

建筑工程情报资料

第8309号

内部资料

# 电解法处理电镀含铬废水与 生活污水水质测定报告

中国建筑科学研究院建筑情报研究所

一九八三年五月

# 前 言

本资料由《电解法处理电镀含铬废水》和《生活污水水质测定报告》两部分组成。

《电解法处理电镀含铬废水》是原国家建委下达的重点项目，由室外给水排水设计规范管理组邀请有关单位组成专题组，经历近四年的实地调查测定和分析大量国内外资料后得出的研究成果，并于1982年9月进行了鉴定。成果中较全面地总结了国内外电解法处理含铬废水的经验，系统地研究了双极式串联电解法装置，提出了一些具有应用价值的参数和观点，可供城乡环保和电镀行业有关科技人员参考。

参加《电解法处理电镀含铬废水》专题组的主要成员有：航空工业部第四规划设计研究院范懋功、刘又新；上海市政工程设计院陈锦焕；北京市市政设计院张秉镛；中国船舶工业总公司第九设计研究院王逸炯；湖北工业建筑设计院李国齐、邹度；轻工业部上海轻工业设计院何国舫等同志。

《生活污水水质测定报告》是室外给水排水规范管理组组织全国七个城市，历时两年，在8个测点、16万服务人口的生活污水中，连续测得3900多个数据的基础上编写而成的。为今后城市污水处理厂的设计与运行，较系统的提供了第一批国内资料。可供市政、环保和污水处理厂有关技术人员参考。

参加《生活污水水质测定》专题组的单位有：上海市城市排水管理处（专题组长）、西安市市政工程管理处（专题组长）、北京市市政工程管理处、青岛市市政工程管理处、成都市养护管理处、成都市市政设计处、长沙市城建科学研究所、长沙市城市规划设计院、长沙市截污工程指挥部和石家庄市市政养护管理处等。

室外给水排水设计规范管理组  
中国建筑科学研究院建筑情报研究所

一九八三年一月

# 目 录

## 电解法处理电镀含铬废水

- 一、原理及流程····· ( 1 )
- 二、调节池容量的确定····· ( 1 )
- 三、电解····· ( 2 )
- 四、污泥分离····· ( 7 )
- 五、污泥脱水、处置和利用····· ( 7 )
- 六、经济分析····· ( 8 )
- 七、结论····· ( 9 )

## 生活污水水质测定报告

- 一、测点的选择····· ( 10 )
- 二、污水量的测定····· ( 10 )
- 三、人口统计····· ( 10 )
- 四、BOD<sub>5</sub>及SS的测定方法····· ( 12 )
- 五、人粪尿 BOD<sub>5</sub>及SS的测定····· ( 14 )
- 六、建议····· ( 15 )

附录一 北京、西安、青岛、上海等测点服务区域示意图····· ( 17 )

附录二 北京、西安、青岛、上海等测点的 BOD<sub>5</sub>和 SS的  
月平均、季平均和年平均数····· ( 19 )

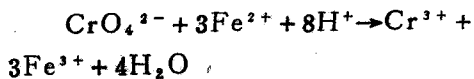
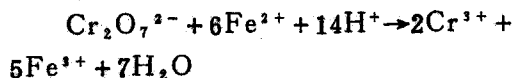
附录三 国内外部分 BOD<sub>5</sub>与 SS数据资料····· ( 12 )

# 电解法处理电镀含铬废水

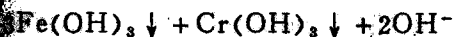
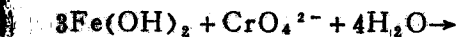
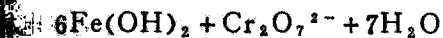
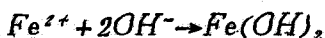
我国从1964年开始采用电解法处理电镀含铬废水以来已积累了较成熟的经验。电解法处理含铬废水适用范围较广，可处理镀铬、钝化、填充、酸洗、铬酸阳极化等各种电镀含铬废水，处理效果稳定可靠，能达到国家排放标准，操作管理简单方便，但要消耗电能和钢材，产生的污泥要进行处置。

## 一、原理及流程<sup>[1,11]</sup>

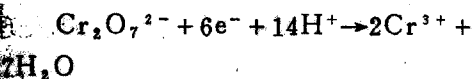
在直流电作用下，铁阳极不断溶解，产生的亚铁离子能在酸性条件下将六价铬还原成三价铬。



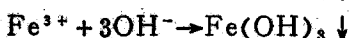
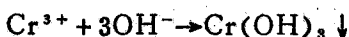
在弱碱性和中性介质中



同时，在阴极上六价铬直接还原为三价铬。



由于在电解过程中要消耗氢离子，水中余留的氢氧根离子将使溶液从酸性转变为碱性，并生成稳定的氢氧化物沉淀。



实践证明，阳极溶解产生的亚铁离子是

使六价铬还原为三价铬的主要因素，而阴极直接还原为三价铬的作用很弱。

## 处理流程

要处理的电镀含铬废水先流入调节池，然后进入电解槽，在电解槽中六价铬被还原成三价铬，电解后的废水进入固液分离装置，除去氢氧化铬和氢氧化铁。澄清后的水在有条件时应尽量回用。污泥经脱水后进行处置或利用。

## 二、调节池容量的确定

国内一些工厂电解除铬调节池采用的有效容积如表1。

表 1

厂 名	调节池有效容积 (小时平均流量的倍数)
第十五冶金公司五七机电厂 (现改名为长沙钢材压延电镀厂)	4
上海电机厂	4
上海医疗器械电镀厂	4
上海奉城电镀厂	6
上海7424厂	12
国营462厂	8
武汉仪表厂	1 (偏小)
北京照相机厂	5~7
九院建议	不小于1小时最大流量和1小时平均流量之和
北京市政院建议	2~2.5 (平均流量小于5米 <sup>3</sup> /时) 1~1.5 (平均流量大于5米 <sup>3</sup> /时)

