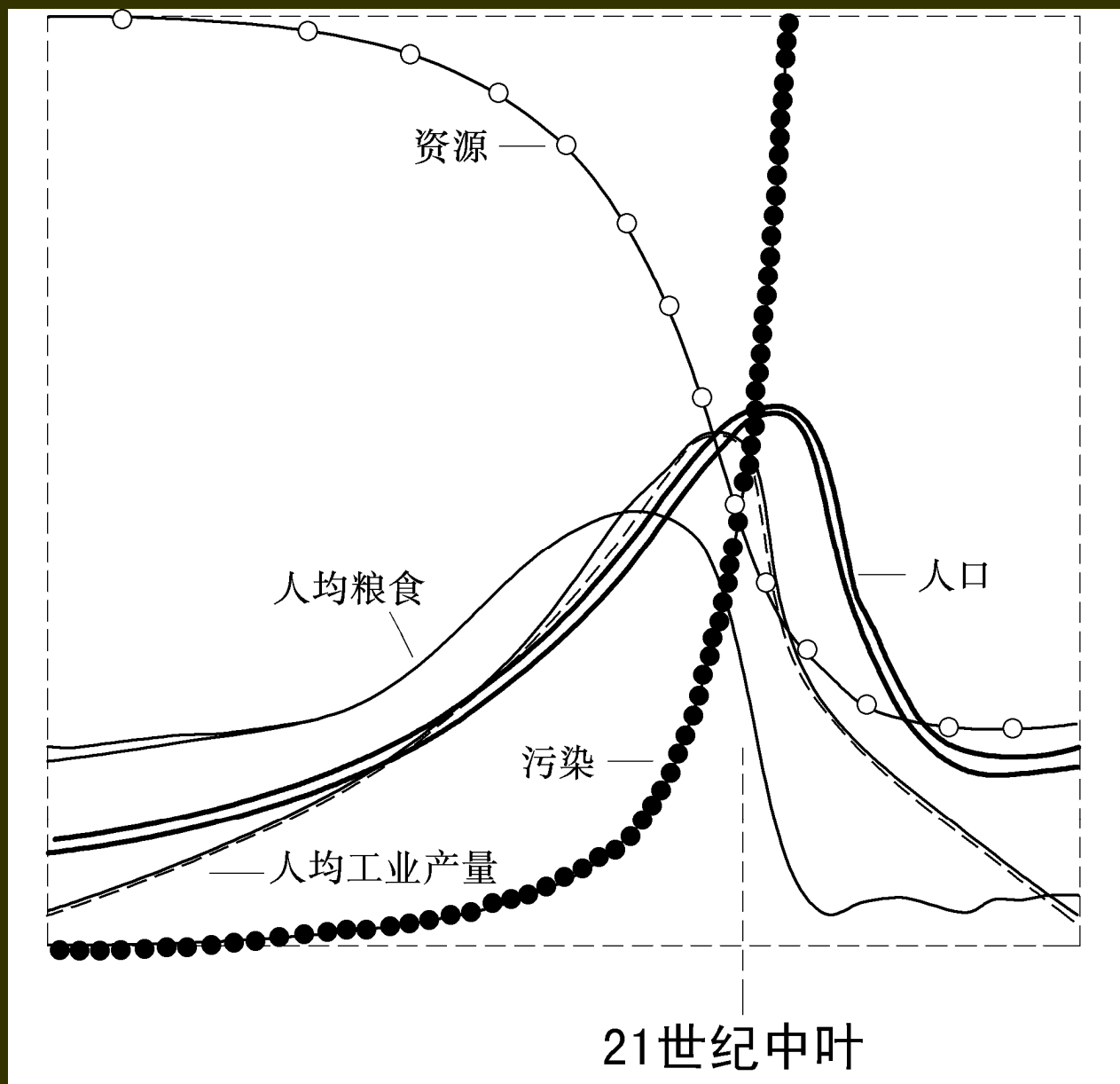
摘编自2005.1.2京华时报

切尔诺贝利(CNB)爆炸核泄露事故

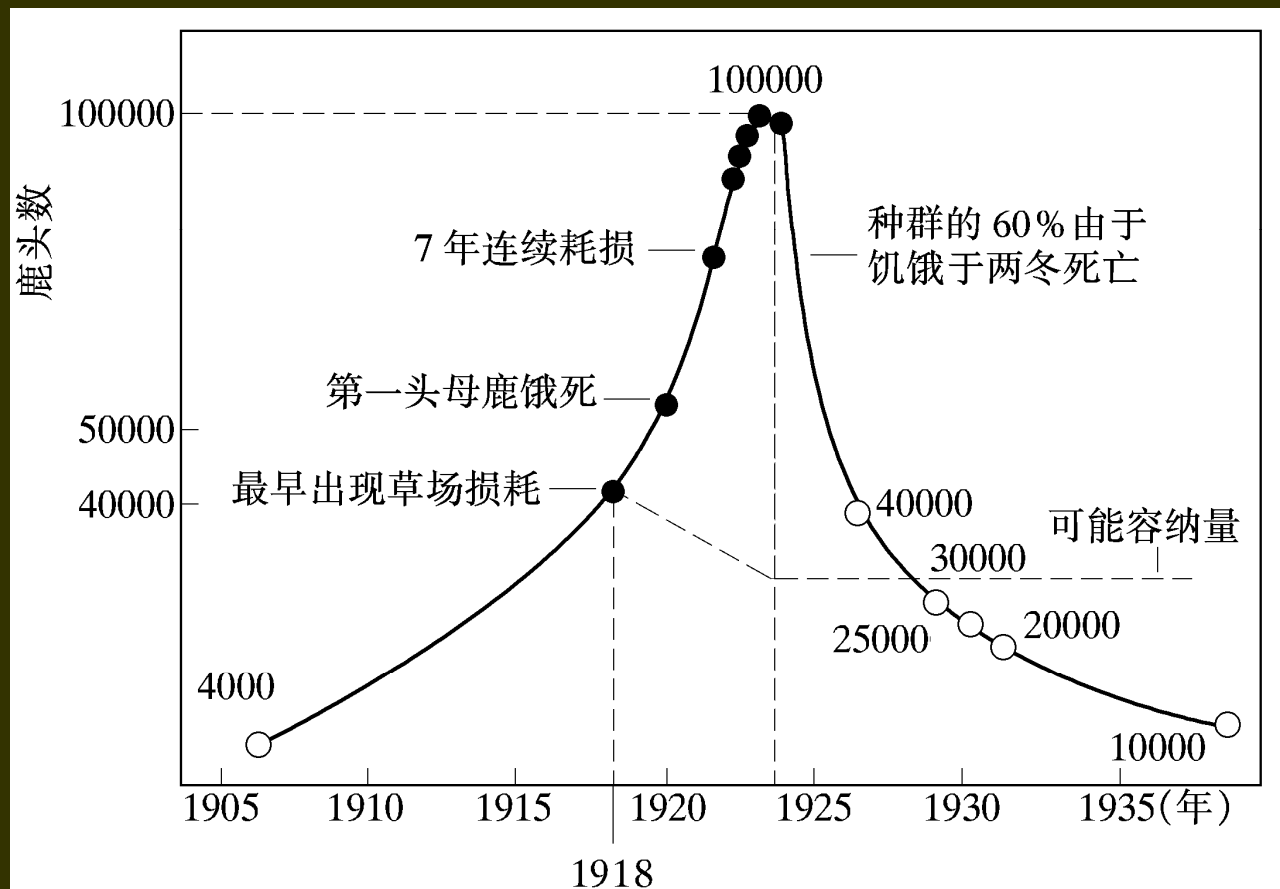
死亡50人，厂区作业及抢救的4000
多名工作人员受到0.8~16gy的照射。可能
死于与放射有关的癌症及白血病

