



五年科技成果简介

1984—1988

北京市环境保护科学研究所

前 言

继《十年科研成果和论文选编（1973—1982）》和《1983年科研成果和论文选编》出版之后，将我所1984年至1988年10月期间经鉴定通过的主要研究成果和工程技术项目汇编成《五年科技成果简介》。本书按内容分为水污染防治、大气污染防治、环境化学分析、环境生物毒理、环境监测设备与仪表自动化、城市生态系统、生态农业系统、环境经济、环境影响评价与分析和水环境政策与管理十个部分，并将在此期间获奖科研成果与其它科技成果名单、硕士研究生论文摘要和出版的论文与著作列在附录中。本书除表达了我所在完成“六五”期间承担的国家科技攻关项目和重大科研项目的成就外，还反映了我所基本上已调整并发展成为包括环境科学研究和环境工程的试验、研制、设计、评价、安装与人员培训的研究—开发综合实体的面貌。由于成果简介篇幅有限，协作单位一般均未加以说明，而将主要协作单位或主要参加人员列在有关附录中。参加人员中凡未注明者均为我所工作人员或在参加该项工作期间曾在我所工作的同志，外单位同志（包括参加科技工作的人员、研究生导师和论文著作的合作者）均用“·”注明。本书中的错误和不足之处，望批评指正。

本书的编委会成员为：潘南鹏（主编）、邓培植（副主编）、林华庆（副主编）、徐树森、龙期泰、张忠祥、沈光范和李兴基。

北京市环境保护科学研究所

1988年11月

目 录

一、水污染防治	4
1、废水处理技术	4
2、污水再生与回用	11
3、废水处理设备	13
4、城市污水系统污染综合防治	15
5、废水处理工程	20
二、大气污染防治	34
1、燃煤排污控制	34
2、大气质量控制	35
3、集中供热的环境效益	37
4、汽车排污控制	38
5、飞机洞库可燃气体变化规律	38
三、环境化学分析	39
1、大气染污物	39
2、多环芳烃代谢	41
3、污水灌溉系统中有机物	42
4、土壤中有有机物	43
四、环境生物毒理	44
1、环境生态	44
2、生物毒理	44

五、环境监测设备与仪表	47
六、城市生态系统	50
七、生态农业系统	54
八、环境经济	59
1、环境预测	59
2、经济分析	61
九、环境影响评价与分析	64
1、环境影响评价	64
2、环境影响评价技术导则	66
十、水环境政策与管理	69
1、水资源管理	69
2、水污染防治	73
3、污水处理厂建设	75
4、污水排放标准	76
附录一 获奖科研成果	77
附录二 其它科技成果	86
附录三 硕士研究生论文摘要	89
附录四 论文与著作	97
英文目录	99

一、水 污 染 防 治

1、废水处理技术

超过滤处理EVA乳液废水 EVA乳液是乙烯—乙酸乙烯的共聚物，这种有机化工产品的应用范围较广。EVA乳液废水浓度高，我所在国内首次应用超过滤技术处理该废水。试验结果表明该工艺技术上可行，经济上合理。在EVA浓度为0.88%，COD为14700mg/l，工作压力为 $(24.5 \sim 29.4) \times 10^4 \text{ Pa}$ ($2.5 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$)，膜面流速为3—4m/s，废水水温为40℃时，膜的水通量可达到46.5l/m²h，COD的去除率为98%，对总固体的去除率可达97%以上。如将废水中的EVA缩至10%，膜的水通量为25l/m²h时，对COD和总固体的去除率均在99%以上。防止膜面的浓差极化现象是该项技术的应用关键，为此对膜的清洗方法进行了大量的试验，通过对清洗剂的筛选，并提出有关的清洗参数，试验结果表明膜的水通量可恢复至初始水通量水平的90%以上，膜的清洗效率表现了很好的重现性。采用超过滤法处理EVA乳液废水，同时还可回收乳液，有明显的经济效益。

超过滤回收洗毛废水中的羊毛脂 在毛纺行业洗毛工序排出的高浓度有机废水中，含有大量的悬浮物、羊毛脂、合成洗涤剂和可溶性固体等。羊毛脂是日用化工和制药工业的原料，同时也是很好的防腐剂和润滑剂，具有较高的经济价值。国内有的工厂虽采用离心

