



北京大学
PEKING UNIVERSITY

Study on Pollution Situation of PCDD/Fs in Taizhou, China

Yian Dong
Jianxin Hu Group
Peking University
2012.4



北京大學
PEKING UNIVERSITY

Outline

Back Ground

Method

Results and discussion

Summary



Outline

Back Ground

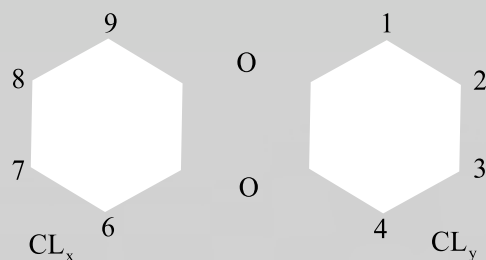
Method

Results and discussion

Summary

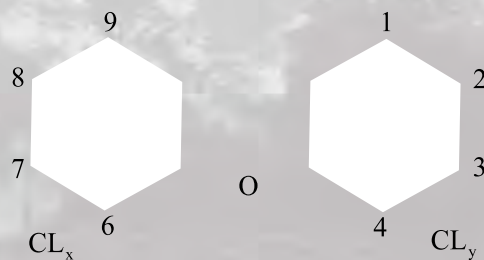


- **PCDDs** (PolyChlorinated **D**ibenzo-**P**-**D**ioxins) include **75** congeners, only **7** are toxic.



(a) PCDDs

- **PCDFs** (PolyChlorinated **D**ibenzo**F**urans) include **135** congeners, only **10** are toxic.



(b) PCDFs



Back Ground

PCDD/Fs:

Banned by Stockholm Convention in 2004

Formed as unintentional by-products

Emission from the incineration of municipal solid wastes and as a byproduct of certain industrial processes has been studied for over 30 years

Considerable attention was given to e-waste POPs emission

20-50 million metric tons of e-wastes are produced worldwide each year, of which 70% is exported to China for recycling

Taizhou, largest waste metal recycling site in China

75% of the e-wastes produced in the United States have been exported to Southern China. In addition, China discards about 4 million computers annually



Main Source Categories for PCDD/Fs

Natural Source

- Forest fire & Volcanic eruption (Nestrick *etc.*, 1982; Sheffield *etc.*, 1985)

Artificial Source

(90% (Qiang *etc.*, 2008))

- Waste Incineration
- Disposal/Landfill
- Open Burning Processes
- Ferrous and Non-Ferrous Metal Production
- Production and Use of Chemicals and Consumer Goods
- Heat and Power Generation
- Mineral Products
- Transport
- Miscellaneous

UNEP, 2005



Five Main E-waste recycling sites in China



Taizhou and Guiyu are the largest two E-waste sites in the world.



北京大學
PEKING UNIVERSITY



Plastic





北京大學
PEKING UNIVERSITY



Keyboards and mice from
USA, Europe and Japan



Electric wires and computer cases



北京大學
PEKING UNIVERSITY



Loads of plastic and metal taken from the E-waste piled in the yard



Local woman using oven to roast metal out of circuit board. The fan is used to blow away the toxic smog.



北京大學
PEKING UNIVERSITY





北京大學
PEKING UNIVERSITY





北京大學
PEKING UNIVERSITY





For the polluted water from the E-waste recycling was directly poured into the river, most of the groundwater are now unable to drink.



People have to buy drink water from 30km away from there home every a few days



- Headache, respiratory diseases and renal calculus are common in Taizhou.
- Data from the local public health bureau shows that 80% of the children from the most polluted village are suffering respiratory diseases, 5 of them was diagnosed with blood cancer.
- A doctor from a gynecology department said that some of the woman who are engaged in E-waste recycling have a weird colure of invisible green of their amniotic fluid. A child with black skin was given birth a few years ago, and died in several hours.



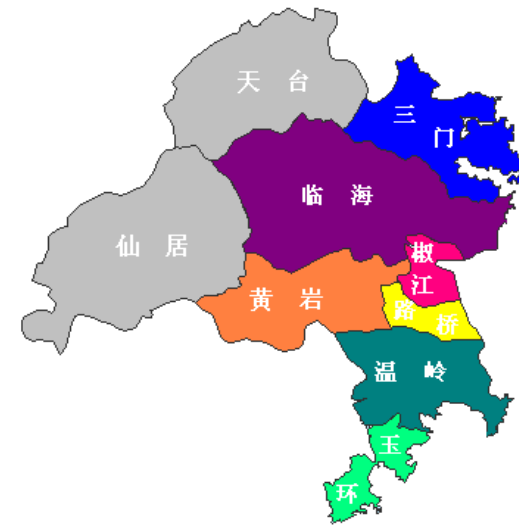


Study Area Overview

Comprehensive industrial park:

1. Taizhou **Waste Incineration Station** (National key environmental protection practical technology demonstration project)
2. Largest **Electric Plant** in Taizhou district
3. Largest **Chemical Industry Park** in Taizhou district
4. Largest **Metal Recycling Factory** in the world
5. Second largest **E-waste Dumping Place** in the world
6. Second largest **E-waste burning Place** in the world

Try to find out the differences between these 6 typical functional areas



Location: 28° N, 122° E

Climate: Subtropical monsoon

Resource: Rich in fishery





Outline

Back Ground

Method

Results and discussion

Summary



北京大学
PEKING UNIVERSITY

Sample Collection



Soil

Sediment

Biological sample (fish, shellfish, etc.)

Plants (leaves, paddy rice, tea, etc.)

Number	Sample site	latitude	longitude
SW1	yellow croaker	/	/
SW2	ribbonfish	/	/
SW3	White crab	/	/
SW4	shrimp	/	/
SW5	razor clam	/	/
SW6	Sanmen fresh crab	/	/
SW7	clam	/	/
SW8	Taizhou clam	/	/
SW9	Red shrimp	/	/
SW10	inkfish	/	/
SW11	oyster	/	/
ZW1	Tree leaves, TongVillage	28°23.49N	121°16.84E
ZW2	Grass leaves, Tong Village	28°23.49N	121°16.84E
ZW3	Potato leaves, HengVillage	28°23.39N	121°16.13E
ZW4	Grass leaves, Huang Village (Aode Metal Recycle Factory)	28°31.50N	121°22.11E
ZW5	Tree leaves, Chemical Plant	28°39.67N	121°30.35E
ZW6	Grass leaves, Electric Plant	28°42.13N	121°27.39E
ZW7	Tree leaves, Waste incineration station	28°41.46N	121°20.10E
TR1	Soil 1, Chemical Plant	28°39.67N	121°30.35E
TR2	Soil 2, Chemical Plant	28°39.66N	121°30.35E
TR3	Soil, Huang Village (Aode Metal company)	28°31.50N	121°22.11E
TR4	Soil1, Waste incineration station	28°41.46N	121°20.10E
TR5	Soil2, Waste incineration station	28°41.46N	121°20.10E
TR6	Soil, Ling Village	28°23.72N	121°15.60E
TR7	Soil, Jiao Village	28°24.68N	121°17.54E
TR8	Soil, Tong Village(E-waste Burning Place)	28°23.48N	121°16.32E
TR9	Soil 1, Mao Village	28°24.63N	121°16.34E
TR10	Soil 2, Mao Village(E-waste Dumping ground)	28°24.20N	121°18.37E
TR11	Soil, Electric Plant	28°42.13N	121°27.39E



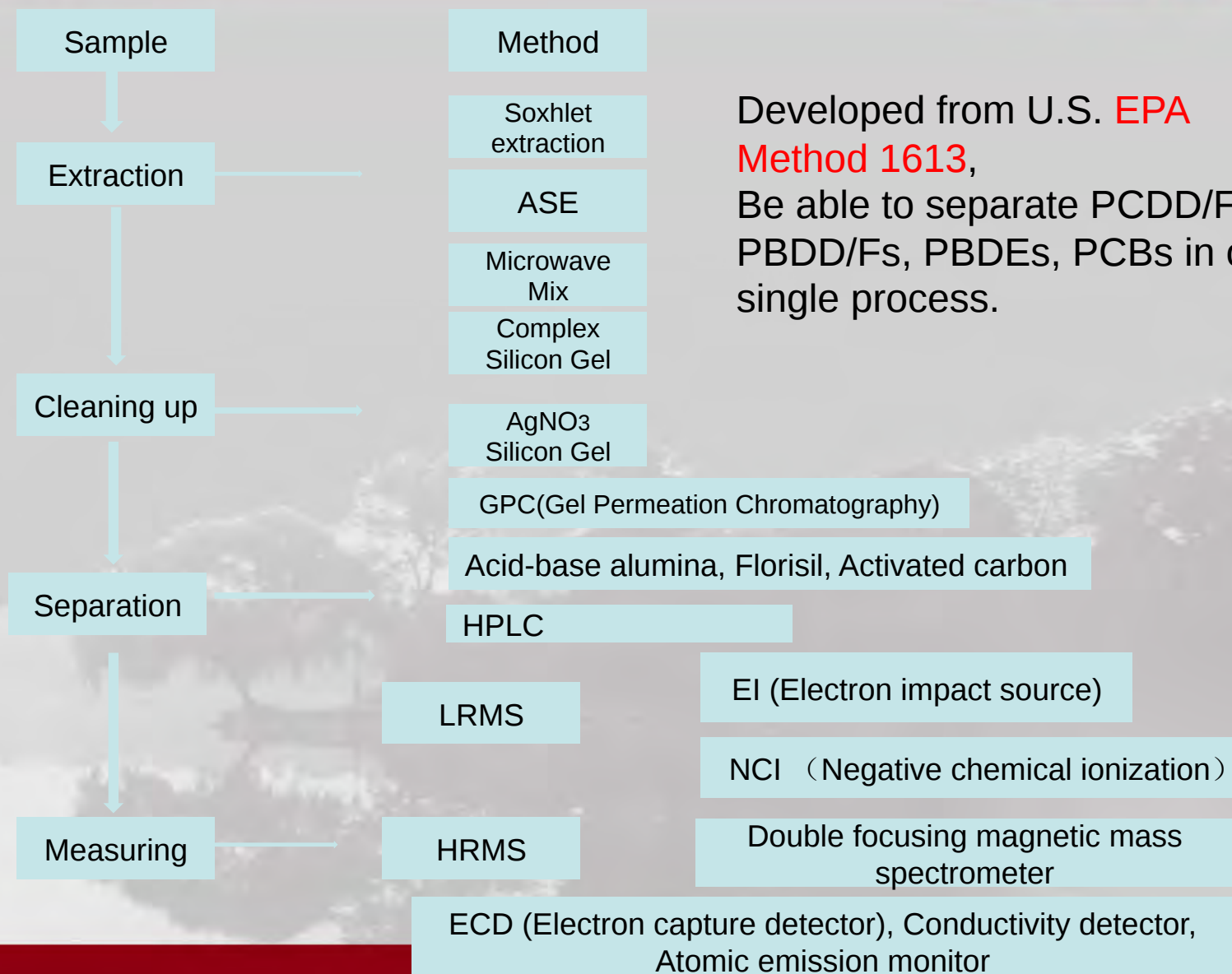
北京大学
PEKING UNIVERSITY





北京大學
PEKING UNIVERSITY







Outline

Back Ground

Method

Results and discussion

Summary



Concentration of PCDD/Fs in Soil, Plant & Bio Samples

Item	Soil	Plant	Bio Sample
Concentration range(pg/g)	134.68-11272.59	260.86-3292.50	3.18-2447.58
TEQ range(pg / g)	1.81-973.91	26.11-369.12	0.06-4.04

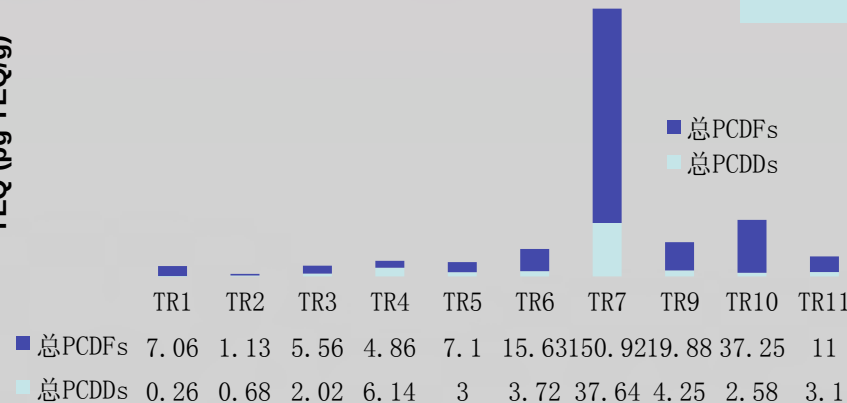
The Background level of PCDD/Fs in East China ranges from 0.017-5.04 pg/g, with an average of 0.967 ± 1.361 pg/g. (Liu, **2009**)