人口膨胀、自然资源与环境污染的世界发展模型预测(麻省理工)

- 资料依据：
1900~1972共72年的
世界人口、粮食、资
源、工业产值、污染
状况
- 结论：
 1. 人口、人均粮食、
人均工业产值均有一个
峰值，之后下降、
峰值约在21世纪中叶
 2. 资源日益减少；污
染日益严重
 3. 灾难可能发生在21
世纪中叶



一个人人为干预生态失衡的例子



美国Kaibab草原1909~1939年黑尾鹿种群的动态

1905年美亚利桑那州Kaibab草原黑尾鹿4000头(美食动物)

1907年捕打狮、狼，促进黑尾鹿繁殖

1918年黑尾鹿上升至4万头；草场损耗

1925黑尾鹿上升至10万头；草场更损耗；鹿大量被饿死，17年后减至1万头。

结论：该草场只可供养2~3万头；狮、狼对黑尾鹿起优选作用

四、中国是一个多灾害的国家

近200年来世界死亡人数大于100万人的大灾难览表

序号	时间	受灾地区	灾型	死亡人数(万人)
1	1770-1772	孟加拉	饥荒	800-1000
2 ^①	1810	中国	饥荒	900
3 ^②	1811	*中国	饥荒	2000*
4	1837	印度北部	饥荒	100
5	1845-1846	爱尔兰	饥荒	150
6 ^③	1849	*中国	饥荒	1500*
7 ^④	1847	中国	饥荒	500
8	1865	印度东北部	饥荒	100
9 ^⑤	1876-1878	*中国山东、河南、河北等	旱灾	1300*
10 ^⑥	1888	中国	饥荒	350
11	1896-1905	印度	饥荒、黑死病	1000
12	1918-1919	印度	饥荒、流感	1500
13 ^⑦	1929-1932	*中国四川、甘肃、陕西等	旱灾、饥荒	1770*
14 ^⑧	1931-1939	中国	水灾	698
15 ^⑨	1942-1943	中国河南	旱灾	~300
16 ^⑩	1943	中国广东	旱灾	300
17	1943-1944	孟加拉	洪水、饥荒	350
18 ⁽¹¹⁾	1946	中国湖南	饥荒	300
19	1968-1973	非洲萨赫勒地区	旱灾	150
20	1984-1985	埃塞俄比亚	旱灾	>100

特点：亚洲最严重，中国为最，次数占1/2，(序号中加○者)

死亡最多前三名在中国(在最后栏内打*者)

历史上死亡2万人以上的地震

1	地震	华县、潼关	中国*	1556.1.23	关中大破坏，共死83万人
2	地震	里斯本	葡萄牙	1255.11.1	8.0级，欧洲最大地震，死6万人
3	地震	西昌	中国*	1850.9.12	7.5级，城毁，死2.6万人
4	地震	亚里加港	秘鲁	1868.8.8	震后海啸，98%居民遇难，死2万人
5	地震	旧金山	美国	1906.4.18	8.3级，火烧三日，死6万多人
6	地震	墨西拿	意大利	1908.12.28	7.8级毁于海啸，共死8.5万人
7	地震	海原	中国*	1920.12.16	8.5级，包括其他地区共死20万人
8	地震	东京、横滨	日本	1923.9.1	8.2级，震后大火，海啸，共死14.2万人
9	地震	唐山	中国*	1976.7.28	7.8级，京、津、唐共死24.2万人
10	地震	阿斯南	阿尔及利亚	1980.10.10	7.5级，死2万多人
11	地震	列宁纳坎	苏联	1988.12.7	7.0级，死2.5万人

- 历史上11次，中国占4次，超过1/3；其中序号1死亡83万，为世界之最；
- 中国多为浅震(30km以内)，6度设防城市占79%

河南大水(1975.8)

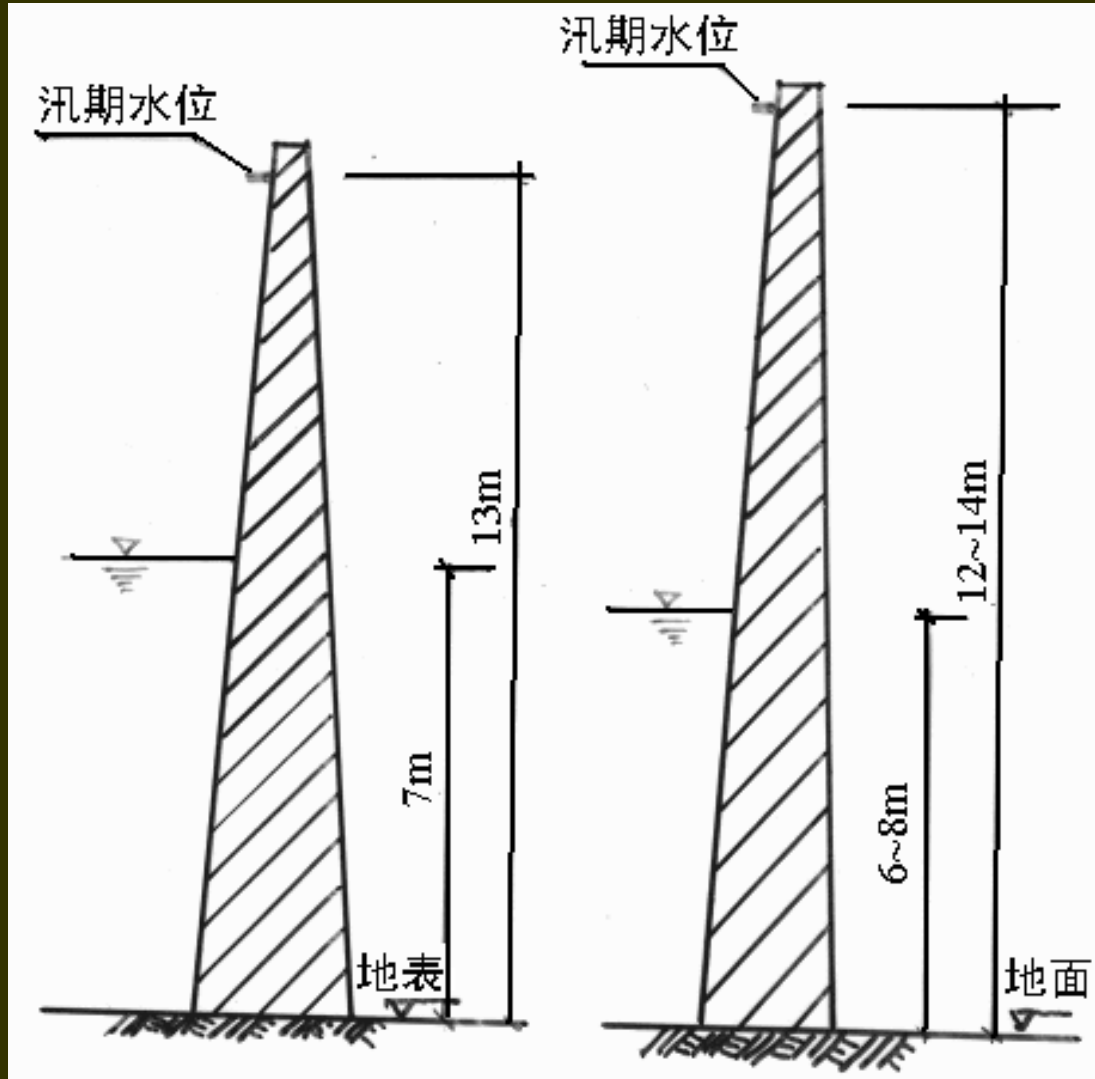
该年8月台风北移，大片积雨云迂冷骤降，连续暴雨三昼夜总降水量1605mm，若干水库溃坝，不少坝堤被迫炸口分洪

