



SHUIHE YANGHUAMENG DE
JINGSHUI JILI YU YINGYONG

水合氧化锰的 净水机理与应用

杨 威 著



化学工业出版社



SHUIHE YANGHUAMENG DE
JINGSHUI JILI YU YINGYONG

水合氧化锰的 净水机理与应用

杨 威 著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书详细介绍了以水合氧化锰净化微污染水源水的理论及其应用。书中系统阐述了锰化合物净水作用的理论基础、水合氧化锰的制备及其界面性质表征、水合氧化锰混凝除浊效能及强化混凝除浊效能、水合氧化锰混凝及强化混凝去除水源水中微量金属镉的效能、水合氧化锰混凝去除水源水中有机污染物的效能、水合氧化锰对水源水中不同分子量有机污染物的去除效能,深入探讨了水合氧化锰混凝除浊的机理、混凝去除原水中微量金属镉及有机污染物的机理。

本书首次介绍了不同方法制备的水合氧化锰在净水效能上的差异。

本书内容具有较强的实用性和借鉴价值,可供环境科学、环境工程、给排水专业的研究、设计人员,高等院校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

水合氧化锰的净水机理与应用/杨威著. —北京:化学

工业出版社, 2008.6

ISBN 978-7-122-02974-4

I. 水… II. 杨… III. 锰化合物-净水-技术

IV. TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 074967 号

责任编辑: 徐 娟

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 洪雅姝

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张6 字数167千字

2008年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

序

水是人类生存和发展的生命线，是国民经济与生态环境的命脉，是实现可持续发展的重要物质基础。随着我国经济社会的发展，水资源短缺、水污染问题已成为制约国民经济可持续发展和直接影响人民健康的重要因素。在水资源短缺的同时，严重的水污染尚未得到有效遏制，更加剧了水资源供需矛盾与水生态系统的恶化。

目前，我国饮用水的安全正受到严峻的挑战。由于水源短缺、水质污染、设施不足、工艺落后、管理不善等诸多原因，我国尚有近4亿人口的饮用水得不到足够的安全保障，饮用水水质问题越来越复杂。多数水厂仍然采用传统的方法和常规工艺进行饮用水的生产和供应，而混凝、沉淀、过滤、消毒等常规饮用水处理工艺对未受污染水源水中的胶体、悬浮物、微生物等污染物具有良好去除效果，但对污染较严重的水源，常规饮用水处理工艺存在一定的局限性，表现为：受污染水源水经过常规混凝、沉淀以及过滤工艺只能去除相对分子质量在10000以上的物质，对于相对分子质量1000~10000的化合物只能去除20%~30%；常规饮用水处理工艺对水中微量有机污染物没有明显的去除效果；对氨氮的去除效果有限，去除率通常只有10%左右；氯化消毒过程中氯与水中的有机物反应产生大量的卤化副产物（DBPs）；对于水中重金属污染物的去除效果有限。基于水源污染的日趋加重以及传统给水处理工艺对有机微污染物及重金属污染物等的去除效果有限，从而难以充分适应不断变化的水源水质，我国供水行业正面临着突出的水质问题，水源水质恶化与供水技术之间的矛盾愈显突出。与此同时，我国的饮用水水质标准经历了多次修订和完善，水质标准日趋严格，正逐渐与国

际水质标准接轨。2007 年开始执行的新国家标准《生活饮用水卫生标准》的水质指标已增加到 106 项，在较大程度上和国际水质标准接轨。在这种形势下，我国迫切需要开发和研制新的净水技术，积极应对饮用水水源污染。因此，在今后相当长时期内，对于微污染水源的净化处理将是一个重要的研究课题。研究开发高效、可行、经济、方便的强化去除水源水中污染物的技术，保障饮用水的安全，是饮用水处理工作者面临的一项艰巨任务。

以水合氧化锰去除水中的浊度物质、微量重金属污染物、有机污染物的研究思路是在高锰酸钾净水理论和净水实践的基础上提出的，是锰化合物在净水应用方面的一个拓展。希望该项研究成果能够在研制和开发多功能水处理剂的方向上开辟一条新的途径，同时为致力于水处理研究工作的同行提供一点启示。

