

目 录

第一章 绪言	1
第一节 环境医学与健康统计.....	2
第二节 几个统计学术语的概念.....	2
一、总体与样本.....	2
二、参数与统计数.....	2
三、随机化.....	2
四、概率.....	2
五、轴样误差.....	2
第二章 环境医学统计数据的收集	4
第一节 环境医学计划设计的基本程序.....	4
一、决定目的.....	5
二、制定计划.....	5
三、编制调查表.....	8
四、调查工作的组织.....	8
第二节 环境污染源数据的收集.....	9
一、大气污染源的数据收集.....	9
二、水体污染的数据收集.....	9
第三节 环境对人群健康危害的指标体系.....	11
一、死亡率指标体系.....	12
二、发病指标体系.....	13
三、身体发育指标体系.....	13
四、精神神经发育指标.....	13
第四节 环境污染对健康危害的相关性调查.....	14
第五节 环境病因的研究方法.....	15
一、回顾性研究.....	15
二、前瞻性研究.....	16
三、历史前瞻性研究.....	17
四、横向研究.....	17
第三章 环境与健康实验设计	19
第一节 实验设计的基本内容和要求.....	19
一、确定研究的目的.....	19
二、确定研究对象.....	19
三、确定研究对象的数量.....	19
四、确定观察指标.....	20
五、设立适当的对照.....	20
六、随机化分组.....	20
第二节 几种常用的随机化分组方法.....	21
一、完全随机的实验设计.....	21
二、配对实验设计.....	22
三、随机区组的实验设计.....	22
四、拉丁方设计.....	23

五、复因实验设计	25
六、正交实验设计	25
七、序贯实验设计	29
第三节 样本大小的估计	31
一、估计样本含量的前提条件	31
二、样本含量的估计方法	31
第四章 统计表与统计图	38
第一节 统计表	38
一、统计表的意义与构成	38
二、制表时注意事项	38
三、统计表的编排检查与修改	39
第二节 统计图示	41
一、统计图示的种类和意义	41
二、绘制统计图的基本要求	42
三、常用统计图的绘制方法	42
第五章 环境医学数据分布类型与数学模型的应用	49
第一节 测定值的表示方法	49
一、频数分布表的编制	49
二、观察资料的分布形态	49
三、异常值的处理	51
第二节 连续型概率分布	52
一、正态分布	53
二、对数正态分布	66
三、指数分布	70
第三节 离散型概率分布	73
一、二项分布	73
二、泊松分布	83
三、负二项分布	89
第六章 污染水平与人体健康代表值的选择	97
第一节 绝对数	97
第二节 相对数	97
一、率(频率指标)	97
二、比(可分为构成比和相对比)	98
第三节 应用相对数注意事项	99
第四节 变量值的集中趋势	101
一、平均数的意义	101
二、算术平均数	101
三、几何均数	104
四、中位数	106
第五节 变量值的离散趋势	108
一、全距	108
二、离均差平方和与方差	109
三、标准差	109
四、百分位数	112
第六节 均数可信限的估计	113
一、抽样与抽样误差	113

二、总体均数的可信限估计	114
三、百分位数的可信限	115
四、率(比)可信限	115
第七章 环境质量差异比较的评定方法	117
第一节 t 检验	117
一、t 值与 t 分布的特点	117
二、t 检验的基本步骤	118
三、样本均数与总体均数(正常值)差异的显著性检验	119
四、配对资料(或同一批对象实验前后)差异的显著性检验	120
五、两个样本均数差异的显著性检验	121
六、两个样本几何均数差异的显著性检验	124
七、方差不齐时,两样本均数差别的显著性检验(t 检验)	125
第二节 F 检验(方差分析)	127
一、F 检验的基本概念	127
二、F 分布的特点	128
三、单因素多组数据比较	131
四、双因素多组数据比较	140
五、各组均数间的两两比较	143
六、随机区组设计中缺项的估计	145
七、多因素多组数据比较	150
第三节 u 检验	162
一、u 检验的意义	162
二、样本率与总体率的比较	162
三、两个样本率的比较	163
四、两个标准化率的比较	163
第四节 χ^2 检验	167
一、 χ^2 检验的原理	167
二、 χ^2 的显著性检验	168
三、四格表资料的 χ^2 检验	171
四、行 \times 列表的 χ^2 检验	174
五、四格表精确检验法	176
六、配对计数资料的 χ^2 检验	178
七、 $2 \times C$ 表 χ^2 的计算公式和 χ^2 值的分割	180
八、组内分组资料的 χ^2 检验	183
九、行 \times 列表的分割	185
第五节 非参数统计方法	190
一、符号检验	190
二、秩和检验	193
三、中位数检验法	201
第八章 相关回归分析	210
第一节 直线相关分析	210
一、直线相关的意义	210
二、相关系数的计算方法	211
三、相关系数的显著检验	212
四、等级相关分析	215
第二节 直线回归分析	216