29个县113万km²农田被淹

1100万人口受灾

9万人死亡

京广线冲毁102km，中断行车18天
损失超过100亿元



黄河柳园口附近

长江荆江河段

防洪标准:

黄河 60年一迁

海河 40~50年

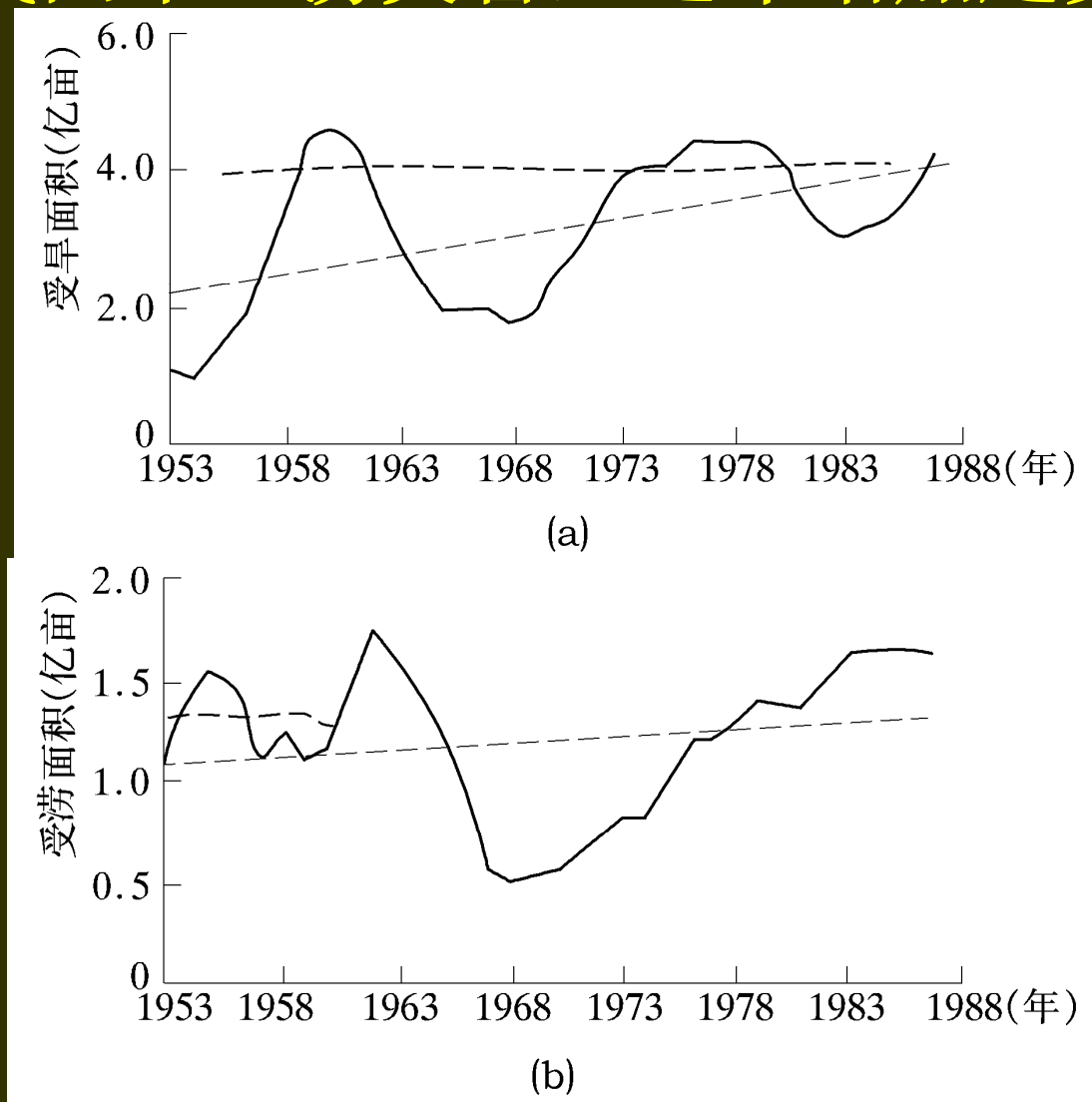
长江 10~20年; 实际多数仅为5~10年

中国是多地震国家：频率高、震级大、震源浅、死亡多

1955年以后中国7级以上强震灾害统计表

序号	地震	发震时间	震级 (M)	震中 烈度	受灾面积 (平方公里)	死亡人数 (人)	伤残人数 (人)	倒塌房屋 (间)
1	康定	1955.4.14	7.5	9	5,000	84	224	636
2	乌恰	1955.4.15	7.0	9	16,000	18	/	200
3	邢台	1966.4.14	7.2	10	23,000	7,938	8,613	1,191,643
4	渤海	1969.7.18	7.4	/	/	9	300	15,290
5	通海	1970.1.5	7.7	10	1,000	15,621	26,783	338,456
6	炉霍	1973.2.6	7.9	10	6,000	2,199	2,743	47,100
7	永善	1974.5.11	7.1	9	2,300	1,641	1,600	66,000
8	海诚	1975.2.4	7.3	9	920	1,382	4,292	1,113,515
9	龙陵	1976.5.29	7.6	9	/	73	279	48,700
10	唐山	1976.7.28	7.8	11	32,000	242,769	164,851	3,219,186
11	松潘	1976.8.16	7.2	8	5,000	38	34	5,000
12	乌恰	1985.8.23	7.4	8	526	70	200	30,000
13	澜沧	1988.11.6	7.6	9	91,700	748	7,751	2,240,000
小计					184,223	272,536	217,670	8,315,726