法提取洗毛废水中的羊毛脂，但羊毛脂的浓度低于1%时，提取效率仅有10—20%，洗进口羊毛时，尚可回收部分羊毛脂，而洗国产羊毛时，往往因含土量大，药槽中的羊毛脂难以累积到1%的浓度，因而废水中的羊毛脂均白白流失。我所吸取国内外处理洗毛废水的优点，结合超过滤技术，提出了一条洗毛废水处理新工艺，该工艺不仅可以较简便地从洗毛废水中回收羊毛脂，而且还可节约用水50%，减少排污量，同时改善了出水的可生物降解性。试验表明超过滤膜的水通量为40—80l/m²h时，具有较好的去除率：油脂>95%，COD为80—90%，SS>99%，总溶解固体为40—80%。

液膜法提取铜 液膜法回收电镀废水中的铜是一项新技术，我所进行了液膜法提取铜的条件试验和工艺试验。在条件试验中进行了液膜筛选、液膜制备、液膜提取、高压静电破乳等试验，得到了既能满足萃取要求，又易破乳的乳状液膜，铜的提取率在95—99%。在此基础上对电镀车间料液进行了工艺试验。结果表明用含C₄—烯烃共聚物(LMS--2)作表面活性剂、二—羟基—4—仲氧基二苯酮肟(N530)作载体，煤油为溶剂，盐酸作内相制成油包水乳状液膜，对含Cu²⁺100—500mg/l料液的提取率在90%以上，破乳液的内相Cu²⁺浓度为10000mg/l，可返回生产流程复用回收乳液再重新制膜，重复使用，不产生二次污染，具有较好的防治污染效果。初步的估算表明，处理1m³含铜废液（Cu²⁺浓度为500mg/l）可回收0.40—0.45kg铜。

上流式厌氧污泥床沼气发酵法处理酒精糟滤液 我所与山东酒精总厂在1981—1982年协作进行实验室研究，1984—1985年完成了中试研究。中试工艺流程见图1。

进水：COD20000—28000mg/l，SS710—2000mg/l，总溶解固体

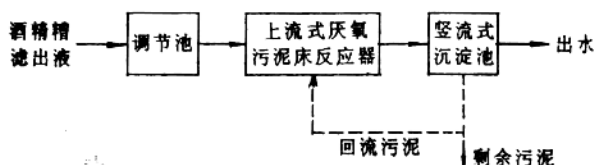


图1 酒精糟滤液处理工艺流程

10000—16000mg/l, pH4.3—5.0, 挥发酸1800—3400 mg/l, 温度38—41°C, 有机负荷21.6kgCOD/m³d, 水力停留时间0.86—1.32d。COD去除率90.9%, BOD去除率97.5%, 出水挥发酸含量约60mg/l。沼气产量: 11.8m³/m³d, 即每m³酒精糟液产沼气10—15m³, 含CH₄58—65%, 折合每去除1kgCOD产沼气0.58m³, 能源回收价值0.0174元/去除kgCOD。厌氧装置具有以下特点: (1)由自动控制定时仪进行自控脉冲进料; (2)气、液、泥三相分离装置结构性能良好, 分离效率高; (3)设置软性填料, 有利提高生物浓度。

上流式厌氧污泥床—射流曝气串联处理肉联厂废水中试 我所和北京市肉联厂于1983—1984年开展了采用上流式厌氧污泥床与射流曝气好氧生物处理的串联工艺处理含高浓度有机物的肉联厂废水的中试研究。厌氧处理是在温度约25°C下进行的。上流式厌氧污泥床内污泥浓度达2.5 g/l, 水力停留时间6—10小时, 有机负荷4kgCOD/m³d或0.15 kgCOD/kgSS·d, 好氧处理的水力停留时间为1小时, 有机负荷4.5kgCOD/m³d或0.9kgCOD/kgSSd, MLSS5g/l, 污泥回流比为100%。射流曝气压力12.7×10⁴Pa (1.3kg/cm²)。中试结果表明该工艺流程组合效果显著。COD去除率达94%, BOD去除率95%, 大肠杆菌去除率大于99.9%, 其中作为前处理的厌氧工艺COD与BOD的去除率大于71%。大肠杆菌去除率大于99%。采