Agricultural soils from six cities in China contained low levels (3.44-33.8 pg/g dry wt) of total PCDD/Fs. (Kannan, **2008**)

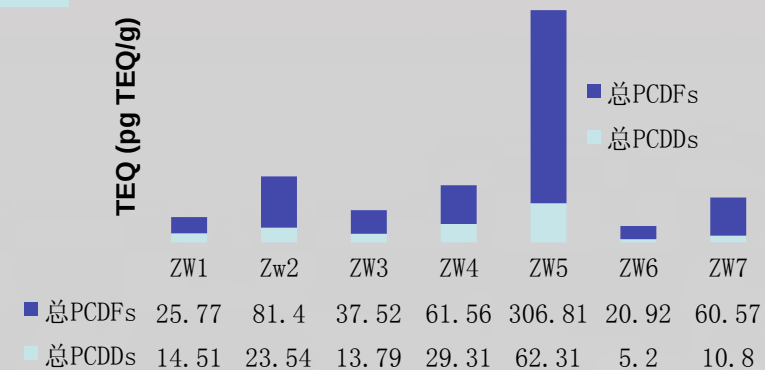


Incineration
is the main
source for
PCDD/Fs

TEQ (pg TEQ/g)



TEQ (pg TEQ/g)



Soil:

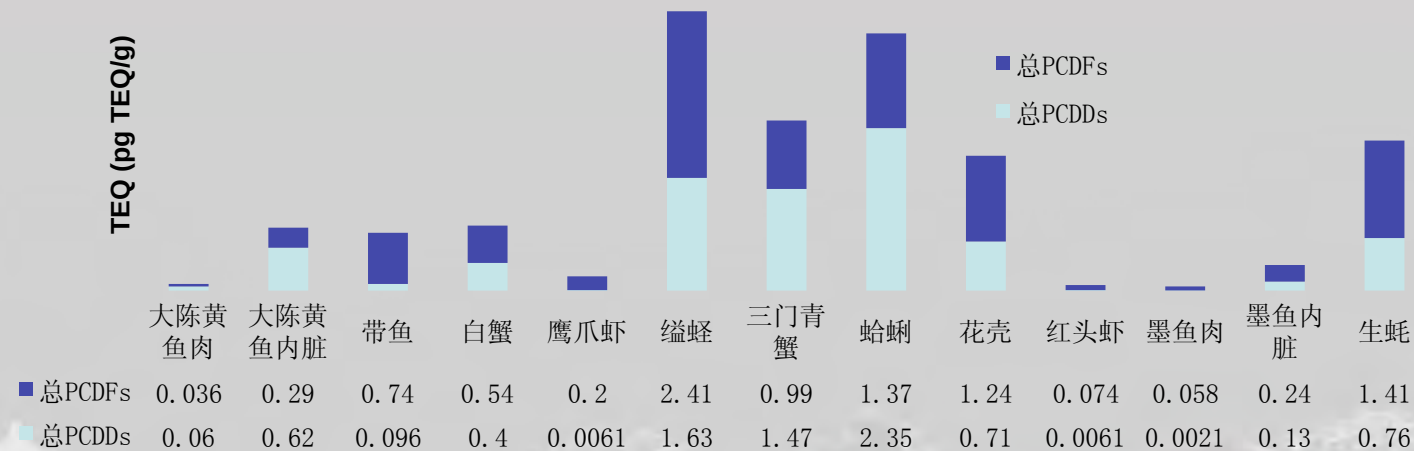
E-waste burning Place > E-waste
Dumping Place > Electric Plant >
Waste Incineration Station > Metal
Recycling Factory > Chemical Industry
Plant

Plants:

Chemical Industry Plant > Metal
Recycling Factory > E-waste burning
Place ≈ E-waste Dumping Place >
Electric Plant

Follow Different Concentration order

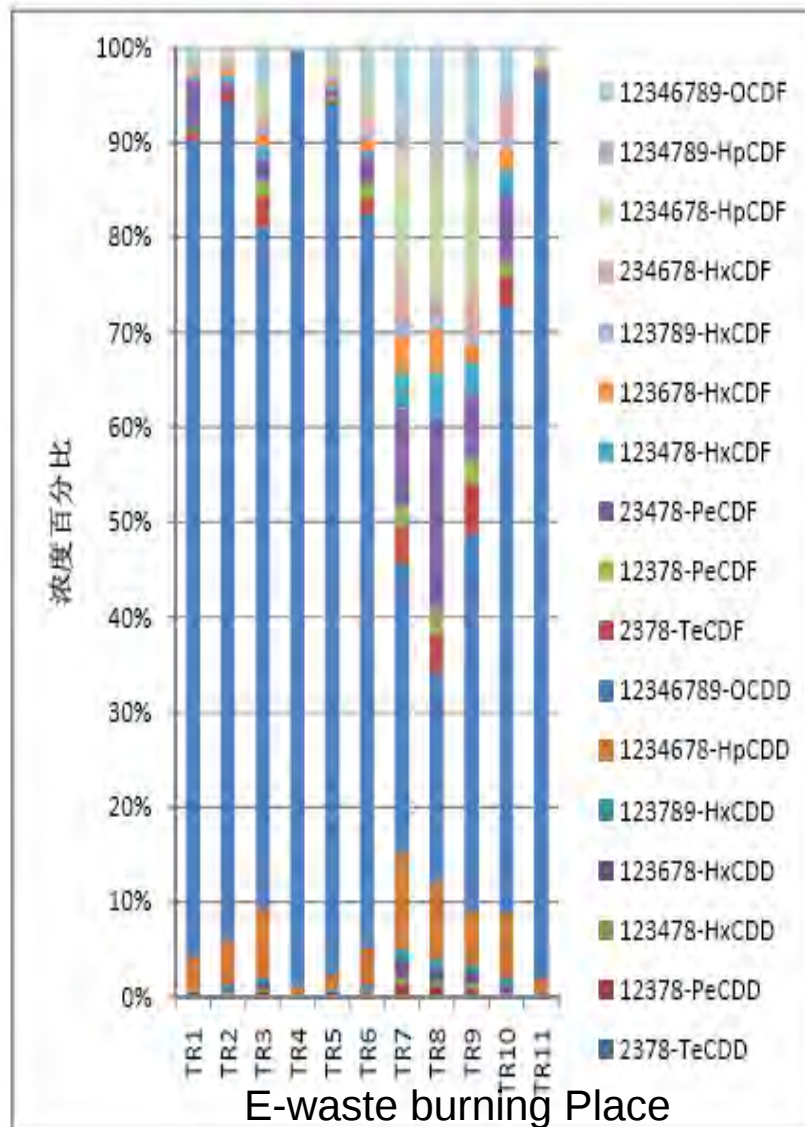
When trying to evaluate the pollution of a certain area we have to choose carefully about the samples



Bio Samples:

Much lower than in soil and plants, razor fish contain the highest level followed by carps and clams, and the squid contain the lowest out of the 11 samples.

The high level of shellfish may be owing to their fat content and offshore aquaculture.



Distribute Pattern

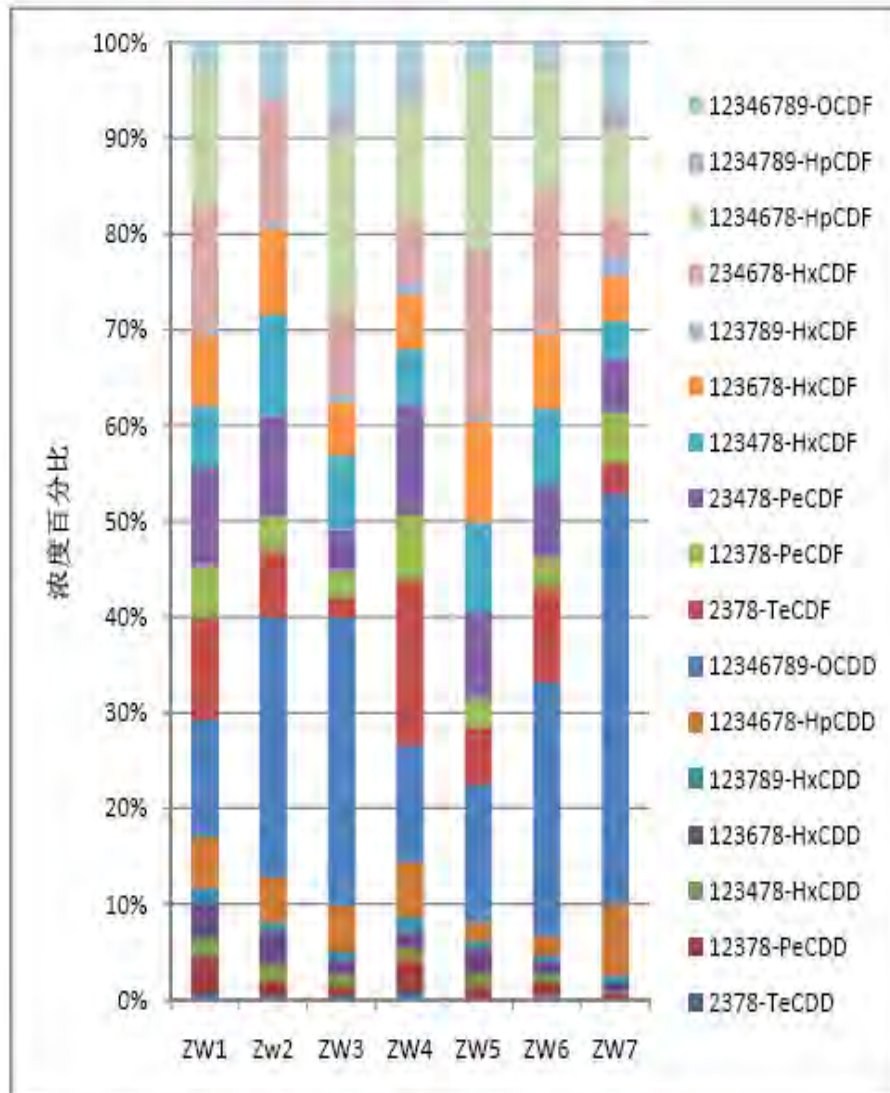
Soil:

For most sites, **OCDD is the highest**. Probably owing to **photo degradation and bio-degradation** (Schreiner, 1997; Wu, 2005), and also the use of Pentachlorophenol and PCP-Na (Baker, 2000)

For TR7-9(E-waste burning Place):

1234678-HpCDF, 12346789-OCDF are the highest congeners.