一、直线回归分析的意义	216
二、直线回归方程的建立	217
三、回归方程的显著性检验	218
四、回归分析的应用	221
第三节 曲线回归	238
一、曲线配合的意义	238
二、曲线回归方程的类型及曲线回归配合方法	239
第四节 多元回归分析	247
一、多元回归方程与模型	247
二、多元线性回归方程的效果检验	250
三、复相关系数与偏相关系数	251
第五节 逐步回归分析法	253
一、逐步回归分析法基本思想	253
二、因素数量化	254
三、计算方法与步骤	255
四、确定回归方程	262
五、把标准逆矩阵转换为实际值的逆矩阵	263
六、应用回归方程预报预测污染浓度的变化。根据卫生标准应用回归方 程提出控制影响因素的要求	264
七、编制计算图	264
第九章 环境污染物毒性评定的统计分析	267
第一节 急性毒性试验的统计分析—半数致死量	267
一、概率单位法	268
二、面积法	275
三、移动平均法	277
四、序贯法	279
第二节 急性毒性试验统计的应用及慢性试验的评定	281
一、半数效量的应用	281
二、毒物蓄积作用	282
第三节 实验设计要求	283
第四节 繁殖实验的统计指标	284
第五节 显性致死突变试验的统计指标	284
一、常用统计指标	284
二、负二项分布在显性致死突变试验中的应用	284
第十章 环境质量统计评价和控制	289
第一节 环境质量的统计分析评价	289
一、环境污染物质的统计指标分析	289
二、污染对健康影响的相对危险性的分析	290
三、特异危险性的分析	291
第二节 环境质量控制	292
一、环境质量控制图的作用	292
二、环境质量控制图的原理	292
三、各种控制图的制作方法	293
四、控制图的观察和分析	298

第一章 绪 言

第一节 环境医学与健康统计

环境医学是研究环境污染与人群健康关系的科学，它是伴随着我国社会主义现代化建设的进程而发展起来的。保护环境和生产力是相辅相成，互相制约、互相促进的。机体是在周围环境中生存和发展的，环境条件的改变对机体将产生有利或不利的影晌。例如环境污染对机体产生不利的影晌。环境污染是指由于人类各种活动，向环境中排放各种有害的物质，并且依据这些物质的数量、浓度和污染的持续时间，引起居民身体、精神和财产等方面直接或间接受到恶劣影响。或在很大区域范围妨害人们和生物的生产和生活，使公共卫生恶化。环境保护主要是保护大气、水域、土壤（包括森林、草原）三大方面。同时还包括保护矿藏资源、风景区、自然保护区、野生动物资源、城市环境等。因此，环境保护不只限于治理“三废”的狭窄概念。

二十世纪以来，工业生产突飞猛进，社会规模日益扩大，对自然环境影响愈加深刻，由于环境的污染而显著影响人民的生命和健康。特别是五十年代以来，严重公害事件接连发生，惊动了工业国家。在被称为当代危机之一的“公害危机”面前，在群众反公害斗争的冲击下，这些国家用高昂的代价解决环境问题。六十年代环境科学诞生，环境医学也是其中重要组成部分。

我国社会主义现代化过程，也产生了严重的环境污染问题。据有于部门报告，1979年，大气严重污染的城市有22个。国家规定城市每平方公里的降尘量为6~8吨/月，但北京市达39吨，首钢工业区285吨，有些城市高达600~1000吨。全国1979年受严重污染河流230多条，40多个城市地下水受酚、氰、砷等有害物质污染，有的城市全市无净水，群众每年有1/3以上时间喝发臭的污水。北京、上海、天津三大直辖市的中心地带噪音强度超过容许强度一倍以上，比纽约、东京、伦敦吵闹得多。据肿瘤学家认为：80%以上的肿瘤可能由环境因素所致。解放三十年来，全国癌症死亡率增长1.45倍。特别是近十多年，增长更快，在死亡病因中由第九位上升到第二位，由于水、粮、菜被污染，引起畸变和遗传基因退化，畸胎和痴呆逐年增加。至于对工农业生产的损失，更是不胜枚举，对人民健康和生产都带来严重后果。

面对这些环境污染所引起的问题，环境医学不仅研究上述环境污染对人民健康的损害，也要研究利用和改造环境，化害为利，保护环境、造福人民、造福子孙。在环境医学研究工作中，除了应用物理、化学和生物等有关学科的知识和方法手段外，也广泛应用了统计研究的方法。环境医学统计主要在数量和质量紧密联系的基础上，研究有关环境保护的数据收集、整理和分析，阐明环境污染对居民健康的影响，为制订环境保护规划和计划，加强环境保护系统的管理，评价环境保护工作的质量和效果提供客观依据。

环境医学统计学除了具备一般统计学书籍所述共同基本内容外，还要结合环境医学的特点。例如：据研究空气污染物浓度的频率分布通常是高度偏态，它符合对数正态分布或其它一些不对称分布（如韦伯尔分布、 γ 分布）等。环境质量调查也较复杂，因为污染物浓度

受排出时间、地点等人为因素的影响。因而抽取有代表性的样本，必须有详细而周密的设计。

环境医学统计是我们监测环境质量，调查环境污染，评价污染程度，予测环境污染动态的有力武器。环境保护人员除了应掌握理化和生物检验知识和技能外，要很好掌握统计学知识和技能，把它作为开展工作的左右手。对于环境保护部门的领导者来说，也应掌握统计学知识，运用统计取得的各种信息进行科学管理和质量控制，克服盲目性，更好地按科学规律办事。

第二节 几个统计学术语的概念

一、总体 (Population) 和样本 (Sample)：总体指被研究事物的全体，又称母体。样本指从总体中抽取部分个体以供研究，又称子样。例如从河水中采水样作水质检验，从病人中采尿样作铅含量的检验，所取的水样和尿样，称为样本。研究样本为了说明整条河流的污染，研究尿样为了说明病人全部尿液的铅含量。因此，整个河流或病人全部尿液就称为总体。研究样本就是为了说明总体。总体有时是具体的，有时是假想的。有时很大，有时很小。如上面尿液是具体的。但如果发现一种净化河流水质的方法，取水样检查使用这种方法前后的差别，则不论取水样个数多少，都称为样本，这时总体指在其它条件（如温度等）相同时，用此方法处理河流的全部水质情况。这时全部水质是大量的、无法测出的，所以是假想的总体。

