

C O D E X A L I M E N T A R I U S

国际食品标准



联合国粮食
及农业组织



世界卫生组织

E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

预防和减少食品和饲料中的二恶英、
类二恶英多氯联苯和非类二恶英多氯联苯操作规范

CXC 62-2006

2006 年通过。2018 年修定。

引言

概述

1. 二恶英是环境中的持久性有机污染物（POP），它包括多氯二苯并对二恶英（PCDD）、多氯二苯并呋喃（PCDF）、类二恶英多氯联苯（DL-PCB）和非类二恶英多氯联苯（NDL-PCB）。尽管二恶英和DL-PCB在毒理学和化学行为方面表现出相似性，但它们的来源不同。另一方面，虽然DL-PCB和NDL-PCB表现出不同的毒理学行为，但它们的来源相似或相同。NDL-PCB占多氯联苯（PCB）污染总量的大部分，其余为DL-PCB。
2. 目前进入食物链的二恶英和PCB的来源包括新的排放物和环境中的沉积物或储量的再循环。新的排放渠道主要是空气。二恶英和PCB在环境中的分解非常缓慢，滞留时间很长。因此，当前暴露风险的很大一部分源于过去释放的二恶英和PCB。
3. 在1930年代和1970年代之间，PCB被人类大量生产，其应用范围极广。PCB仍在某些国家的现有封闭系统中使用，包含在固体基质中（例如，密封材料和电容器）。已知某些商用PCB被PCDF污染，因此可被视为二恶英污染的潜在来源。
4. 今天，PCB的释放渠道是：泄漏、意外溢出、非法处置以及在热工艺流程中通过空气排放。来自油漆和/或密封剂的PCB被排放到环境中（例如，在拆除和改建旧建筑物时）可能构成一个重要的来源。
5. 二恶英是许多人类活动的有害副产品，包括某些工业过程（例如，化学品生产、冶金工业）和燃烧过程（例如，垃圾焚烧）。已知化工厂事故会导致当地的高排放和污染。其他二恶英来源包括家用锅炉以及农产品收割残余物和居家废物的燃烧。火山爆发和森林火灾等自然过程也会产生二恶英。
6. 释放到空气中时，二恶英会局部沉积在植物和土壤上，从而污染食物和饲料。二恶英也会通过远距离大气层传输而广泛分布。沉积量取决于与源头的接近程度、植物种类、天气条件和其他特定条件（例如，海拔、纬度、温度）。
7. 土壤中二恶英的来源包括大气中二恶英的沉积、受污染的污水淤泥施用于农田、受污染的淤泥淹没牧场以及过去使用受污染的杀虫剂（例如，2,4,5-三氯苯氧乙酸）和肥料（例如，某些堆肥）。土壤中二恶英的其他来源可能是天然来源（例如，球粘土）。
8. 二恶英和PCB难溶于水。然而，它们被吸附在悬浮在水中的矿物和有机颗粒上。空气中的这些化合物可能积存于海洋、湖泊和河流的表面，因此高密度存在于水生食物链中。来自某些生产过程（例如，纸张或纸浆的氯漂白和冶金过程）的废水或受污染的排放水会导致沿海水域、湖泊和河流的水和沉积物受到污染。
9. 鱼通过鳃和饮食吸收二恶英和PCB。鱼类主要在脂肪组织和肝脏中积累二恶英和PCB。底栖鱼类比中上层鱼类更容易接触受污染的沉积物。然而，底栖鱼类的二恶英和PCB含量并不总是高于中上层鱼类，这取决于鱼类的大小、饮食和生理特征。其他可能影响鱼体内二恶英和PCB积累的因素包括年龄、体重、脂质含量或环境状况。
10. 动物源性食品是人类接触二恶英和PCB的主要途径，总暴露量的80-90%来自鱼、肉和乳制品中的脂肪。动物脂肪中二恶英和PCB的含量可能与当地环境的污染和饲料（例如，鱼油和鱼粉）的污染或某些生产过程（例如，人工干燥）有关。

