

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 875—2017

环境污染物人群暴露评估技术指南

**Technical guideline for population exposure assessment of environmental
pollutant**

本电子稿为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的
正式标准文本为准。

2017-11-24 发布

2017-11-24 实施

环 境 保 护 部 发 布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 评估原则	2
5 工作内容与程序	2
6 技术要求	2
7 质量控制	5
8 不确定性分析	6
9 评估结果	6
10 报告编制	6
附录 A（资料性附录）模型参数敏感性分析	7

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，推进环境健康风险管理工作，规范环境污染物人群暴露评估工作，制定本标准。

本标准规定了环境污染物人群暴露评估的工作程序、评估内容、评估方法及技术要求。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：环境保护部华南环境科学研究所、环境保护部南京环境科学研究所。

本标准由环境保护部 2017 年 11 月 24 日批准。

本标准自发布之日起实施。

本标准由环境保护部解释。

环境污染物人群暴露评估技术指南

1 适用范围

本标准规定了环境污染物人群暴露评估的工作程序、评估内容、评估方法及技术要求。

本标准适用于企事业单位和其他生产经营者活动过程中，产生并释放于环境介质（空气、水、土壤）中的污染物（仅指化学污染物）对非职业人群的暴露评估。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本（包括修改单）适用于本标准。

- HJ 25.3 污染场地风险评估技术导则
- HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境
- HJ 682 污染场地术语
- HJ 839 环境与健康现场调查技术规范 横断面调查
- HJ/T 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境
- HJ/T 2.3 环境影响评价技术导则 地面水环境

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

暴露 exposure

指一种及一种以上的生物、化学或物理因子与人体在时间和空间上的接触。

3.2

暴露人群 exposed population

指暴露于环境污染物的人群。

3.3

暴露情景 exposure scenario

指环境污染物经由不同方式迁移并到达暴露受体接触面的一种假设性场景描述，即关于暴露如何发生的一系列事实、推定和假设。

3.4

暴露持续时间 exposure duration

指人群停留于污染区域或接触环境污染物的时间长度，在假设性未来场景中也可指污染物区域保持污染状态的时间长度。

3.5

暴露量 exposure dose

指人体经呼吸道、消化道和皮肤等途径接触环境污染物的量。

HJ 875—2017

3.6

暴露评估模型 exposure assessment model

指描述人体对环境污染物的暴露过程，预测和估算暴露量的概念模型及数学模拟方法。

3.7

暴露参数 exposure factors

指用来描述人体暴露环境污染物的特征和行为的参数，包括身体特征参数、摄入量参数、时间-活动模式参数及其他参数。

3.8

暴露频率 exposure frequency

指特定人群年平均暴露于污染环境的时间。

3.9

环境归趋模型 environmental fate model

指用于预测环境污染物在环境中由于运输、转移、储存和降解而导致其浓度随时间与空间变化的模型。

4 评估原则

4.1 时空一致性

根据环境污染物时空分布特点和非职业人群居住活动分布情况，结合环境污染物的迁移扩散及关注的健康效应，科学划定评估范围，确保暴露评估在污染范围内进行。

4.2 评估系统性

充分考虑暴露评估与危害识别、暴露-反应关系以及环境健康风险评估之间的衔接性。

5 工作内容与程序

暴露评估主要包括方案制定、数据收集、暴露量估算、不确定性分析和报告编制等五个步骤，评估程序见图 1。

6 技术要求

6.1 方案制定

6.1.1 评估目的

评估前应明确评估目的，如：分析人群暴露环境污染物历史、现状和发展趋势、开展环境污染物人群健康风险评估、研究环境污染物对人群健康的影响等。

6.1.2 评估范围

a) 通过资料收集、人员访谈和现场调查，掌握企事业单位及其他生产经营者活动或突发事件导致环境污染的主要污染物种类及其对周边环境影响的时空范围；

b) 结合非职业人群居住活动分布情况，明确拟重点关注的暴露人群，如普通人群或敏感人群（儿

童、孕妇及老人等)；

c) 综合分析环境污染状况、人群分布、暴露途径、暴露时间、机体代谢特点、疾病潜伏期等多种因素确定暴露评估范围。

6.1.3 评估方法

采用暴露情景评价法进行人群暴露评估。主要分析污染源排放特征(确定污染源、化学污染物排放的环境介质)、不同环境介质中污染物时空分布和影响因素(气象、自然地理、水文地质等)、暴露区域、暴露途径以及暴露人群等。

