

## 采用德尔菲法筛选家用水质处理器的卫生管理指标

苏怡, 李竹, 吴立明

**摘要:** [目的] 为了科学、合理地指导家用水质处理器在日常使用中的管理和维护, 对家用水质处理器使用中的相关卫生状况指标进行筛选。[方法] 采用改良德尔菲法, 在收集文献资料的基础上, 结合上海市家用水质处理器使用过程中的污染特点形成第一轮指标咨询表, 以此对该市相关领域 22 位专家进行咨询, 并根据咨询专家反馈的评分和意见加以调整, 然后再次征询, 待专家意见趋于一致时终止咨询, 形成结果。[结果] 经统计处理, 两轮咨询表的积极系数均为 100%, 专家权威程度分别为 0.80 和 0.81。第一轮的协调系数  $W=0.174 (\chi^2=6.39, P>0.05)$ , 第二轮的协调系数  $W=0.835 (\chi^2=19.89, 0.05 < P < 0.10)$ , 形成的 14 项家用水质处理器卫生指标得到专家们的基本肯定, 一致性相对较好。[结论] 采用德尔菲法筛选监管家用水质处理器的卫生评价指标, 方法可行。结果可纳入到最终评价家用水质处理器的卫生管理要求中, 并应用于家用水质处理器日常使用的指导和管理之中。

关键词: 德尔菲法; 家用水质处理器; 卫生管理指标

**Application of Delphi Method to the Screening of Hygienic Indicators for Household Water Purify Systems**  
*SU Yi, LI Zhu, WU Li-ming (Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)* • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

**Abstract:** [Objective] To sift through the hygienic indicators for better guidance in management and maintenance of household water purify systems. [Methods] The improved Delphi method was adopted to screen indicators. The first-round consultation form was based on literature review and pollution characteristics of household water purify systems in Shanghai. Twenty-two experts from relevant fields were invited to the consultation. The form content was adjusted according to the feedbacks and delivered to the experts again. Consultation stopped when experts reached a consensus. [Results] The responding rates of the 2 consultation rounds were both 100%, and the authoritative coefficients of experts were 0.80 and 0.81, respectively. The coordination coefficient of the first round was 0.174 ( $\chi^2=6.39, P>0.05$ ), and the final coordination coefficient was 0.835 ( $\chi^2=19.89, 0.05 < P < 0.10$ ). The concentration degree of engaged experts' views and the consensus for 14 indicators were considered at a high level. [Conclusion] The Delphi method is feasible to screen hygienic indicators for household water purify systems and the indicators obtained are acceptable in hygiene evaluation and daily management.

**Key Words:** Delphi method; household water purify system; hygienic indicators

近年来家用水质处理器在我国, 特别是上海等大城市迅速普及, 且表现出持续快速增长的趋势<sup>[1]</sup>, 其卫生状况已成为影响居民饮用水安全的重要环节。水质处理器虽能改善供水水质, 但也受自身产品质量、使用状况等环节的影响, 设计、生产和使用不当将影响出水水质, 造成二次污染, 从而产生多种不良健康效应, 增加疾病风险<sup>[2-4]</sup>。而一般居民缺少专业知识, 也无有效监测手段, 难以保证水质处理器出水水质。德尔菲法是专家会议预测法的一种发展。该方法由美国兰德公司首创, 通过匿名方式进行几轮函询征求专家意见, 组织者对每一轮意见进行汇总整理, 再作为参考资料寄发给专家, 如此多次反复, 专家意见逐步趋于一致, 得到一个比较一致且可靠的结论或方案<sup>[5]</sup>。为了科学、合理地指导居民正确使用家用水质处理器,

本研究拟针对家用水质处理器使用过程中存在的问题和影响因素, 在参考国内外现有法规、标准、技术文件的基础上, 结合上海市家用水质处理器使用过程中的污染特点, 应用改良德尔菲法筛选符合卫生管理要求的评价指标。

### 1 材料与方法

#### 1.1 改良德尔菲法

常规的德尔菲法为四轮, 第一轮通常为“白纸式”开放问答。本研究采用改良德尔菲法, 向专家提供备选指标及背景资料, 使之能在较短时间内做出逻辑判断和推论; 并在专家意见协调后, 减少应答轮次, 缩短了预测周期。该方法近年来被广泛应用于卫生管理预测和评估<sup>[6-7]</sup>。