我国旱、涝灾害呈逐年增加趋势

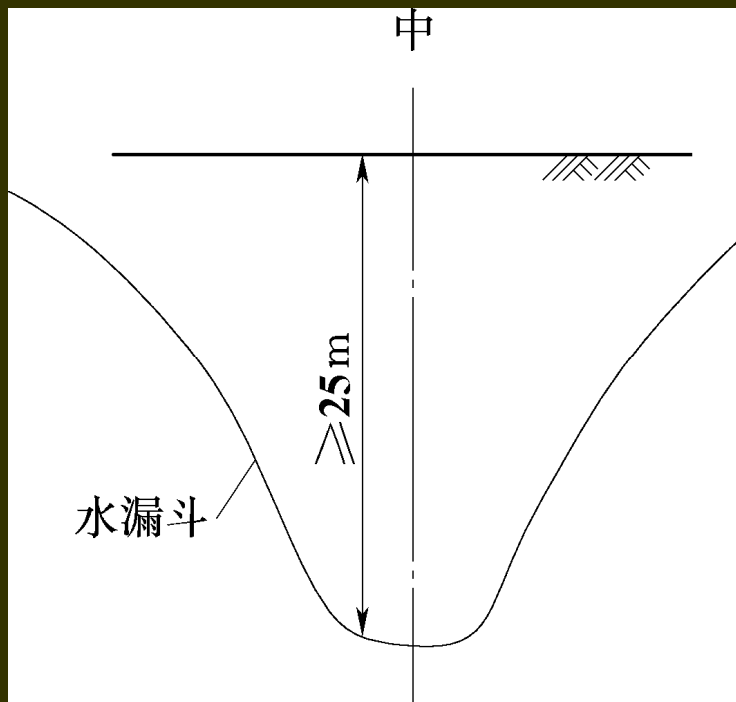


我国历年农作物受旱、涝面积演变曲线

- 旱灾占中国自然灾害损失30%
- 次数逐年增加，京津塘地区：50年代5次；60年代8次；70年代11次

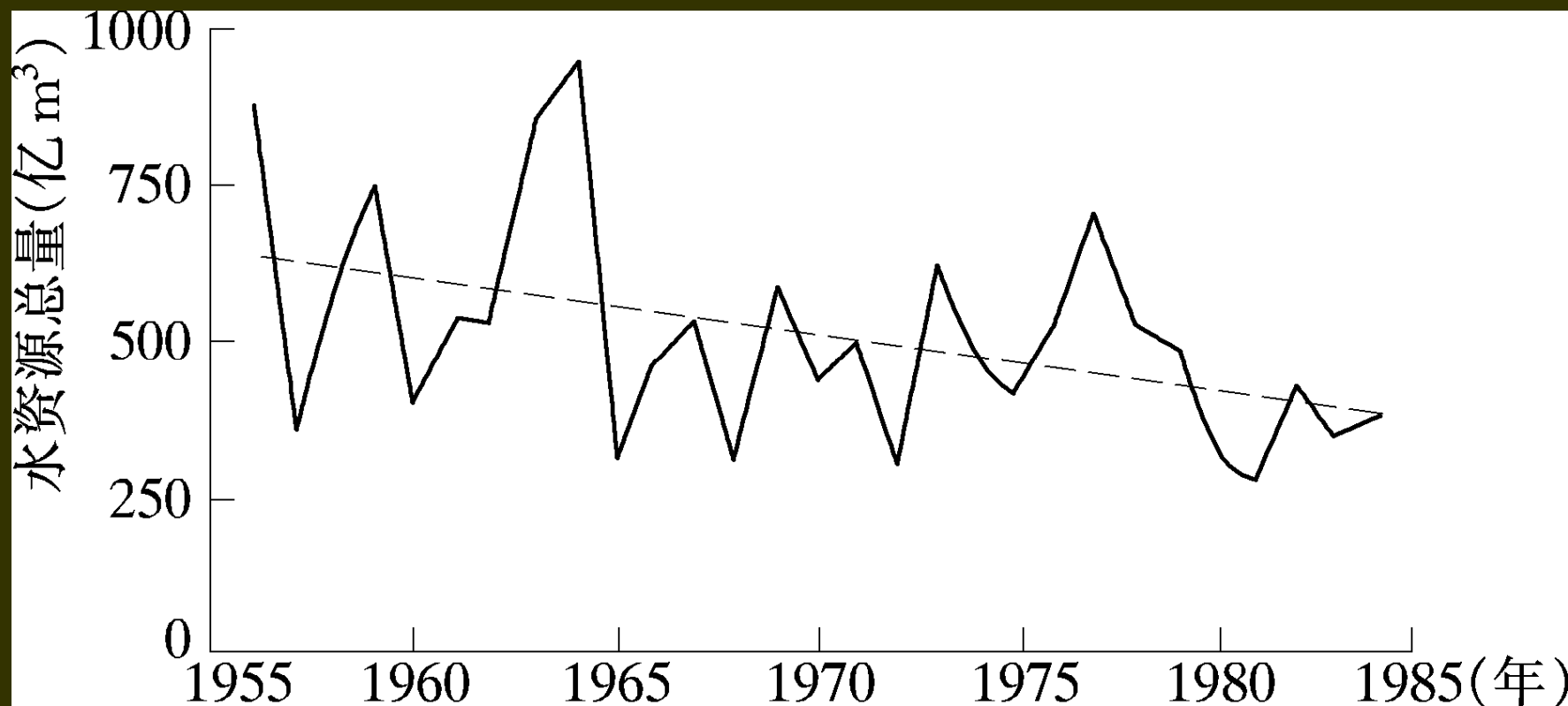
水资源匮乏:

- 联合国专门会议警告: “水不久将成为一项严重的社会危机是继石油危机之后的一个更为严重的危机”
- 中国水资源世界排行第六; 但因人口太多, 人均占有量很低仅及世界人均值的1/4, 排名第88位。
- 农村: 农田灌溉缺水300亿 m^3 /年
8000万人, 6000万头大牲畜饮水困难
- 城市: · 180市城市缺水, 日缺水量1200万t
(另有资料说567个城市有300多个缺水)