根据环境污染物的不同暴露途径和浓度,结合人群暴露信息,对暴露水平进行定量估算。在条件允许的情况下,通过现场监测获得环境污染物浓度;在无法进行现场监测时,通过模型对历史污染程度进行模拟或对未来污染水平进行预测。

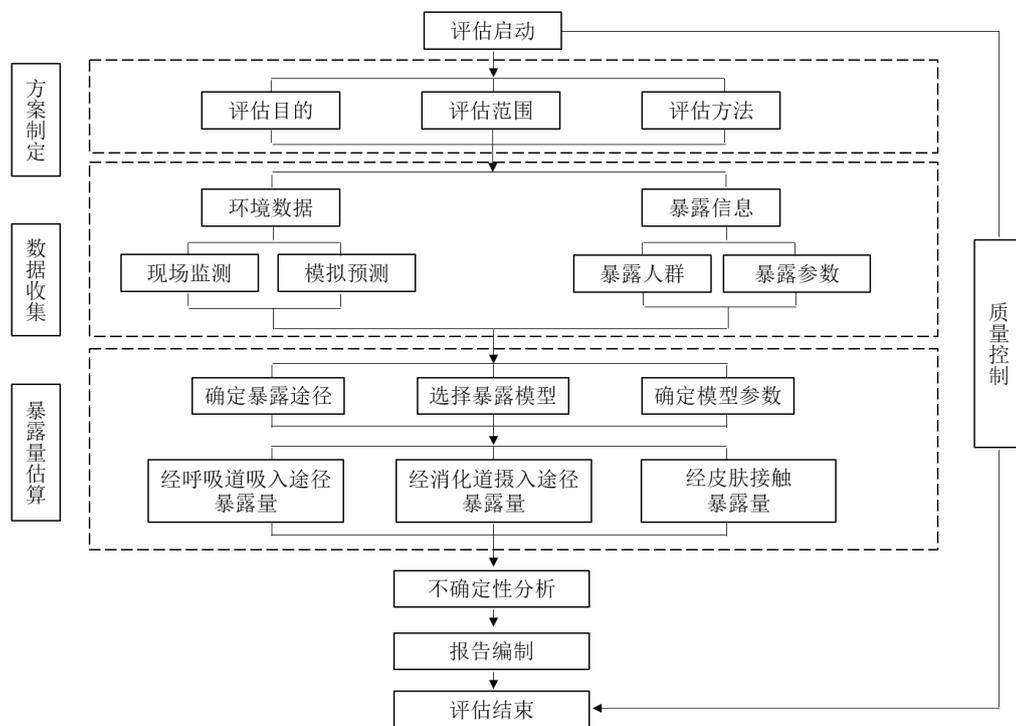


图 1 环境污染物人群暴露评估程序

6.2 数据收集

6.2.1 环境数据

a) 资料收集: 通过查阅资料、现场踏勘、问卷调查、访谈、座谈等方式获得当地自然条件、污染源、环境质量等相关资料。

b) 现场监测: 不同暴露途径中的污染物应按照相关标准和技术规范要求进行现场监测。环境空气、室内空气、土壤、食品、饮用水、地表水、地下水等监测按照 HJ 839 的相关规定执行。

c) 模拟预测: 在无法进行环境现场监测时,可选择合适的环境归趋模型,对历史污染程度进行模拟或对未来污染水平进行预测。大气、地表水、地下水、土壤中污染物的迁移扩散按照 HJ/T 2.2、HJ/T 2.3、HJ 610、HJ 25.3 推荐模型进行。