#### 1.2 专家组选择

德尔菲法拟选的专家通常是在该领域从事技术工作 10 年以上的专业人员<sup>[5]</sup>。家用水质处理器的功效和安全涉及水处理技术、公共卫生等学科领域, 因此本次研究选择来自公共卫生领域、高校(疾病预防控制中心、卫生监督所和复旦大学公共

[基金项目] 上海市卫生局科研课题(编号: 2010182)

[作者简介] 苏怡(1977—), 女, 学士, 主管医师; 研究方向: 消毒产品及涉水产品卫生学评价; E-mail: ysu@scdc.sh.cn

[作者单位] 上海市疾病预防控制中心, 上海 200336

卫生学院)的专家 12 名, 来自水处理行业(生产企业、检测机构、同济大学、华东理工大学)的专家 10 名, 共计 22 名, 入选专家均有 10 年以上工作经验。

### 1.3 第一轮专家咨询

参照《生活饮用水标准检验方法》<sup>[8]</sup>、《生活饮用水卫生监督管理办法》<sup>[9]</sup>、《生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——一般水质处理器》<sup>[10]</sup>、《生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——反渗透处理装置》<sup>[11]</sup>等对水质处理器的要求, 结合上海市居民家庭用水质处理器使用中卫生状况、使用行为现场调查数据和专家访谈结果, 课题组收集家用水质处理器使用过程中可能存在的健康风险信息, 初步筛选出 21 项备选指标。指标针对 3 个方面提出卫生管理要求, 其中法律法规要求 4 项, 产品设计安装 5 项, 产品日常使用和维护 12 项, 形成第一轮专家咨询表。同时提供改良德尔非法介绍、研究目的及相关背景资料供专家参考, 并对专家的回应在评估中的作用等内容做了具体说明。然后要求入选专家充分考虑每个指标的代表性、合理性和可操作性, 根据理论知识和实践经验给出意见并独立进行评价, 填写咨询表、判断依据及其影响程度表和对问题熟悉程度表。统一的评分量值依据见表 1<sup>[6, 12]</sup>。

表 1 评分量值表

项目	量化值
指标评分等级	
非常好	10
很好	8
好	6
一般	4
不太好	2
不好	0
判断依据	
实践经验	0.8
理论分析	0.6
国内外同行的了解	0.4
直觉	0.2
熟悉程度	
非常熟悉	1.0
很熟悉	0.8
熟悉	0.6
一般熟悉	0.4
不太熟悉	0.2
不熟悉	0.0

### 1.4 专家评分的统计处理和分析

数据采用 Excel 表格录入, 用 SPSS 16.0 进行统计分析, 相关统计函数的计算过程与意义如下<sup>[5]</sup>。

1.4.1 专家积极系数 指专家咨询表回收率, 其大小说明专家对该项目的关心程度。

1.4.2 专家权威程度 ( $C_r$ ) 由专家对问题的熟悉程度和专家对方案的判断依据决定, 取值为熟悉程度系数 ( $C_a$ ) 和判断系数 ( $C_s$ ) 的均值, 即  $C_r = (C_a + C_s)/2$ 。 $C_a$  和  $C_s$  由专家对每项指标进行评价, 然后取所有指标的均值, 评分量值依据见表 1。

1.4.3 专家意见集中程度和协调程度 专家意见的集中程度指标包括算术平均值 ( $M_j$ ) 和满分比 ( $K_j$ ), 协调程度指标包括变

异系数 ( $V_j$ )、协调系数 ( $W$ ) 及  $\chi^2$  检验。其计算方法如下。

1.4.3.1  $M_j$   $M_j$  表示  $j$  指标评价的均数。取值为 0~10 之间, 值越大, 对应的  $j$  指标的重要性越高。

$$M_j = 1/m_j \sum_{i=1}^m C_{ij}$$

式中:  $m_j$  表示参加  $j$  指标评价的专家数;  $C_{ij}$  表示  $i$  专家对  $j$  指标的评分值。

1.4.3.2  $K_j$   $K_j$  表示  $j$  指标的满分比。取值为 0~1 之间, 值越大说明该指标越重要。

$$K_j = m_j^*/m_j$$

式中:  $m_j^*$  表示给满分的专家数;  $m_j$  表示参加  $j$  指标评价的专家数。

1.4.3.3 变异系数  $V_j$  说明专家之间对于  $i$  指标的协调程度, 值越小, 专家协调程度越高。

$$V_j = \delta_j/M_j$$

式中:  $\delta_j$  表示  $j$  指标的标准差;  $M_j$  表示  $j$  指标的算术均数。

$$\delta_j = 1/(m_j - 1) \sum_{i=1}^{m_j} (C_{ij} - M_j)^2$$

式中:  $m_j$  表示参加  $j$  指标评价的专家数;  $C_{ij}$  表示  $i$  专家对  $j$  指标的评分值。

1.4.3.4  $S_j$   $S_j$  表示  $j$  指标的等级和, 对  $j$  指标评价的专家分别给出的等级求和,  $S_j$  越大, 该指标越重要。