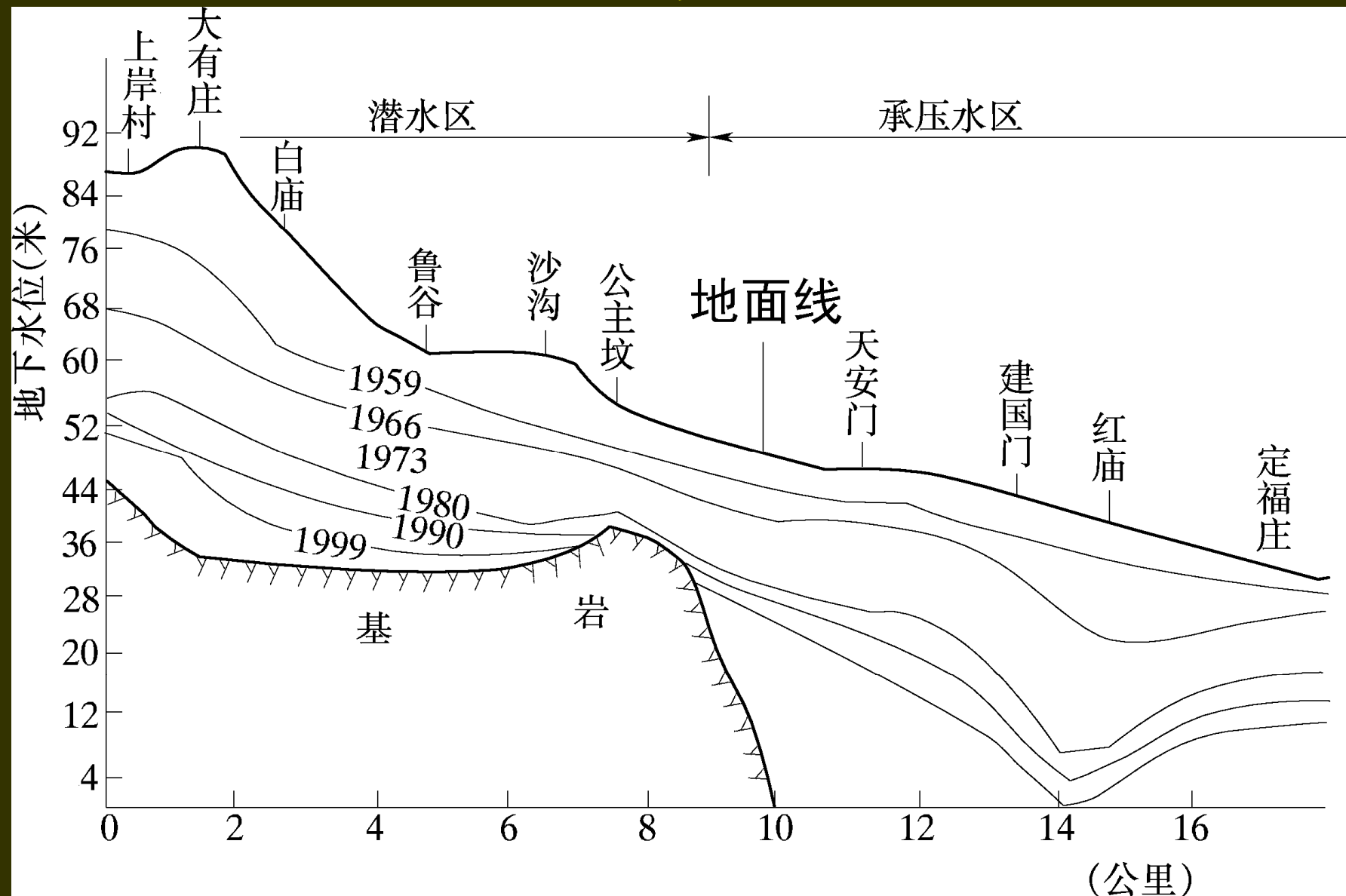
- 2000年底统计, 我国共缺水600亿 m^3 , 西部大开发的关键问题之一是“水”
- 北京地下水位自70年代每年下降1m, 已形成一个1000 km^2 大漏斗, 中心区地下水位在地表下25多米。
- 地下水位下降导致: 苏州地面下降1m
上海地面下降2.7m
天津地面下降1.56m

- 华北地区水资源总量1955年625亿 m^3 ，1985年减为375亿 m^3 ，30年共减250亿 m^3 ，年均减8.3亿 m^3
- 80年代以来，年均减9~10亿 m^3



华北地区水资源总量演变曲线

北京地下水位下降图



59年至99年，40年间水位下降：天安门25m，红庙35m

黄河断流问题

- 1972~1998年27年有21年出现断流
- 1990年开始每年出现断流
- 1997年山东利津站全年断流13次，累计226天，330天无黄河水入海
- 断流起点曾上延到开封柳园口附近，全长704km，占黄河下游河道长度90%。
- 危害：
 - 下游城乡用水，胜利油田用水，水环境容量减小；
 - 冲沙入海量减少，泥沙淤积下游河床，降低行洪能力，决口；
 - 加重河口地区土地盐碱化，河口湿地生态系统退化
- 原因：引水量超过黄河负载能力；目前黄河全区引黄能力 $6000\text{m}^3/\text{s}$ ；仅下游就达 $4000\text{m}^3/\text{s}$ ；供水能力 \ll 引水能力
- 浪费：农业引黄灌溉定额较先进灌溉定额高出50%~100%，灌溉水利用率仅为30%；工业万元产值用水量高出全国1倍，高出先进国家6倍，而废水处理率不足21%。
- 对策：集中领导，统一管理，重在节水，提高水价，加快调水
- 规划：南水北调
2050年东线调148亿 $\text{m}^3/\text{年}$ ；中线调130亿 $\text{m}^3/\text{年}$ ；西线调170亿 $\text{m}^3/\text{年}$ 。近期(2007年)东、中线一期可望调水100亿 $\text{m}^3/\text{年}$ 左右

沙漠化

- 世界每年沙漠化面积6万km²，受沙漠侵蚀的面积21万km²
- 全球35%的土地，25%人口（8.5亿）受沙漠化威胁
- 中国沙漠化面积20.1万km²

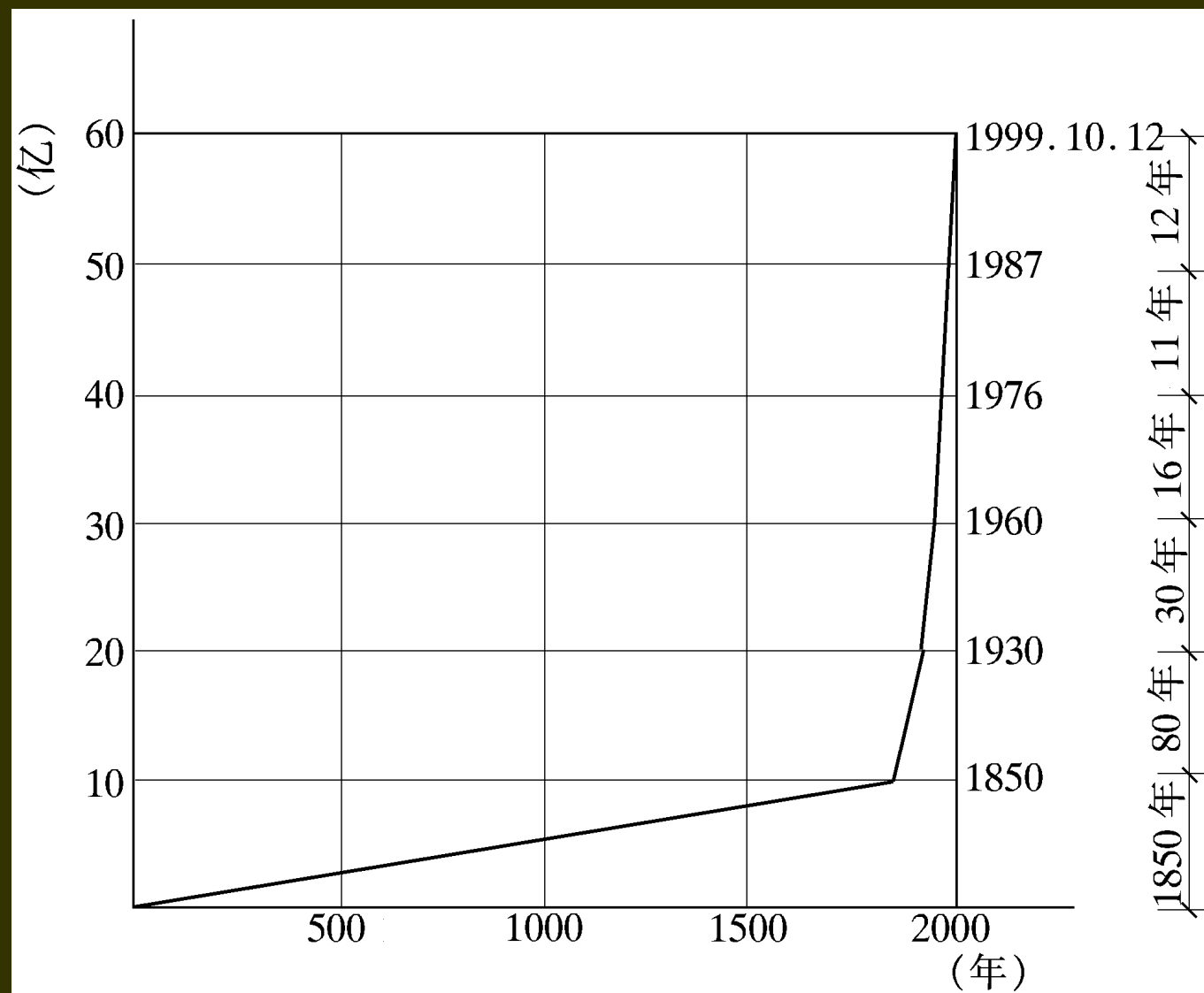
每年扩大2100km²，危及400万公顷农田，467万公顷草场
因沙漠每年损失783~918亿元