三、参数 (Parameter) 和统计数 (Statistic)：描述总体特殊性的有关指标（如平均数等），称为参数（量）。通过随机化抽样，研究样本特性的有关指标，以估计总体参数，是统计推断的基本任务。反映样本特性的有关指标，称为统计数（量）亦即是样本观测值的函数。统计学习惯用希腊字母代表总体参数，用拉丁字母代表样本统计量。

三、随机化 (Randomization)：从总体中抽取样本进行研究时，为了使样本能代表总体，并使其抽样误差大小可用统计学方法来估计，必须按随机化原则抽样，做到总体中每个个体有同等被抽取的机会，抽到那一个体纯属偶然的。这样，才避免人为因素造成偏差，以便应用统计方法处理各种数据，因为统计分析和推断方法是根据随机化抽样而建立的。

四、概率 (Probability)：又称机率、或然率。指用数量表示某一事件发生的可能性。如掷硬币，出现正面或反面的概率均为 $1/2$ ，或 0.5 、或 50% ，称为概率，用符号 P 代表。概率总是在 $0 \sim 1$ 范围。接近 1 ，发生的可能性愈大；接近 0 ，发生的可能性愈小。概率的大、小是相对的。数理统计在习惯上认为 $P \leq 0.05$ 为小概率。指事物发生的可能性等于或小于 0.05 ，作为事物之间差别有显著性（意义）的界限。

五、抽样误差 (Sampling error)：由于总体中各个个体存在差异，因此在同总体中随机化抽取若干个体样本，则样本的有关统计数（如平均数）与总体参数有所不同，这些差异称为抽样误差。它是不可避免的，但是有规律性的。统计学重要任务是研究误差的统计规律性。如某地同样环境污染下，在甲、乙两个学校学生中引起某症状的发生率，甲校为 14.3% ，乙校为 16.5% ，表面数值虽不同，但两校均在同一污染条件下两个率的差别只是数字的表面值，并不是真正的相差，只是抽样引起误差。如果根据此表面数值下结论，认为乙校有症状率高于甲校，那就产生判断错误。

任何客观现象都身有偶然性和必然性，随机性和决定性这两重性质。大量同类客观现象中，就其个别现象来说，偶然性占重要地位。但从整个客观现象来说，却遵循一定的规律性，这种规律性称为统计规律性。统计学的任务就是透过大量表面的偶然性去研究内部隐藏的规律性，通过随机性去认识决定性，通过偶然性去认识必然性。随机性和决定性，偶然性和必然性，是对立统一的。研究统计学必须掌握统计的思维方法，以唯物辩证法思想为指导，正确地收集和分析取得的资料。

(梁浩村编)

第二章 环境医学统计数据收集

在科学工作走向量化的今天，完整地、准确地、及时地收集有关科学数据，是研究问题的重要基础。环境污染的流行病学和实验研究中，数据收集是一项复杂工作。

统计研究工作一般分为三个阶段：收集资料、整理资料和分析资料。收集资料是基础，分析资料是目的，整理资料是环节，三者密切联系，一环紧扣一环。环境医学统计研究也是如此。收集资料是否准确、完整，影响研究、监测、评价工作的全过程。做好收集资料的计划设计，必须具备专业知识和统计知识，因此，这里简单介绍环境医学研究计划设计的基本专业知识和统计知识。

第一节 环境医学计划设计的基本程序

机体、环境和污染物的关系，可见图 2-1。环境污染物要在一定环境条件下才能用于机体。机体对污染物作出应答性反应，可使污染物对机体健康不致产生有害的影响。环境污染物未达到一定的污染水平，也不会影响机体的健康，污染物如无生物学特异性效应，也不影响机体健康。

但是，污染物不影响机体健康并不意味着机体没有污染负荷，因为可能有害的影响仍未显露或尚未明确，见图 2-2。

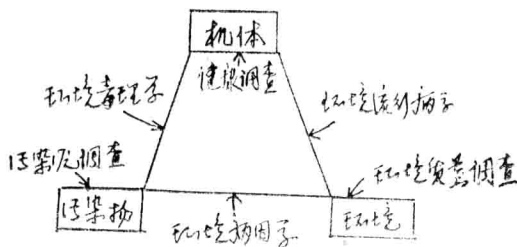


图 2-1 机体、环境和污染物的相互关系

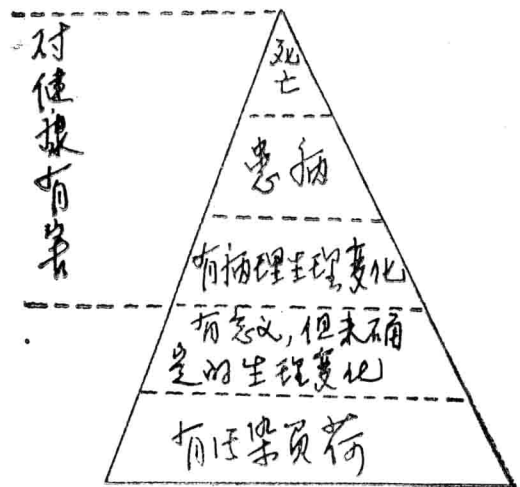


图 2-2 污染对健康影响的级别

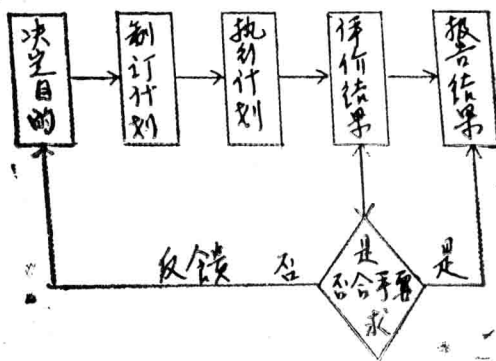


图 2-3

调查环境污染对机体健康的影响，是环境流行病学研究的任务。测定污染物对机体健康的生物学特异性效应，是环境毒理学研究的任务，调查环境污染物不同水平及其与产生生物效应的关系，是环境病因学研究的