$$S_j = \sum_{i=1}^{m_j} R_{ij}$$

式中:  $R_{ij}$  表示  $i$  专家对  $j$  指标的评价等级;  $m_j$  表示参加  $j$  指标评价的专家数。

1.4.3.5  $W$   $W$  表示协调系数, 指专家间对每项指标给出的评分值是否存在较大分歧。 $W$  取值在 0~1 之间,  $W$  越大, 意味着专家间的一致程度越高, 反之亦然。

$$W = [12/m^2(n^3-n) - m \sum_{i=1}^m T_i] \cdot \sum_{j=1}^n d_j^2$$

式中:  $n$  表示指标数;  $m$  表示专家数;  $d_j$  表示  $j$  指标等级和与全部指标等级和的算术平均值之差,  $T_i$  为修正系数。

$$T_i = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l)$$

式中:  $L$  表示  $i$  专家在评价中相同的评价组数;  $t_l$  表示在  $L$  组中的相同等级数。

1.4.3.6 协调系数的统计学检验 假设专家的意见按正态分布, 则评估的结果要进行统计学检验,  $P$  值小于选定的检验水准 ( $\alpha=0.10$ ), 说明专家协调性较好, 结果可取, 反之则结果不可取。

$$\chi^2 = [1/mn(n+1) - (1/n-1) \sum_{i=1}^m T_i] \cdot \sum_{j=1}^n d_j^2$$

$$\text{自由度 } (v) = n - 1$$

### 1.5 第二轮专家咨询

对第一轮指标评分进行统计处理, 并根据专家意见进行筛选和调整, 指标的去除原则如下: 计算各指标的等级和  $S_j$  与变异系数  $V_j$ , 去除  $S_j$  最低且  $V_j > 0.2$  的 4 项指标; 对保留的指标按专家建议修改、合并, 形成第二轮咨询表, 共计 14 项指标。第二轮咨询要求专家对 14 项指标给出评分和意见, 最终筛选出

监管家用水质处理器的卫生指标。

## 2 结果

### 2.1 专家基本情况

本研究共邀请22名公共卫生领域和水处理行业专家，兼顾产品设计、生产、使用和管理，其中高级职称专家所占比例超过60%，并均具有多年理论及实践工作经验，符合德尔菲法的要求。专家基本情况见表2。

### 2.2 专家积极性

两轮咨询均发送问卷22份，回收问卷22份，回收率为100%，满足统计学要求。积极系数均为100%，专家参与积极性高，有11位专家提出建设性意见。

### 2.3 专家权威性

第一轮咨询判断系数和熟悉程度系数分别为0.73和0.87，专家权威程度0.80，第二轮咨询判断系数0.73，熟悉程度系数0.88，专家权威程度0.81。

### 2.4 评价指标的筛选确定

**2.4.1 基本情况** 第一轮调查21项备选指标，算术平均值相对较低、标准差大，变异系数范围在0.089~0.218之间，专家协调系数0.174，说明对于入选的指标专家间存在较大分歧；第二轮14项指标，变异系数范围缩小至0.018~0.052，专家协调系数0.835，指标量值评分的算术平均值增大、标准差缩小、满分比高，说明调整后指标的重要性和专家一致程度均明显提高，经两轮咨询后专家意见基本趋于一致，卡方检验 $0.05 < P < 0.10$ ，终止咨询。两轮咨询的统计结果见表3。

**2.4.2 专家咨询结果** 经两轮专家咨询，从21项备选指标中筛

选、调整得出14项卫生指标，其中1~3项涉及法律法规要求，4~7项和产品设计安装相关，8~14项指标则是关于产品日常使用和维护，入选指标见表4。

表2 专家基本情况

分组	人数	构成比(%)
专业		
疾病控制	6	27.3
卫生监督	4	18.2
公共卫生(高校)	2	9.1
生产企业	5	22.7
水质管理	2	9.1
水处理技术(高校)	3	13.6
年龄(岁)		
30~	4	18.2
40~	12	54.5
50~	5	22.7
60~	1	4.6
职称		
正高	13	59.1
副高	1	4.5
中级	2	9.1
无	6	27.3
工作年限(年)		
<20	6	27.3
20~	12	54.5
30~	3	13.6
40~	1	4.6
合计	22	100.0