地域主要集中在北方

- 2000.3.22~3.30一场席卷华北延及南京上海的沙尘暴起自内蒙西部阿拉善沙漠，大范围的沙尘和泥雨波及京、津、冀、陕、南京、上海。汽车和马路上被泥雨污染的斑斑点点。28日北京决定城乡结合部的植树造林规划由原计划10年完成，提前3年。

人口膨胀

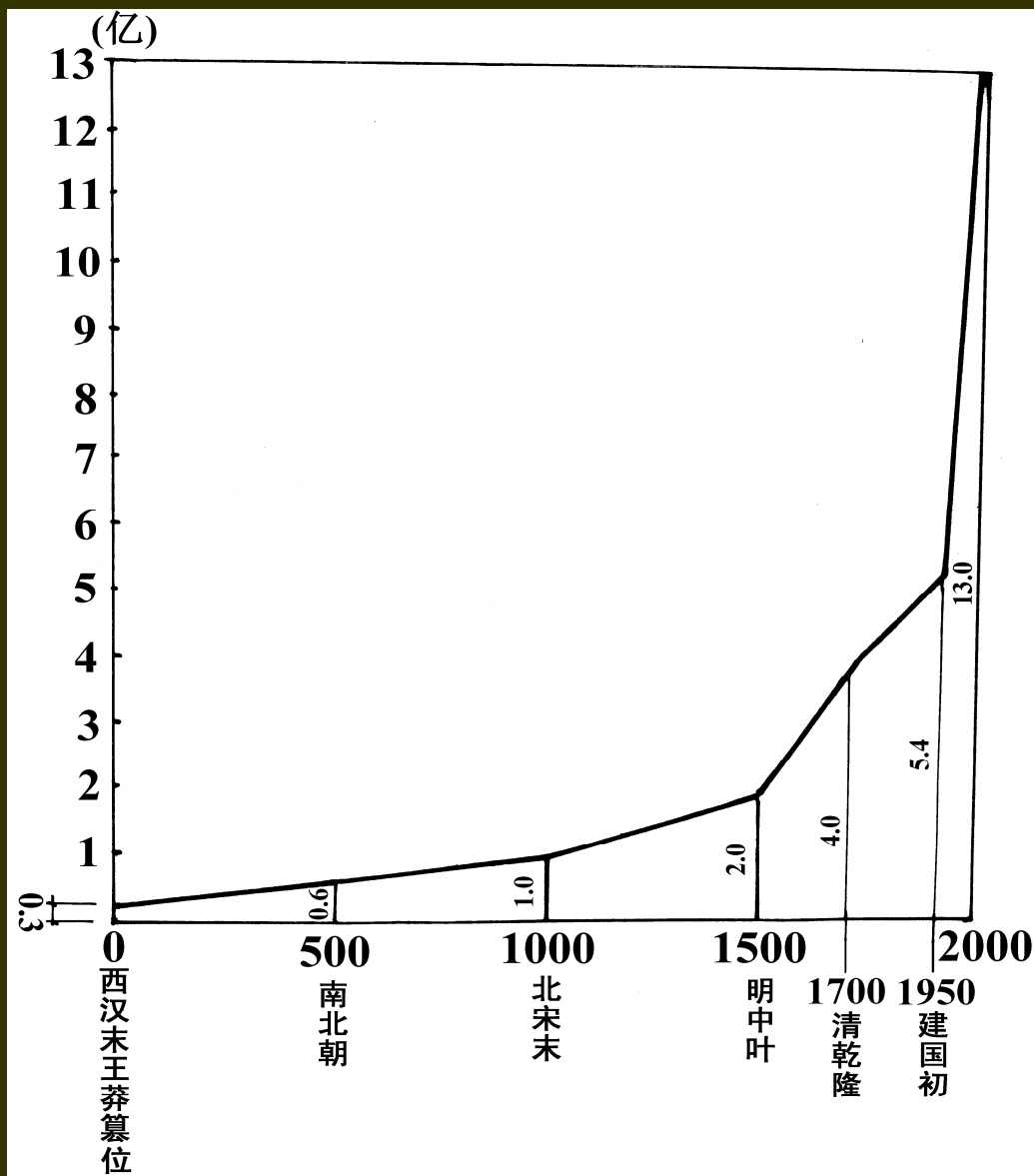
世界人口增长曲线



- 1850年后呈直线陡增；每增10亿的年限日趋缩短。50亿增至60亿，慢了4年，归功于中国计划生育，联合国授与中国“世界人口奖”
- 按20世纪出生率推算，全球每分钟出生259人(中国30人)，每天37万(中国4万)，每年8296万(中国1500万)
- 地球最多可养活80~100亿人口
- 联合国警告：“人口危机对国际社会构成的潜在危险比金融风波和军事冲突等问题更严重”