11. 粮农组织/世卫组织食品添加剂联合专家委员会（JECFA）在2002年第57次会议上评估了二恶英和DL-PCB的毒性。二恶英和DL-PCB的半衰期很长，这意味着每天摄入量对整体身体负担的影响很小，甚至可以忽略不计。为了评估这些物质对健康造成的长期或短期风险，应连续几个月评估总摄入量或平均摄入量，而可耐受摄入量的评估至少应持续一个月。为鼓励这种做法，JECFA决定将可耐受摄入量表示为月值，采取临时每月可耐受摄入量（PTMI）的形式。如此推导出以毒性当量因子（TEF）表示的二恶英和DL-PCB的每月容许摄入量（PTMI）为每千克体重70皮克（70 pg/kg bw）。JECFA得出结论，尽管存在不确定性，但摄入量估计表明相当一部分人口的长期平均摄入量高于PTMI。
12. JECFA在2015年第80次会议上评估了NDL-PCB的毒性。JECFA的结论是，关于六种PCB（PCB 28、PCB 52、PCB 101、PCB 138、PCB 153、PCB 180）和PCB 128的现有研究均不适合推导基于健康的指导值或评估NDL-PCB相对参考化合物的毒性。因此，开发了一种使用最小效应剂量的比较方法，以估算暴露幅度（MOE），为评估人类健康风险提供指导。
13. 根据现有数据，JECFA得出结论，对NDL-PCB的膳食暴露不太可能对成人和儿童造成健康问题。尽管用母乳喂养的婴儿的MOE较低，但根据目前的知识，母乳喂养的好处被认为大于可能与母乳中存在NDL-PCB相关的负面因素。
14. 为了减少动物源性食品的污染，应考虑在饲料层面采取控制措施。此类措施可能涉及制定良好农业规范、良好动物饲养规范（请参见《良好动物饲养规范》（CXC 54-2004）），以及有效减少饲料中二恶英和PCB的良好生产规范指南和措施，包括：
 - 确定因当地排放、事故或非法处置受污染材料而导致二恶英和PCB污染增加的农业地区，并监测源自这些地区的饲料和饲料成分，
 - 监测用作农业肥料的污水污泥和堆肥的二恶英和PCB含量及其是否符合国家制定的指南或最大限量。
 - 为特殊农业用途制定建议（例如，限制放牧或使用适当的农业技术），
 - 识别可能受污染的饲料和饲料成分，
 - 监测是否符合国家制定的指南水平或最大限量（如有），并尽量减少或净化（例如，精炼鱼油）不符合要求的饲料和饲料成分，以及
 - 识别和控制关键的饲料制造流程（例如，通过直接加热进行人工干燥）。
15. 在适用的情况下，应考虑采取类似的控制措施来减少食品中的二恶英和PCB。

二恶英和PCB通过可食用动物的转移

16. 二恶英和PCB在可食用动物（包括鱼类）的组织中积累。此外，它们可以通过含脂肪的产品（如牛奶和鸡蛋）排出体外。各种二恶英和PCB同系物在毒代动力学行为方面存在明显差异。
17. 现有研究表明，对于大多数农场动物物种，二恶英和PCB会在体内脂肪和肝脏中积累，但也会排泄到鸡蛋和牛奶中。这种排泄有助于减少体内积累，并在暴露终止后降低水平。在生长中的动物中，体脂肪量的增加也是暴露期间达到的组织水平的一个重要因素，在暴露终止后该水平会降低。
18. 与动物体内污染物动力学相关的因素可以用以下单位来描述：
 - 转移率（TR）— 描述动物摄入的污染物排入牛奶或鸡蛋的百分比，或
 - 生物浓缩因子（BCF）— 描述组织、牛奶或鸡蛋中的水平与饲料中的水平之间的比率。BCF更适用于组织，因为较难获得计算TR所需要的动物肌肉或脂肪组织总重量的信息。

19. 每种同系物的TR和BCF不同，但在实践中，氯化程度较低和更持久的同系物的TR和BCF更具有相关性，因为它们对毒性当量（TEQ）贡献最大，如四氯双苯环二恶英（PeCDD）、2,3,4,7,8-二氯二苯并呋喃（PeCDF）、四氯双苯环二恶英（TCDD）、四氯二苯并呋喃（TCDF）（比如鸡），对上六氯化多氯二苯并对二恶英和二苯并呋喃（PCDD/F）的贡献则较低。只有在某些情况下（例如，五氯苯酚（PCP）是污染源时），高氯化同系物（如七氯代二苯并对二恶英（HpCDD））才会对TEQ水平产生重大影响。至于DL-PCB，就对TEQ水平的贡献而言，PCB-126（在某种程度上还有PCB-169）是最相关的同系物。
20. PCDD/F和PCB在油性鱼类（如鲑鱼和鳕鱼）的鱼肉中的积累程度高于脂肪较少的鱼，后者的肝脏组织中这些化合物的浓度更高。养殖鱼类中二恶英和DL-PCB的主要饲料相关来源通常是鱼油和鱼粉。除了饲料成分外，二恶英和PCB向鱼肉的转移还取决于其他因素，例如物种、动物生长以及环境（水和沉积物）中二恶英和PCB的含量。