李圭白
2008 年 4 月

前 言

饮用水的安全保障问题一直以来都是公众关注的热点，饮用水水源的污染将不可避免地影响饮用水水质及饮用水安全。近年来随着国民经济的飞速发展和城镇人口的剧增，水环境污染问题日趋严峻，我国大部分地区地表水源水质恶化，局部地区污染较严重。国家环保总局近几年公布的数据表明，我国七大水系和三大湖泊都受到了不同程度的污染，地表水流经城市的河段有机污染较严重，工业废水和城市居民日常生活排放的污水含有大量的有机物质，有些工业废水还含有有毒有害的人工合成有机物，如合成农药和染料等，造成我国许多城镇的地表水中有机物的种类和数量大大增加。此外，作为饮用水水源的地表水还受到不同程度的重金属污染，从而导致城市水源水质下降和水处理成本增加，严重威胁到城市居民的饮水安全和人民群众的身体健康，不但加剧了水资源短缺的矛盾，也对我国正在实施的可持续发展战略带来严重的负面影响。在水质逐渐恶化的同时，我国对饮用水水质的要求不断提高，相继制定了更加严格的水质新标准，如于 2006 年制定了新的饮用水水质国家标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)，并于 2007 年开始执行。因此，如何解决水质标准的提高与水源水质下降之间的矛盾是水处理科技工作者面临的一个挑战。

目前，水处理技术的研究主要围绕去除各类污染物新技术的研究，目的是使饮用水水质达到新的水质标准。

锰化合物用于水质净化始于 19 世纪末。20 世纪 60~80 年代，李圭白院士领导的课题组成功地研制了地下水接触氧化除铁、除锰技术，并且进行了广泛的推广和应用。80 年代初，课题组对高锰酸钾除污染技术进行了系统深入的研究，并取得了丰硕的研究成

果。课题组于 90 年代又相继开发了高锰酸盐复合剂除污染技术，目前，已经形成高锰酸盐及其复合剂预氧化除污染集成化技术，并在全国许多水厂得到了成功的应用，取得了巨大的经济效益和社会效益。

本书是对水合氧化锰作为新型净水剂在净化微污染水源水方面的研究和实验的总结，是在高锰酸钾净水理论和净水实践的基础上拓展出的关于锰氧化物净水作用的新的研究成果。

全书绝大部分内容是本人近期研究工作的总结。谨以此书奉献给同行们，希望能对我国水处理事业的发展做出一点贡献。由于本人学术水平和实践经验有限，书中难免有疏漏，恳请读者批评指正。

我的导师李圭白院士对于本书的写作和出版做了全程的指导和悉心的关注，在此谨向我的导师表示衷心的感谢！另外，刘灿波硕士为本书做了许多具体工作，谨向他表示谢意。

杨 威

2008 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 水资源与水污染现状	1
1.1.2 水污染突发事件	3
1.1.3 饮用水水质与饮用水安全	3
1.1.4 水源水中的污染物及其危害	5
1.1.5 饮用水水质标准的发展	7
1.2 饮用水安全保障技术	10
1.2.1 常规工艺及其局限性	10
1.2.2 预处理技术	11
1.2.3 常规水处理工艺的强化技术	13
1.2.4 深度处理技术	14
1.3 锰化合物的净水技术	18
1.3.1 高锰酸钾及其复合剂除污染技术	18
1.3.2 氧化锰矿物去除水中污染物的研究	23
1.3.3 合成二氧化锰在净水领域应用中的研究	25
1.4 研究意义及研究内容	27
1.4.1 研究意义	27
1.4.2 研究内容	28
第 2 章 水合氧化锰的制备及其界面性质表征	30
2.1 锰化合物净水作用的理论基础	31
2.1.1 锰的化学性质	31
2.1.2 锰化合物及其性质	33
2.1.3 锰氧化物在天然水中的作用及在环境中的转化	36
2.2 实验材料与方法	39
2.2.1 实验仪器与材料	39