6.2.2 暴露信息

a) 暴露人群：根据不同评估目的，将暴露人群分为普通人群和敏感人群。当为掌握当地人群环境污染暴露水平、预测发展趋势时，可通过对评估范围内所有人群或随机抽样选取代表性人群进行暴露评估。当为保护敏感人群不受环境污染健康影响时，可根据污染物的健康效应，选择易受影响的儿童、孕妇及老人等敏感人群进行暴露评估。人群样本量估算按照 HJ 839 执行。

b) 暴露参数：取值优先顺序为依据国家相关技术规定自行开展现场调查获得的数据、国内行政主管部门组织的大规模调查给出的推荐值、基于国内文献综合分析筛选获得的数据、国际权威组织或机构给出的推荐值。

6.3 暴露量估算

6.3.1 单一途径日均暴露量

6.3.1.1 经呼吸道吸入的日均暴露量

$$ADD_{inh} = \frac{C_a \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

式中： ADD_{inh} ——经呼吸道吸入环境空气/室内空气中污染物的日均暴露量，mg/（kg d）；

C_a ——经呼吸道吸入环境空气/室内空气中污染物浓度，mg/m³；

IR ——呼吸量，m³/h；

ET ——每日暴露小时数，h/d；

EF ——暴露频率，d/a；

ED ——暴露持续时间，a；

BW ——体重，kg；

AT ——平均暴露时间，d。

6.3.1.2 经消化道摄入的日均暴露量

a) 经口摄入食物的日均暴露量

$$ADD_{oral-food} = \frac{C_{f1} \times IR_{f1} \times EF_{f1} \times ED_1}{BW \times AT_1} + \dots + \frac{C_{fn} \times IR_{fn} \times EF_{fn} \times ED_n}{BW \times AT_n} \quad (2)$$

式中： $ADD_{oral-food}$ ——经口摄入食物中污染物的日均暴露量，mg/（kg d）；

C_f ——经口摄入食物中污染物浓度，mg/kg；

IR_f ——食物摄入量，kg/meal；

EF_f ——食物暴露频率，meals/a；

ED 、 BW 、 AT 含义同公式（1）。

b) 经口饮用地表水/地下水的日均暴露量

$$ADD_{oral-water} = \frac{C_w \times IR_w \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (3)$$

式中： $ADD_{oral-water}$ ——经口饮用地表水/地下水中污染物的日均暴露量，mg/（kg d）；

C_w ——经口饮用地表水/地下水中污染物浓度，mg/L；

IR_w ——地表水/地下水摄入量，L/d；

EF 、 ED 、 BW 、 AT 含义同公式（1）。

c) 经口摄入土壤的日均暴露量

$$ADD_{oral-soil} = \frac{C_s \times IR_s \times CF \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (4)$$

式中： $ADD_{oral-soil}$ ——经口摄入土壤中污染物的日均暴露量，mg/（kg d）；

C_s ——经口摄入土壤中污染物浓度，mg/kg；

IR_s ——土壤摄入量，mg/d；

CF ——质量转换因子， 1×10^{-6} kg/mg；

EF 、 ED 、 BW 、 AT 含义同公式（1）。

6.3.1.3 经皮肤接触的日均暴露量

a) 经皮肤直接接触土壤的日均暴露量

$$ADD_{dermal-soil} = \frac{C_s \times CF \times SA_s \times AF \times ABS_d \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (5)$$

式中： $ADD_{dermal-soil}$ ——皮肤接触土壤中污染物的日均暴露量，mg/（kg d）；

C_s ——皮肤接触土壤中污染物浓度，mg/kg；

CF ——质量转换因子， 1×10^{-6} kg/mg；

SA_s ——皮肤接触土壤表面积， $cm^2/event$ ；

AF ——皮肤对土壤的粘附因子， mg/cm^2 ；

ABS_d ——皮肤对污染物的吸收因子，无量纲；

EF ——皮肤接触土壤的频率， $event/a$ ；

ED 、 BW 、 AT 含义同公式（1）。

b) 经皮肤接触地表水/地下水的日均暴露量

$$ADD_{dermal-water} = \frac{C_w \times SA_w \times PC \times CF \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (6)$$