源头控制措施

21. 减少二恶英和PCB的来源是减少污染的必要先决条件。减少二恶英排放源的措施应侧重于减少热处理过程中二恶英的形成，并应用摧毁技术。减少PCB排放源的措施应旨在最大限度地减少现有设备（例如，变压器、电容器）的排放、预防事故以及更好地控制含油和废物的PCB的处置和销毁。
22. 《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（简称《斯德哥尔摩公约》）是一项全球性条约，旨在保护人类健康和环境免受包括二恶英和PCB在内的持久性有机污染物（POP）的侵害。它包括国家当局可以考虑采用的一些可能的源头控制措施。
23. 《斯德哥尔摩公约》附件A第二部分列出了以下优先措施：
- (a) 关于到2025年在设备（例如，变压器、电容器或其他装有液体的容器）中消除PCB的使用：
- (i) 识别、标记和停止使用PCB含量超过10%、容积超过5升的设备；
 - (ii) 识别、标记和停止使用PCB含量超过0.05%、容积超过5升的设备；
 - (iii) 努力识别和停止使用PCB含量超过0.005%、容积超过0.05升的设备；
- (b) 与 a) 项下的优先措施一致，以减少暴露和风险，从而控制PCB的使用：
- (i) 仅限用于完整且无泄漏的设备，并且仅限用于环境释放风险可以最小化和污染可以快速治理的区域；
 - (ii) 不要用于食品或饲料生产或加工区域的设备；
 - (iii) 在人口稠密的地区（包括学校和医院）使用时，采取一切合理措施防止电气故障导致火灾，并定期检查设备是否漏电；
- (c) 除无害于环境的废物管理目的外，不得出口或进口 a) 项所述的含有PCB的设备；
- (d) 除维护和维修操作外，不允许回收PCB含量超过0.005%的液体在其他设备中再利用；
- (e) 对于含有PCB的液体和受PCB污染且PCB含量高于0.005%的设备，确保尽快（但不迟于2028年）进行对环境无害的废物管理。
- (f) 识别PCB含量超过0.005%的其他物品（例如，电缆护套、固化填缝剂和涂漆物体），并以对环境无害的方式加以管理。
24. 《斯德哥尔摩公约》附件C第二部分列出了以下工业源类别，它们有可能形成和向环境中释放较多的二恶英和PCB。
- (a) 废物焚化炉，包括居民垃圾、危险废物、医疗废物或污水污泥的联合焚化炉；
 - (b) 以危险废物为燃料的水泥窑；
 - (c) 使用元素氯或产生元素氯的化学品进行漂白的纸浆生产；

(d) 冶金工业中的热工艺流程，如再生铜生产；钢铁工业中的烧结厂；再生铝生产；再生锌生产。

25. 附件C第三部分还列出了以下可能无意中形成并向环境释放二恶英和PCB的源类别：

- (a) 露天焚烧废物，包括焚烧垃圾的填埋场；
- (b) 附件C第二部分未提及的冶金工业中的热工艺流程；
- (c) 居民燃烧源；
- (d) 化石燃料公用事业和工业锅炉；
- (e) 木材和其他生物质燃料的燃烧装置；
- (f) 释放无意中形成的POP的特定化学生产过程，特别是氯酚和氯苯醌的生产；
- (g) 火葬场；
- (h) 机动车辆，特别是燃烧含铅汽油的车辆；
- (i) 焚烧动物尸体；
- (j) 纺织品和皮革染色（用氯苯醌）和整理（用碱提取）；
- (k) 用于处理报废车辆的粉碎场；
- (l) 铜缆的阴燃；
- (m) 炼油厂的废物。

26. 国家当局在制定减少二恶英、DL-PCB和NDL-PCB的国家措施时，可以考虑采用技术来最大限度地减少这些来源类别中二恶英和PCB的形成和释放。

27. 主管当局可考虑治理的食品和饲料中PCB污染的其他可能来源包括：受污染的土壤（自由放养的蛋鸡、水淹地、火灾场地）、废油（运输油泄漏、油漆中使用的废油）、剑麻（袋子、捆扎绳）、动物围栏内用作食槽或活动用具的轮胎、含PCB油漆或涂料以及填缝剂（释放）。

范围

28. 本操作规范侧重于由国家当局、农场经营者、饲料和食品生产商以及消费者采取的预防或减少食品和饲料中二恶英和PCB污染的措施（例如，良好农业规范、良好生产规范、良好储存规范、良好动物饲养规范和良好实验室规范）。