任务。环境毒理学和环境病因学着重实验性方面的统计研究，环境流行病学着重现场方面的统计研究。见图 2—1。

环境医学调查大致分为对产生污染物的污染源调查、环境质量调查和人群健康状况调查等。但不论那种型式的调查，都应按下图基本程序：见图 2—3。

一、决定目的：

决定目的要有针对性、具体化，切勿笼统含糊。例如水质调查，有时为了摸清水系的基本情况而作的现况调查；有时为了掌握污染物的分布和消长而作动态调查；有时为了深入研究某一种物质污染而作的专题调查；有时因为发生水质严重污染事故而作的临时应急调查等。不能把上述多种调查笼统地提“了解水质污染情况”为目的。目的大体分两大类：一类是存在污染问题时进行的基本环境监测；一类是为了特殊需要进行的专门环境监测。如空气质量调查其监测的目的可包括下列具体项目。

1. 检验污染危险区内是否符合空气环境质量标准；
2. 评定受污染影响的区内何时何地发生最恶劣的污染物浓度；如果已作出污染的数学模式，则进一步目的（特殊需要）是：
3. 验证或修正中范围模式，以便准确地预报未来的背景污染浓度；
4. 验证或修正小范围模式，以便准确地评价计划中装置或现有装置排放的变化对空气质量的影响。

（注：小范围浓度指近污染源直接提供的，中范围浓度指地区范围内污染源造成的局部（例如城市）污染浓度，大范围浓度指这污染造成的区域污染浓度）。

由于大范围浓度通常很低，可略去不算，地面观测只考虑中、小范围浓度。

如果研究大气污染对居民生活卫生条件和健康的影响，进行一时性的调查，决定目的后还要确定题目：“1980年某市某区大气污染对居民生活卫生条件和健康影响的调查”。在题目中时间、地点、具体目的写清楚。因为调查目的决定调查研究的计划设计。如果目的不明确、不具体、收集资料往往多而杂，抓不住要点，耗费人力物力，浪费时间和资金，调查质量也不好。

二、制订计划：

制订环境质量调查计划之前，应仔细审查目的，力求又好又省地收集必要的数根。人们往往想用一次的努力，达到几个不同目的，这是很常犯的毛病，必须防止。如建立某一类型的监测网，用于监测大气污染程度的长期趋势，就不能设想用它去调查某一特殊问题。计划设计随目的不同而异。以空气质量监测为例：

第一类目的

（一）观察长期趋势：为了防止建立居住区或发展工业而造成空气质量恶化。为此，用手工操作仪器、24小时间歇采样、在城市选择 3～4 个测定点即足。但强调这些监测点应维持在同一地点较多年（至少五年）。统计分析可计算年平均值，日平均频数分布、工作日和休息日的污染趋势和校验气象因素之间的相互关系。

（二）评价控制方案：监测网应在采用新措施前建立，以便对照，要强调详细说明监测步骤，包括采样器位置，平均采样时间、有无局部污染源和异常影响大气扩散条件。

第二类目的：

（三）控制事故发生：需事先研究出大气污染物浓度与气象变量之间关系的数学模式，

并在市区范围内得到常规观测核实验证。此时可设计每日每小时采样一次，有提前发出警报的设备。

(四) 评价对人民健康的影响：分急性和慢性影响。急性作用可观察健康指标逐日变化，并短期采样测定污染物，如一天中的较短时间的平均浓度。慢性作用指污染物的影响多年后才表现出来。需测定污染物的年平均浓度，考虑到季节性变化和峰值，有时可用24小时的监测数据。

(五) 居民申诉的调查：采样与前述不同。要有意识地采取局部污染源的样本，用大量采样设备和连续测定仪器，以便监测瞬时峰值，有时还可设流动采样站。

(六) 初步评价调查：出现新型污染问题的地方，可在一定时间内，用手工采样器以流动采样法进行探索性调查。了解该地使用燃料种类和工业生产种类，作为调查的线索。调查时注意予以采暖时间和特殊气象因素引起的重大变化。此外，为土地功能分类规划而作的专门调查，评价环境污染对植物危害，对建筑物损害的专题调查以及验证污染扩散模式的调查等，其计划设计也有特点。但尽管调查类型多种多样，但从统计学的角度在制定计划时必须：

(一) 确定对象：对象指被调查研究的集体。如某水系。其中组成调查对象每个被调查成分称为调查单位。环境监测对象包括人和环境两大方面，调查单位可以是一个人，一个家庭，也可以是一个采样点、一个工厂。例如，某厂废气污染对居民生活卫生条件和健康影响的调查，可选择一个污染区和一个对照区，按随机化原则选择该区常年在家的、近几年没有职业接触被研究毒物的年满18岁及以上的一定数量居民，作为调查对象。不在此区、不是常住人口、不足18岁者和有职业接触的人均非调查对象。对象的含意应明确，如不吸烟者指从未吸过烟的人，不包括过去吸过烟现在戒烟者，吸烟者则包括现在已戒烟但过去吸过烟者。又如以空气样品为调查对象，则这些样品应按事先设计的地点和时间取得。选地要注意有代表性，避免靠近污染源等。用水系作研究对象，除找到合适的采样地点外，还应按河流距岸边的不同距离、与污水出口的不同距离，以及离水面的不同深度决定采样时间和地点等。