湖北工业建筑设计院建议，调节池宜设计成2格。

根据管理经验，调节池的容积至少要容纳2小时的平均废水量<sup>[2]</sup>。另外据苏联资料介绍<sup>[9]</sup>，调节池容量也采用2小时平均废水量，因此调节池的有效容积一般按不小

于2小时的平均流量计算。

### 三、电 解

电解除铬的电解槽一般采用双极式串联电解槽。所谓双极就是在电解溶液中，与电源联接的阳极和阴极之间，插入导体（如金属或石墨），当通过直流电时，导体与电解质接触界面上发生电极反应，电流从阳极流出而进入阴极，电流流出的地方发生阳极反应，电流流入的地方发生阴极反应。这种阴阳两极的反应发生在同一金属上的现象称为双性电极现象。

#### （一）废水的pH值

根据测定，电解前后废水的pH值如表2。

表 2

厂 名	pH 值	
	电解前	电解后
上海7424厂	<6.5	7~7.4
上海医疗器械电镀厂	5~5.5	6.5~7
长沙十五冶建公司五七机电厂	4.9~5.4	5.7~6.9
武汉仪表厂	3~6	5~7.5
沪东造船厂	5.5~6	6.5~8
武汉邮电535厂	6	7
武汉电子仪器厂	6	7

国外资料介绍，电解后含铬废水pH值的提高程度与电解前废水中 $Cr^{6+}$ 浓度和废水中离子组份有关， $Cr^{6+}$ 浓度越大，pH值提高得越多，一般电解后pH值提高1~4单位。根据经验提出，当原水中 $Cr^{6+}$ 浓度在20毫克/升以下时，如原水pH值在4.5~5范围内，电解后废水的pH值大于6， $Cr(OH)_3$ 沉淀较为完全。<sup>[8]</sup>

实践经验表明，原水pH值低，虽对电解有利，但对氢氧化物的沉淀不利。一般机械工厂电镀含铬废水的pH值为4~6.5，电解后为6~8，因此电解一般不需调整废水的pH值。

#### （二）极距

国内一些工厂电解除铬装置电解槽的极

距如表3。

表 3

厂 名	极距(净距) (毫米)
武汉仪表厂产品GJH-01型	10
湖北电影机械厂产品HB-YYH-1型	5
上海7424厂	10
上海医疗器械电镀厂	10
长沙十五冶建公司五七机电厂	12
上海奉城电镀厂(铁屑电极)	10
北京照相机厂	20

在国外，苏联采用6~10毫米<sup>[8]</sup>，日本采用10毫米。

减少极板间净距能降低极板间的电阻，使电能消耗降低，并可不加食盐。但考虑到安装极板的方便，极距(净距)可采用10毫米。

#### （三）阳极钝化和极板消耗

在一定条件下，由于铬酸根和磷酸根的作用，电解含铬废水时，铁阳极表面会产生钝化现象<sup>[8]</sup>，使铁板电化学溶解速度迅速降低，从而降低除铬效率。

阳极钝化的机理有二：1、薄膜理论认为，由于极板表面生成金属氧化物薄膜，使金属电极从活化状态转变为钝化状态。2、吸附理论认为，氧或氧化物吸附在金属电极上是钝化的主要原因。根据薄膜理论和吸附理论，可能是由于金属表面的物理吸附和化学吸附现象阻止金属溶解<sup>[3,7]</sup>。

苏联根据经验规定，当废水中 $Cr^{6+}$ 起始浓度 $\leq 100$ 毫克/升，废水中没有 $NO_3^-$ 、 $PO_4^{3-}$ 等引起阳极表面钝化离子，而且处理

前水中  $\frac{[SO_4^{2-}] + [Cl^-]}{[Cr^{6+}]} \geq 1$ ，或  $[Cl^-] : [Cr^{6+}] \geq 1$ ，阳极不会产生钝化现象，当原水中 $Cr^{6+}$ 起始浓度 $> 100$ 毫克/升时，为了防止铁阳极钝化，待处理废水中 $Cl^-$ 浓度与 $Cr^{6+}$ 浓度之比应 $\geq 1:1$ <sup>[8]</sup>

上海某些工厂的经验表明，小极距双极串联电解槽的阳极钝化现象，并不十分显

著。

避免阳极钝化，除采用电流换向、投加食盐、降低pH值等措施外，还可以提高电极间的水流速度，使雷诺数  $Re$  约为4400来实现。苏联资料介绍，电极间的水流速度  $\geq 0.03$ 米/秒，可使水流处于紊流状态<sup>[8]</sup>。

耗铁量主要与电解历时，pH、盐浓度和阳极电位有关<sup>[4]</sup>。

根据武汉仪表厂的运转情况，当含铬废水中  $Cr^{6+}$  浓度为50毫克/升，pH为3~6时，铁极板的消耗大约为铁：六价铬 = 4~4.5：1。但据国外资料介绍，当最佳pH值为3~5， $Cr^{6+}$  浓度为50~100毫克/升时，铁极板消耗量为铁： $Cr^{6+}$ （重量比）= 2~2.5：1，低于理论值<sup>[8:11]</sup>。

铁电极的消耗量还与实际操作条件有关，如电解时所采用的电流密度过高，电解历时太短，则极板消耗量增加，当电解槽停止运转时，槽中水放空后未浸泡清水，导致极板氧化也会增加耗铁量。极板的利用系数与铁板的厚度有关，一般为0.6~0.9。