人口膨胀

中国人口增长曲线



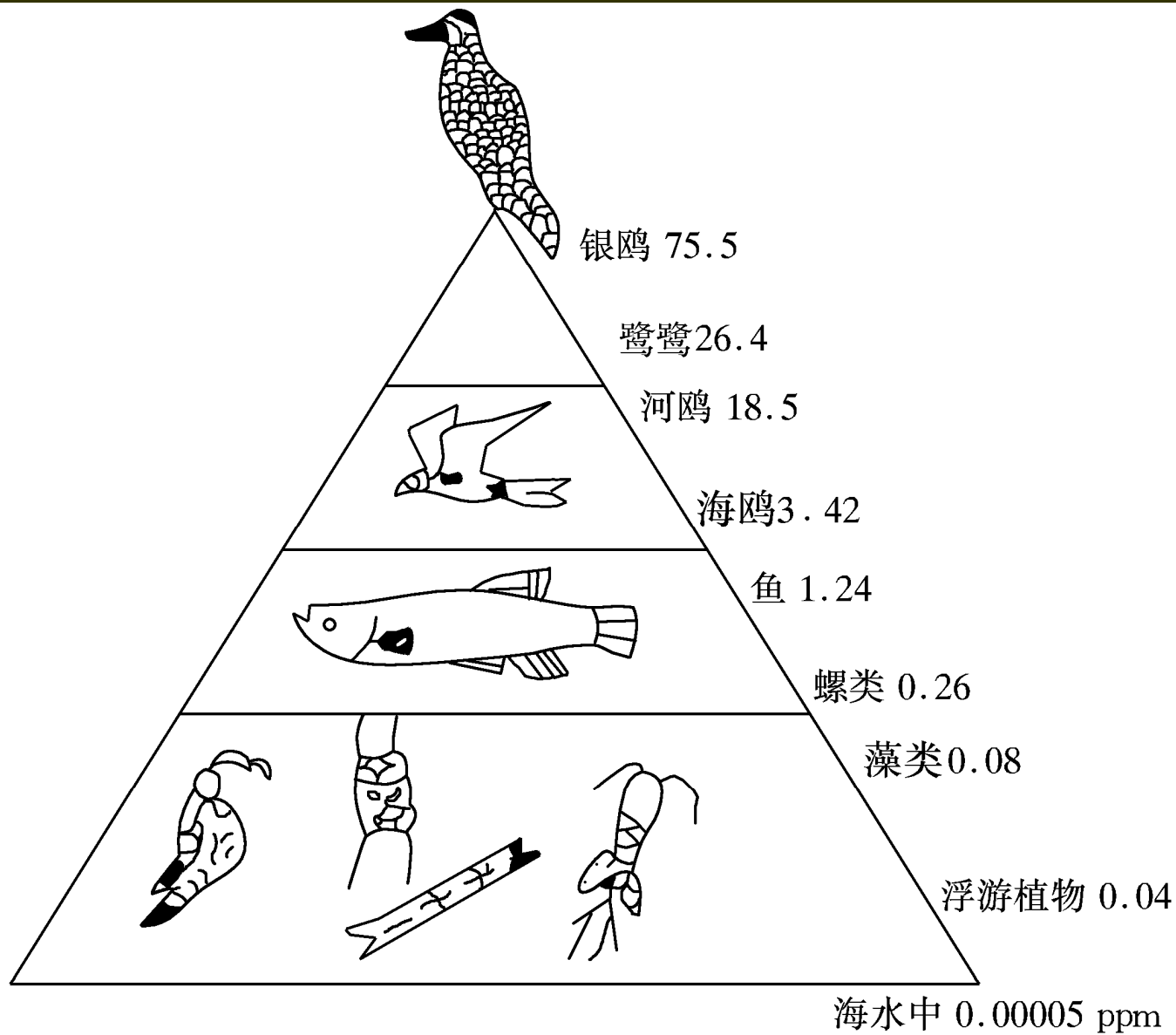
- 建国以后，1950年开始猛增，平均每年增加1520万人，每天增4.2万人，每分钟30人
- 全国壮劳力7.5亿，只有2亿正规就业，失业率7~26%(不同资料数据不同)
- 2亿农民工城里打工，其中1亿在建筑业
- 就业岗位不足待业的大学生已达数百万
- 老龄化，2005年60岁以上，占11%，2020年17%

水污染:

- 1979年我国全年排放废水283亿t； 1980年代中期全年排放废水达310亿t
- 每日排入长江的污水中
酚：21t 氧化物：14t 汞：3.2t 砷：6.1t 铬：3.2t

1957年调查长江下游经济鱼类汞检率100%

- 1953年日本水俣病就是工厂把汞排入水俣湾引起甲基汞慢性中毒，64年，73年，78年连续发现病人麻木、失听、疯癫等直至死亡，到78年3月患者达1972人，死亡300余人。
- 重金属镉易在谷物中浓集，引发胃病，规定含量必须小于1mg/kg，而我国有的地区检出镉含量达2.2mg/kg。



注: 1ppm等于每kg肌体内含有1mg的DDT
不同种类的生物对DDT的浓集作用

食物污染

- 上海276例尸体脂肪测定（1977）
666: 9.52mg/kg; DDT: 22.95mg/kg
- 浙江120例尸体脂肪测定（1973~1975）
666: 20.29mg/kg; DDT: 17.74mg/kg
- 杭州对大米的测定（1973）
666: 2.11mg/kg; DDT: 0.75mg/kg
- 杭州对猪肉测定（1974）
有机氯5.5mg/kg
- 杭州对蔬菜测定（1975）
666: 0.11mg/kg; DDT: 0.028mg/kg

- 瘟疫

- 2003年2月~6月遍及全球的SARS疫情是现代最严重的一次流行病，中国为最
- 死亡人数总数798(截止到2003年6月底)，其中中国大陆347，香港296，台湾84三者总计727，占全球死亡总数91%。其余为河内死5人，新加坡31人，多伦多35人

- 全国北京最严重，死亡193人，占中国内陆死亡总数(347)56%，其次是广东58人，内蒙28人



安全生产之首——降低矿难

2003年我国矿难死亡7000人(煤矿6000人)

