专栏：二噁英暴露及其健康风险
Special column: Dioxin exposure and its health risk

二噁英类化合物的健康危害

张庄，陈卫红

华中科技大学同济医学院公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系，环境与健康教育部重点实验室，
国家环境保护环境与健康重点实验室（武汉），湖北 武汉 430030

摘要：

二噁英主要来源于人类活动，已被列入《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》的首批控制名单，其在环境中可稳定存在，并通过多种途径进入生物体内。流行病学研究显示，二噁英可对人体皮肤、免疫、生殖和发育、心血管及内分泌等多方面产生健康危害。因此，开展二噁英的暴露监测和危害机制研究，提出合理的防控措施，具有重要的公共卫生学意义。

关键词：二噁英；持久性有机污染物；健康危害

Health hazards of dioxin-like compounds *ZHANG Zhuang, CHEN Wei-hong* (*Key Laboratory of Environment and Health, Ministry of Education, State Key Laboratory of Environment Health (Incubating), Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei* 430030, *China*)

Abstract:

Dioxins are mainly derived from human activities and have been included in the initial list of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants; they are stable in the environment and enter organisms through various means. Epidemiological studies have shown that dioxins can cause health hazards to human skin, immunity, reproduction and development, cardiovascular system, and endocrine. Therefore, it is of great public health significance to carry out exposure monitoring and research on hazard mechanism of dioxins and propose reasonable prevention and control measures.

Keywords: dioxin; persistent organic pollutant; health hazard

二噁英类化合物（polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans，PCDD/Fs）是多氯代二苯并-对-二噁英（polychlorinated dibenzo-p-dioxin，PCDDs）和多氯代二苯并呋喃（polychlorinated dibenzofurans，PCDFs）的统称，因氯原子取代数目和位置不同，共有210种同类物，简称二噁英。其中2，3，7，8位氯取代的17种同类物具有毒性，以2，3，7，8-四氯二苯并-对-二噁英（2，3，7，8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin，TCDD）毒性最强，被称为“世纪之毒”。自然界中的二噁英很少，其主要来源于人类活动，特别是工业生产中含氯化合物的高温或燃烧过程中形成的副产物。作为持久性有机污染物（persistent organic pollutants，POPs）的重要一员，二噁英被列入《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》的首批控制名单。根据我国的二噁英排放清单[1]，钢铁和其他金属生产、废弃物燃烧、发电和供热等行业是我国二噁英污染的主要来源。

2010年我国环保部联合外交部、国家发改委等九部委发布的《关于加强二噁英污染防治的指导意见》指出，我国二噁英排放企业达万余家，二噁英排放呈增长趋势。二噁英自污染源排出后，由于其极强的热稳定及化学稳定性，可在环境介质中稳定存在，并进行远距离迁移，造成广泛污染。据报道，南极、北极和青藏高原的环境或生物体内都检出了二噁英[2]。环境介质中的二噁英可通过呼吸道吸入、饮食摄入、皮肤接触、土壤接触等途径进入生物体。二噁英在人体内

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.19704

组稿专家
陈卫红（华中科技大学同济医学院公共卫生学院）
E-mail：wchen@mails.tjmu.edu.cn
殷浩文（上海市检测中心生物与安全实验室）
E-mail：yinhaowen@126.com

基金项目
环保公益性行业科研专项（201309046）

作者简介
张庄（1992—），女，博士生；
E-mail：doremyzz@hust.edu.cn

通信作者
陈卫红，E-mail：wchen@mails.tjmu.edu.cn

利益冲突 无申报
收稿日期 2019-10-15
录用日期 2019-10-22

文章编号 2095-9982(2019)11-1007-03
中图分类号 R12
文献标志码 A

▸**引用**
张庄，陈卫红．二噁英类化合物的健康危害[J]．环境与职业医学，2019，36（11）：1007-1009.

▸**本文链接**
www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.19704

Funding
This study was funded.

Correspondence to
CHEN Wei-hong, E-mail: wchen@mails.tjmu.edu.cn

Competing interests None declared
Received 2019-10-15
Accepted 2019-10-22

▸**To cite**
ZHANG Zhuang, CHEN Wei-hong. Health hazards of dioxin-like compounds[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(11): 1007-1009.

▸**Link to this article**
www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.19704

的代谢半衰期较长，如TCDD的成人代谢半衰期为7~11年[3-4]。因此，长期接触低水平二噁英可导致机体蓄积量增加，从而引起多系统的健康损害。

既往毒理学研究表明，二噁英可对受试动物全身各系统造成广泛损害，具有皮肤毒性、肝脏毒性、神经毒性、生殖毒性。二噁英染毒的动物会出现体重减轻、消化道损伤、出血及维生素A缺乏等症状[5]。二噁英还具有致癌、致畸、致突变的“三致”效应。TCDD和2，3，4，7，8-五氯代二苯并呋喃这两种二噁英类化合物被国际癌症研究机构划分为第Ⅰ类人类致癌物。近期，二噁英暴露对后代的影响日益受到关注。研究发现二噁英暴露母体的子代可出现死亡、畸形、生殖系统发育障碍增加[6]，其影响甚至波及子三代[7]。