#### （四）电流换向

为了避免阳极钝化，电解槽的电极电路一般按两极换向设计，电极换向除能减少钝化作用外，还可使极板均匀消耗。

国内一些含铬废水电解槽，如上海电机厂，上海医疗器械电镀厂，上海7424厂，北京照相机厂都有换向装置或换向措施；湖北电影机械厂和武汉环境保护设备厂生产的电解除铬设备也都有换向装置。上海电机厂每周换向一次，上海7424厂每隔2~3天换向一次。苏联资料介绍，为了防止电极的钝化，可以采用改变极性的办法，试验表明，极性的变换以每15分钟一次最为适宜<sup>[6]</sup>，也有采用每隔30~60分钟手动或自动换向一次<sup>[8]</sup>。

电极换向间隔时间可按废水中含铬浓度，极板布置情况，是否投加食盐等具体情况确定。

#### （五）投加食盐

电解除铬时，在水中投加食盐能增加水的电导率，使电压降低，电能消耗亦相应减少，食盐中氯离子还可以活化铁阳极，减少钝化。当废水成份复杂时，铁阳极极易钝化，电流换向效果不好，投加适量食盐可取得一定效果。但投加食盐后水中氯离子增多，不利于水的回用。

试验表明，当食盐投加量超过0.5克/升时，减少电能消耗的作用不太明显。国内一些工厂的电解除铬装置，如上海医疗器械电镀厂，上海7424厂都不加食盐。湖北电影机械厂和武汉市环境保护设备厂生产的电解除铬设备也不加食盐。据国外资料报道<sup>[8]</sup>，如含铬废水中含盐量  $< 0.3$ 克/升时需投加食盐。

根据上述情况，是否投加食盐应进行技术经济比较确定，投加量一般按0.5克/升计算。

#### （六）空气搅拌

电解槽用空气搅拌可减少电解过程中的浓差极化，还可以防止电解槽内积泥，但废水中的溶解氧要氧化一部分亚铁离子从而降低电解效率，增加耗电量。我国武汉仪表厂、湖北电影机械厂、武汉市环境保护设备厂生产的电解除铬设备都不加压缩空气搅拌。但为了操作管理方便，也可设空气搅拌装置，以便必要时使用。

#### （七）单位耗电量

为了保证除铬效果，必须供给足够的电量，还原一克铬所需的耗电量  $K$ ，理论上为3.09安培小时<sup>[3]</sup>。但在实际生产或试验中，由于副反应消耗的电量 and 电解槽漏电量， $K$ 值往往大于理论值。各单位试验求得和生产测定的  $K$  值见表4。

由于铁屑表面积大，通过化学溶解进入水中的  $Fe^{2+}$  较多，因此上海奉城电镀厂测定的  $K$  值低于理论值。

上海医疗器械电镀厂生产测定中发现，

表 4

数 据 来 源	K值(安培小时)
清华大学试验[1]	4.0~5.5
四院试验	3.8~4.0
武汉仪表厂产品(GJH-01型)测定	3.7~4
上海电机厂[2]	4.2
九院试验	3.9~5.5
上海7424厂测定	3.2~4.2
湖北电影机械厂产品HB-YYH-1型测定	4~5
上海医疗器械电镀厂测定[注]	5.6
北京照相机厂测定	4.4~5.7
武汉仪表厂生产试验(铁屑电极)	3.5~4
上海奉城电镀厂测定(铁屑电极)	2.42

注：原水浓度平均为65毫克/升时的平均值。

废水中六价铬浓度达200~370毫克/升时的K值约为1.7，比低浓度时小。苏联的研究成果证明：原水含铬浓度增加，则还原每单位重量的铬所消耗的电量降低<sup>[4]</sup>。

试验及生产实践证明，食盐投量对K值并无影响。

K值与电解槽特性、废水性质等因素有关，应通过试验确定。在缺乏试验资料时，废水中含Cr<sup>6+</sup>浓度为50毫克/升左右时，铁板电极的K值一般可取4~5.5。

#### (八) 电解历时和阳极电流密度

使废水中六价铬全部还原所需的电解时间，由铁阳极溶解到废水中的Fe<sup>2+</sup>离子量确定，而Fe<sup>2+</sup>量是由通过废水的电量确定的。电解历时和电流成反比关系。在一定容积的电解槽中，为保证一定的处理效果，供给电流越大，则所需的历时就越短<sup>[1]</sup>。

单位阳极面积上的电流强度即阳极电流密度，表示阳极氧化反应的速度。增大电流密度能加快除铬速度，缩短电解历时。而且阴极氢气泡增多，可增强搅拌作用，有利于污泥的带出，但极间电压增高，使电流效率降低，电能消耗增加。阳极电流密度太大，也容易使阳极钝化，并不能提高处理效率，因此采用低电流密度能节省电能消耗。

当电流密度不变，废水中含铬密度高时，

则所需的电解历时长，反之则短。阳极电流密度与废水中Cr<sup>6+</sup>浓度、极距有关。国内试验及生产测定数据如表5：

表 5

厂 名	食盐投加量(克/升)	废水中Cr <sup>6+</sup> 浓度(毫克/升)	极距(毫米)	电解历时(分)	采用阴极电流密度(安培/分米 <sup>2</sup> )
北京照相机厂测定	不加	35	20	18	0.16~0.17
上海7424厂测定	不加	100	10	13	0.1
上海医疗器械电镀厂测定	不加	60~80	10	18	0.15~0.16
九院试验	不加	50	5	8~10	0.1~0.2
湖北电影机械厂产品HB-YYH-1型测定	不加	50	5	5	0.1~0.17
武汉仪表厂产品GJH-01型测定	0.5~1	48	10	4.5	0.35
武汉仪表厂产品GJH-03、04型测定	0.25~0.5	10~50	—	3~6	0.14~0.58

采用铁屑电极电解处理含铬废水时，根据武汉仪表厂和四院试验以及GJH-03、04型产品测定，阳极电流密度一般可采用0.2~0.5安培/分米<sup>2</sup>。