29. 本操作规范适用于饲料（包括放牧或自由放养、饲料作物生产和水产养殖）和食品的所有原料的各级生产和使用，无论是在工厂、农场还是家庭生产。

30. 由于全球性限制和减少来自非食品/饲料工业和环境的二恶英和PCB的措施可能不在食品污染物法典委员会（CCCF）的职责范围内，因此本操作规范对这些措施不予讨论。

基于良好农业规范（GAP）、良好生产规范（GMP）、良好储存规范（GSP）、良好动物饲养规范（GAFP）和良好实验室规范（GLP）所建议的操作规范

食物链内部的控制措施

空气、土壤、水

31. 为减少空气中的二恶英和PCB污染，国家食品主管当局应考虑向负责空气污染措施的国家主管当局建议对不受控制的焚烧废物加以限制，包括填埋场或居民焚烧垃圾和废物，以及使用PCP处理过的木材取暖。

32. 防止或减少二恶英和PCB污染环境的控制措施很重要。为了减少饲料或食品可能受到污染，应识别因当地排放、事故或非法处置受污染材料而导致二恶英和PCB污染水平不可接受的农田。
33. 如果预计二恶英和PCB会大量转移到这些地区生产的饲料或食品中，则应避免或限制在受污染地区进行农业生产。
34. 被二恶英和PCB污染的污水污泥的扩散会导致二恶英和PCB附着在植被上，从而增加牲畜的暴露风险。应根据需要监测农业中使用的污水污泥中的二恶英和PCB，并根据需要进行处理。在适用的情况下，应遵守国家指南。
35. 接触受污染土壤的牲畜、野味和家禽可能会因食用受污染的土壤或植物而积累二恶英和PCB。应识别这些区域，并控制某些可食用动物的进入。必要时，应限制这些地区的户外生产。
36. 由于二恶英和PCB在环境中的半衰期很长，减少源头的措施可能需要很多年才能降低野生鱼类的污染水平。为减少有关二恶英和PCB的暴露风险，应识别高污染地区（例如，受污染的湖泊、河流或捕捞区）和相关鱼类，并应控制在这些地区的捕捞，必要时限制在这些地区的捕捞。

饲料

37. 人类膳食中二恶英和PCB的大部分摄入量取决于这些物质在动物源性食品（例如，家禽、鱼、蛋、肉和奶）的脂质成分中的浓度。在泌乳动物中，二恶英和PCB可随乳脂排出，而在蛋鸡中，它们可能集中在蛋黄的脂肪含量中。为了减少这种转移，应考虑在饲料和饲料成分层面采取控制措施。降低饲料中二恶英和PCB水平的措施将对它们在农场动物源（包括养殖鱼类）食品中的浓度产生立竿见影的效果。此类措施可能包括：
 - 确定饲料供应生态系统中可能受污染的区域，
 - 确定经常受污染的饲料或饲料成分的来源，以及
 - 监测饲料和饲料成分是否符合国家规定的指导水平或最大限量（如有）。
38. 国家当局应使用国际公认的方法定期对可疑的饲料和饲料成分进行抽样和分析，以核查二恶英和PCB的含量。如果需要，该信息将决定采取何种行动，以最大限度地减少二恶英和PCB的含量，并在必要时寻找替代的饲料和饲料成分。
39. 购买者和用户应注意并要求其供应商就以下各项做出保证：
 - 饲料和饲料成分的来源，以确保生产者和/或公司拥有经过认证的生产设施、生产流程和质量保证计划（例如，类似危害分析和关键控制点（HACCP）的原则）；
 - 根据国家要求提供的随附文件，以确认产品符合国家规定的指导水平或最大限量（如有）。

动物源性饲料

40. 由于其前体在食物链中的位置，与植物源性饲料相比，动物源性饲料受到二恶英和PCB污染的风险更高。应注意避免二恶英和PCB通过以动物源性饲料喂养可食用动物而进入食物链。如有必要，应监测动物源性饲料中二恶英和PCB的含量。超过国家规定的指导水平或最大限量（如有）或二恶英或PCB含量高的动物源性饲料不应给动物食用，除非已去除脂肪。
41. 在可行的范围内，对于打算用于饲料的鱼油和其他源自鱼或动物脂肪的产品，应进行二恶英和PCB含量监测。如果国家制定了动物饲料的指导水平或最大限量，饲料制造商应确保产品符合这些规定。