二噁英具有亲脂性，主要蓄积于脂肪组织。人体内二噁英负荷水平需通过血样测定，测定过程复杂且费用较高。因此，关于二噁英对人群健康的研究进展相对缓慢。流行病学研究显示，二噁英对人类存在皮肤、免疫系统、生殖和发育等多系统的健康损害。短期高剂量的二噁英暴露会造成氯痤疮、斑状色素沉着等皮肤损害[8]；长期低剂量二噁英暴露也可引起皮肤过敏的发生[9]。二噁英暴露还可影响人类免疫系统，抑制体液免疫与细胞免疫，引起胸腺萎缩；妊娠期二噁英暴露还可能影响子代免疫系统的发育[10]。二噁英还具有生殖和发育毒性。二噁英暴露与男性精子形态异常、活性减低有关[11-12]；女性二噁英暴露可能增加子宫内膜异位症甚至不孕的发生[13-14]；孕期二噁英暴露会引起胎儿发育异常，包括低出生体重[15]、脑部发育迟缓、造血功能异常等[16]。还有研究认为，子代神经发育异常可能与二噁英暴露导致的母体孕早期甲状腺激素异常有关[17]。宫内二噁英暴露还可能引起长期效应，如造成女童儿童期雌激素水平低下，生殖系统发育异常[18]，注意力障碍，认知功能发育延迟，儿童期肺功能水平减低[16]等。

近年来，二噁英对心血管及内分泌的影响逐步受到关注。近40年以来，我国疾病谱发生改变，心脑血管疾病、糖尿病等慢性非传染疾病发病率呈迅速上升趋势[19]。心血管疾病已成为造成我国及全球人群死亡的首要原因[20]。除吸烟、血脂代谢异常、肥胖等危险因素外，二噁英等环境污染物在心血管疾病发生发展中的作用得到重视。已有流行病学研究显示，二噁英与高血压、缺血性心脏病、其他心血管不良结局以及全部心血管疾病的发（患）病率和死亡率存在关联[21-22]。同时，作为环境内分泌干扰物，即使低浓度的二噁英也可影响人类内分泌系统的正常功能，例如二噁英会降低甲状腺激素水平，影响甲状腺激素稳定性[23]。近年的研究显示，孕期二噁英暴露不仅会影响母体甲状腺激素水平，还会干扰子代的甲状腺激素代谢，直接影响儿童生长发育过程[24]。除此之外，二噁英还可以影响机体胰岛素及其受体水平，干扰糖代谢。流行病学研究已经观察到二噁英暴露可能与血糖升高、胰岛素抵抗状态及糖尿病发生有关[25]。随着近年来糖尿病发病率的飞速攀升，越来越多的研究开始着眼于探索二噁英等内分泌干扰物在糖尿病发生发展中的作用及其机制。

本期专栏3篇文章分别从空腹血糖水平、呼吸暴露风险、心血管疾病等角度阐述PCDD/Fs对人体健康的危害。宋文静等研究了湖北省某市职业暴露环境和普通居住环境中PCDD/Fs的暴露水平，探讨了PCDD/Fs暴露量与空腹血糖水平的关联性，发现PCDD/Fs暴露量与人群空腹血糖水平呈正相关，缺乏锻炼人群中这一影响更强。邓芸芸等利用被动采样技术获取上海某生活垃圾焚烧炉周边大气环境中PCDD/Fs的浓度、污染特征以及季节变化，并且评估周边人群的PCDD/Fs呼吸暴露风险，发现上海某生活垃圾焚烧炉周边大气样品（被动采样）中PCDD/Fs的含量略高于上海城市区域大气样品（被动采样）中PCDD/Fs的背景含量。张庄等归纳了PCDD/Fs暴露分别与高血压、缺血性心脏病、其他心血管不良结局的发（患）病率与死亡率的关联及其可能机制。

随着我国经济发展及城市化进程的飞速推进，二噁英排放和污染问题日益严重。我国一项母乳中二噁英含量的监测研究显示，2007—2011年普通人群体内二噁英负荷呈上升趋势[26]。近年大气环境的研究表明，我国不少城市的二噁英污染水平仍处高位，给我国居民健康带来了巨大的安全隐患[27]。因此，开展环境空气、食物、土壤和人体内二噁英水平监测，进一步探究二噁英对人群的危害，尤其是心肺疾病、糖尿病等发病率激增的可能通路和机制，从而提出合理预防和减少二噁英健康损害的防控措施，具有重要的公共卫生学意义。

参考文献

[1] 吕亚辉，黄俊，余刚，等. 中国二噁英排放清单的国际比较研究[J]. 环境污染与防治，2008，30(6)：71-74.