用厌氧—好氧（射流曝气）组合工艺处理肉联废水技术可行，能耗较单纯好氧处理为低，并能回收生物能（ 0.2 m^3 沼气/ m^3 废水），运行费用也能降低。

糖蜜酒精废液厌氧—好氧生物处理中试 我所和福建省仙游糖厂协作对含高浓度有机物的糖蜜酒精废液进行试验研究。1983—1984年进行实验室试验，1986—1987年进行中试研究。厌氧处理采用上流式污泥床装置中试容积 21 m^3 ，原水pH值4.0—4.5，水温 36°C ，COD 130000 mg/l ，BOD 60000 mg/l ，SS 15000 mg/l 。中试时将COD调节至 $40000\text{--}46000\text{ mg/l}$ ，BOD $16000\text{--}21000\text{ mg/l}$ ，反应器有机负荷达 $10\text{ kg COD/m}^3\text{d}$ 或 $0.40\text{--}0.45\text{ kg COD/kgvs}\cdot\text{d}$ 。厌氧处理后COD的去除率为70—75%，沼气产量为 $40\text{--}50\text{ m}^3/\text{m}^3$ 废水。好氧处理采用普通曝气池，容积 10 m^3 。进水COD $3500\text{--}4500\text{ mg/l}$ ，经曝气14小时后，去除率达45%。厌氧—好氧组合系统的去除效率，CDD为83—87%，BOD为98%，出水pH值7.8。建议处理工艺流程见图2。

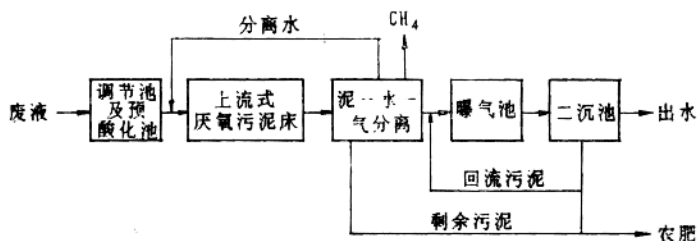


图2 糖蜜酒精废液处理工艺流程

该组合系统有以下工艺特点：污泥床装置内增设薄层填料，促进污泥自身絮凝和颗粒化，防止污泥膨胀和流失，泥、水、气三相分离好，运行稳定。

PTA(精对苯二甲酸) 废水处理 采用了物化法废水预处理和

厌氧—好氧处理的综合工艺流程。PTA生产装置系从联邦德国及美国引进技术和成套设备，排出废水中含高浓度难降解有机污染物，由我所对废水处理进行了小试和中试。小试配制的原废水COD 12000-15000mg/l，pH值3.5，经预处理及厌氧—好氧生物处理，出水COD在400mg/l以下，pH值6-9，全流程水力停留时间65小时，废水经8小时沉淀，COD降至5000-7000mg/l，pH值在3.5左右，TA(对苯二甲酸)从2500-5500mg/l降至100—500mg/l，平均去除率>90%。厌氧处理采用上流式厌氧污泥床，出水为COD800—1200mg/l，平均1000mg/l，有机负荷6.0kgCOD/m³d，COD去除率达80%以上，水力停留时间24小时，沼气产率0.48m³/去除kg COD，含CH₄71%。好氧处理采用推流式曝气池与生物接触氧化池串联工艺。出水COD为215-334mg/l，小于预期目标400mg/l。有机负荷1.08kgCOD/m³d，COD去除率70-80%，出水TA60-80mg/l，去除率达60-70%。中试装置的处理能力为50 m³/d，其中厌氧装置的容积为20 m³。中试结果表明，采用预处理—厌氧—好氧处理工艺流程，可对PTA废水进行有效处理。中试运行稳定，达到预期要求，为生产性处理系统和装置提供了技术依据和设计参数，也为今后的运行管理积累了经验。

城市污水水解（酸化）—好氧生物处理工艺 我所在1982年研究“城市污水低能耗工艺”时，利用厌氧发酵第一阶段的水解发酵，开发了水解（酸化）池工艺，以水解池代替了初次沉淀池。继后，我所在北京市市政工程处城市污水处理管理研究所协作下开展了“城市污水水解—（酸化—）好氧生物处理工艺的研究”，并在北京高碑店污水处理厂进行了中试研究。处理工艺流程见图3。该工艺的特点为：（1）以水解反应器代替初沉池。在相同水力停留时间情况