植物源性饲料

42. 如果预期田地附近有二恶英和PCB的潜在来源，必要时应注意监测这些区域。

43. 如有必要，应监测用水灌溉或用污水污泥或堆肥处理的种植场地，这些场地的二恶英和PCB含量可能较高。
44. 使用氯化苯氧基链烷酸类除草剂或五氯苯酚等氯化产品预先处理的田地应被视为二恶英污染的潜在来源。对于曾用受二恶英污染的除草剂处理的地块的土壤和饲料植物，应根据需要监测其二恶英水平。这将使国家当局能够采取适当的管理措施，以防止二恶英（和PCB）转移到食物链中。
45. 通常，油籽和植物油不会受到二恶英和PCB的严重污染。用作饲料成分的其他油籽加工副产品（例如，油籽饼）也是如此。但是，某些植物油和动物油精炼副产品（例如，脂肪酸馏出物和脱馏出物）和炼油用废产品（例如，漂白粘土）可能含有更高水平的二恶英和PCB，如果用于饲料，必要时应当进行分析。

饲料和食品加工

干燥流程

46. 某些饲料和食品（以及饲料或食品成分）的人工干燥流程和室内种植设施（例如，温室）的供暖需要使用加热气体流，即烟气-空气混合物（直接干燥或供暖）或单独使用的加热空气（间接干燥或供暖）。因此，应使用预期不会产生二恶英和二恶英类化合物的燃料。应根据需要对干燥或接触加热空气的饲料、食品以及饲料或食品成分进行监测，以确保干燥或加热过程不会导致二恶英和PCB的含量升高。
47. 使用商业干燥方法处理的饲料原料（特别是绿色饲料）和食品的质量取决于原料的选择和干燥流程。购买者应考虑要求制造商/供应商出具证明，确认干燥产品的生产程序符合良好生产规范（特别是在干燥或加热燃料选择方面），并符合国家规定的指导水平或最大限量（如有）。

烟熏

48. 取决于所使用的技术，烟熏可能是导致食品中二恶英含量增加的关键加工步骤，尤其是当产品表面很暗且带有烟灰颗粒时。如有必要，制造商应监测此类加工产品的二恶英和PCB含量。

碾磨/受污染碾磨碎屑的弃置

49. 在碾磨过程中和最终碾磨过程之前，谷类植物各部分表面的二恶英和PCB的空气传播外部沉积物以及来自田间植物的粘附灰尘被广泛去除。如果存在，大多数颗粒结合的污染物会在装载斜槽中与剩余的灰尘一起被清除。在抽吸和筛分过程中，外部二恶英和PCB污染进一步显著减少。某些谷物碎屑，尤其是灰尘、谷壳和混合筛分物，可能会增加二恶英和PCB的含量，应根据需要进行监测。如果有证据表明污染程度较高，则不应将此类碎屑用于食品或饲料，而应作为废物处理。

食品制备

50. 食品的选择和制备可以减少二恶英和PCB暴露风险。
51. 除了弃置溢出的肉汁和蒸/煮液体外，去皮、剪去脂肪等食物制备步骤也是减少二恶英和PCB暴露风险的实用方法。虽然去除脂肪可以显著降低二恶英和PCB的含量，但这种做法也会减少脂溶性营养素和其他有益化合物（例如，长链3多不饱和脂肪酸）。因此，必须仔细考虑有关食品消费的任何公共卫生信息中阐述的风险和益处。

添加到饲料和食品中的物质

矿物质和微量元素

52. 一些矿物质和微量元素是从天然来源获得的。然而，经验表明，地质成因的二恶英可能存在于某些史前沉积物中。因此，应根据需要监测添加到饲料或食物中的矿物质和微量元素中的二恶英含量。
53. 来自某些工业过程的再生矿物产品或副产品中的二恶英和PCB含量可能较高。此类饲料成分的用户应核查二恶英和PCB是否在国家规定的指导水平或最大限量以下，如制造商或供应商提供认证，则基于认证核查。

54. 在饲料中用作豆粕抗结块剂的球粘土中曾发现很高的二恶英含量。应当心用作粘合剂或抗结块剂的矿物质（例如，膨润土、蒙脱石、高岭土、硅藻土）和用作饲料成分的载体（例如，碳酸钙）。为向用户保证这些物质所包含的矿物质中不存在较高的二恶英和PCB含量（例如，超过国家规定的指导水平或最大限量（如有）），分销商应向此类饲料成分的用户提供适当的证明。
55. 一些可食用动物的饲料中添加了微量元素（例如，铜或锌）。作为工业金属生产的副产品或联产品的矿物质（包括微量元素）已证明有较高的二恶英含量。如有必要，应监测此类产品的二恶英和PCB含量。