(二) 规定总体：统计学上，总体指被研究对象的总称。根据目的要求，总体应是性质相同的。例如上述某地区18岁以上成年人性质是相同的，它是处于同一空气污染条件下，而不是别区的18岁以上的成年人，也不是18岁以下的青少年，因为他们回答问题可能有偏差。又如用同一采样方法、同一时间、同一地点上采样，故性质相同。规定总体本来是容易的，但有时考虑不周，不易选好总体。例如调查化工厂化学物质污染环境对工人健康的影响，则除了调查接触化学物质的全部工人外，不应遗漏过去曾接触过化学物质的退休工人，后者往往因不能坚持工作退休。所以选择总体一定要有代表性，如一日、一月、一年中不同污染水平都应当采样。选择“志愿者”来研究不能代表全体，因为这些人可能担心自己的健康而当“志愿者”，其身心可已有不健康因素，使调查产生偏性。同时，统计学上的总体概念，有时是具体的，有时是假想的。例如改进某种防尘装置效果的研究，其总体是指在同样条件下，用此方法防尘前后环境灰尘量的改变，这时总体环境不能具体确定多大范围，故为假想的。

(三) 设立对照：有比较才能鉴别，设立对照组为了突出观察研究组处于特定条件中。如为了研究污染区，则同时应研究对照区（清洁区）。这无论在居民调查时，采取样本时均适用。设立对照特别适用于环境流行病学调查研究，无论前瞻性或回顾性调查均需要。严格

的对照可用配对方法，它是使观察者与配对者处于基本上相同（齐时）条件下进行比较。配对又可分为个人配对和人群配对两种。

（四）选择抽样方式：环境医学统计调查主要用抽样方式。抽样是指在总体中抽取一定数量的调查单位来研究，用以估计总体的有关情况。如上述调查某区空气污染对居民健康的影响，没有必要全面调查该区每个18岁以上的成人，只需从其中抽样几分之一甚至百分之一来研究即可。它的优点是节省人力、物力和时间，由于调查细致、准确性较高。抽样要求有代表性，就应随机化。随机化指在被研究的总体中，每一个体有同等机会被抽取。抽样在空气、水质、土壤采样中很易理解，因“采样”二字是抽样的意思。抽样方式有：

1. 单纯随机抽样：可用抽签或查随机数目表方法（见实验设计章）。
 2. 机械抽样：先把调查单位编号，然后从中按一定规则抽取 $1/10 \sim 1/100$ 等。
 3. 整群抽样：如抽一个家庭、一个班组、一个时候（地点）的污染样本，用以说明全体。
 4. 分层抽样：把总体先分若干层次，然后根据各层次比例抽样，以防止总体内部悬殊大。
 5. 多级抽样：总体中抽取第一批子样，然后在子样中再作第二级抽样甚至第三级抽样
- 例如上述空气污染对居民健康影响的调查，可用机械抽样或整群抽样。假定抽 $1/10$ 。机械抽样把全区户口本编号，每十户抽一户调查，因空气污染对一户来说影响基本相同，故以户为单位即可。每户必须调查全部18岁以上的人口，不能遗漏，这不是整群抽样。较大的河流分为几个断面，污水排出口作一断面，然后若干距离后又一个断面，观察稀释自净状况。交通空气污染测定也是按与马路的距离分层抽样。

（五）规定调查方法：一般分直接观察法、访问调查法和通讯调查法。

直接观察法：如空气、水、土壤的采样，它较客观、较准确，但工作量大，耗费多。

访问法：按一定要求询问调查者。提问题应当客观，切记向询问者“启发”答案。例如提出“工厂排出的空气觉得不好吧？”群众知其来意，往往答“不好”，未必客观。故访问法要特别注意提问方式。

通讯法：耗费人力、物力较少，但资料往往不完整、“无答复”，回答不准也难纠正。在条件容许、群众协助时可用之。

不论那种方法，均应注意多用数量（定量）式、选择式答案，少用叙述式、质量（定性）式答案。而且对答案的标准力求使人易理解。如提出：污染是否使室内难以保持清洁？虽然要求答是否，为选择式，但“清洁”定义不明确，更不用说“保持”多久，各人理解不一，标准不一，失去分析价值。

（六）选定观察指标。它分三种：一般标志，如性别、年龄、种族、文化、职业等人的一般特征；时间标志，如出出日期、诊断日期、居住年限、污染影响时间、季节等时间概念；特异指标，如空气污染引起的眼部疾病、呼吸道疾病，或对金属制品的腐蚀性等为调查对象所特有的。指标的定义要清楚，如年龄为实足年龄，职业指调查时点前工作最长久的或接触工业毒物的职业。指标不能太多或太少，必要指标一个不少，不必要的指标一个不多，不明确的指标最好舍弃。

（七）列出指标：计划设计时应考虑到分析指标。单一污染源对大气污染的指标根据污染物不同而异，如铝厂。氟化物，钢厂的灰尘及二氧化硫，人造纤维厂的二硫化碳等；几个

不同污染源对大气污染，则常用灰尘，二氧化硫、一氧化碳和酚等；全市性大气污染用一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物等作为污染源指标。空气污染对居民健康影响可用呼吸道疾病患病率、眼病患病率、污染物使居民露天晒衣物显示污染的百分比等。

三、编制调查表：不论那种调查方式方法，都要有一个合乎要求的调查表，以集中反映调查内容和变量，达到分析指标的要求。下表为研究大气污染对居民生活卫生和健康影响的调查表，供参考。完