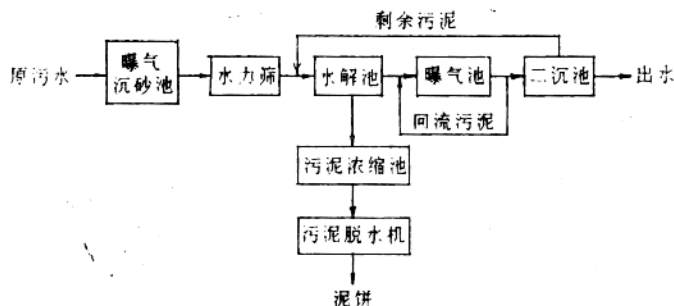


图3 城市污水水解—好氧生物处理工艺流程

下，COD去除率为43.5%，BOD去除率为32.5%，SS去除率为83.6%。有机物和蛔虫卵的去除率明显高于传统的初沉池；（2）水解反应器对SS去除率达80%以上。在水解菌作用下，可将去除的SS的43%水解成可溶解性物质，SS中有机物降解率为69%，污泥沉降性能、卫生学指标和脱水性能均不低于消化污泥的指标，污泥量可减少28%；（3）污水中有机物经水解后可生物降解性有所提高，使后续的好氧生物处理的水力停留时间可降至4小时。气水比降至3.8:1；（4）在曝气池首部设置填料能有效地控制污泥膨胀。这种新工艺与传统工艺相比较，基建投资、电耗及运行费用分别可节省三分之一左右，具有明显的环境、经济和社会效益。

水解池—氧化塘处理工艺 在研究和应用氧化塘的实践中，针对氧化塘存在的占地面积大和污泥淤积严重两个问题进行研究，提出了将水解池和氧化塘结合使用，并使工艺系统优化，以提高氧化塘降解效率并减少污泥淤积。研究表明：（1）该系统综合了水解池和氧化塘的各自优点，降解效率高，水力停留时间可缩短，占地面积可以减小；（2）用水解池控制进塘悬浮物，并抑制塘中藻的生长，大大减轻了污泥淤积问题；（3）采用多种类型水生植物塘的

组合系统，其中尤以凤眼莲对污染物去除率高于菌藻塘，但溶解氧低于菌藻塘，因此在组合中最后一塘仍采用水生植物覆盖，可抑制藻类生长，减少出水中悬浮物。中试研究是在北京市市政工程管理处城市污水处理管理研究所协作下在北京高碑店污水处理厂的中试厂进行的。工艺流程见图4。试验期间进水COD为500mg/l，BOD

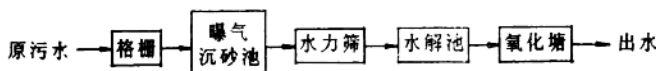


图4 水解池—氧化塘处理工艺流程

为200mg/l，SS为210mg/l，该系统对COD、BOD和SS的平均去除率分别为92%、81%和95%。对氮、磷、生物性污染物（粪便大肠菌、沙门氏菌、蛔虫卵和病毒等）以及一些大分子难降解物质（如卤代烃、芳香化合物）都有较好的去除效果。当平均水温高于15℃，平均气温高于5℃时，试验结果表明在相同水质、水量条件下，水解池—氧化塘系统比初沉池—氧化塘系统，水力停留时间可减少50%以上，占地面积可减少50%以上，氧化塘中污泥蓄积速度可减少50%以上，基建投资可降低47%，运行费用可降低36%。

城市污水灌溉农田的处理方案 该研究对高碑店城市污水进行了多种技术方案的试验与比较，如：城市污水经沉砂池处理后直接过滤（轻质滤料滤池）；初沉池出水过滤；二沉池出水混凝过滤；初沉池出水混凝过滤。此外，还结合“处理—回用”系统进行了初步的经济、技术与工程分析。试验结果认为：采用比重小于1的轻质人工合成滤料，具有过滤效果好，易清洗，耐磨损等优点。采用沉砂—过滤处理工艺流程，比传统初沉池大大缩短水力停留时间（为沉淀池的八分之一），可节省工程投资，出水能达到农业灌溉标准。

2、污水再生与回用

住宅小区中水道试点工程 该工程以本所住宅小区的生活污水作为原污水，经过净化处理后回用于小区和本所冲洗厕所、浇灌绿地和冲洗汽车。

该工程处理污水量为 $120\text{m}^3/\text{d}$ ，处理工艺流程见图5。

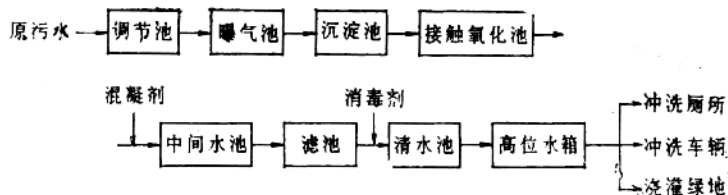


图5 污水回用系统水处理工艺流程

该污水回用系统自1985年5月正式投入使用以来，经3年多的运转表明：在住宅小区设置中水道系统在技术上是可行的，处理出水符合杂用水使用要求。水质清澈透明，无味无嗅，其卫生学指标符合标准，处理效果与卫生学检验结果见表1和表2。