Total PCDFs exceed Total PCDDs(besides OCDD), means **Burning characteristic**. (Ren, 2006)

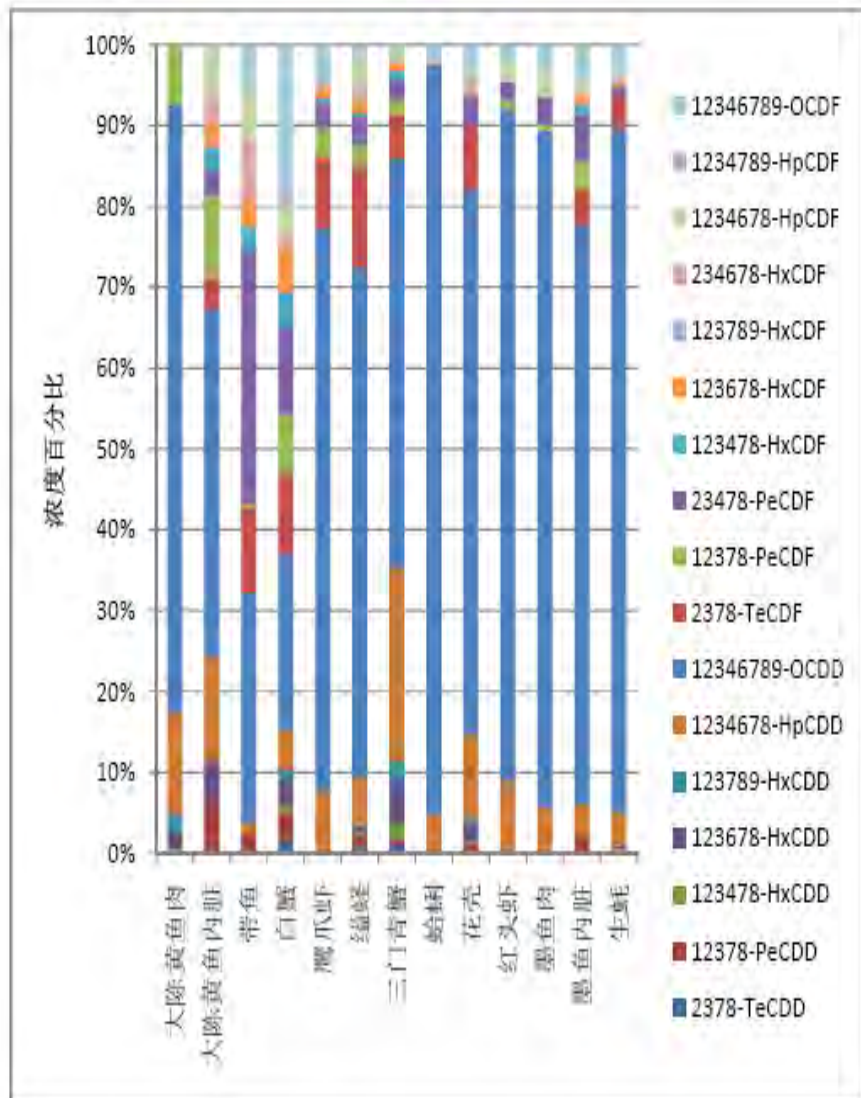


Distribute Pattern

Plants:

No significant differences between each congeners,

Most of the Tetra-, Penta- CDD/Fs comes from Atmospheric dry deposition (Welsch, 1995)



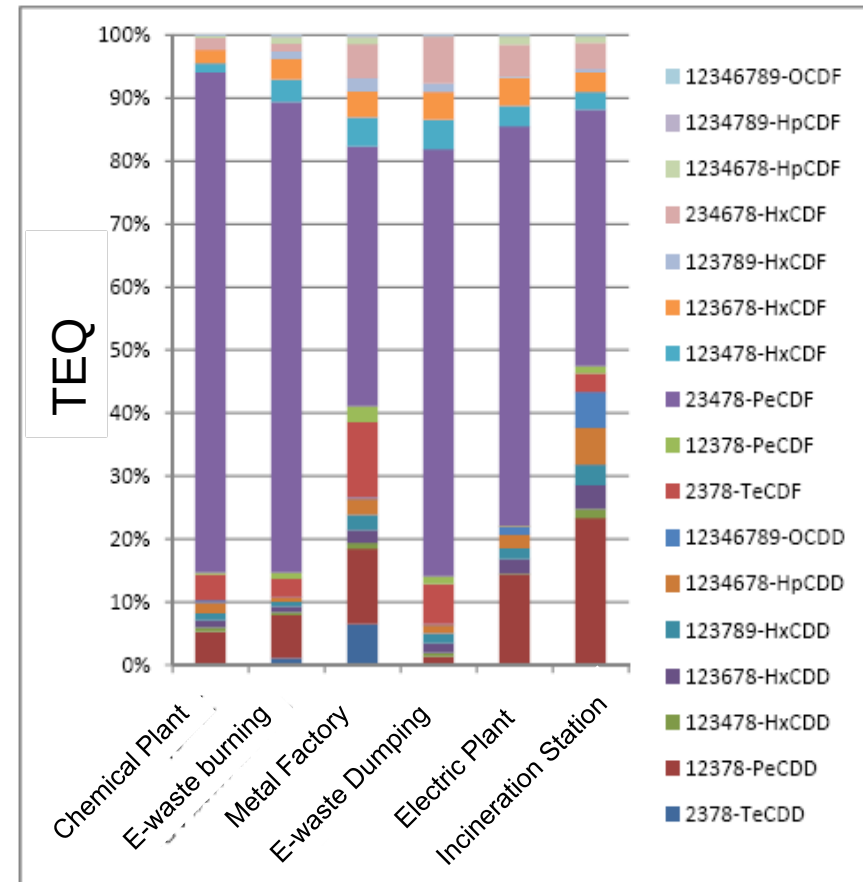
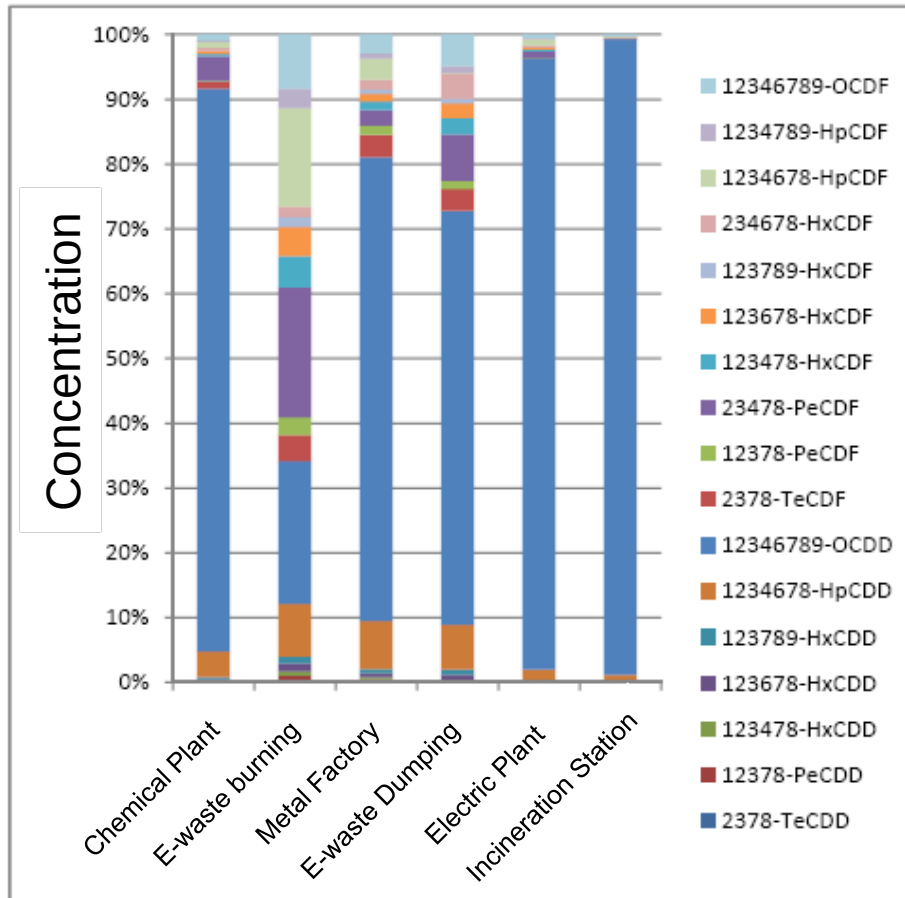
Distribute Pattern

Bio Samples:

For most sites, **OCDD is the highest.**

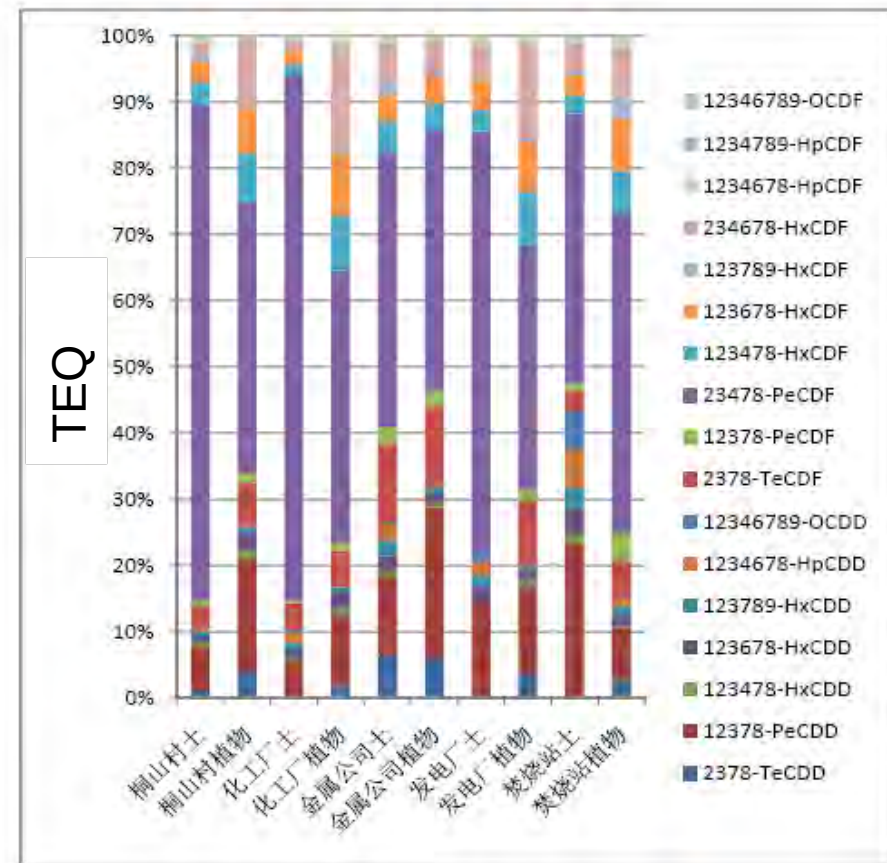
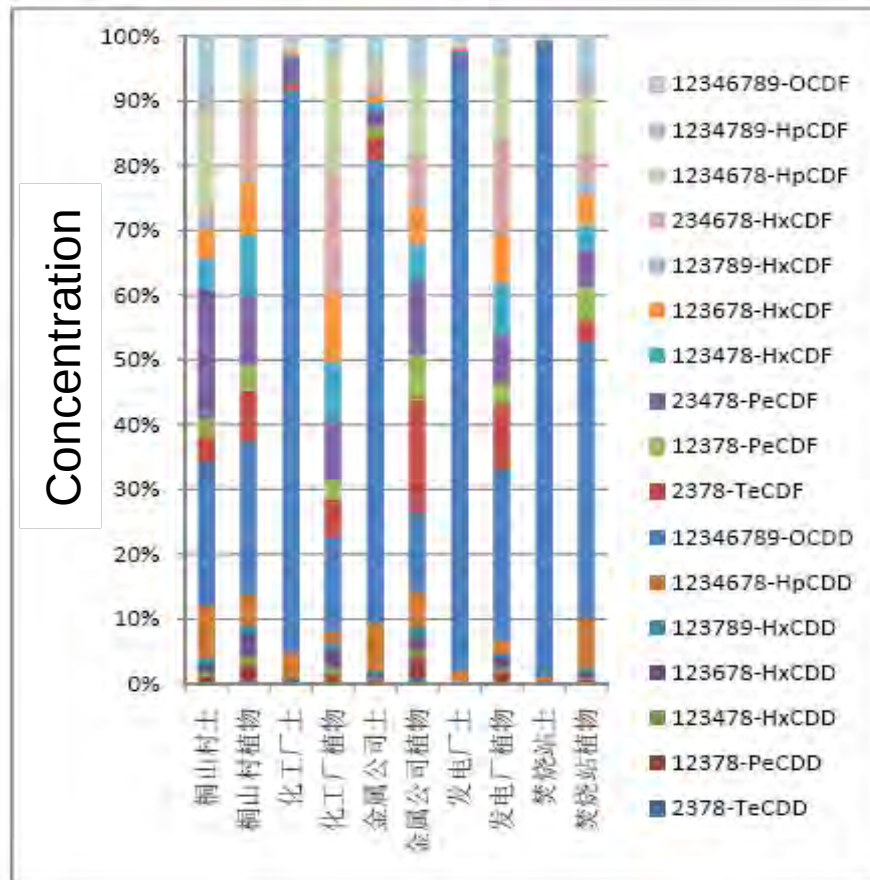
Comparing to meat, the internal organs has a higher proportion of PCDFs.