表 2—1

居民区大气污染状况调查表				编号：
答询者姓名：	性别：男、女	出生年月：	年	月
地址：	路	街	巷	号 居住年限 年 月
本人职业：	距离主要污染源约		米	方向
对污染物影响的反映：				
1. 周围空气：好、不好、还可以				
2. 如果不好，空气中何种污染物：烟尘、有毒气体、其它				
3. 污染物一年中影响严重在 季 月 时				
4. 污染物一年中影响最轻在 季 月 时				
5. 不同窗户朝向污染物影响是否不同？是、否				
6. 露天晒衣是否受污染？是、否				
7. 穿白（浅）色衣服是否受污染物的影响？是、否				
8. 污染物是否影响树木花草的生长？是、否				
9. 污染物对金属制品是否有腐蚀现象？是、否				
10. 污染物影响时，感受到：灰尘迷眼、咽喉干燥、气味不良、喷嚏、咳嗽、流泪、其它				
11. 本人常患疾病：上呼吸道病、眼部病、心血管疾病、其它				
12. 调查时发现其它情况				
备 注				
调查日期			年	月 日 调查者

上述调查表（卡）称为单一表，每个调查单位一张，调查内容较多时用之，它便于整理分析。如果内容简单，可用一览表，它由多个调查单位组成。单一表四周可打洞，称边缘打洞卡，也是为了便于整理。

四、调查工作的组织：大范围环境医学调查时，需有计划地培训人员，组织试查，建立组织，开展宣传，使收集资料符合完整性、准确性和及时性三个统计基本要求。执行计划的全过程都要加强检查，保证质量。

对调查结果必须及时作出评价。例如大气污染测定按其监测目的分设环境大气站与汽车排气站两大方面。根据经验：从氮氧化物浓度分布可以看出，一氧化氮和二氧化氮大致呈对

数正态分布（后章详述）。就浓度日平均值来看，一氧化氮在这两类监测站结果是有显著差异的，但二氧化氮就差异不显著。污染物的浓度，在汽车排气监测站24小时的周期性较强，但环境监测站则24小时周期性不突出。这都是调查结果有效性评价。如果发现存在问题，则对目的和计划应重新修改，以满足设计要求。

第二节 环境污染源数据的收集

环境污染包括大气、水体、土壤、食物等的污染，污染物有物理的（如电离辐射、紫外线、微波、激光、噪声等）、化学的（如各种化学物产生的废气、尘粒、垃圾、废水，废渣等）、生物的（如细菌、病毒、昆虫、寄生虫等）。污染的严重程度决定污染的种类、范围、场所，也决定污染的条件如风向、风速、气温、水流速等，需按时、日、月、年收集污染源的数据，结合它对人民健康的综合危害来作出评价。目前国内外对大气和水质调查的经验较多，分述如下：

一、大气污染源的数据收集：为了反映区域内的污染物浓度的变化动态，首先考虑设立监测点。设点应根据目的，也考虑经济效果，即多设造成浪费，少设不能说明问题，应恰到好处。国外还要求计算投资——收益比，选出最优化方案。

监测站设立应考虑三大因素：污染源影响，人口影响和气象影响。为此需收集：

（一）固定污染源：包括现有的和计划中的主要污染源的位置及其排放数据。

（二）流动污染源：包括该地区现有的和计划中的每日机动车的里程数（或车辆活动密度）。

（三）人口分布：包括该地区现有的和计划中的人口密度。

（四）气象因素：包括该地各季节的风向变化特点，停滞的和可使污染物浓度增加的天气条件。

（五）地形条件：包括该地现有的地形和计划中改造的地形和建设的高层建筑群。

（六）土地使用：包括目前的和计划中的使用土地计划。

（七）国家标准：即大气质量标准。

布点方法：以环境大气污染的点源或面源和汽车废气污染的线源不同，其布点方法也不一样。在汽车道路两旁设置，它不具有地区代表性，是点的测定值，并可设流动测定车以取得数据。

环境大气污染面源，各国设置标准和计算基础不同，不详述。如日本有人认为：城市每25平方公里一个测定点较合理。美国有两种计算法，一按人口数计算、一按污染严重程度计算，设置监测站。也可根据流行病学调查的目的设置观察点。人口多的城市目前多用连续自动监测仪器。注意设立对照区（清洁区），有局部污染源存在的郊区不宜作对照区，公园可作对照组。

采样周期也根据类型不同而异，英国有人提出采样平均周期，见表2—2

我国目前城市环境监测最小平均周期6小时（一天四次），因未做到自动化，尚未达到日变化的要求。如果对工业企业排气的监测，更应考虑每季度的代表月，每天的代表时（排放时等）和代表地点（城市效应因素），每天采3~12次样不等，或每季（月）连续5天采样。同时，可采用放射状布点法，即以污染源为中心，在8个或16个方位的不同距离处布

表 2—2 不同调查类型的采样平均周期

最小平均周期	调查类型
十秒	急性呼吸道反应、“烟团”研究
三 分 钟	人体急性反应
一 小 时	平均浓度、扩散研究、离散源研究、日变化、植物危害研究
一 天	天气影响、人体慢性反应、区域性污染研究
一 个 月	季节和年变化、全地球污染源的长远影响

点。考虑到全年风向，可把60~70%的点布在主导风向下风侧，或根据季节不同主导风向，改变布点，以反映污染物扩散规律。点设在轴线上，各点间距离不必相等，越靠近污染源距离越小。