成分

56. 饲料和食品制造商应确保饲料和食品中的所有成分符合国家制定的二恶英和PCB指导标准或最大限量（如有）。

饲料和食品的收获、运输、储存

57. 在可行的范围内，应确保在收获饲料和食品期间将二恶英和PCB污染降至最低。其做法是在可能受污染的地区使用符合良好农业规范的适当技术和工具，最大限度地减少收获期间饲料和食物上的土壤沉积。生长在受污染土壤中的根和块茎应予以清洗，以减少土壤污染。如果根和块茎经过清洗，在储存前应充分干燥或按照旨在防止霉菌形成的技术储存（例如，青贮）。
58. 洪水过后，如果有证据表明洪水中存在二恶英和/或PCB污染，应监测用于饲料和食物的农作物的二恶英和PCB含量。
59. 为避免交叉污染，运输饲料和食品的车辆、船只和容器不得被二恶英和PCB污染。饲料和食品的储存容器仅限使用不含二恶英和PCB的油漆。
60. 饲料或食品的储存场所应杜绝二恶英和PCB污染。用焦油基涂料处理过的表面（例如，墙壁、地面）可能会导致二恶英和PCB转移到食品和饲料中。与火灾产生的烟雾和烟尘接触的表面总是存在被二恶英和PCB污染的风险。在用于储存饲料和食品之前，应根据需要对这些场所进行污染监测。

动物饲养的特殊问题（圈养）

61. 可食用动物可能会通过某些经处理木料接触二恶英和PCB，此类木料可能用于建筑物、农场设备和牲畜圈垫料。为减少暴露风险，应尽量减少动物接触含有二恶英和PCB的处理过的木料。此外，含有二恶英和PCB的经处理木料的锯末不应用作垫料。
62. 由于土壤污染的可能性，与笼养母鸡的鸡蛋相比，自由放养的母鸡的鸡蛋（例如，有机农场生产的鸡蛋）可能含有更高水平的二恶英和PCB，应在必要时进行监测。
63. 应注意老旧建筑物，因为所用的建筑材料和清漆可能含有二恶英和PCB。如果建筑物着火，应采取措施避免饲料和饲料链被二恶英和PCB污染。
64. 在没有地面覆盖物的房屋中，动物可能会从地面吸收土壤颗粒。如果有迹象表明二恶英和PCB含量增加，则应根据需要控制土壤污染。如果需要，应更换土壤。
65. 有证据表明，动物设施中经过五氯苯酚处理的木材与牛肉中二恶英含量升高有关。除非国家当局许可，否则经五氯苯酚等化学品或其他不合适物质处理过的木材（例如，铁路枕木、电线杆）不应用作放养或饲养动物的围栏。干草架不应由经过上述处理的木材制成。还应避免将废油用于木材防腐。

监测

66. 农场经营者和工业饲料和食品制造商对饲料和食品安全负有主要责任。测试可以在食品安全计划的框架内进行（例如，良好生产规范、农场安全计划、危害分析和关键控制点计划等）。上文章节中提到了进行监测的适当条件。主管当局应在整个食品供应链（从初级生产到零售）的适当环节运行监测和控制系统，以确保农场经营者以及饲料和食品制造商履行对饲料和食品安全的主要责任。此外，主管当局应制定自己的监测计划。
67. 由于二恶英分析相对昂贵，至少工业饲料和食品制造商应在可行的情况下进行定期测试，包括进货原料和最终产品，并应保留数据（见第77段）。确定抽样频率时应考虑先前分析的结果（具体公司和/或同一行业内许多公司的结果）。如果有迹象表明二恶英和PCB水平升高，应告知农场经营者和其他初级生产者有关污染的情况，确定污染源，并采取必要补救措施，以减少或防止进一步污染。
68. 对源自环境、事故或非法处置的污染，饲料和食品供应链中的经营者和国家主管当局应实施监测计划，以获得关于食品和饲料污染的更多信息。应加强监测高风险或高含量的产品或成分。例如，监测计划可能包括食品或饲料中使用的、二恶英和PCB含量高的主要鱼类。

取样、分析方法、数据报告和实验室

69. 文献中提供了有关分析要求和实验室资格的建议。
70. 分析二恶英和DL-PCB的传统方法依赖于气相色谱与高分辨率质谱联用（GC-HRMS），这种方法既耗时又昂贵。基于气相色谱与串联质谱联用（GC-MS/MS）的方法也可用于测定二恶英和DL-PCB。另外，已开发出作为高通量筛选方法的生物测定技术，其成本低于传统方法。然而，分析成本仍然是数据收集的一个障碍，因此研究应侧重于开发成本较低的二恶英和DL-PCB分析方法。
71. 气相色谱（GC）与电子捕获检测（ECD）和质谱仪（包括离子阱、低分辨率（LRMS）、高分辨率（HRMS）和串联质量（MS/MS）质谱仪）被共同用于分析NDL-PCB。NDL-PCB分析通常不需要像DL-PCB或二恶英那样广泛的净化程序。如果目的是筛选，经常使用气相色谱电子捕获检测法（GC-ECD）。气相色谱法-质谱法联用（GC/MS）亦可用于筛选目的。