Probably owing to a higher lipotropism for a higher chlorinated congener.



1. E-waste burning Place (Burning characteristic)
2. E-waste Dumping & Metal Recycling Factory (E-waste disposal)
3. Chem Plant, Electric Plant, Incineration Station (No obvious characteristic)

Similar distribution:
Toxicity Equivalency Factors
makes them equal



The soil and plant sample from the same site do not have the same distribution pattern

234678-HeCDF are much higher in plants than in soil samples



Outline

Back Ground

Method

Results and discussion

Summary



Summary

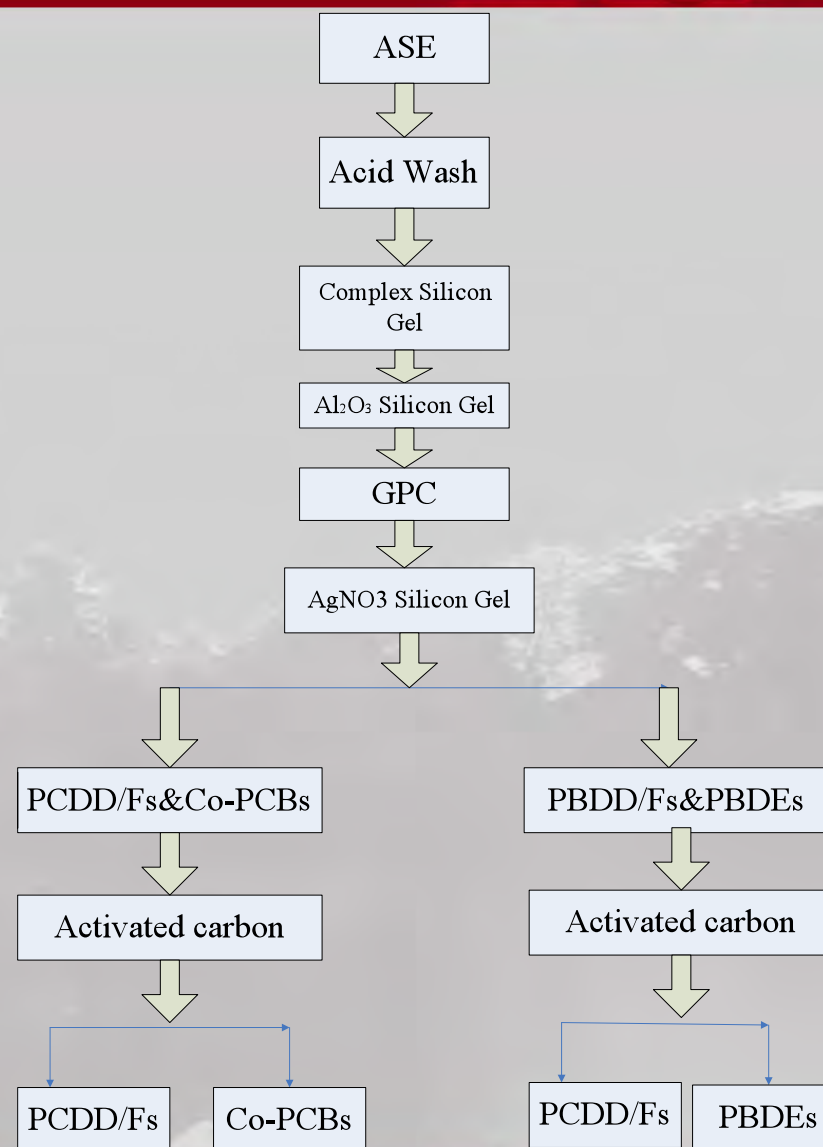
- Got the level ranges of PCDD/Fs in Taizhou area.

Item	Soil	Plant	Bio Sample
Concentration range(pg/g)	134.68-11272.59	260.86-3292.50	3.18-2447.58
TEQ range(pg /g)	1.81-973.91	26.11-369.12	0.06-4.04

- Compared the differences between the **6 functional areas** in China's second largest E-waste recycling site. The concentration of PCDD/Fs in the soil and plants taken from the same site **do not follow the same order**.
- And the distribution pattern in E-waste burning Place has a clear **burning characteristic**, while E-waste Dumping & Metal Recycling Factory sites share the same characteristic of **E-waste disposal**, and Chem Plant, Electric Plant, Incineration Station **have no obvious characteristic different from the other 3 sites**.
- The soil and plant samples from the same site **do not** have the same distribution pattern



- According to the eating habits given by the local bureau the **ingestion exposure level** of PCDD/Fs was calculated as **0.81pg WHO-TEQ/(kg bw day)**, **lower** than WHO tolerable daily intake (TDI)(1-4pg WHO-TEQ/(kg bw day)), and **can not be considered as a significant risk**.
- Developed from U.S. EPA Method 1613, being able to separate PCDD/Fs, PBDD/Fs, PBDEs, PCBs in one single process.





北京大学
PEKING UNIVERSITY

Thanks for your attention!

谢谢!



研究内容和意义





- 该公约已于2004年5月17日正式生效，并于2004年11月11日在中国生效。在《斯德哥尔摩公约》中规定首批需要消除和控制的POPs有12种，包括杀虫剂、工业化学品和非故意生产的副产品三类。多氯对二苯并二恶英（PCDDs）、多氯对二苯并呋喃（PCDFs）以及多氯联苯（PCBs）都在首批公约需要消除和控制的POPs名单中。在所有的PCBs异构体中，以12种平面结构的PCBs毒性最强，具有与PCDD/Fs相似的化学性质和毒性，被称为类二恶英PCBs（dioxin-like PCBs，以下简称 dl-PCBs）。



PCDD/Fs和dl-PCBs的环境存在

大气

人体

PCDD/
Fs

土壤及
沉积物

dl-PCBs

食品

水体



PCDD/Fs分布模式

国外

- Li等（2008）：伊利湖和安大略湖表层沉积物中PCDD/Fs
- Takashi等（2008）：日本札幌市60位母亲血液和母乳中PCDD/Fs和dl-PCBs
- Hyokeun等（2009）：市政废物焚烧场工人血液样品中的PCDD/Fs和dl-PCBs
- Hu等（2009）：台湾一座寺庙中纸钱焚烧的特征
- C. Munschy等（2008）：法国附近海域中贝类中PCDD/Fs
- Ingrid等（2008）：意大利帕维亚省表层土壤中PCDD/Fs

国内

- 杨永亮等（2004）：南四湖沉积物中PCDD/Fs
- 杨敏等（2006）：广州地区大气悬浮颗粒物和树叶中二恶英分布特征
- 张建清等（2006）：不同养殖生物的PCDD/Fs分布的指纹特征
- Liu等（2009）：中国焦炭生产厂排放废气中PCDD/Fs和dl-PCBs