在电解过程中，极板逐渐消耗，阳极面积减小，因此在设计中要考虑阳极面积减少系数，一般采用0.8。

苏联莫斯科某厂电解除铬装置处理电镀含铬废水，六价铬浓度6~12毫克/升，根据试验，使阳极电流密度保持在0.18~0.22安培/分米<sup>2</sup>范围内，处理效果良好<sup>[8]</sup>。也有资料提出，电流密度采用0.3~0.5安培/分米<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。

苏联《工业企业及居住区排水设计手册》(1981)提出，当原水中Cr<sup>6+</sup>浓度为20以下、20~80、80~100毫克/升时，阳极电流密度分别采用1、1.5、2安培/分米<sup>2</sup>，电解历时一般为30~120秒。

根据上述情况，当进水六价铬浓度为50毫克/升时，电解历时宜用5~10分钟，阳极电流密度宜用0.1~0.15安培/分米<sup>2</sup>。

#### (九) 极间电压和安全电压

极间电压由废水的导电性能和所选用的

电流密度确定，一般可用下式表示<sup>[3,10]</sup>。

$$V = a + bi$$

式中：V—极间电压，伏；

i—阳极电流密度，安培/分米<sup>2</sup>；

a—表面分解电压，伏；

b—系数。

a值和b值应根据试验确定。

有的资料提出<sup>[3]</sup>，a约为1伏，b值与极距、食盐投量和水温有关。当食盐投量为0.5克/升，水温为10~15℃时，b值可按表6采用。

表 6

极 距 (毫米)	b
10	10.5
15	12.5
20	15.7

根据四院试验数据，当极距为20毫米，食盐投加量为0.5克/升，水温为15℃时，用回归分析方法统计试验数据求得相关系数为0.954，回归方程为 $V = 0.54 + 13i$ 。

经验证明，当缺乏试验数据而条件相似时，可采用上述a、b值。

苏联用电解法处理电镀废水时，根据试验求得极间电压与电流密度的关系式为<sup>[7]</sup>：

$$V = 1.64 + 18.4i \text{ 伏。}$$

(极板用钢板，极距8~10毫米)

根据测定结果，当阳极电流密度为0.1~0.2安培/分米<sup>2</sup>，极距为5~10毫米，不加食盐时，极间电压约为3~5伏，与从上式计算所得之值出入不大，如无试验资料时，也可考虑采用。

苏联资料认为，采用双极串联时，每一组中双极性极板的数量不应超过8片。因为当电极数量大时，由于阻抗增加，溶解铁阳极所需的单位电能消耗也增加，电流效率将降低。还提出极间电压一般不超过3~4伏<sup>[6]</sup>。美国资料也认为，太高的电压对效率的提高无明显效果<sup>[9]</sup>。

安全电压，国内有些单位认为槽电压最好不要超过36伏，但有些工厂使用的电解除铬装置和电解除铬设备产品，槽电压高达200~400伏。英国电气装置规程(1981年第15版)规定安全电压为60伏。另据苏联资料介绍<sup>[6]</sup>，槽电压不得超过35~50伏。关于在高电压下电解除铬的经济性和安全性，还要作进一步的研究。

#### (十) 单位电耗与电源功率

根据调查测定结果，不加食盐，极距为5~10毫米时(北京照相机厂为20毫米)，处理1米<sup>3</sup>含铬废水的单位电耗如表7。

表 7

含铬废水浓度(毫克/升)	单位电能耗(千瓦·时/米 <sup>3</sup> )	资料来源
16~20	0.4~0.5	北京照相机厂测定、清华大学试验
36	0.9	北京照相机厂测定
50	1	上海医疗器械电镀厂、邮电部535厂、武汉市环境保护设备厂、清华大学等单位试验和测定平均值(注)
100	2.1	上海7424厂、上海医疗器械电镀厂测定平均值
200	4.5	同上

注：上海医疗器械电镀厂1982年6~7月测定单位电能耗为0.5千瓦·时/米<sup>3</sup>。

据国外资料介绍，六价铬完全还原实际所需的电能消耗量接近理论值<sup>[11]</sup>。当电镀含铬废水Cr<sup>6+</sup>浓度为30~60毫克/升时，动态电解槽的单位电能消耗为2~6千瓦·时/米<sup>3</sup><sup>[8]</sup>。

由于实际进行处理时，进入电解槽的含铬浓度可能有变化，在短时间内会出现超过设计浓度的情况，因此电源功率应大于设计计算功率，一般可考虑增大30~50%。在条件允许时，也可采用减小流量，延长处理时间，来处理高浓度含铬废水。

#### (十一) 电解除铬技术的发展

采用铁极板进行电解除铬要消耗钢铁。处理高浓度含铬废水时，铁极板消耗量增



加, 铁阳极表面也很快钝化, 电能消耗剧增。国外资料认为电解法适用于处理 $\text{Cr}^{6+}$ 浓度低于100毫克/升的废水<sup>[11]</sup>。为了克服此缺点, 一般采用两种方法: 1) 用废铁屑代替铁极板; 2) 采用不溶性电极。

用铁屑电极电解处理含铬废水, 上海奉城电镀厂已投产运行多年, 武汉仪表厂和四院在试验的基础上亦已定型制成处理设备。日本也生产适用于日处理水量20~30米<sup>3</sup>利用铁屑阳极生成铁氧体的电解处理设备。