2.2.2 实验方法	39
2.3 水合氧化锰的界面性质表征	42
2.3.1 水合氧化锰的比表面积	42
2.3.2 水合氧化锰的表面官能团	43
2.3.3 水合氧化锰粉末的物相(晶型)鉴定	45
2.4 水合氧化锰的化学成分	48
2.5 小结	48
第3章 水合氧化锰的混凝除浊效能	50
3.1 混凝的作用机理	51
3.2 混凝理论的发展	51
3.3 实验材料与方法	52
3.3.1 实验仪器与材料	52
3.3.2 实验方法	53
3.4 水合氧化锰对配制水样的混凝除浊效能研究	54
3.4.1 水中生成的水合氧化锰的混凝除浊效果	54
3.4.2 预制的 水合氧化锰的混凝除浊效果	65
3.4.3 pH 值对混凝过程的影响	66
3.5 水合氧化锰混凝机理探讨	67
3.5.1 水合氧化锰粒子的表面电荷	67
3.5.2 水合氧化锰絮凝粒子的结构形貌	70
3.5.3 水合氧化锰在线絮凝指数	71
3.5.4 水合氧化锰的混凝机理	73
3.6 水合氧化锰的助凝效能研究	76
3.6.1 水合氧化锰的助凝效果	77
3.6.2 影响水合氧化锰助凝效果的因素	81
3.7 小结	82
第4章 水合氧化锰混凝去除原水中微量金属镉	85
4.1 引言	85
4.1.1 水源水的镉污染及其危害	85
4.1.2 常规净水工艺对重金属的去除效果	86
4.2 实验材料与方法	86
4.2.1 水样的配制及实验原水水质	86
4.2.2 实验方法	87

4.3	水合氧化锰去除水中微量镉的效果	88
4.4	pH 值对水合氧化锰除镉效果的影响	91
4.5	水合氧化锰去除水中金属镉的机理探讨	93
4.6	影响水合氧化锰去除水中金属镉的其他因素	96
4.6.1	浊度对水合氧化锰混凝除镉效果的影响	96
4.6.2	腐殖酸对水合氧化锰混凝除镉效果的影响	97
4.7	水合氧化锰强化混凝去除原水中微量镉的效果	99
4.8	小结	101
第 5 章	水合氧化锰混凝去除水中的有机污染物	102
5.1	引言	102
5.2	实验材料与方法	103
5.2.1	实验仪器与材料	103
5.2.2	实验用水及实验方法	103
5.3	水合氧化锰去除腐殖酸及 UV_{254} 的效果	105
5.3.1	水合氧化锰去除腐殖酸的效果	105
5.3.2	水合氧化锰去除 UV_{254} 的效果	106
5.4	水合氧化锰去除水源水中的有机污染物	107
5.4.1	水合氧化锰去除水源水中有机污染物的效果	107
5.4.2	pH 值对水合氧化锰去除水源水中有机物的影响	109
5.5	水合氧化锰强化混凝去除水源水中有机污染物的效果	111
5.6	水合氧化锰对水源水中不同分子量有机物的去除研究	112
5.6.1	松花江水源水有机物分子量分布	112
5.6.2	水合氧化锰对水源水中不同分子量有机物的去除效果	114
5.7	水中生成的水合氧化锰去除有机物的效果比较	116
5.7.1	水中生成的水合氧化锰去除腐殖酸及 UV_{254} 的效果	116
5.7.2	水合氧化锰去除水源水中有机污染物的效果	118
5.7.3	pH 值对水合氧化锰去除水源水中有机物的影响	120
5.7.4	水合氧化锰强化去除水源水中有机污染物的效果	121
5.7.5	水合氧化锰对水源水中不同分子量有机物的去除效果	122
5.8	水合氧化锰去除水中有机物的机理探讨	124
5.9	小结	126
结论		128
附录 1	《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)	131

附录 2	世界卫生组织《饮用水水质准则》(第二版)	134
附录 3	欧盟饮用水水质指令 (98/83/EC)	144
附录 4	美国饮用水水质标准 (2001)	147
附录 5	《生活饮用水水质卫生规范》(2001)	156
附录 6	《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)	160
附录 7	《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)	164
参考文献		170