式中： $ADD_{dermal-water}$ ——皮肤接触地表水/地下水中污染物的日均暴露量，mg/（kg d）；

C_w ——皮肤接触地表水/地下水中污染物浓度，mg/L；

SA_w ——皮肤接触地表水/地下水表面积， cm^2 ；

PC ——污染物皮肤渗透常数， cm/h ；

CF ——体积转换因子， 1×10^{-3} L/ cm^3 ；

ET 、 EF 、 ED 、 BW 、 AT 含义同公式（1）。

6.3.2 多途径日均总暴露量

$$ADD_T = \sum ADD_n \quad (7)$$

式中： ADD_T ——暴露不同途径的环境污染物日均总暴露量，mg/（kg d）；

ADD_n ——暴露第 n 种途径的环境污染物日均暴露量，mg/（kg d）。

7 质量控制

7.1 数据适用性

选择数据收集范围，明确数据来源，核实收集数据与暴露评估之间的相互关系。在进行抽样时，要充分考虑数据的应用条件、代表性、可获得性和可解释性，确保数据的适用性。

7.2 数据准确性

核实问卷调查数据的质量控制情况，包括问卷设计、调查培训、回收率、审核率、数据录入等；核实实验室检测数据是否按照国家相关部门颁布的标准执行，检测分析过程中是否建立了质量控制体系，包括：采样记录、原始记录、质控记录、结果报表等；模型模拟或预测是否选择国家相关部门推荐的通

用方法。

8 不确定性分析

暴露情景假设、数据收集、参数取值过程中可能存在不确定性，评估单位或人员应对评估中使用的每项数据是否存在不确定性进行判断和说明，同时说明降低不确定性的措施。不确定性产生的原因通常包括以下几方面：

- a) 对人群暴露环境污染物的科学认识不足；
- b) 现有条件下无法或难以获得相关数据，通过替代或缺省数据以及各种外推导致的数据不完整或缺乏代表性；
- c) 污染源排放、暴露途径、暴露浓度、暴露人群及时间-活动模式等关键参数的抽样误差、测量误差、变异性等。

可通过模型参数敏感性分析（附录A）、蒙特卡罗模拟等方法对暴露评估的不确定性进行分析。

9 评估结果

根据暴露浓度、摄入量、暴露时间等变量，对环境污染物的暴露水平进行量化，主要包括：

- a) 环境污染物的来源和浓度分布；
- b) 不同暴露情景的暴露范围、暴露途径和人群特征；
- c) 相关数据、暴露量估算方法及参数选取进行解释说明；
- d) 单一途径及多途径日均暴露量；
- e) 基于不确定性分析判断暴露评估结果的可靠性。

10 报告编制

报告主要包括评估目的、评估范围、数据来源、评估方法、评估结果、质量控制和不确定性分析、结论等部分。结论要明确环境介质中关注污染物浓度、暴露途径、暴露人群以及人群暴露量。

附 录 A
(资料性附录)
模型参数敏感性分析

单一暴露途径贡献率超过 20%时，应进行相关参数的敏感性分析。通过敏感性分析，找出影响暴露评估结果的重要敏感性因素，分析其对评估结果的影响程度，判断评估结果的可靠性。

敏感性因素一般选择主要参数 (P) 进行分析。模型参数的敏感性用敏感性比值表示，即模型参数的变化 (从 P_1 变化到 P_2) 与暴露量 (从 X_1 到 X_2) 发生变化的比值 (公式 A.1)。

$$SR = \frac{\frac{X_2 - X_1}{X_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中： SR —模型参数敏感性比例，无量纲；

P_1 —模型参数 P 变化前的数值；

P_2 —模型参数 P 变化后的数值；

X_1 —按 P_1 计算的暴露量；

X_2 —按 P_2 计算的暴露量。