北京大學
PEKING UNIVERSITY





区域资料调查

文献调研

研究方法

确定研究、思路及采样方案

实地考察及采样

实验室分析

文献数据

浓度水平

分布模式

文献调研

饮食摄入风险评估

污染水平评估

分布模式比较和特征识别

污染源初步识别



样品采集

预处理

提取、净化、分
离、测试

样品

ASE提取

加入净化内标

初提液浓缩

有色

酸洗

提取液无色

多层复合硅胶柱净化

浓缩

凝胶渗透色谱柱净化

浓缩

活性炭—硅藻土柱分离

浓缩 / 转容

加入注射内标

氮吹定容至20 μ L

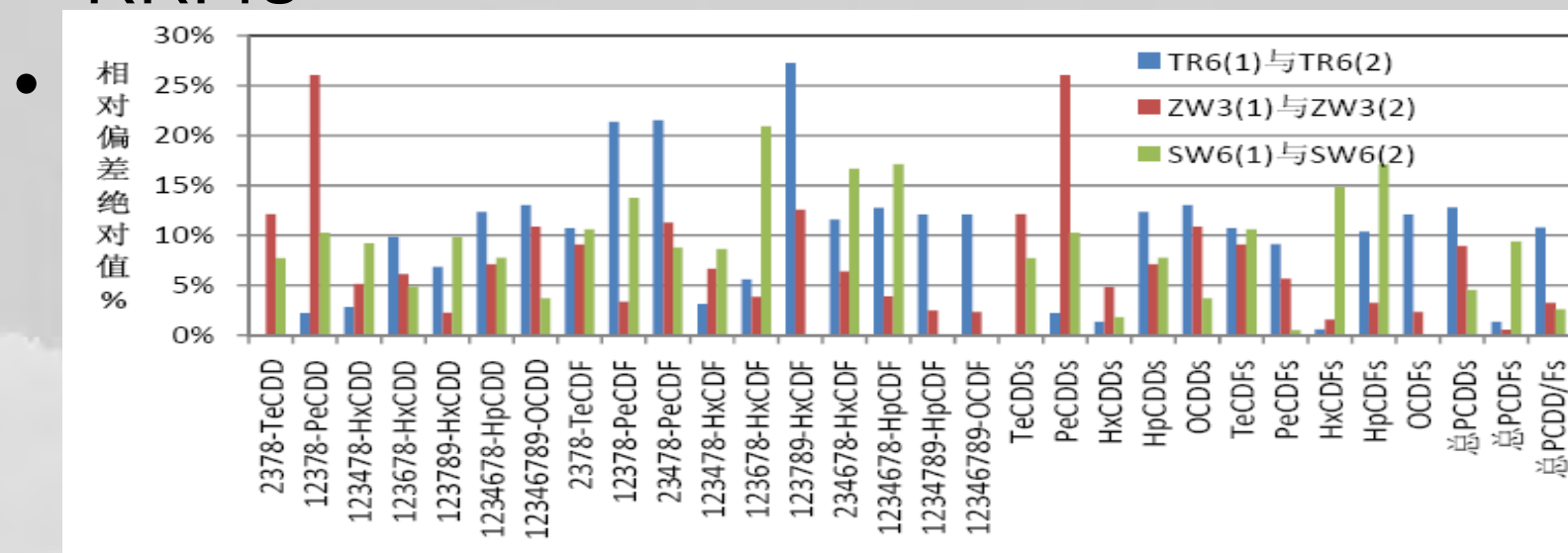
HRGC-HRMS测试

数据处理



QA/QC

- 相对浓度响应因子RRFcs和相对回收率响应因子RRFRs



- 回收率核查: 54.47%—104.35%
- 方法空白



Concentration of PCDD/Fs in Soil, Plant&Bio Samples

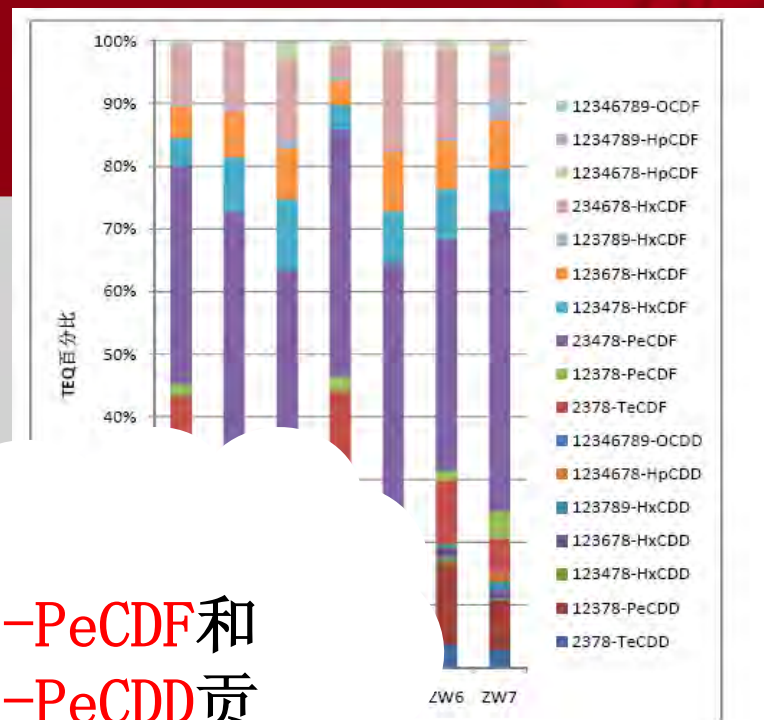
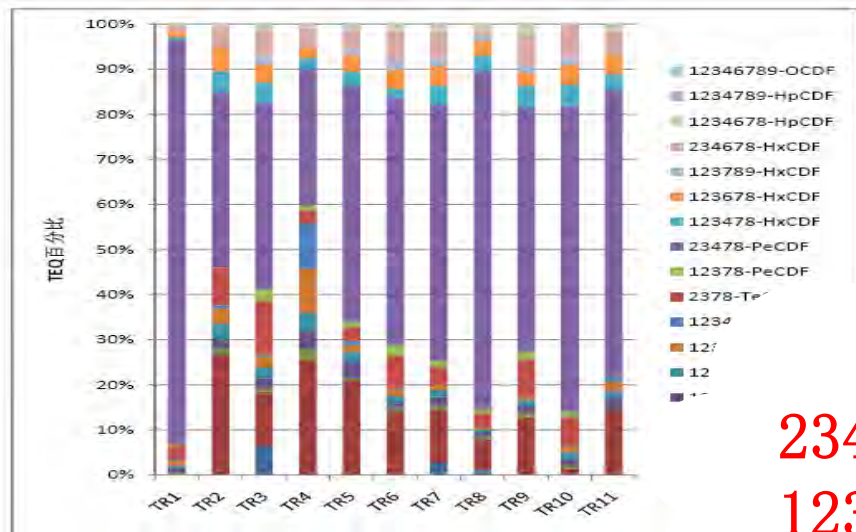
国家或地区	浓度范围		平均值		参考文献
	C _s	TEQ	C _s	TEQ	
土壤					
我国东部背景		0.017~5.04		0.967±1.361	Liu Jinsong 等, 2009
西班牙背景		0.27~2.24			E.Eljarat 等, 2001
台湾灌溉土壤		2.827~11.32		5.598	Jin-Juh Jou 等, 2007a
美国中西部背景				0.4±0.6	Wood 等, 1999
韩国釜山背景				7.31	Gon Ok 等, 1999
广东贵屿		3.91~301.88			苟娜, 2008
上海垃圾焚烧炉附近		1.17~61.16		10.16	邓芸芸等, 2008
俄罗斯工业区				3.24	Valerie 等, 1998
布尔诺废旧电器焚烧点	24~120	0.044~7.3			Holoubek 等, 1994
意大利垃圾焚烧炉附近	16~260	0.056~1.5			Stefano 等, 2004
鸭儿湖化学工业			150	2.2	Wu 等, 2001
植物					
广州 大叶榕叶			268.4	3.99	杨敏等, 2006
龙眼树叶			972.5	15.11	
台湾五氯苯酚生产厂周边植物		12.7~2919		463	Jin-Juh Jou 等, 2007b
生物					
我国浙西北鱼体 (平均含水量 80%)		0.05~1.09			韩见龙等, 2006
日本淡水鱼	24.8~653		182		Yoko Kajiwara 等, 2007
法国海洋贝类	19.14~155.32				C. Mumschy 等, 2008

- 土壤、植物、生物平均浓度水平: 134.68—11272.59pg/g, 260.86—3292.50pg/g, 3.18—2447.58pg/g。

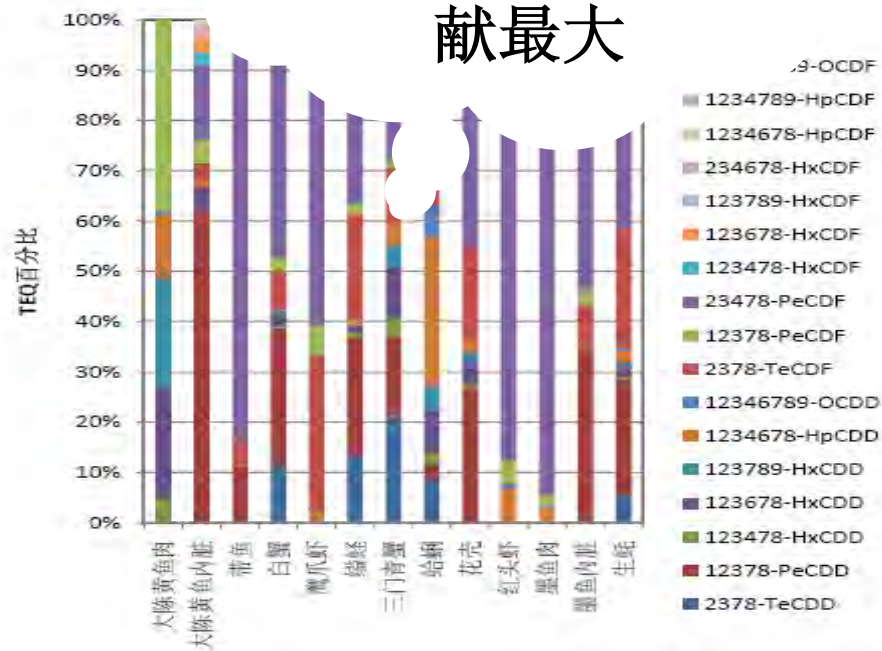
- 平均毒性当量: 1.81—973.91pg TEQ/g, 26.11—369.12 pg TEQ/g, 0.06—4.04 pg TEQ/g。

Agricultural soils from six cities in China contained low levels (3.44-33.8 pg/g dry wt) of total PCDD/Fs.

Environ. Sci. Technol. **2008**, *42*, 8252–8259

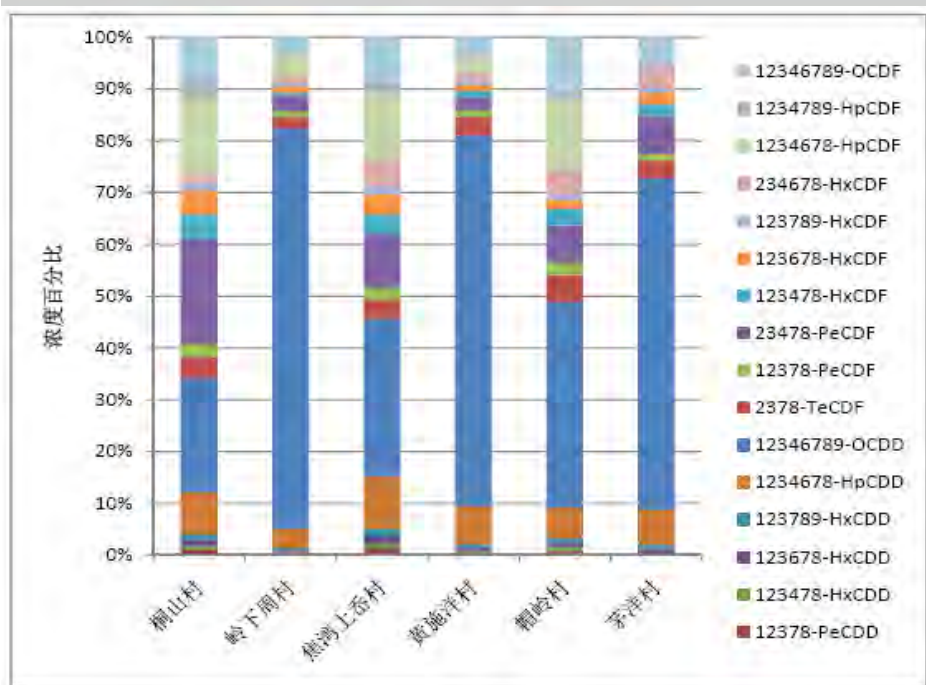


23478-PeCDF和
12378-PeCDD贡
献最大





毒性当量
因子掩盖



岭下周村——黄施洋村——茅洋村分布模式相似：产业结构大体相同，以拆解为主。
桐山村——焦湾上岙村：焚烧特征（电子垃圾焚烧）
帽岭村：除了存在电子垃圾拆解处理外，还存在较多电子垃圾焚烧。



北京大学

PEKING UNIVERSITY

提纲

研究背景、意义、内容和方法

研究进展

实验流程介绍

土壤、植物、生物中的PCDD/Fs

土壤、植物、生物中的**dl-PCBs**

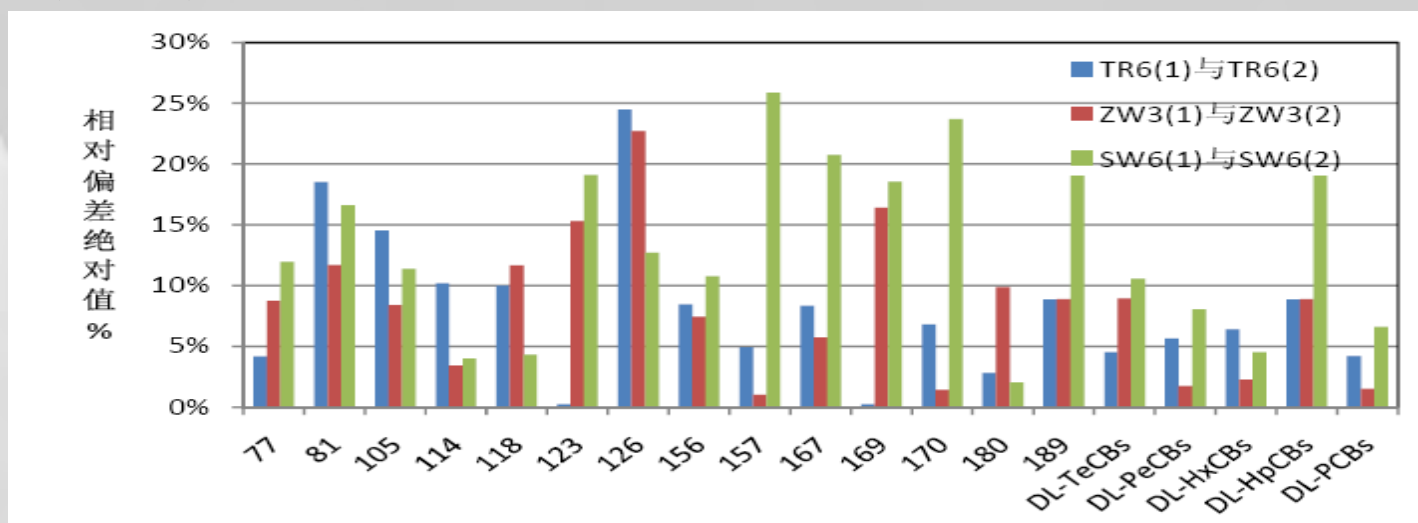
PCDD/Fs和dl-PCBs的摄食暴露

结果与展望



QA/QC

- 相对浓度响应因子RRFcs和相对回收率响应因子RRFRs
- 平行样



- 回收率核查: 45.5%—108.2%
- 方法空白

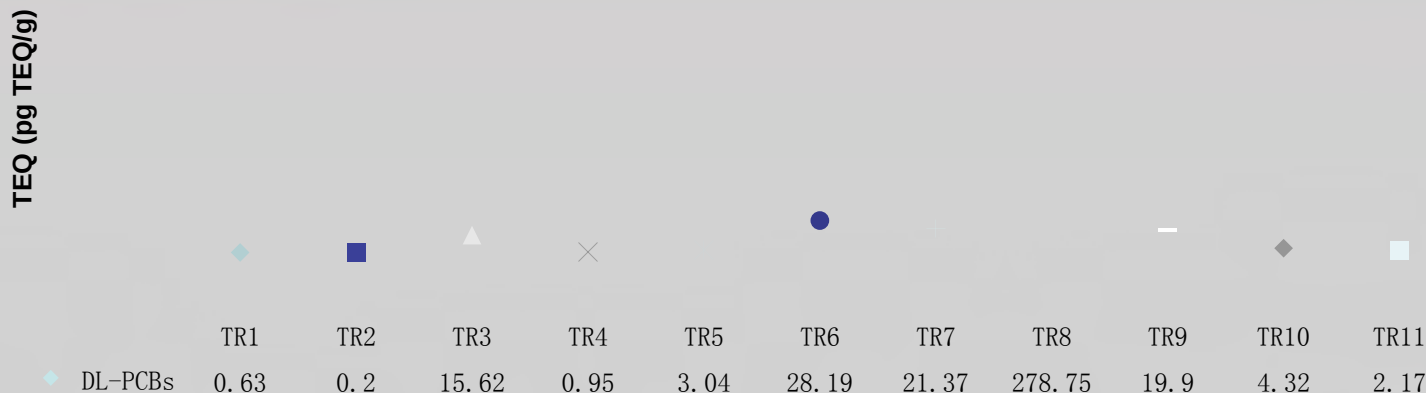


土壤、植物、生物中dl-PCBs的污染水平

国家或地区	浓度范围		平均值		参考文献
	Cs	TEQ	Cs	TEQ	
土壤					
我国废旧变压器、电容器拆解基地	2316.59 ~ 19100.30	1.358~ 15.264			俞苏霞等, 2007
北京土壤		0.72~1.8		0.37	刘耕耘等, 2006
台湾灌溉土壤		0.112~1.04		0.366	Jin-Juh Jou 等, 2007a
世界背景	0.020~ 98		5.3		Meijer 等, 2003
亚洲发展中国家垃圾堆放点		0.49~26		10	Minh 等, 2003
意大利布雷西亚PCB 生产厂区周边		6.6~442			Luigi 等, 2007
植物					
黄河三角洲典型植物	575.48~ 819.23				范国兰, 2008
台湾五氯苯酚生产厂周边植物		0.236~1.75		0.605	Jin-Juh Jou 等, 2007b
生物					
我国浙西北鱼体 (平均含水量 80%)		0.02~0.80 (湿重)			韩见龙等, 2006
浙江 淡菜		0.38~0.92			沈海涛等, 2007
小黄鱼		1.04~2.07			
日本淡水鱼	8430~ 271000		92800		Yoko Kajiwara 等, 2007