表1 污水回用系统水处理效果

水质项目 \ 水质指标	BOD	COD	SS
原水(mg/l)	281	537	196
回用水(mg/l)	6.9	43	8.1
去除率(%)	97.5	92	95.9

表2 回用水卫生学检验指标

水质项目	卫生学指标	大肠杆菌群数 (个/l)	细菌总数 (个/ml)	余氯 (mg/l)
原水		$>23.8 \times 10^{13}$	$>52 \times 10^{10}$	—
回用水		未检出	19	0.4
自来水		<3	<100	<0.05

该中水道制水成本包括电费、药品费、人工工资和维修费等，合计为0.13元/m³，低于现行企事业单位自来水价格。通过实测资料统计，在住宅小区建设中水道系统的节水率可达30%左右。

北京市城市污水资源化的途径及预测 该课题通过对北京市城市污水利用现况的调查，结合今后发展规划，提出了污水资源化的途径与规划预测。

该研究认为，由于目前北京市农业长期处于灌溉用水不足的状态，同时考虑到农业灌溉需水量大，且水质要求较生活用水、工业用水为低。一般经一级或一级半处理后即可满足灌溉水质要求。因此，将处理后的城市污理灌溉农田是当前解决灌溉用水不足和实现污水资源化的主要途径。对于今后逐步发展的二级处理，其出水应首先考虑回用于工业，用作中水，补充河湖或回用于养殖水生作物及鱼类等。

该课题在进行调查研究基础上，结合北京市各区县的具体情况，提出了1990-2000年污水资源化的可行方案，详见表3。

表3 1990—2000年北京市污水资源化可行方案

区 域		污水处理量($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)及处理水平				污 水 回 用 量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	
		1990年		1991—2000年		1990年	1991— 2000年
		一级处理	二级处理	一级处理	二级处理		
西 郊		22	25	26	25	40.4	43.2
东 郊			25	50	50	25	100
南 郊				25			17.5
城近郊区合计		22	50	101	75	65.4	160.7
部分远郊区县			7.5		18	7.5	18
全市 合计	$10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	22	57.5	101	93	72.9	178.7
	$10^4 \text{ m}^3/\text{年}$	0.8	2.1	3.69	3.39	2.66	6.52

3、废水处理设备

QZH—700型倾斜转筒过滤机 在国内外现有设备的基础上,结合我国国情试制了新型固液分离设备QZH—700型倾斜转筒过滤机。该机采用远距离控制,并具有以下特点:(1)耗电少,处理能力大,转筒倾角和筛滤网目可根据过滤介质的需要调整;(2)配有反冲洗系统,可连续工作;(3)排污物含水率低,便于运输;(4)操作方便。维修简单,占地面积小,运转费用低。

目前该机已在国内许多地方推广应用,其主要用途如下:(1)回收处理介质中有用的固体和悬浮物,国内现有十余家啤酒厂将该滤机用于啤酒生产的麦糟脱水工艺;(2)作为污水的一级处理,其作用是截留污水中的悬浮固体,减轻二级处理设备的负担,并可防止因过多的悬浮固体引起的设备堵塞。

该机在各地应用后,效果良好,现已由环境保护设备厂家批量生产,材质有普通钢及不锈钢两种,主要技术参数见表4。

表4 QZH系列主要技术参数

项 目 型 号	QZH—700	QZH—600	QZH—500
最大过滤能力(m ³ /h)	150	100	50
过滤面积(m ²)	6.2	5.4	3.1
规格(长×宽×高) (mm)	4200×1000×1900	4200×800×1850	3200×700×1800
滤筒转速(r/min)	12	12	12
电机功率(kW)	0.8	0.8	0.6
$\frac{\text{反冲洗水量}}{\text{处理水量}} \times 100$ (%)	< 5	< 5	< 5
重量(kg)	1500	1000	800
水头损失(m)	< 1	< 0.3	< 0.6