关于采用不溶性阳极电解处理含铬废水, 北京工业大学曾采用不溶性阳极进行电解处理含铬废水的原理性试验。法国也把电镀含铬漂洗水在约为0.5N的酸性介质中电解, 使阴极电位保持某一负值, 氢不析出, 而水中的六价铬在阴极还原成三价铬。反应速度与酸(加硫酸或盐酸)的浓度有关, 浓度为0.5N时, 反应速度最快, 用铅极和石墨阳极还原每公斤铬的电耗约为5千瓦·时<sup>[12]</sup>。苏联全苏给排水水工建筑及工程水文地质科学研究所切利亚赛斯克分院研究出采用不溶性铅阳极电化学处理含铬废水的方法。当废水中有三价铁离子存在时, 能强化 $\text{Cr}^{6+}$ 在阴极还原成 $\text{Cr}^{3+}$ 的反应, 同时抑制 $\text{Cr}^{3+}$ 在阳极氧化为 $\text{Cr}^{6+}$ 的反应。在处理含 $\text{Cr}^{6+}$ 浓度 $\geq 2$ 克/升的废水时, 采用此法较为经济。原水pH值应 $\leq 1.5$ , 阳极电流密度2~3安培/分米<sup>2</sup>, 三价铁盐的投加量为5~10克/升, 电流效率70~90%, 电解后废水加碱, 使三价铬成为氢氧化物而沉淀除去<sup>[8]</sup>。

美国新英格兰电镀公司用电解法处理含铬漂洗水, 电解槽的主电极用石墨阳极和阴极, 在主电极之间有炭粒填充层, 六价铬在许多填充颗粒的阴极上还原成三价铬。主电极也起隔板作用, 使水流上下回流通过填充层, 填充层的颗粒应较松散, 使填充层具有半导体性质。当电位存在于颗粒或颗粒团之间时, 颗粒或颗粒团产生双极效应, 在颗粒之间成为一个微型电解池。大量的微型电

解池在主电极之间产生许多阳极和阴极点。当废水通过填充层时, 溶液中的离子与微型电极接触, 产生氧化和还原反应, 同时也产生副反应。电解槽每个间格底部安装空气搅拌管, 进行定期搅拌, 冲洗掉填充层中的沉淀物。当填充层的半导体性质和处理效率降低时进行搅拌, 使已紧密的炭粒层再处于悬浮状态, 以保持填充层的流动性, 有时也可用水代替压缩空气进行冲洗。由于六价铬还原成三价铬在低pH值时最有效, 因此用硫酸调整进水的pH值, 当六价铬浓度小于50毫克/升时, 合适的pH值为1.8~2.1, 当六价铬浓度提高到150毫克/升时, pH值宜为1.5~1.6<sup>[9]</sup>。

苏联资料报道, 建议用多孔的AГ-3型活性炭作阴极, 在酸性条件下电化学还原铬酸盐。用硫酸调整pH值, 当废水中 $\text{Cr}^{6+}$ 浓度为30~200毫克/升时, 所需硫酸投加量为2克/升, 废水与活性炭的接触时间约45分钟, 还原1克 $\text{Cr}^{6+}$ 的电能消耗量约3瓦时, 该法目前还处在生产性试验阶段<sup>[8]</sup>。

国外有用隔膜电解法处理含100~1000毫克/升 $\text{CrO}_3$ 的废水。用硫酸调整废水的pH值到小于1.5, 电解槽中装有多孔隔膜。待处理的废水流入电解槽的阴极室, 阴极采用石墨, 阳极采用石墨及铅, 电解处理后, 废水中 $\text{CrO}_3$ 浓度低于1毫克/升。处理1立米含100毫克/升 $\text{CrO}_3$ 的废水, 耗电量约为0.12千瓦·时<sup>[8]</sup>。

日本有些专利报道, 把含铬废水和含其他重金属的废水一起进行电解, 用铁电极作阳极, 处理水的pH值调整到酸性。电解后在一定条件下进行铁氧体反应, 把铬及其他重金属从废水中除去<sup>[12]</sup>。

关于电解槽的结构型式, 国内目前用得较多的有上向流立式电解槽以及平流翻腾式电解槽。国外研制用于处理电镀漂洗水的新型电解装置有装旋转电极或流化电极层的电解槽。

#### 四、污泥分离

电镀含铬废水电解后产生的污泥应通过固液分离装置除去。国内一般用沉淀或沉淀-过滤进行固液分离。含铬废水电解后，pH值一般在7左右，沉淀前废水混浊度一般在400~1000毫克/升之间（武汉仪表厂测定进入沉淀池水中混浊度为400~700毫克/升）。如仅用沉淀法分离污泥，效果较差。有的单位认为，电解后废水中的氢氧化物的絮凝反应尚未完成，因此在沉淀前需设反应装置。但国内已建电解除铬工程中，一般都未设反应装置。

国内大多数工厂（如上海电机厂、上海医疗器械电镀厂、上海奉城电镀厂、长沙十五冶五七机电厂）的电解除铬装置都采用沉淀加过滤的方法进行固液分离，效果较好。

采用平流式沉淀池时，沉淀时间一般为1.5~2.0小时<sup>[3]</sup>。苏联采用2小时<sup>[8]</sup>。据上海电机厂经验，水流平均速度不宜大于3.6米/时。据武汉仪表厂经验，平流式沉淀池集泥坑的排泥周期不宜超过3天。

采用斜管（板）沉淀池时，国内采用下列数值：四院试验，斜管上升流速可采用1.7毫米/秒；九院试验，倾角为60°上向流斜管上升流速可采用1.5~2毫米/秒；上海医疗器械电镀厂斜管上升流速用1毫米/秒；湖北电影机械厂和武汉市环境保护设备厂生产的电解除铬设备，采用横向流斜板沉淀槽，其表面负荷率偏大。美国新英格兰电镀公司电解法处理含铬废水用上向流斜管沉淀池，管中流速为0.5~1.3毫米/秒，相当于倾角为60°时，上升流速为0.4~1.1毫米/秒<sup>[9]</sup>。上升流速与进入斜管（板）前废水中絮体的凝聚状态有关。斜管（板）应采用的最佳上升流速尚待进一步研究。设计斜管（板）沉淀池时，要考虑适当的排泥周期、一定时间的排泥量和排泥方式。