土壤、植物、生物中dl-PCBs的平均浓度水平: 222.00—158215.44pg/g, 2159.78—48357.82pg/g, 18.00—2937.8pg/g。

平均毒性当量: 0.20—278.75pg TEQ/g, 2.54—74.16 pg TEQ/g, 0.019—2.56 pg TEQ/g。



桐山村土壤中d1-PCBs的毒性当量明显比其它样品高——电子垃圾焚烧产生高浓度、高毒性当量因子的d1-PCBs。

化工区土壤最低——医药化工为主。

焦湾上岙村 VS 其他自然村 VS 桐山村：推断电子垃圾塑料表皮以及金属部分的焚烧是d1-PCBs产生的重要源。

焦湾上岙村的土壤样品采自生活垃圾焚烧现场，但其d1-PCBs 的毒性当量并没有比其他自然村高，这表明焚烧过程并不一定产生高浓度的d1-PCBs。

电子垃圾拆解业比较发达的自然村土壤样品中d1-PCBs普遍比其他地区高，推断电子垃圾回收拆解也可能是d1-PCBs的一个源。



植物样品：废旧金属加工处理 > 生活垃圾焚烧站 > 化工区 > 电子垃圾焚烧场地 > 发电厂。

废旧金属加工处理 (74.16pg TEQ/g) > 生活垃圾焚烧站 (13.22pg TEQ/g) > 化工区 (12.71pg TEQ/g) > 电子垃圾焚烧场地 (8.62pg TEQ/g) > 发电厂 (3.48pgTEQ/g)



◆生物中d1-PCBs的污染水平 《土壤和植物

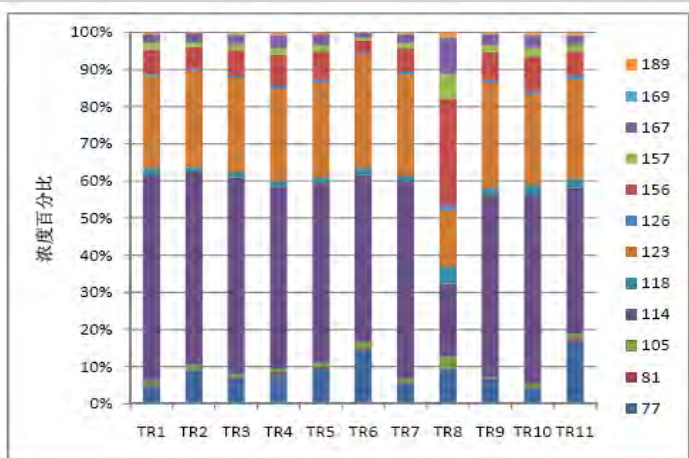
◆大陈黄鱼、缢蛏、三门青蟹这三种生物的d1-PCBs毒性当量最高（近海养殖），而鹰爪虾和墨鱼体内的d1-PCBs毒性当量最低（深海野生）。

◆大陈黄鱼肉和内脏中d1-PCBs毒性当量相当；而墨鱼内脏中d1-PCBs毒性当量明显比肉中高，但都处于较低的污染水平。



土壤、植物、生物中dl-PCBs的分布模式

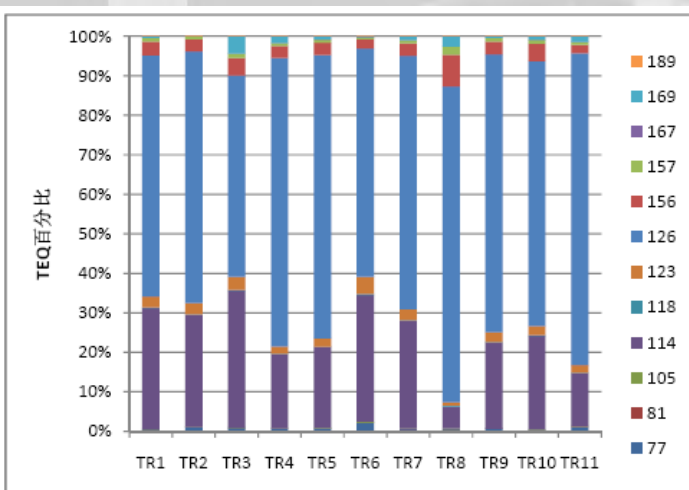
不同环境介质分布特征比较



PCB114浓度所占比例最高，其次为PCB123。

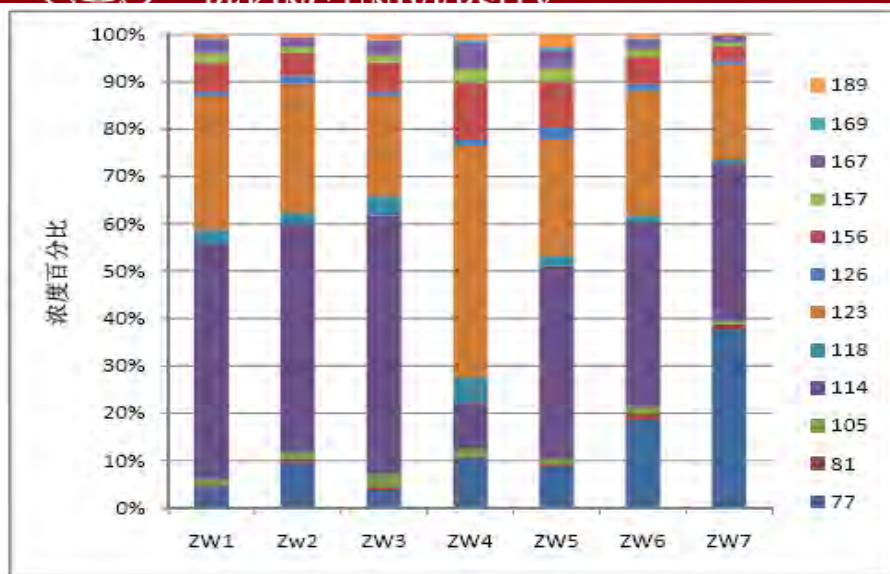
剔除电子垃圾焚烧场地，其他10个土壤样品中dl-PCBs异构体分布模式是相似，可以推断它们可能来源于同一污染源。