BW—C型微波再生活性炭装置 该装置是我所近年来开发的一种高效、节能、自动化的小型活性炭再生设备。该设备由炉体、电源和自控三部分组成。整个工作过程采用专用计算机系统控制。具有运行平稳、工作可靠、抗干扰性能强、操作简单、维修方便等特点。可广泛应用于医药、化工、农药、食品等行业及给水和排水活性炭再生。主要技术参数如下：(1)炉内温度：400—500℃可调；(2)再生炭量：20—35kg/h可调；(3)再生损失：<3%；(4)进炉炭含水率：<30%；(5)再生炭电耗：<0.5kWh/kg；(6)上料间隔时间：60min；(7)微波场外炭层温度：150—350℃；(8)电源：380V，50Hz，三相交流电；(9)出料电机功率：0.75kW；(10)尾气电动机功率：0.35kW；(11)占地面积：4 m²。

4、城市污水系统污染综合防治

高碑店污水系统污染源调查及控制方案 该系统的流域面积为 125km^2 ，为北京市最大的城市污水系统，内有工厂1000多个，目前污水流量已达 $50 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。课题的研究内容是：调查近年来城市工业污染源（包括医院污水）污水分散治理的效果及主要污染物流失的现状，确定本系统污水中重金属、有机化学毒物、病原微生物和常规污染物负荷在分散处理与集中处理之间的合理分配，寻求经济、有效可行的污染控制方案。课题提出了对一般工厂、一般医院与重点工厂、重点医院污水的不同控制程度的要求；采用了经济效益分析，线性规划求解和典型工厂治理工艺选择分析相结合的方式研究了BOD、COD、SS负荷在工厂内部预处理和城市污水厂内集中处理的合理分担率。

高碑店污水系统重金属污染 该专题研究了下列内容：（1）高碑店污水处理厂污水和污泥中重金属的含量；（2）高碑店污水灌溉区重金属的污染状况；（3）污水灌溉后重金属在作物可食部分的积累情况；（4）污水中重金属在某些水生生物中的富集情况；（5）污水灌溉区学生头发中某些金属元素的积累情况；（6）污水灌溉对地下水重金属含量的影响。研究的结论认为：（1）从污水灌溉水中重金属含量观察，近两年来经常未检出铅、砷，含镉量也较低，重金属含量有明显下降的趋势，均低于我国农业灌溉水质标准中规定的最高允许含量。地下水中重金属含量均未超过标准，说明未造成地下水的重金属污染。（2）污水污泥中含镉量，1979年时为 20.3mg/kg ，1985年则降到 0.83mg/kg ，降低约95%，含汞量已下降到 5.26mg/kg ，降低近90%，铬、锌含量亦有所下降，这证明本市从主要污染源

根治重金属是十分有效的,但铜含量增大了近一倍,达8.48mg/kg,应予以注意。(3)农田土壤中金属汞、铅、镉、砷含量与东南郊相比,有所降低,但铜略有增加。(4)污水灌溉区小麦、大米、玉米、蔬菜及人发中的重金属含量均在正常值范围以内,重金属的污染不明显。

高碑店污水系统污染综合防治 该项课题针对高碑店污水系统进行了多学科、多层次的研究,并取得下述重要成果:(1)对污染物进行了分类,对它们的来源、性质、迁移途径和危害做了大量的试验研究,提出了有机毒物控制规划及处理工程方案。(2)进行了工业污染源分散治理与城市污水集中处理的效益分析、含重金属工业废水厂内治理的试点研究及医院污水的调查研究,并提出了医院污水和工业废水预处理及其排入下水道标准的建议。(3)调查研究了污水灌溉对土壤、作物、地下水、环境卫生和人体健康的影响。提出了减轻不良影响的人工调控措施和建立污水土地处理利用的良性生态循环模式。(4)进行了污水过滤、污泥高温堆肥、土壤快速渗滤与慢速渗滤、地表漫流等小型和中间扩大试验。地表漫流与慢速渗滤的研究成果已为实际工程所采用,效益显著。(5)提出了高碑店污水系统综合防治方案,其中包括污染源控制、污水截留、污水集中处理、土地处理与利用、地表水还清、保护土壤、作物和地下水的工程措施等。

高碑店污水土地处理系统 污水土地处理是一种古老的城市污水处理与利用的方法。近年由于对“环境—经济—资源”关系问题的认识不断深入和在理论上的发展,污水土地处理的研究和应用在世界范围内受到了广泛的重视。当前有关污水土地处理的工艺试验研究尚不多见,迫切需要以高的理论水平为基础,大力开发优化经