反映大气污染的统计指标常见的有：浓度平均数（日、月、年）、中位数、超过指定（或标准浓度百分数，以及平均数和百分数的置信区间等，其计算方法在以后各章将详细说明。

二、水体污染的数据收集

水体包括江、河、湖、海、水塘等。监测站分为固定和流动两种。固定站多用自动监测仪器，流动站则用汽车、轮船、飞机等流动采样。

固定站一般设在：

- (一) 大型集中式给水系统取水点上游；
- (二) 大量排污企业的排污口下游；
- (三) 与人民生活、旅游地、水产资源有关的水域；
- (四) 江河出海口，了解时港湾污染和潮汐对江河的影响；
- (五) 地区、省、国的边界。

布点法：如长江等大江，每个断面可设立五个采样点（距岸50米、150米、江心、距对岸150米、50米）。较小的江河可设三点，更小的河流在中心设点采样。采样除在表层水（一般在水面下0.2~0.5米）外，根据深浅需要可采不同深度的水样。

城市有下水道出口和工业污水出口的污染，可在出口上游选定清洁（对照）断面，污染源下游设污染断面和自净断面采样。

非自动化采样，要求每月、每季进行。应考虑枯水期、丰水期、平水期都有样本。如受潮汐影响的江河，还应考虑长潮和退潮，使样本具有代表性。每次采样要连续采2~3天。

工业废水污染，如流量较稳定，每隔相同时间取等量废水合并成为混合水样，测定其平均数即可。如流量不稳定，应按流量大小，有计划按比例采样，然后混合，测定“平均按比例混合水样”，算出比例混合水样平均值。不论那种混合方法，均应采取一昼夜样品。

水体污染的统计指标为平均浓度，一次测定结果的最大值、超过标准的百分比等。也可计算平均数和百分数的置信区间。

超过国家卫生标准称为超标。可计算超标率。

$$\text{超标率} = \frac{\text{超标样品数}}{\text{检验样品数}} \times 100\%$$

第三节 环境对人群健康危害的指标体系

人群健康状况在客观上反映环境质量的优劣。环境包括社会环境和自然环境，它一般通过人们的劳动条件和生活条件，对健康起作用。环境对人群健康的危害，可从时间分布、地理分布、人群分布上反映。

——时间分布：长期暴露在不同的环境污染物，根据污染物剂量不同，积累效应和综合效应，根据污染物剂量不同，积累效应和综合效应，发生环境性疾病的“潜伏期”是不同的。一般以年为单位计算，也可以月甚至以日为单位计算的。如日本的水俣市氮肥公司，自1950年前已开始把含汞和甲基汞废水排入水俣湾，积累排入海湾汞量达200吨，造成海湾基质含汞量达2010mg/Kg，汞经微生物作用，可转化为甲基汞，再经生物链的富集，使鱼体含甲基汞达20~60ppm，渔民吃鱼后，自1953年开始陆续出现症状，原因未能查明。到六十年代暴发了水俣病，潜伏期达15~20年之久。因此需分析其长年趋势，计算其发病（有症状）率，年周期波动。如发病率较低，可计算3~5年平均发病率。有时环境性疾病呈短期波动，如1952年12月上旬，伦敦发生大雾，该周死亡人数比10月、11月增加一倍多。短期人口数字变化不大，可用发病（死亡）人数表示。时间可以日为单位计算，见图2~4，2~5。

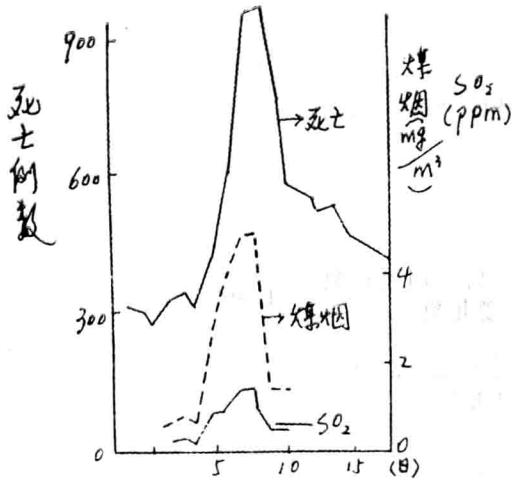


图2-4 12月伦敦大雾死亡例数与空气污染关系

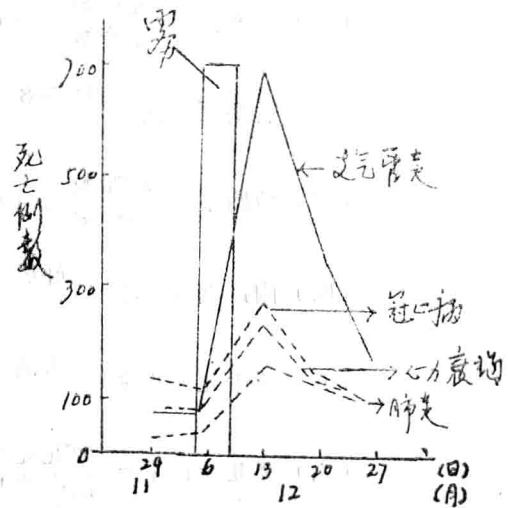


图2-5 12月伦敦大雾肺心病死亡数

地理分布：环境性疾病的地理分布较明显。如工厂的大气污染，以工厂为中心，发病率呈同心园分布。距工厂愈近发病率愈高。但如果风向较固定，可能出现高发带。如云南省宣威县，电厂煤烟污染空气，使居住在该厂下风向以烟囱为园点的扇形地带肺癌发病率远远高于扇形以外地带。而且距烟囱越远，肺癌发病率递减，居住区大气污染的地理分布与工厂污染不同，人口密度不同污染程度也不同，特别是烧煤引起的大气污染，以苯并芘含量作为指标，它与肺癌死亡率关系见表2-3