六氯取代的PCB156——电子垃圾焚烧



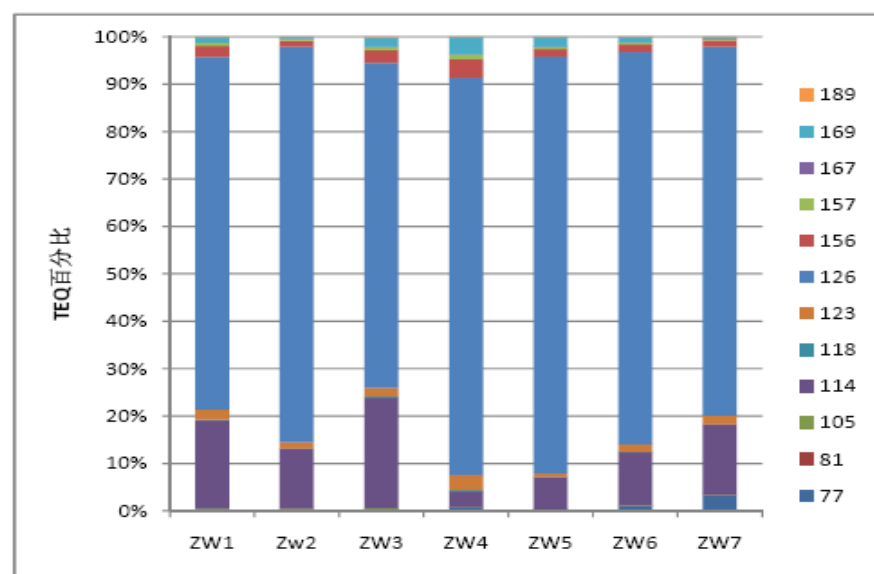
PCB126毒性当量最高；

电子垃圾焚烧——PCB114毒性当量贡献明显比其他样品小。

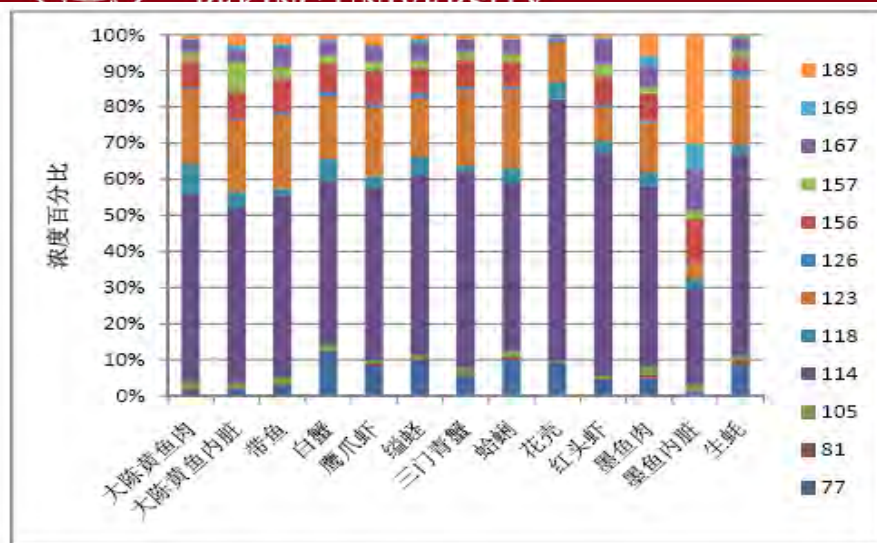


植物样品：PCB114、PCB123和PCB77为主。

废旧金属加工处理公司（PCB123）、黄岩生活垃圾焚烧站（PCB77）异常：单个异构体分布异常，可能存在不同于其它样品的特征源。

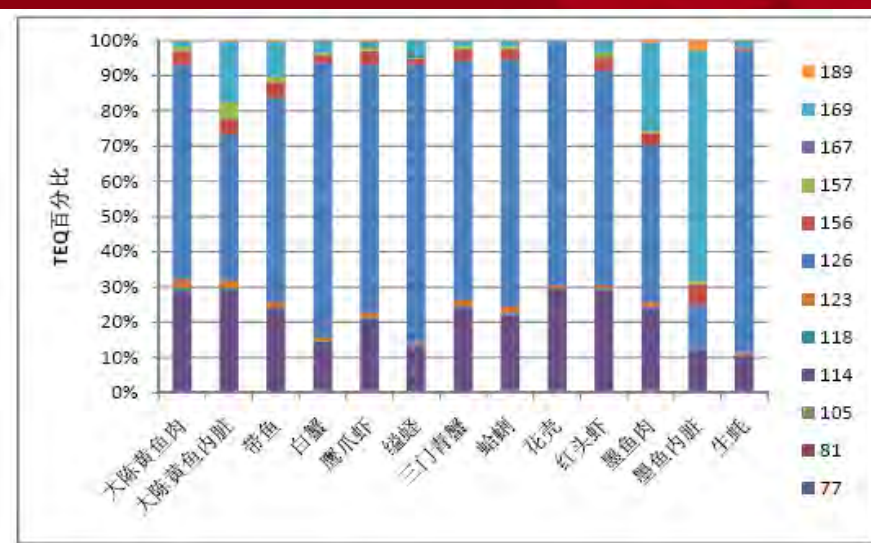


植物样品：PCB126毒性当量最高，其次为PCB114，二者合并所占比例均高于85%。



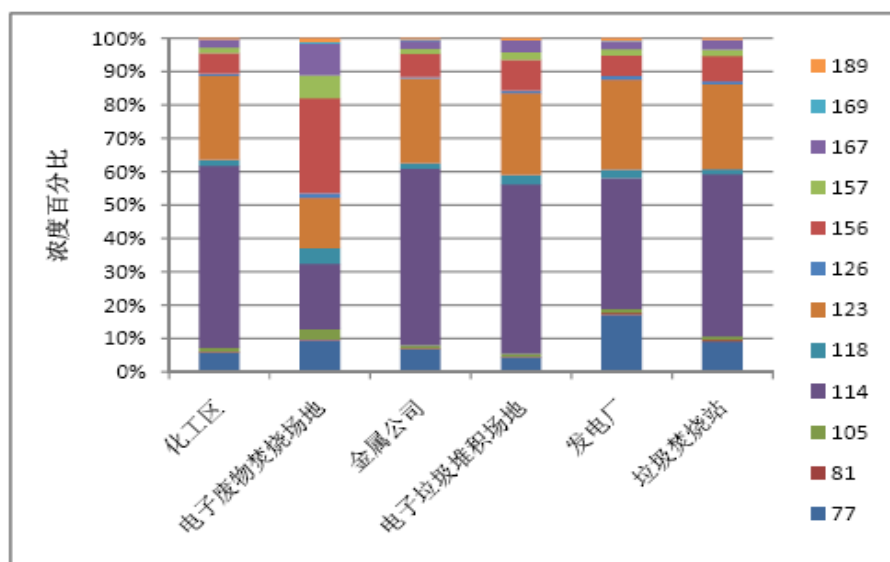
生物样品：**PCB114**含量最高，其次为PCB123、PCB156、PCB118、PCB77。

除了墨鱼内脏，其它生物体内d1-PCBs异构体浓度分布模式相似，**墨鱼内脏**中含有高浓度的**PCB189**。



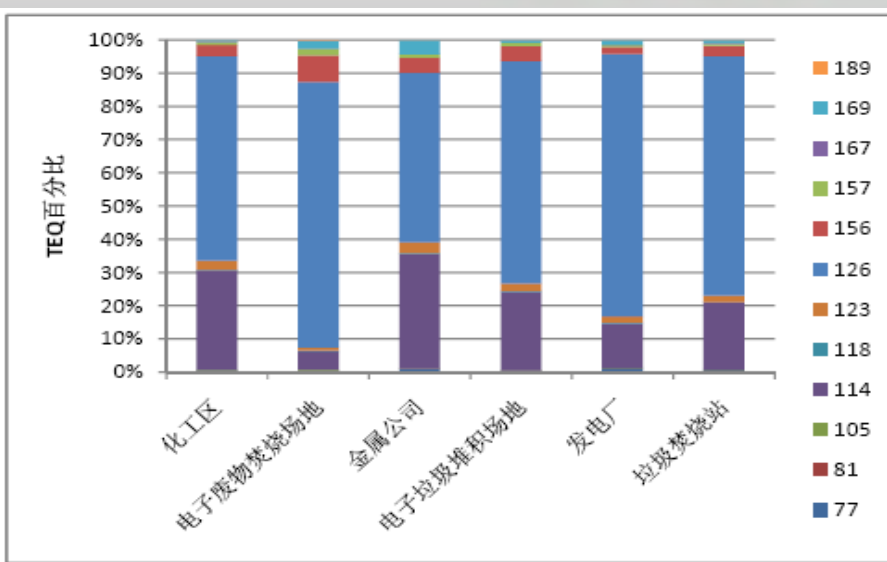
PCB126毒性当量最高，其次为PCB114，二者合并所占比例超过70%。

墨鱼内脏中六氯取代的**PCB169**毒性当量较高，墨鱼肉中PCB169毒性当量占总d1-PCBs的25%左右，而墨鱼内脏中这一比例高达66%。大陈黄鱼内脏中PCB169毒性当量也明显比肉中高。这可能由于内脏相对于肉更易于富集高氯代的PCB169。

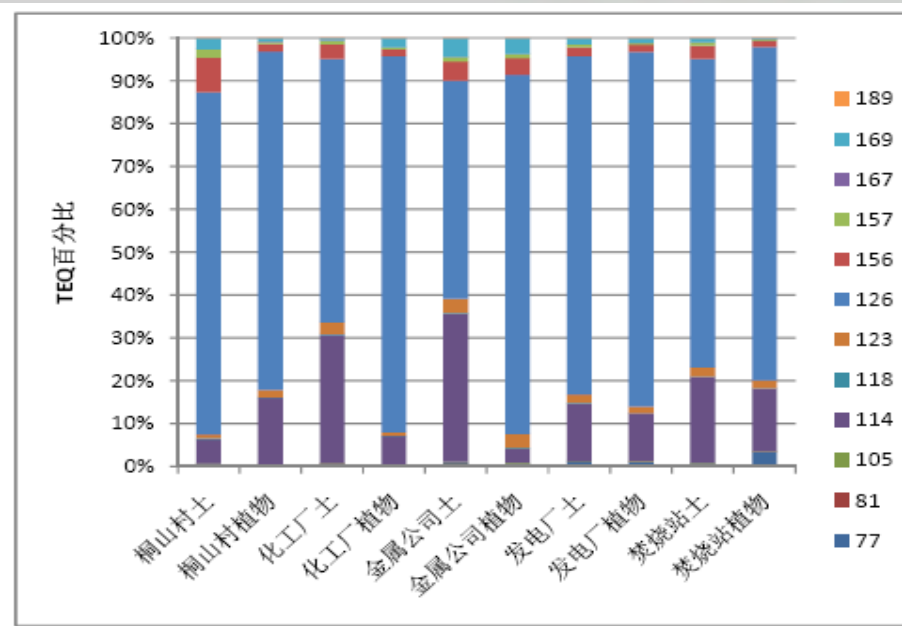
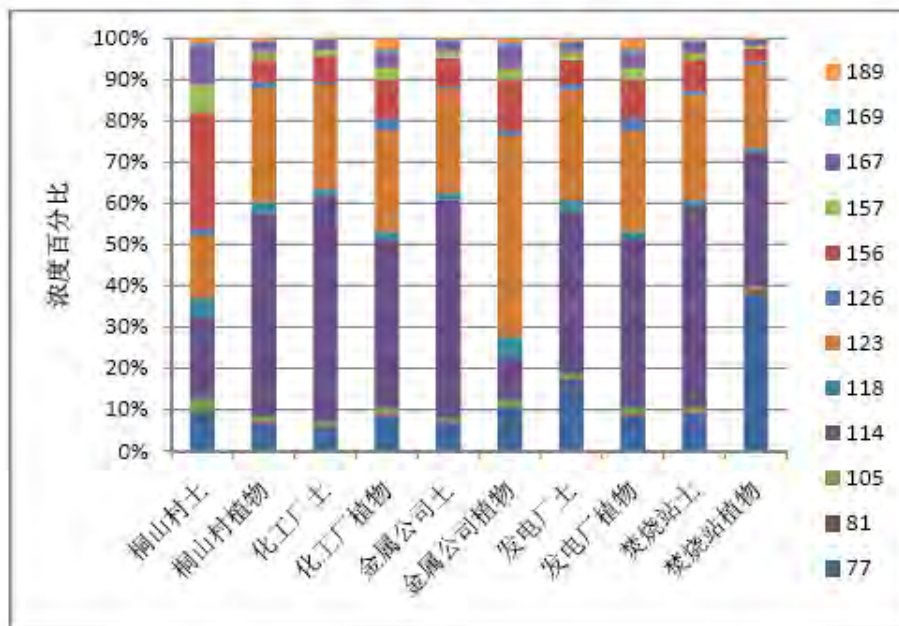


化工区、废旧金属加工处理公司、电子垃圾堆积地、发电厂以及生活垃圾焚烧场地的d1-PCBs异构体分布模式相似，以PCB114、PCB123为主，推断这5类功能区污染来源较一致。

电子垃圾焚烧场地土壤中含有较高浓度的六氯取代的PCB156和PCB167。

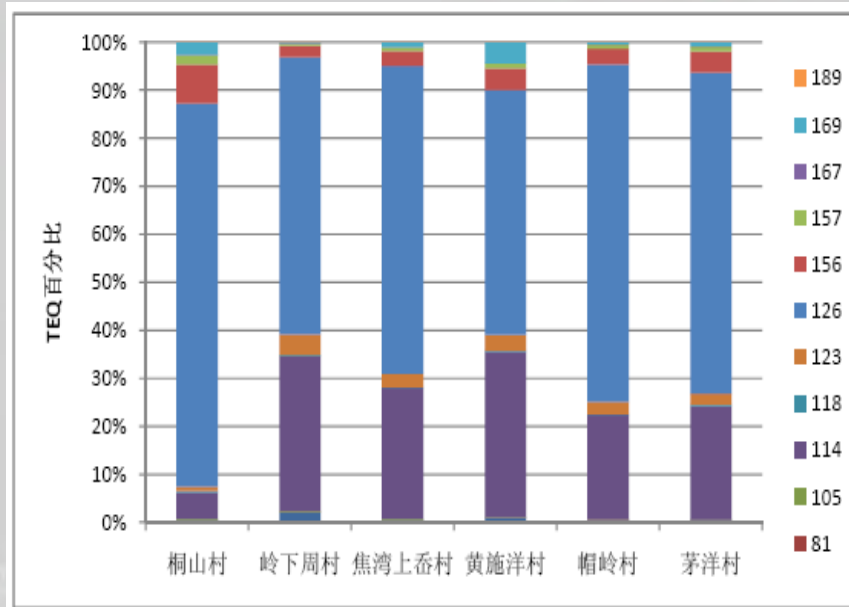
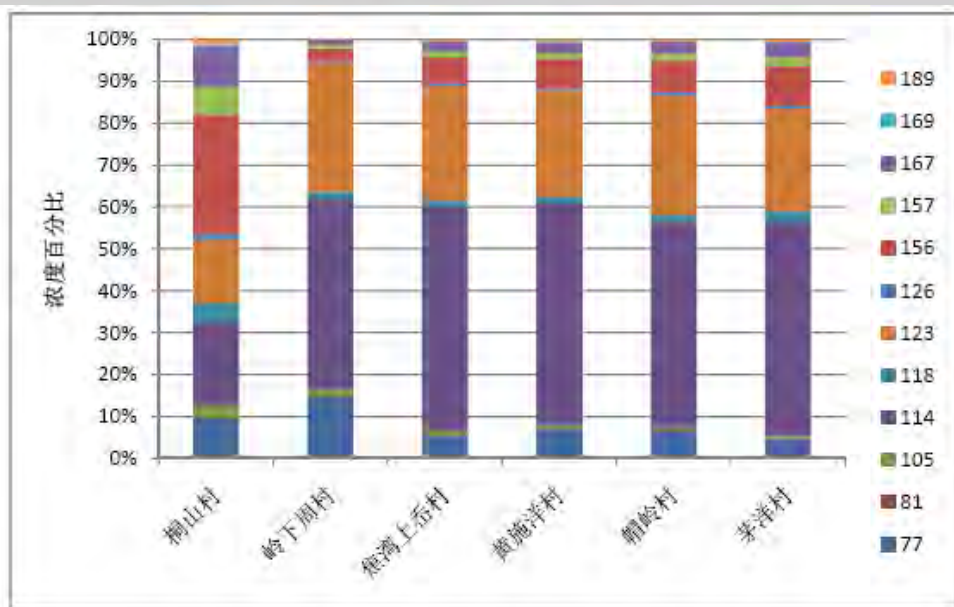