抽样

72. 在二恶英和PCB分析取样方面，重要的是收集代表性样品、避免样品交叉污染和变质以及明确识别和追溯样品。为避免交叉污染，样品应存放于无反应且经过化学清洁或证明无污染物的容器或其他器皿中。应记录有关采样、样品制备和样品描述（例如，采样周期、地理来源、鱼种、脂肪含量、鱼的大小）的所有相关信息。

分析方法和数据报告

73. 分析方法只有在能够满足一组最低要求时才应当使用。如果有国家规定的最大限量，则分析方法的定量限（LOQ）应在该目标水平的五分之一范围内。对于足够时间趋势测量，分析方法的定量限应明显低于不同基质的当前背景范围的平均值。
74. 分析方法的性能应该在目标水平范围内加以证明，例如最大限量的0.5倍、1倍和2倍，且重复分析具有可接受的变异系数。对于二恶英浓度约为每克脂肪1皮克WHO-PCDD/PCDF-TEQ的饲料和食品，上限和下限水平之间的差异（见下一段）不应超过20%。如果需要，可以考虑另一种基于鲜重或干物质的计算方法。

75. 除生物测定方法外，给定样品中总二恶英和DL-PCB水平的结果应报告为下限、中限和上限浓度，其方法是将每个同系物乘以各自的WHO TEF，然后将它们相加得到总浓度（表示为TEQ）。应生成三个不同的TEQ值，分别反映就每个未量化的二恶英和DL-PCB同系物所指定的零（下限）、定量限的一半（中限）和定量限（上限）值。对于NDL-PCB的分析，分析结果还应报告为下限、中限和上限，并清楚地说明分析结果所指的内容（六种指标PCB的总和、PCB总量等）。
76. 取决于样品类型，报告的信息还可能包括样品的脂质或干物质含量，以及用于脂质提取和干物质测定的方法。该报告还应具体描述用于确定LOQ的程序。
77. 对于高通量筛选分析方法，如果经证明其验证结果可以接受，即可用于筛选含大量二恶英和PCB的样品。在特定基质的相关目标范围内，筛选方法的假阴性结果应低于1%。使用¹³C标记的二恶英或PCB内部标准可以对每个样品中分析物的可能损失进行特定控制。这样可以避免假阴性结果，从而防止使用或销售受污染的食品或饲料。对于确认性方法，必须使用这些内部标准。对于分析过程中没有控制损失的筛选方法，应提供有关化合物损失校正和可能的结果变异的信息。阳性样品中二恶英和PCB的水平（高于目标水平）应通过确认性方法确定。

实验室

78. 使用筛选和确认分析方法进行二恶英和PCB分析的实验室应获得认证机构的认可，并按照ISO/IEC指南58:1993（经ISO/IEC17011:2004修订）运作，或制定包含认证机构指定的所有关键要素的质量保证计划，以确保实施分析质量保证措施。经认可的实验室应遵循ISO/IEC/17025标准“对检测和校准实验室能力的一般要求”或其他等效标准。
79. 根据ISO/IEC/17025标准，我们极力建议定期参与实验室间研究或能力测试，以确保正确检测相关饲料和食品基质中的二恶英和PCB。

质量管理和教育

80. 良好农业规范、良好生产规范、良好储存规范和良好动物饲养规范是进一步减少食物链中二恶英和PCB污染的宝贵系统。农场经营者以及饲料和食品制造商应考虑告知其员工如何通过实施控制措施来防止污染。良好实验室规范是确保优质分析结果的宝贵系统。

附件
术语表
(适用于本操作规范)