6人/百万吨(美0.03/百万吨，2002年统计)，我国是美国200倍

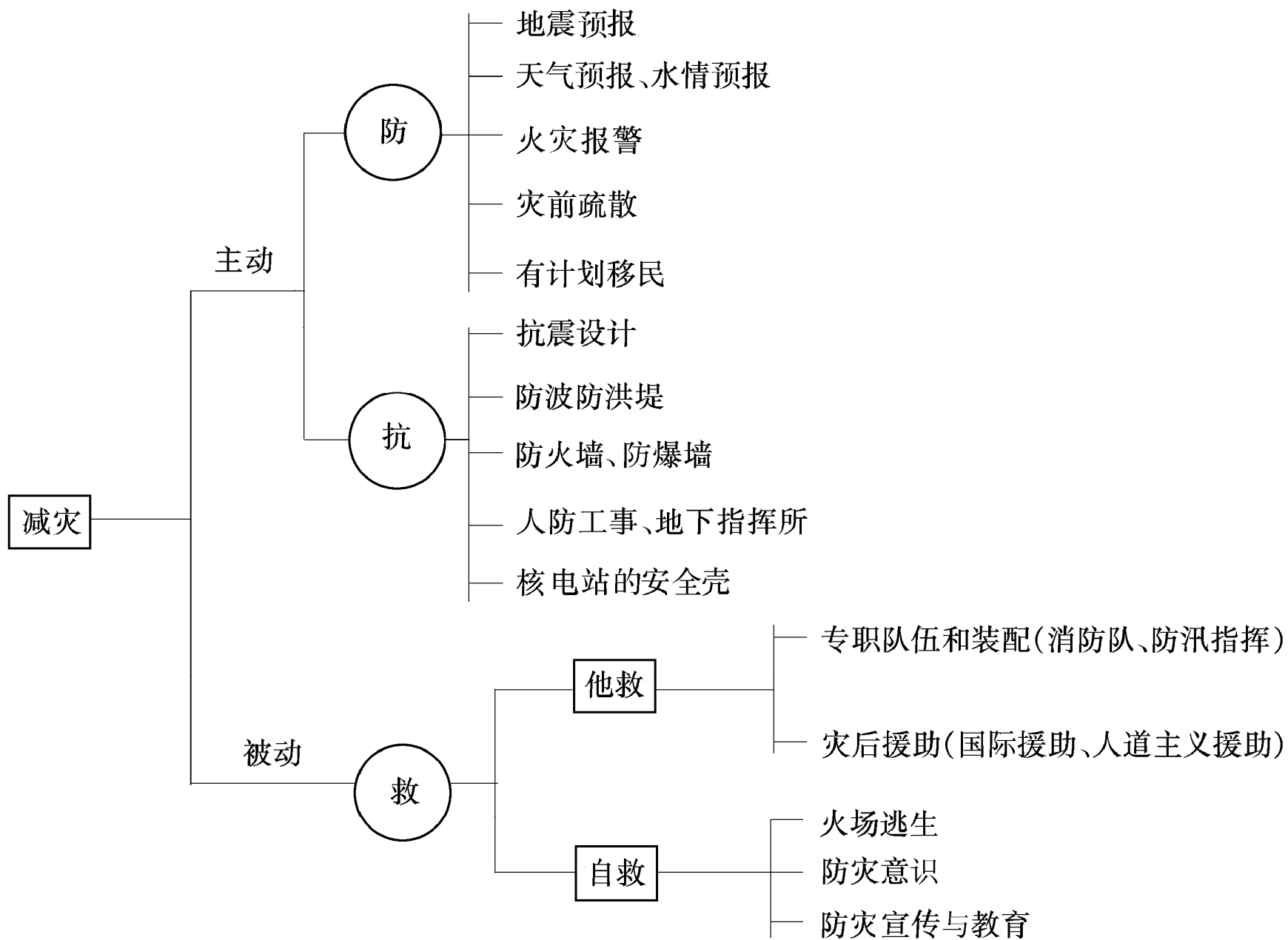
2004.9~11三个月矿难摘录

	日期	地点	原因	死	伤	注
1	9.4	贵州毕节金沙县安德胜煤矿	瓦斯爆炸	11		
2	10.18	四川雅安宝兴大理石矿场	岩体垮塌	14	9	采石矿
3	10.20	河北武安德胜煤矿	特大透大	29		
4	10.20	郑州大平煤矿	瓦斯突出引发瓦斯爆炸	148	32	
5	10.22	黔西南贞丰县挽兰煤矿	瓦斯爆炸	15	3	
6	10.30	辽宁抚顺西露天矿坑平山峒	采空区大面积塌落毒气涌出	15		
7	11.5	山西朔州石崖湾煤矿	瓦斯爆炸	16		
8	11.11	河南鲁山原新生矿报废井偷采	瓦斯爆炸	33	6	
9	11.13	成都白鹿镇宏盛煤矿	瓦斯爆炸		7	
10	11.20	河北邢台白塔镇五个铁矿并发	井下特大火灾	65		铁矿
11	11.28	陕西铜川陈家山煤矿	瓦斯爆炸抢救时12.2又爆炸4次	166		

安全生产——建筑业的严重问题

- 建设部公布2004.1~11，11个月内全国建筑施工事故956起，死亡1125，而2003年同期死亡数还要高出19.2%，即1441；2003年全年则约死亡1500人左右，仅次于矿难
- 建筑业百亿元产值死亡率：2002年为6.9人，2003年6.7人(北京城建科技，2003,No.6)

减灾对策示意表



土木工程在防灾减灾中的重要性

土木工程属性

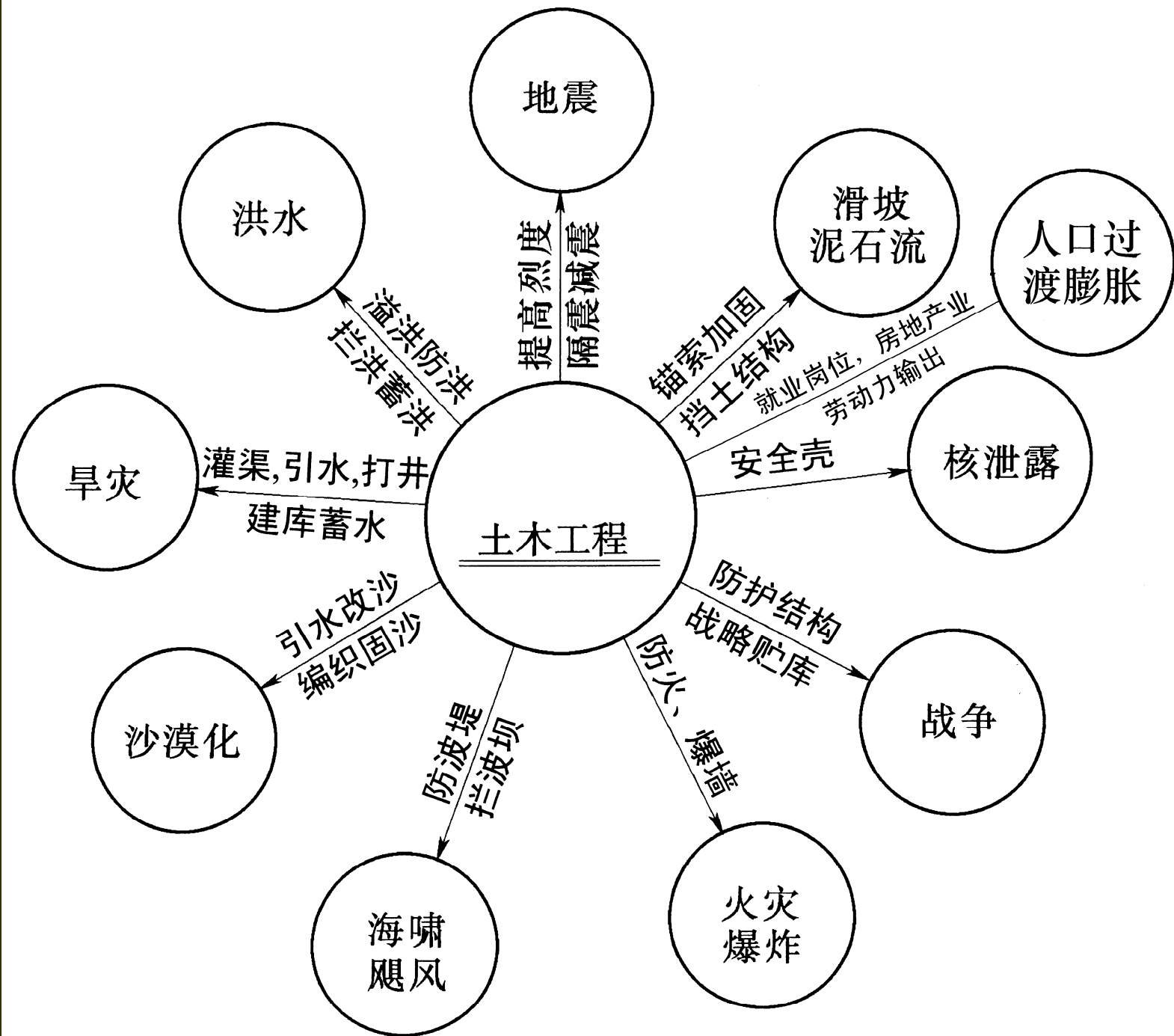
防护性：从筑巢穴居到近代的地下指挥所、核电安全壳

超前性：防护设施必建在遭受袭击之前；许多行业土木是先行官，如交通需先修路架桥、发电先建电厂

基础性：大都是国民经济的基础设施，投入大、效益大、服役周期长

普遍性：各行各业对土木有不同程度的依存关系

恒久性：人类社会的发展和运动是恒久的，土木就是恒久的



结 论

- 1、只要承认世界是物质的，物质是运动的，灾害就是永恒的
- 2、土木工程的固有的属性决定了它在减灾防灾中具有极强的积极主动性和不可替代性，这些属性也同时证明了它的永恒性
- 3、国务院学位委员会把“防灾与防护”隶属于土木工程之下的一个二级学科是正确的科学的

谢谢