过滤装置现有两种形式：砂滤和泡沫塑

料过滤。上海奉城电镀厂采用上向流薄床砂滤池，石英砂粒径2~5毫米，厚230毫米，滤速2.5米/时，定期用清水冲洗砂面。上海电机厂采用粒径为2~5毫米、厚160毫米的上向流石英砂滤层，滤速1米/时。上海医疗器械电镀厂用双层滤料接触滤池，滤速2米/时。一些工厂生产的电解除铬设备采用泡沫塑料过滤装置，其最佳过滤面积、滤层厚度和清洗方式，尚待进一步实践验证。

#### 五、污泥脱水、处置和利用

污泥脱水：电解除铬产生的污泥，经沉淀后含水率一般都在99%以上。据国外资料介绍，电解产生的污泥量与原水中Cr<sup>6+</sup>浓度有关，当废水中Cr<sup>6+</sup>浓度为50~100毫克/升时，沉淀2小时后污泥容积为废水容积的6~12%，含水率为99~99.5%，经过24小时浓缩后，含水率仍达98.5~99%<sup>[8]</sup>。因此在机械脱水或自然干化前，一般均先在浓缩池静沉7~10天后，使污泥含水率降到96~97%。浓缩后的污泥，国内一般用自然干化法脱水。用离心机、压滤机等机械对电解除铬污泥进行脱水，尚处在试验研究中。

污泥的处置与利用：电解法处理含铬废水产生的污泥，主要成份是铁和铬的化合物。根据测定，污泥中铁、铬所占百分比如表8。

从表8可知污泥中铁铬成分的一般情况，但由于处理废水中的含铬浓度不同，操作条件不同，百分比数值也有出入。

国内有关单位对电解处理含铬废水产生的污泥处置和利用，曾进行了大量的试验研究，如试制抛光膏，做铸石的原料，提取铬的化合物，送冶炼厂炼铁，试制锰锌铁氧体天线磁棒，作水泥砂浆或混凝土掺合料，试制成氨所用的中温变换催化剂等。但这些处置和利用方法均尚未进入实用阶段。

北京炼油设计院、北京市市政设计院、建委第一工程局建筑科学研究所1977年发表

表 8

厂 名	化学成分与百分比	测定单位或资料来源
上海电机厂	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8.02%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 56.34%	北京炼油设计院等单位测定
上海电机厂	铬3.51%, 铁42.6%(经110℃烘干3.5小时)	[2]
武汉仪表厂	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 13.87%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 51.03%	北京通县铸石厂测定
武汉仪表厂	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10.81%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 55.52%	湖北工业建筑设计院等单位测定
重庆邮电515厂	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8.66%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 55.56%	同上
北京某厂	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10.04%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 30.2%	北京炼油设计院等单位测定
某 厂	铬6~8%, 铁30~32%	[8]
某 厂	铬11%, 铁40%(重量比)	九院测定

## 六、经济分析

电解法处理电镀含铬废水处理费用按下式计算:

$$S = S_1 + G \cdot S_2 + \frac{\alpha \cdot C}{1000} \cdot S_3 + 60 \cdot P \cdot t \cdot S_4 + \frac{S_5}{Q \cdot T_1} + \frac{\beta}{Q \cdot T_2} \cdot S_6 + \frac{r}{Q \cdot T_2} \cdot S_6$$

式中: S—处理 1 立方米废水费用(元/米<sup>3</sup>);

S<sub>1</sub>—电费(元/米<sup>3</sup>),

电费 = (耗电量 × 电价) + (设备总容量 × 基本电价),  
电价 0.063 元/度, 基本电价 3.5 元/千瓦·月;

G—食盐投加量(克/升);

S<sub>2</sub>—食盐价(元/公斤);

α—极板消耗系数, 采用 5;

C—电解前废水中六价铬浓度(毫克/升);

S<sub>3</sub>—钢板价, 采用 0.58 元/公斤;

P—压缩空气用量(米<sup>3</sup>/分·米<sup>3</sup>);

t—电解历时(小时);

S<sub>4</sub>—压缩空气价(元/米<sup>3</sup>);

S<sub>5</sub>—人工费(元), 按 104 元/月·人计算;

的“利用水泥混凝土解决含铬污泥出路的试验”报告中介绍, 电解处理后的含铬污泥掺入水泥中, 能提高水泥早期强度, 电解湿污泥掺入混凝土中不降低混凝土强度, 但干污泥降低 20% (28 天抗压强度)。污泥掺入混凝土中能提高混凝土的抗渗性能, 在混凝土中掺入含铬污泥, 经水中浸泡试验, 尚未发现氢氧化铬等有害成分溶出, 因此没有二次污染问题。

上海闸北区环境保护综合厂为一污泥处理专业化工厂, 该厂把污泥固化处理后制成改塑制品, 在弱酸性及碱性条件下, 改塑制品中的六价铬等重金属溶出甚微。该厂认为改塑制品的安全和稳定性是可靠的。上海 3035 厂、上海医疗器械电镀厂、新跃仪表厂的电解污泥均送到该厂处置。

国外对含铬污泥的处置, 大多数由专业公司进行固化后送到政府指定的堆放场埋掉。苏联资料介绍, 电解除铬产生的污泥, 脱水后可用消石灰和碳酸钠熔融, 再加工为六价铬化合物<sup>[5]</sup>。

根据我国情况, 电解含铬污泥有条件时, 也可送当地的污泥处理专业化工厂进行固化处置, 如能把电解含铬污泥作水泥砂浆或混凝土掺合料就地处置, 也是一种既经济又简便可行的方法。