表3 两轮咨询结果的统计分析

轮次	指标数	结果范围			协调程度		
		算术平均值	标准差	满分比(%)	变异系数	协调系数	$\chi^2$
第一轮	21	7.18~9.29	0.81~1.69	4.5~50.0	0.089~0.218	0.174	6.39
第二轮	14	8.94~9.92	0.18~0.47	4.5~81.8	0.018~0.052	0.835	19.89

表4 入选指标及相关统计结果

序号	指标内容	算术平均值	标准差	满分比(%)	变异系数
1	家用水质处理器应持有卫生部或省级卫生行政部门核发的《涉及饮用水卫生安全产品卫生许可批件》，出水水质应符合《生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范》(卫生部，2001)中的要求。	9.91	0.18	77.3	0.019
2	用于更换的水处理材料也应持有卫生部或省级卫生行政部门核发的《涉及饮用水卫生安全产品卫生许可批件》。	9.88	0.22	72.7	0.022
3	在上海地区，可将耗氧量、电导率、细菌总数作为考核使用中水质处理器出水水质的首选指标。	8.94	0.47	4.5	0.052
4	水质处理器应由专业人员进行安装。安装时应检测自来水进水水压，需符合水质处理器的承压范围；对于有废水排污的水质处理器，安装时应设置足够的空气间隔或增加单向阀，以防止污水倒流。	9.86	0.24	72.7	0.025
5	提倡生产企业为水质处理器配置机械式或电子式过水量指示部件，以提示用户水质处理器的实际用水量。	9.83	0.45	77.3	0.045
6	如要直接饮用净化水，应选用配备杀菌组件的水质处理器，并按照说明书的要求进行维护和更换。	9.86	0.28	77.3	0.029
7	活性炭是上海地区较为适用的水处理材料。	9.92	0.18	81.8	0.018
8	水质处理器首次投入使用时，应放出一定量的净水，以便将滤膜的保护液冲洗干净。	9.92	0.18	81.8	0.018
9	水质处理器使用中最大实际流速不应大于说明书中的额定流速。	9.89	0.24	77.3	0.024
10	提倡每天使用水质处理器，水体的流动能有效提升出水水质。	9.88	0.26	77.3	0.027
11	对于需要使用电力的水质处理器，为确保电子元器件(电子指示器、紫外灯等)的正常工作，正常使用过程中应一直保持水质处理器的电源打开。	9.89	0.22	77.3	0.022
12	为保障饮水安全，提倡净化水煮沸后饮用。	9.77	0.42	68.2	0.043
13	所有的水处理材料都有产水量限制(额定产水量)，应结合额定产水量、自来水状况和实际产水量及时更换水处理材料。	9.91	0.18	77.3	0.019
14	水质处理器长期停用重新启用前，建议重新更换滤芯。	9.17	0.46	18.2	0.050

### 3 讨论

多种因素均可能对家用水质处理器的出水水质产生影响，应对各环节进行卫生管理以控制健康风险，因此建立家用水质处理器的卫生管理指标具有现实意义。家用水质处理器的卫生管理指标有特定的对象、内容、功能和目的，涉及产品生产设计、选用、安装、使用等环节；通过应用德尔菲法，不仅可筛选指标，也可充分利用专家的经验和学识，对指标的具体内容进行提炼，使入选的指标更具科学性和可操作性等特点，从而为家用水质处理器的设计改进、合理使用提供必要的技术指导。

德尔菲法是一种主观、定性的研究方法，预测结果受主观认识的制约，其精度取决于专家的学识、心理状态和对预测对象的兴趣程度，且要求专家要有较强的参与意识和归纳能力，因此专家的选择至关重要。本研究所选择的专家对象均为业内具有丰富工作经验的优秀专家，其中工作年限 20 年以上者占 72.7%，中高级职称者超过 70%，本研究中两轮调查积极系数均为 100%，权威系数分别为 0.80 和 0.81；也充分说明了这一点。但该法亦有其局限性：背靠背的函询方式使专家之间缺少有效沟通交流，容易忽略少数人的意见，同时备选指标及内容带有组织者的主观性。本研究不仅要求入选专家对指标进行筛选，也鼓励专家对指标的内容提出修改意见，并保留匿名的方式，将第一轮专家意见整理后作为第二轮咨询的背景材料反馈，以弥补方法本身的不足，最大限度地收集专家意见。