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 水资源与水污染现状

水资源作为一种基础性的自然资源，是人类赖以生存的生命之源。水资源的状况直接影响着经济社会发展和人民生活水平的提高，是综合国力的有机组成部分。联合国《世界水资源综合评估报告》指出，水问题将严重制约 21 世纪的全球经济与社会发展，并可能导致国家间的冲突。水资源的危机已成为全世界关注的问题。开发利用水资源，实现水资源优化配置、合理使用、有效保护与安全供给，对于促进经济社会发展、提高人民生活水平和保障国家安全均具有重大的战略意义。

地球总水量约 $1.39 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，其中淡水含量为 $3.5 \times 10^7 \text{ km}^3$ ，占 2.53%；而人类能够利用的淡水资源仅占总淡水资源的 1%。而且这部分淡水在陆地上的分布也很不均匀。20 世纪以来，由于社会生产力的发展和全球人口的急剧增长，全球范围内水消耗量不断上升，近 20 年来，世界年用水量以 4% 的速度递增。目前世界上约 15 亿人口的聚居地淡水不足，其中 26 个国家约 3 亿人完全生活在缺水状态。资料表明，预计到 2025 年世界人口生活在中度到高度缺水的国家的比例将达到 2/3；到 2050 年时，世界生活在缺水状态下的人数可能增加到将近 20 亿。由于水供应不足而在 140 多个地区曾出现紧张局势，如印度和巴基斯坦的印度河之争、美国和加拿大的哥伦比亚河争端，以及中东问题的焦点之一就是水资源的

控制权和使用权等。水的危机是 20 世纪继石油之后的又一危机，它已严重威胁着人类社会的生存与发展。据统计，全世界每年约有 4200 多亿立方米的污水流入江河，多数河流都受到不同程度的污染，其中约有 40% 的河流稳定流量受到较为严重的污染。

我国水资源并不丰富，平均水资源总量为 2.8 万亿立方米，居世界第 6 位，但人均占有水资源量只有 $2400\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{年})$ ，约为世界人均水资源量的 1/4，是水资源量较低的国家之一，也是世界 13 个贫水国之一。我国水资源形势非常严峻，据预测，到 2030 年我国人口将增至 16 亿，届时人均水资源量将降低到 1760m^3 ，按国际一般承认的标准，人均水资源量少于 1700m^3 为用水紧张的国家。目前在我国 666 座城市中，有 333 座城市缺水，其中严重缺水 108 座，日缺水量达 1600 万立方米，因缺水造成的年工业经济损失达 2300 多亿元。到 21 世纪中期，全国总的用水量将从过去的 5000 多亿立方米增加到 8000 亿立方米左右，占我国可利用水资源总量的 28% 以上。专家们分析认为，水的问题将成为本世纪我国经济社会发展最突出的问题。

除了水资源短缺，目前我国水环境还面临着水体污染的问题。水环境污染普遍，大部分地区污染超过了水环境的容量。我国废水每年排放约 1000 亿立方米，80% 左右的废水未经处理就直接排入水体，造成水源、特别是地表水受到严重污染。2005 年中国环境状况公报公布的水环境状况表明，2005 年废水排放量为 524.5 亿吨，化学需氧量排放量为 1414.2 万吨，其中工业排放量为 554.8 万吨，生活排放量为 859.4 万吨；氨氮排放量为 149.8 万吨。七大水系的 411 个水质监测断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 41%、32% 和 27%，珠江、长江水质较好；辽河、淮河、黄河、松花江水质较差，海河水质最差。河流以有机污染为主，主要污染指标为氨氮、五日生化需氧量、高锰酸盐指数和石油类。

2005 年度监测的 28 个国控重点湖库中，满足Ⅱ类水质的湖库有 2 个，占 7%；Ⅲ类水质湖库有 6 个，占 21%；Ⅳ类水质湖库有

3个,占11.%;V类水质湖库有5个,占18%;劣V类水质湖库有12个,占43%。其中,太湖、滇池和巢湖水质均为劣V类,湖泊以富营养化为特征,主要污染指标为总氮和总磷。这些因素构成了水环境问题影响范围广、危害严重、治理难度大等特征。可见,我国江、河、湖泊等水体正面临着前所未有的严重污染。