[2] JIA S，WANG Q，LI L，et al. Comparative study on PCDD/F pollution in soil from the Antarctic，Arctic and Tibetan Plateau [J]. Sci Total Environ，2014，497-498：353-359.
[3] MILBRATH MO，WENGER Y，CHANG CW，et al. Apparent half-lives of dioxins，furans，and polychlorinated biphenyls as a function of age，body fat，smoking status，and breast-feeding [J]. Environ Health Perspect，2009，117（3）：417-425.
[4] WOLFE WH，MICHALEK JE，MINER JC，et al. Determinants of TCDD half-life in veterans of operation ranch hand [J]. J Toxicol Environ Health，1994，41（4）：481-488.
[5] SSEBUGERE P，SILLANPÄÄ M，MATOVU H，et al. Human and environmental exposure to PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in Africa：a review [J]. Chemosphere，2019，223：483-493.
[6] 侯蕾，陈必良. 二噁英的胎盘毒性及研究进展 [J]. 中国妇幼健康研究，2006，17（3）：179-181.
[7] SANABRIA M，CUCIELO MS，GUERRA MT，et al. Sperm quality and fertility in rats after prenatal exposure to low doses of TCDD：A three-generation study [J]. Reprod Toxicol，2016，65：29-38.
[8] WHO（World Health Organization）. Dioxins and their effects on human health [EB/OL]. [2019-10-10]. https://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/index.html.
[9] CHEN HL，SU HJ，GUO YL，et al. Biochemistry examinations and health disorder evaluation of Taiwanese living near incinerators and with low serum PCDD/Fs levels [J]. Sci Total Environ，2006，366（2-3）：538-548.
[10] 裴新辉，谢群慧，胡芹，等. 二噁英对免疫系统影响的研究进展 [J]. 环境化学，2011，30（1）：200-210.
[11] PILSNER JR，PARKER M，SERGEYEV O，et al. Spermatogenesis disruption by dioxins：epigenetic reprograming and windows of susceptibility [J]. Reprod Toxicol，2017，69：221-229.
[12] MOCARELLI P，GERTHOUX PM，NEEDHAM LL，et al. Perinatal exposure to low doses of dioxin can permanently impair human semen quality [J]. Environ Health Perspect，2011，119（5）：713-718.
[13] NISKAR AS，NEEDHAM LL，RUBIN C，et al. Serum dioxins，polychlorinated biphenyls，and endometriosis：a case-control study in Atlanta [J]. Chemosphere，2009，74（7）：944-949.
[14] CAI LY，IZUMI S，SUZUKI T，et al. Dioxins in ascites and serum of women with endometriosis：a pilot study [J]. Hum Reprod，2011，26（1）：117-126.
[15] LIN CM，LI CY，MAO IF. Birth outcomes of infants born in areas with elevated ambient exposure to incinerator generated PCDD/Fs [J]. Environ Int，2006，32（5）：624-629.
[16] TEN TUSSCHER GW，KOPPE JG. Perinatal dioxin exposure and later effects–a review [J]. Chemosphere，2004，54（9）：1329-1336.
[17] LIGNELL S，AUNE M，DARNERUD PO，et al. Maternal body burdens of PCDD/Fs and PBDEs are associated with maternal serum levels of thyroid hormones in early pregnancy：a cross-sectional study [J]. Environ Health，2016，15：55.
[18] SU PH，HUANG PC，LIN CY，et al. The effect of in utero exposure to dioxins and polychlorinated biphenyls on reproductive development in eight year-old children [J]. Environ Int，2012，39（1）：181-187.
[19] 申珂，郭娜娜，邓健，等. 中国近40年慢性病疾病谱变化情况 [J]. 山西医药杂志，2017，46（8）：903-905.
[20] 陈伟伟，高润霖，刘力生，等.《中国心血管病报告2017》概要 [J]. 中国循环杂志，2018，33（1）：1-8.
[21] STEENLAND K，PIACITELLI L，DEDDENS J，et al. Cancer，heart disease，and diabetes in workers exposed to 2，3，7，8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin [J]. J Natl Cancer Inst，1999，91（9）：779-786.
[22] BERTAZZI PA，BERNUCCI I，BRAMBILLA G，et al. The Seveso studies on early and long-term effects of dioxin exposure：a review [J]. Environ Health Perspect，1998，106 Suppl 2：625-633.
[23] ZHANG J，JIANG Y，ZHOU J，et al. Elevated body burdens of PBDEs，dioxins，and PCBs on thyroid hormone homeostasis at an electronic waste recycling site in China [J]. Environ Sci Technol，2010，44（10）：3956-3962.
[24] SU PH，CHEN JY，CHEN JW，et al. Growth and thyroid function in children with in utero exposure to dioxin：a 5-year follow-up study [J]. Pediatr Res，2010，67（2）：205-210.
[25] 韩伟，刘金川，于浩，等. 二噁英暴露与2型糖尿病发病关系的流行病学研究进展 [J]. 职业与健康，2014，30（19）：2836-2839.
[26] 张磊. 我国居民二噁英类物质膳食暴露及机体负荷研究 [D]. 北京：中国疾病预防控制中心，2014.
[27] LI Y，WANG P，DING L，et al. Atmospheric distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins，dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls around a steel plant area，northeast China [J]. Chemosphere，2010，79（3）：253-258.

（**英文编辑**：汪源；**编辑**：陈姣；**校对**：丁瑾瑜）