各功能区土壤中总d1-PCBs毒性当量以PCB126和PCB114贡献为主，分布模式基本相似。



桐山村电子垃圾焚烧场地土壤中PCB156以及黄岩生活垃圾焚烧站植物中的PCB77含量不同于其他样品。

对应植物和土壤样品的d1-PCBs的浓度和毒性当量分布模式比较一致（即d1-PCBs各异构体中以PCB114、PCB123为主，而毒性当量则以PCB126和PCB114贡献最大），较对应植物和土壤样品中PCDD/Fs的分布模式规律性强。

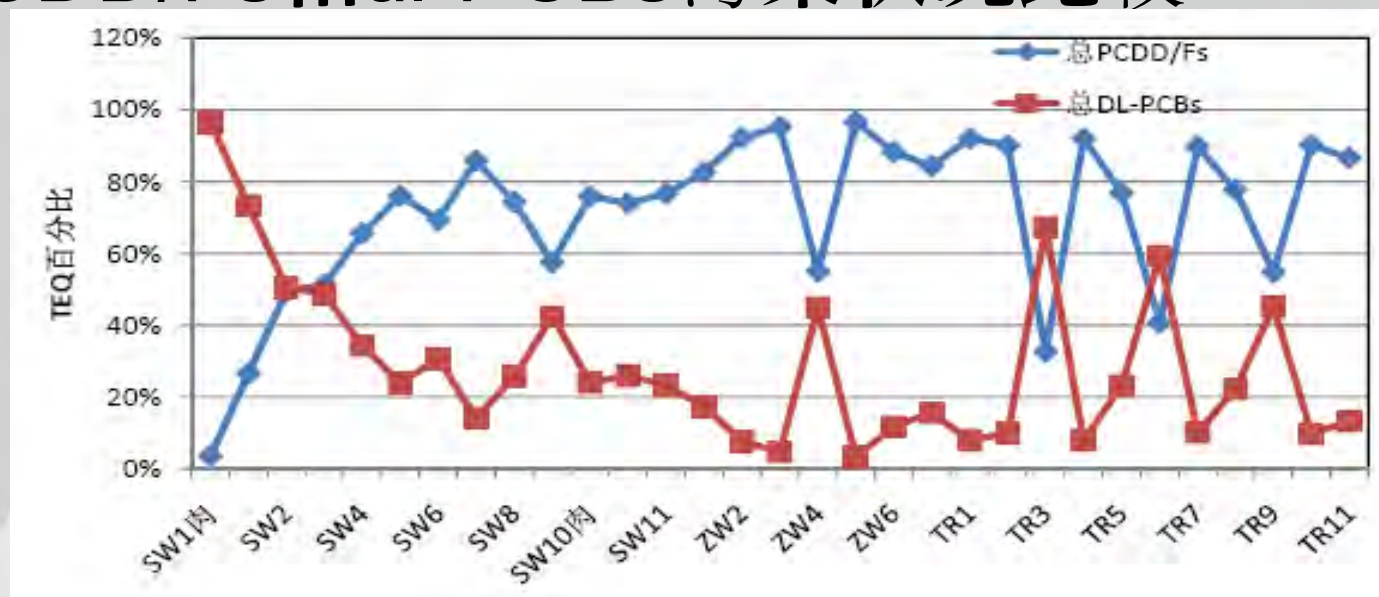


除了桐山村土壤中PCB156浓度比例和PCB126TEQ比例较其它自然村高以外，其它5个自然村的d1-PCBs的浓度和毒性当量分布模式比较相似。

结合温峤镇当地的电子拆解业的现状，桐山村的电子垃圾焚烧较多，而其它自然村则主要以电子垃圾回收处理为主。尽管同属于焚烧源，但由于焚烧物的成分不同，桐山村土壤的d1-PCBs的分布模式明显不同于其它自然村，而焦湾上岙村则与其它自然村相似。



PCDD/Fs和dl-PCBs污染状况比较



环境样品中PCDD/Fs的污染较dl-PCBs严重。当发现一个地区dl-PCBs明显比PCDD/Fs污染严重，应当注意调查该地区是否存在潜在的PCBs污染源。在加利福尼亚沿海一些鱼样品中dl-PCBs的毒性当量超过PCDD/Fs的2~5倍，被归因于异常高的PCBs污染（BROWN FR等，2006）。



北京大学
PEKING UNIVERSITY

提纲

研究背景、意义、内容和方法

研究进展

实验流程介绍

土壤、植物、生物中的PCDD/Fs

土壤、植物、生物中的dl-PCBs

PCDD/Fs和dl-PCBs的摄食暴露

结果与展望



提纲

研究背景、意义、内容和方法

研究进展

实验流程介绍

土壤、植物、生物中的PCDD/Fs

土壤、植物、生物中的dl-PCBs

PCDD/Fs和dl-PCBs的摄食暴露

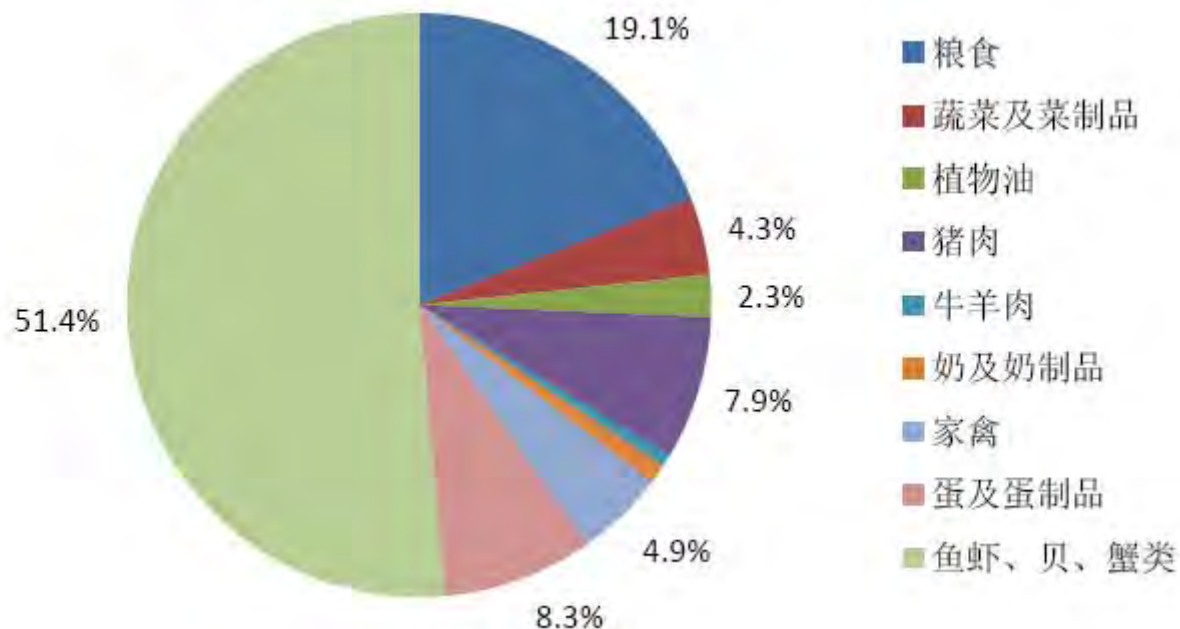
结果与展望



人体PCDD/Fs的摄入量

类型	人体日均摄入量 (pg WHO-TEQ /d)
粮食	9.28
蔬菜及菜制品	2.07
植物油	1.14
猪肉	3.86
牛羊肉	0.32
奶及奶制品	0.53
家禽	2.40
蛋及蛋制品	4.04
鱼虾、贝、蟹类	25.01
总计	48.65

PCDD/Fs和dl-PCBs的摄食暴露水平为0.81pg WHO-TEQ/(kg bw day)，低于WHO于1998年制定的人体每日摄取量标准（TDI）（1-4pg WHO-TEQ/(kg bw day)），不构成显著的风险。



鱼虾、蟹、贝类、粮食、蛋及蛋制品以及猪肉是台州地区人体摄食暴露的最重要途径。

芬兰、日本以及西班牙居民PCDD/Fs和dl-PCBs的饮食摄入都是以鱼虾类贡献最大，其中芬兰竟高达82.3%（Klviranta等，2004；Tomoaki等，2001；Juan M Llobet等，2003），而韩国则以蔬菜和谷物贡献最大（Kim等，2007），这主要与当地居民饮食习惯有关。



二. 台州地区土壤、植物和生物体中dl-PCBs污染水平和分布模式研究

- 台州地区土壤样品的dl-PCBs的平均浓度水平为222.00—158215.44pg/g，植物样品中为2159.78—48357.82pg/g，生物样品中为18.00—2937.8pg/g。这三类样品的PCDD/Fs的平均毒性当量则分别为0.20—278.75pg TEQ/g，2.54—74.16 pg TEQ/g，0.019—2.56 pg TEQ/g。
- 桐山村土壤中dl-PCBs的高毒性当量与电子垃圾焚烧有关。化工区土壤中dl-PCBs的毒性当量最小；植物样品中，dl-PCBs毒性当量呈现如下的次序：废旧金属加工处理>生活垃圾焚烧站>化工区>电子垃圾焚烧场地>发电厂；生物中dl-PCBs的污染水平明显比土壤和植物中低。肉和内脏中dl-PCBs的毒性当量差异没有PCDD/Fs显著。
- 土壤、植物和生物样品中dl-PCBs各异构体中，都是以PCB114浓度所占比例最高，其次是PCB123。土壤、植物以及生物样品中都是以PCB126毒性当量最高，其次为PCB114，这与毒性当量因子有关。土壤、植物样品中都是以低氯取代的dl-PCBs为主，这有别于PCDD/Fs。



- ❑ 化工区、废旧金属加工处理、电子垃圾堆积、发电厂以及生活垃圾焚烧的dl-PCBs异构体分布模式相似，这5类功能区土壤中dl-PCBs各异构体以PCB114、PCB123为主，推断这5类功能区污染源较一致。电子垃圾焚烧场地土壤中dl-PCBs各异构体分布模式不同于其它功能区，其土壤中含有较高浓度的六氯取代的PCB156和PCB167，推断这是电子垃圾焚烧产生dl-PCBs的特征之一。
- ❑ 同一地点对应的植物和土壤样品的dl-PCBs的浓度和毒性当量分布模式比较一致，较对应植物和土壤样品中PCDD/Fs的分布模式规律性强。
- ❑ 桐山村存在着较多的电子垃圾焚烧，而其它自然村则主要以电子垃圾回收处理为主，这与PCDD/Fs分布模式所得出的结论一致。
- ❑ 绝大部分样品中PCDD/Fs毒性当量都明显比dl-PCBs高，其中20个样品中PCDD/Fs的毒性当量占总毒性当量的70%以上，表明环境样品中PCDD/Fs的污染较dl-PCBs严重。
- ❑ 台州地区居民PCDD/Fs和dl-PCBs的摄食暴露水平为0.81pg WHO-TEQ/(kg bw day)，不构成显著的风险。鱼虾、蟹、贝类、粮食、蛋及蛋制品以及猪肉四类食品是台州地区人体摄食暴露的最重要途径。



展望

- 增加样本量，更为系统细致的选取采样点，从而能够更为准确的反映一个区域的整体污染状况；选择更多的生物内脏样品，并且可以考虑将不同的内脏分开进行测试研究，以期能够更为科学系统的研究生物体肉和内脏中PCDD/Fs和d1-PCBs污染的异同。
- 增加采集样品的类型。采集大气和沉降颗粒物样品，从而能够与土壤和植物样品进行比对，反映出不同环境介质的污染特征。采集台州地区当地人体血液、母乳或者头发样品，评估PCDD/Fs和d1-PCBs对人体影响状况。
- 本文是针对不同功能区PCDD/Fs和d1-PCBs分布模式进行了探索，但典型功能区土壤和植物中分布模式没有显示出显著的差异。可以在不同功能区排放源（例如化工区的废气排放口、垃圾焚烧炉的飞灰等）采集样品进行分析并探讨不同功能区排放源各自的PCDD/Fs和d1-PCBs分布模式的指纹特征。