$Q$ —废水流量 (米<sup>3</sup>/时);  
 $T_1$ —一月运行工时数, 采用450小时;  
 $\beta$ —一年折旧费率, 土建采用0.05, 设备管道采用0.08;  
 $S_0$ —处理设施的初期投资(元);  
 $T_2$ —一年运行工时数, 采用5400小时;  
 $r$ —一年维修费率, 采用初期投资的1%。

1米<sup>3</sup>电镀含铬废水处理费用计算表

表 9

处理水量(米 <sup>3</sup> /时)	六价铬浓度(毫克/升)	电费(元)	极板补充费(元)	人工费(元)	维修费(元)	折旧费(元)	总计(元)
2	20	0.045	0.058	0.115	0.029	0.203	0.450
	50	0.076	0.145	0.115	0.029	0.203	0.568
	100	0.145	0.29	0.115	0.029	0.203	0.782
	200	0.297	0.58	0.115	0.029	0.203	1.224
5	20	0.037	0.058	0.046	0.039	0.106	0.286
	50	0.068	0.145	0.046	0.039	0.106	0.404
	100	0.137	0.29	0.046	0.039	0.106	0.618
	200	0.289	0.58	0.046	0.039	0.106	1.060

注:

1、废水量为2米<sup>3</sup>/时的处理站初期投资为31000元, 5米<sup>3</sup>/时的, 为42000元, 其中包括处理设备(带电源、沉淀过滤装置)、调节池、污泥浓缩池、污泥干化场、管道、泵等费用。

2、电解处理设备不考虑加食盐及压缩空气搅拌。

从表9可见, 当原水中六价铬浓度大于100毫克/升时, 处理1立方米废水所需的电费及极板补充费较高, 经济上不合理。废水流量为5米<sup>3</sup>/时的处理站, 每立方米水的处理费用低于流量为2米<sup>3</sup>/时的费用。

如果考虑支付排污费的因素, 根据1981年《北京市排放废水收费暂行办法》第三条的规定, 排放1立方米电镀含铬废水, 当废水中六价铬浓度为20、50毫克/升时, 应收排污费1.5元; 当六价铬浓度为100、200毫克/

升时, 应收排污费3.0元。由此可见, 电解法处理1米<sup>3</sup>电镀含铬废水的费用远远低于排污费, 也就是说, 用电解法处理电镀含铬废水不仅消除了污染, 而且在经济上也是合理的。

## 七、结论

1、电解法可用于处理镀铬、钝化、填充、酸洗等各种混合含铬废水, 废水中六价铬浓度宜在100毫克/升以下。

2、调节池的有效容积一般按不小于2小时的平均流量计算。

3、电解除铬的电解槽一般采用双极式串联电解槽。电解前的废水pH值宜为4~6.5。电解槽一般采用碳素钢板电极, 极间净距可采用10毫米。为了避免阳极钝化, 宜设电极换向装置。是否投加食盐应通过技术经济比较确定, 如处理后出水回用, 则不宜投加食盐。使用食盐时, 投加量一般按0.5克/升计算。K值应通过试验确定。在缺乏试验资料时, 废水中含Cr<sup>6+</sup>浓度为50毫克/升左右, 钢板电极的K值一般采用4~5.5安培·小时。当进水六价铬浓度为50毫克/升时, 电解历时宜用5~10分钟, 阳极电流密度宜用0.2~0.15安培/分米<sup>2</sup>。极间电压约为3~5伏, 极间电压与阳极电流密度的关系式可用 $V = a + bi$ 表示, a、b值应通过试验确定。

4、电解槽后应设沉淀及过滤装置。当采用平流式沉淀池时, 沉淀时间一般为2小时。采用上向流斜管(板)沉淀池时, 上升流速可用1~2毫米/秒。

5、需要进一步研究的问题:

(1) 在高压下电解除铬的经济性和安全性;

(2) 过滤装置的设计参数;

(3) 污泥的机械脱水设施和污泥处置利用办法。

(范懋功执笔)

## 参 考 文 献

- [1] “用电解法处理电镀车间含铬废水的试验研究”，清华大学学报1974年6月。
- [2] “电解法处理含铬废水”，上海电机厂编，上海人民出版社，1974年。
- [3] “电解法处理含铬含氰废水”，湖北工业建筑设计院编著，中国建筑工业出版社，1975年。
- [4] “用电凝聚法从水中去除重金属离子”，建筑技术通讯《给水排水》，1982年2期第39-40页。
- [5] “电化学法处理电镀污水”，电镀与环保，1982年8期第51页。
- [6] “Очистка воды Электрокоагуляцией”，1978年。
- [7] “Электронная Обработка материалов” 1978年第6期81~82页。
- [8] Д.Н.Смирнов. В.Е.Гекин. “Очистка сточных вод в процессах обработки металлов” 1980年。
- [9] “Electrolytic treatment of job shop metal finishing”，美国环境保护局出版，1975年。
- [10] “Electrochem. technology”，1968年第6期69页。
- [11] “The sixth U.S.A./U.S.S.R. Symposium on advanced equipment and facilities for wastewater treatment”，美国国家标准局联邦科学技术情报交换所PB-290998，1978年第35页。
- [12] 法专利2207905。
- [13] 日本公开特许公报 昭53-38158，昭53-48351，昭53-83349。

# 生活污水水质测定报告

《室外排水设计规范》科研专题“生活污水水质测定”是原国家建委1974年下达的规范科研项目之一，1978年原国家建委又列为工程建设全国通用设计标准规范重点科研项目。

本科研专题的目的是测定生活污水中五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、悬浮物量(SS)、和人粪尿的BOD<sub>5</sub>与SS,为设计污水处理构筑物提供基本数据,同时也促进各管理部门的水质化验工作和污水输送、处理工作。