本研究经两轮咨询后，专家意见基本趋于一致。虽然第二轮调查  $0.05 < P < 0.10$ ，但考虑到所选专家来自不同学科领域，专家中或存在高协调组，组间意见可能相互对立；且变异系数较低、协调系数明显大于平均水平，因此认为结果基本可取。得到的 14 项指标内容较为精炼全面，表述更严谨、清晰，接受度和可操作性也得到提高。不同领域专家的协调一致，也表明这些指标具有较好的代表性、科学性和可行性，可应用于家用水质处理器日常使用过程中的卫生管理指导和企业的技术改进，同时也是水处理行业应用德尔菲法的一次有效尝试。

· 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

### 参考文献：

- [1] 秦丽.家用净水产品行业调查[J].电器, 2009(4): 40-42.
- [2] 蔡祖根, 丁震.安全饮用水与科学饮水[M].南京: 南京大学出版社, 2010: 145-163.
- [3] 吴波, 杨小伶, 吴强, 等.关于家用净水器生产、使用的卫生问题与对策初探[J].现代预防医学, 2000, 27(4): 522-523.
- [4] 吴位新, 胡跃强, 张子根, 等.一起感染性腹泻爆发调查[J].浙江预防医学, 2006, 18(8): 25, 30.
- [5] 曾光.现代流行病学方法与应用[M].北京: 北京医科大学、协和医科大学联合出版社, 1994: 250-270.
- [6] 周明浩, 李延平, 史祖民, 等.德尔菲法在卫生城市建设综合评价指标筛选中的应用[J].中国公共卫生管理, 2001, 17(4): 260-263.
- [7] 袁树华, 师鉴, 高伟, 等.应用德尔菲法选择疾病预防控制机构公共卫生应急反应能力评价指标[J].环境与健康杂志, 2007, 24(9): 732-733.
- [8] 中华人民共和国卫生部, 国家标准化管理委员会. GB/T 5750—2006 生活饮用水标准检验方法[S].北京: 中国标准出版社, 2006.
- [9] 中华人民共和国卫生部, 中华人民共和国建设部.生活饮用水卫生监督管理办法[EB/OL].[1996-07-09][2013-02-01]. <http://www.moh.gov.cn/mohzcfgs/s3576/200804/16502.shtml>.
- [10] 中华人民共和国卫生部.卫法监发(2001)161号附件4A生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——一般水质处理器[EB/OL].[2013-02-01]. <http://wenku.baidu.com/view/57c76a176c175f0e7cd13754.html>.
- [11] 中华人民共和国卫生部.卫法监发(2001)161号附件4C生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——反渗透处理装置[EB/OL].[2013-02-01]. <http://wenku.baidu.com/view/cb2535d8ad51f01dc281f140.html>.
- [12] 戴云, 宁勇, 朱素蓉, 等.德尔菲法在制定职业病危害防控措施定量检查表中的应用[J].环境与职业医学, 2010, 27(6): 371-373.

(收稿日期: 2013-02-06)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 洪琪; 校对: 王晓宇)

### 【告知栏】

## 《环境与职业医学》杂志荣获“华东地区优秀期刊”称号

为了进一步推动华东地区期刊出版工作的繁荣和发展，发挥优秀期刊的示范作用，带动华东地区期刊整体质量的提高，华东地区六省一市（沪、苏、浙、皖、闽、赣、鲁）新闻出版局于 2012 年 10 月召开工作会议，开展华东地区优秀期刊评选活动暨第五届华东地区优秀期刊奖评选。共评选出华东地区优秀期刊 445 家，其中上海 150 家。《环境与职业医学》杂志以其优秀精湛的学术内涵、精益求精的编校出版质量荣获“华东地区优秀期刊”称号。

本杂志编委纷纷表示祝贺并予以鼓励（选登）：

顷悉《环境与职业医学》荣获华东地区优秀期刊光荣称号消息，至感欣慰，特表祝贺！此乃编辑部全体同仁辛勤劳动的公正回报，也是全体作者、编缉、主编乃至专家们至臻至诚工作的正确评价，值得骄傲！但贵刊的价值和目标远非于此，跻身国际优秀科技期刊行列才应是贵刊的初步目标。望稍歇之后，继续艰苦耕耘，潜心前进，不达目标，誓不罢休！再次祝贺大家，并祝春节快乐，万事如意！——赵金垣

祝贺取得优异成绩！希望杂志一年更比一年好！——李朝林

衷心祝贺！祝愿更上一层楼，取得全国优秀期刊称号！——夏昭林

这次拿了华东的奖，下次拿全国的奖！——邬堂春