1.1.2 水污染突发事件

近年来,常发生工业化学品突然泄漏,污染河流、水源的事故。突发性水质污染事故不同于一般的环境污染,它没有固定的排放方式和排放途径,具有发生突然、来势凶猛、污染物在瞬时或短时间内大量排放的特点。

2005年国家环保总局共接到76起突发环境事件报告,其中水污染事件占41起。其中较典型的两起重大水污染事件:松花水污染事件及广东珠江北江流域的镉污染事件都及时地给人们响了警钟,使人们再次意识到了水源水污染的严重性以及由此带来的危害与后果。同时也向水处理科技人员提出了一个亟待解决的问题,即研究开发高效、可行、经济、方便的强化去除水中污染物的技术及应对突发性水污染事故的技术,以保障人们饮用水的安全。

突发性水质污染是威胁人类健康、破坏生态环境的重要因素。如何有效地预防、减少以至于消除突发性水污染事故的发生,以及突发性水污染事故发生后如何及时有效地处理处置,最大限度地减小对环境和人身的危害,已成为目前国内外极为关注的问题之一。

1.1.3 饮用水水质与饮用水安全

目前,我国水源污染趋势相当严峻。监测表明,约63%的城市河段受到了中度或严重污染,全国430个城市有90%以上的饮用水源受到不同程度的污染,约有50%的重点城市水源不符合饮用水水源标准,全国地表水近60%以上的水质降为Ⅳ类以下水质,已完全失去作为饮用水水源的功能,97%的城市地下水受到了不同程度的污染。

饮用水水源的普遍污染，令人们对饮用水水质及饮用水的安全性格外担忧。据文献报道：水源水中的污染物主要来自有机物和重金属等毒质。有机物大致可以分为两类：一类是天然有机物，包括腐殖质、微生物分泌物、溶解的植物组织和动物的废弃物；另一类是人工合成的有机物，包括农药、商业用途的合成物及一些工业废弃物。其中人工合成的有机物，在环境中可生物积累，大部分本身具有毒性，大部分具有“三致”作用（致癌、致畸、致突变），构成了对人体的潜在威胁。美国 EPA 水质调查发现水体中有机污染物 2221 种，饮用水中含 756 种，其中 190 种对人体有害，20 种为确认的致癌物，23 种为可疑致癌物，18 种为促癌物，56 种为致突变物。我国的研究分析结果也表明，水源水和自来水中的有机物种类和数量相当多，污染问题相当突出。上海黄浦江水中有机物种类至少在 500~700 种之间，GC/MS 定性检出的 218 种有机物中，属美国 EPA 的优先污染物达 39 种。

饮用水水源的污染将直接影响饮用水水质及饮用水安全，与人类的健康休戚相关。资料表明，人体所得各种疾病的 80% 与水有关；发展中国家 80% 的疾病和 30% 的死亡是由于不洁饮用水造成的；许多癌症的发病率与饮用水水质呈现正相关关系。

资料表明，全球有 14 亿人无法获得安全的饮用水，有 23 亿人没有起码的卫生条件，每年有 700 万人因饮用不洁水而死亡，每天有 6000 名儿童死于不洁水或其他环境问题所引起的疾病。

在我国，仅有不足 11% 的人能饮到符合卫生标准的水，而城市水源中符合卫生标准的只有 30% 左右，有 65% 以上的人每天饮用受到污染的水。

随着分析和检测技术的进步，人们对水中微生物的致病风险和致癌有机物、无机物对健康危害的认识不断深化，对饮用水的质量和标准提出了更高的要求，世界卫生组织和许多发达国家纷纷修改原有的或制定新的水质标准。如美国的饮用水水质标准，由 1914~1993 年的 79 年间经过不断修订完善，由 2 项指标增至仅饮用水中有机物标准就有 83 项；我国 1959 年的第一个饮用水水质标准仅包