表 2—3

哈尔滨市大气中苯并芘含量与肺癌死亡的关系

地 区	苯并芘含量微克/米 ³	肺癌死亡率/10 ⁵
道 外	1.240	20.32
大 平	0.937	15.56
平 房	0.147	11.21

人群分布：环境污染物对不同年龄组作用是不同的。出生前期，环境因素可能影响遗传因素的改变。如乙烯亚胺类和磷酸三甲酯在低于毒性剂量时，就有强致突变性。其显性突变发生早期胚胎死亡或畸形等。隐性突变发生白皮症、盲目性痴呆等。可能多代无表现，但突变率增加。出生前各种致突变因素，可能在童年期继续起作用，使先天性心脏病死亡率比一般人高。

在确定人群健康的指标体系时，应根据上述的环境危害的三种基本特点。指标体系分为下列四方面。供收集数据时确定指标的参考。

一、死亡率指标体系：

$$(一) \text{死产率} = \frac{\text{死产数}}{\text{生产(出生和死产)数}} \times 1000\%$$

$$(二) \text{死产比} = \frac{\text{死产数}}{\text{生产数}} \times 100\%$$

$$\text{后期死产比} = \frac{\text{妊娠8月死后死产数}}{\text{生产数}} \times 100\%$$

$$(三) \text{畸胎率} = \frac{\text{畸胎数}}{\text{生产数}} \times 100\%$$

$$(四) \text{围产期死亡率} = \frac{\text{妊娠28周到产后一周死亡数}}{\text{活产婴儿数}} \times 1000\%$$

$$(五) \text{新生儿死亡率} = \frac{\text{未满一个月新生儿死亡数}}{\text{活产婴儿数}} \times 1000\%$$

$$(六) \text{婴儿死亡率} = \frac{\text{婴儿死亡数}}{\text{活产婴儿数}} \times 1000\%$$

$$(七) \text{死亡率} = \frac{\text{某年人口死亡数}}{\text{同期平均人口数}} \times 1000\%$$

$$(八) \text{年龄别死亡率} = \frac{\text{某年某年龄组死亡人数}}{\text{同期该年龄组人口数}} \times 1000\%$$

$$(九) \text{死因别死亡率} = \frac{\text{某年某病死亡人数}}{\text{同期平均人口数}} \times 10^5 (1/10^5)$$

$$(十) \text{职业别死亡率} = \frac{\text{某职业死亡人数}}{\text{某职业职工平均人数}} \times 1000\%$$

$$(十一) \text{ 污染区别死亡率} = \frac{\text{某污染区死亡人数}}{\text{该区平均人口数}} \times 1000\%$$

二、发病指标体系:

$$(一) \text{ 某病发病率} = \frac{\text{某年某病新发病例数}}{\text{同期平均人口数}} \times 10^5 (1/10^5)$$

$$(二) \text{ 某病患病率} = \frac{\text{调查期某病病例数}}{\text{期内平均暴露人口数}} \times 10^5 (1/10^5)$$

又称现患率。患病率与发病率不同，二者的分母可能一样或不一样，分子不同。患病率包括时点患病率和时期患病率，指调查时点或时期的新旧病例。急性病患病率计算意义不大，慢性病计算发病率和患病率都有意义。一般患病率与发病率的高低呈正比，与病程长短也呈正比。但如果癌症等，可因改进疗法使病程延长，此时发病率可能不变，但患病率则增加。反之，病程缩短时，患病率则降低。

$$(三) \text{ 某病病死率} = \frac{\text{某时期某病死亡人数}}{\text{同期某病患者人数}} \times 100\%$$

$$\text{或} = \frac{\text{某时期某病死亡率}}{\text{同期某病发病率}} \times 100\%$$

某病病死率与某病死亡率不能混淆。病死率的分母为患者人数，死亡率分母为平均人口数。病死率高不等于死亡率高，反之，死亡率高不一定病死率高。患病率与病死率呈反比关系，故可根据患病率和发病率推测某病的病死率或病程。如果在一定时期内发病率和病程较稳定，则它们的关系为：

$$\text{患病率} = \text{发病率} \times \text{病程}$$

$$(四) \text{ 某病(症状)检出率} = \frac{\text{调查时发现某病(某症状)患者数}}{\text{实际调查人数}}$$

$$\times 10^5 (1/10^5) \text{ 或百分数}$$

三、身体发育指标体系:

身高、体重、胸围、坐高和婴儿出生时体重、头围，以及肺活量等指标，都反映身体发育的基本情况。这些指标通常计算平均数、标准差等，然后作综合评价。如沈阳市调查重污染区的儿童和成年人，其肺活量低于轻污染区200~500毫升。

环境污染对身体发育的影响，主要用群体评价而不用个体评价。群体评价主要在儿童和青少年进行。在有组织的托幼机构和学校调查容易取得资料。

四、精神神经发育指标:

环境性毒物如汞等对机体的侵犯，常表现在精神神经方面。如感觉障碍、运动障碍、痴呆等。它经常在胎儿发育过程影响神经系统，产后继续产生影响。

反映精神神经发育的指标仍用某病或某症状的发生率，或某症状的检出率等。

研究上述指标重要问题是分清健康和疾病的界限。环境污染对健康的危害不一定特异地集中表现在发生某些疾病或死亡上，它常使一般疾病如慢性支气管炎、眼结膜炎、腰腿痛等病加重，或增加某些症状。因此要分清界限，制订标准。调查时应细致询问病史，仪器设备要灵敏，统一规格。调查人员应受过专门训练，技术熟练。观察指标力求客观，因环境污染为人们所厌，如只凭印象答复问题，会使结果产生偏性。为此，找好对照人群十分必要，对照