术语	解释
抗结块剂	减少饲料或食物颗粒粘附性的物质
粘附剂	增加饲料或食物颗粒粘附性的物质
变异系数	一种统计参数，表示： 100 x 一组值/平均值的标准偏差
确认性分析方法	一种具有优质参数的分析方法，能够确认使用较低质量参数的筛选方法产生的分析结果
同系物	在分类方面具有相似化学结构的两种或多种化合物中的一种
二恶英 (PCDD/PCDF)	包括7种多氯二苯并对二恶英 (PCDD) 和10种二苯并呋喃 (PCDF)，它们具有相似的毒理学特性，属于一组亲油性和持久性有机物质。根据氯化程度 (1-8个氯原子) 和取代模式，可以区分75种PCDD和135种PCDF (“同系物”)。
类二恶英多氯联苯 (DL-PCB)	包括12种非邻位和单邻位替代多氯联苯 (PCB)，显示出与二恶英相似的毒理学特性 (类二恶英活性)
鱼类	变温脊椎动物，包括脊椎鱼类、软骨鱼类和圆口鱼类。就本操作规范而言，软体动物和甲壳类动物也包括在内
饲料	用于直接饲喂可食用动物的任何单一或多种混合原料，无论是加工、半加工还是未加工
食品	任何供人类直接消费的加工、半加工或未加工物质，包括饮料、口香糖和任何用于制造、制备或处理“食品”的物质，但不包括化妆品、烟草、医药产品、麻醉品或精神治疗药物、残留物和污染物
饲料或食品成分	通过任何组合或混合形式构成饲料或食品的成分或要素 (包括饲料添加剂)，无论是否具有营养价值。成分来源于植物、动物或水生生物，亦可能源于其他有机或无机物质
指导水平	国家或国际主管当局建议的饲料或食品中可接受但不具有法律约束力的物质最大浓度
危害分析和关键控制点 (HACCP)	危害分析和关键控制点 (HACCP) 是一套用于识别、评估和控制对食品安全有重大影响危害的系统
定量限 (LOQ) : (仅适用于二恶英和PCB)	单个同系物的定量限是指可基于合理的统计确定性测量的分析物的最低浓度，符合国际公认标准中描述的识别标准 (如EN 16215:2012和/或EPA方法1613和1668的修订版本)。单个同系物的定量限可以确定为样品提取物中分析物的浓度，该浓度在两个不同的离子处产生仪器响应，并以3:1的S/N (信号/噪声比) 监测较不敏感的信号。定量限的确定须满足一些基本要求，例如修订后的EPA方法1613中描述的测定程序所规定的保留时间和同位素比。

术语	解释
最大限量	由国家或国际主管当局制定的具有法律约束力的饲料或食品中某种物质的最大浓度
矿物质	用于食品和饲料的无机化合物，用于提供正常营养或用作加工助剂。
非类二恶英多氯联苯（NDL-PCB）	包括除12种非邻位和单邻位替代多氯联苯（PCB）之外的197种PCB同系物。NDL-PCB占PCB污染总量的大部分，其余为类二恶英多氯联苯（DL-PCB）。《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》建议通过测量六种指示性PCB（PCB 28、PCB 52、PCB 101、PCB 138、PCB 153和PCB 180）来确定NDL-PCB的污染程度
多氯联苯（PCB）	多氯联苯（PCB）属于一组氯化烃，由联苯直接氯化形成。取决于氯原子的数量（1至10）及其在两个环上的位置，理论上可能有209种不同的化合物（“同系物”）。PCB的209种同系物包括类二恶英多氯联苯（12种）和非类二恶英多氯联苯（197种）
五氯苯酚（PCP）	五氯苯酚
远洋鱼类	生活在自由水域（如海洋、湖泊）中的鱼类，不与沉积物接触
持久性有机污染物（POP）	持续存在于环境中、通过食物网进行生物蓄积并对人类健康和环境造成不利影响的化学物质
《斯德哥尔摩公约》（《POP公约》）	《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》是一项全球性条约，旨在保护人类健康和环境免受包括二恶英和类二恶英多氯联苯在内的持久性有机污染物（POP）的侵害。它于2004年5月17日生效。在实施《斯德哥尔摩公约》的过程中，各国政府将采取措施消除或减少POP在环境中的排放
筛选性分析方法	一种分析方法，使用质量较低的参数来选择分析物含量显著的样品
微量元素	含量很少但对植物、动物和/或人类营养必不可少的化学元素
毒性当量因子（TEF）	二恶英类化合物相对于2,3,7,8-四氯二苯并对二恶英（TCDD）的毒性估计，后者的TEF为1.0。用于人类风险评估的WHO-TEF是基于世界卫生组织（WHO）国际化学品安全规划（IPCS）专家会议（日内瓦，2005年6月）的结论
毒性当量（TEQ）	通过将同系物的浓度乘以其毒性当量因子（TEF）计算出的相对毒性值
世卫组织毒性当量（WHO-TEQ）	二恶英呋喃和类二恶英多氯联苯的毒性当量（TEQ）值，由世卫组织根据既定毒性当量因子（TEF）确定