括 16 项水质指标,到 2001 年,卫生部颁布《生活饮用水卫生规范》将水质指标增加到 96 项,2005 年建设部颁布的《城市饮用水水质标准》的水质指标增加到 103 项。而 2007 年开始执行的新国家标准《生活饮用水卫生标准》的水质指标增加到 106 项。综上所述,我国供水行业正面临着突出的水质问题,一方面水源普遍受到污染,另一方面水质标准不断提高。饮用水的水质问题已成为制约经济进一步发展和影响社会稳定的一个重要因素。在今后相当长时期内,对于微污染水的净化处理将是一个非常重要和迫切的研究课题。

1.1.4 水源水中的污染物及其危害

水源水中的污染物种类较多,性质复杂,可分为天然的污染物质和人为的污染物质两类。在受污染的水体中,通常存在胶体颗粒、无机离子、生物个体、溶解性有机物、不溶性有机物等,其中对人体危害较大的为有毒有害无机物、有毒有害有机物、致病微生物。

1.1.4.1 胶体

胶体主要是指水中存在的细菌、藻类、无机颗粒(如黏土、氧化铝)、高分子有机化合物(如蛋白质)等悬浮颗粒。对于未受有机污染的天然地表水,胶体主要为无机黏土及其他无机成分。当水体受有机物污染时,胶体的性质将发生一些变化。

1.1.4.2 有机物

水源水中有机污染物分为天然有机物(NOM)和人工合成有机物(SOC)两类。天然有机物广泛存在于各种天然水体中。天然有机物是指自然循环过程中动物、植物、微生物的排泄或分泌物及它们的尸体腐烂降解过程中所产生的物质,以及其他来源于这三者的物质。包括腐殖质、微生物分泌物、溶解的动物组织及动物的废弃物等,又称为耗氧有机物。天然有机物还包括一些具有较强亲水性和较低芳香度的蛋白质、脂肪、氨基酸、碳水化合物及亲水酸等,它们构成了水体中可生物降解有机物的主要部分。一般在生活

污水和许多工业废水中包含较多的耗氧有机物，如造纸、皮革、纺织、食品、石油加工、焦化、印染等工业废水。此外，富营养化水体中的藻类及其分泌物也是天然有机物中不容忽视的一部分，它们有的可以引起饮用水的异味，有的是致突变前体物，而一些藻毒素更是具有极强的促进肿瘤形成作用等。

耗氧有机物来源多、污染范围广、排放量大，但一般不具有毒性，该类有机物通过消耗水体中大量的溶解氧而使水质恶化，从而破坏水体功能。

人工合成有机物多为有毒有机污染物。有毒有机污染物一般是指通过它本身及其化学组成对生物生命或人体健康造成危险的有机化合物，它们在天然水体中往往难于降解，并具有生物积累性和“三致”作用或慢性毒性，而且分布面极广。有的有毒有机污染物通过迁移、转化、富集，其浓度水平可提高数倍甚至上百倍，对生态环境和人体健康构成较大的潜在威胁。

1.1.4.3 有毒有害无机物

某些水源水中存在有毒有害无机物的污染。如重金属的污染，其中主要的重金属污染物为汞、镉、铅等。工业废水的排放是导致水体重金属污染的重要来源。如采矿、冶金、电镀、化工、纺织、制革、炼油、氯碱制造、涂料、造纸、陶瓷等工业废水的重金属污染较严重。重金属通过矿山开采、金属冶炼、金属加工及化工生产废水、化石燃料的燃烧、施用农药化肥和生活垃圾等人为污染源，以及地质侵蚀、风化等天然源形式进入水体。与其他污染物相比，重金属具有毒性大、不具备自然净化能力、易被生物富集、具有生物放大效应并不易被常规给水处理工艺去除等特点，因此对生态平衡和饮用水安全构成极大的威胁，并且通过生物放大和食物链而严重危害人类的健康。

重金属污染物对生态环境和人体健康的危害极大，严重影响着人类及其他生物的生存。重金属对人体的危害，一方面通过直接饮用造成重金属中毒而损害人体健康；另一方面，间接污染农产品和水产品，通过食物链对人体健康构成威胁。