本专题自1975年开始,1981年10月进行最后会审结束。报告主要是根据北京、上海曹杨污水处理厂、西安、青岛四个测点测得的数据整理而成的,长沙、石家庄、成都三个测点仅选用了一部份数据。

## 一、测点的选择

本科研专题选择的测点,要求能反映我国各地区城市居民的生活规律。在测点范围内必须有独立的生活污水排水系统,有完整的给水管网和基本的卫生设施。本专题选择的各个测试点概况见表1,服务区域见

附录一。

北京酒仙桥污水处理厂测点,为了取得较纯的生活污水,在测试期间还把原进入该处理厂的工业废水进行了截流改道,排除了工业废水影响。

## 二、污水量的测定

为取得正确的污水量,各测点根据各自的条件采用了不同的测定方法(见表2)。对于按泵运转小时统计的,均采用实测的水泵排水量。对于按管径、水深测定水量的,是根据水力坡降等先计算出小时流量后再进行叠加而成的。由表2可知,最大污水量一般出现在三季度,最小污水量出现在一季度。

## 三、人口统计

各测点服务范围内的人口一般由两部分组成。一是基本人口,即常住在该区域内的居民、职工等;二是流动人口,即到该区工作或活动的外来人口。

要精确统计服务范围内的人口数是比较

各个测试点概况

表 1

城市	测试点	服务人口 (人)	服务面积 (亩)	服务区域的组成	管道系统	卫生设备情况
北京	酒仙桥污水处理厂	28700	1240	共15个街坊, 12个街坊为3~5层楼房, 3个街坊为平房区。	雨、污水分流制, 楼房80%和平房区均不设化粪池	楼房区有上下水及卫生设备, 平房区有上下水及水冲公厕
西安	南门外文艺路北段	4980	40	三个居委会, 四个文艺单位, 一个研究所, 一个勘测设计组, 一个付食商场。	雨、污水分流制, 无化粪池	楼房内有上下水及卫生设备, 平房区有上下水及水冲公厕
青岛	市南区第三泵站	19220	2630	三个派出所, 五个粮店, 五个学校, 六个公共场所, 二十一个服务行业, 十二个机关单位, 四个科研单位, 二个仓库。	雨、污水分流制, 大部不经化粪池直接进入下水道	有上下水及卫生设备
长沙	东门捷径	3780	80	四个居委会, 一个修建公司, 三个工区宿舍, 一个轻工局宿舍, 一个区办医院。	雨、污水合流制	有上下水公用干厕
	东塘矿山设计院宿舍	3060	90	居民楼、小学、幼儿园、招待所、食堂、汽车队等。	雨、污水分流制, 污水管道设有较多沉淀井, 污水通过化粪池排入下水道。	有上下水及卫生设备
石家庄	体育大街南段南侧, 化建公司生活区	1350		六栋生活楼, 一个职工医院	雨、污水分流制	有上下水道及卫生设备
成都	北郊火车站以南毗邻的三个街坊	10110	450	铁路机关及生活区、技校、小学、卫生防疫站、招待所、俱乐部	雨、污水分流制,	给水为自备水源井, 厕所多系水厕, 少部分宿舍有浴池
上海	曹杨污水处理厂	68780	2400	曹杨新村(8个小村), 上海师大及师大新村, 七所中学, 九所小学, 十家工厂, 二家医院, 一家电影院及商店。	雨、污水分流制, 无化粪池	有上下水及卫生设备
	彭浦新村污水处理厂	20430	500	彭浦新村, 三所中学, 三所小学, 一所托儿所及一些商店, 二家医院。	雨、污水分流制, 无化粪池	有上下水及卫生设备和浴缸

困难的, 但为了获得较正确的人口数, 各测点的人口统计, 除直接调查外, 还通过当地派出所、付食管理所、粮管所、房管所、计划生育小组等进行了多方面的了解。根据各测点对各方面人口的核实, 认为粮管所提供的数据一般较为正确。对基本人口的调查方法及数据见表 3。

有的测区的基本人口中, 职工外出上班的较多, 这些职工一昼夜里有多达10多个小时生活在厂里(洗澡、洗衣、用膳等), 所以在统计人口时, 对这部分职工提出了一个折算系数0.5。即: 外出职工的 计算人口 = 折算系数0.5 × 外出职工人数(实际调查人口数)。其他流动人口的折算系数见表 4。经过多次

各测点污水量测定方法

表 2

测试点	污水量测定方法	排水率标准(升/人·日)			污水量占用水量(%)		
		最高	最低	平均			
		月份	数值	月份		数值	数值
北京酒仙桥污水处理厂	管道末端窨井内安装侧收缩矩形堰,高40厘米,宽35厘米,使用浮筒式自计水位记录水位曲线,根据 $Q=mb\sqrt{2gH^{\frac{2}{3}}}$ 查出不同水位的流量,根据流量变化曲线,求得日排水量	7	278	2	244	257	92
西安南门外文艺路北段	在管道下游窨井内,每小时测一次水深,根据水力坡降,管径、流量计算公式用 $Q=AV=A\cdot\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}$ , $n=0.013$	9	255	3	103	168	87
青岛市南区第三泵站	按水泵实际排水量计量	11	98	6	48	65	青岛旱情严重 78、79年供水 量很低
上海曹杨污水处理厂	按水泵运转小时统计,水泵的流量是根据集水井在不同水位时,用流速仪测进水渠的平均流速,乘以过水断面而得流量,取平均值,流速仪的准确性用容积法校核。	7	194	2	145	165	78

各测点基本人口的调查方法汇总表 表 3

测点	人口数据		取用来源
	来源	人数	
北京酒仙桥	派出所	24374	粮管所
	付食管理所	29102	
	粮管所(全年平均)	26885	
西安文艺路	粮管所与实际调查数相似	4976	粮管所
青 岛	实际调查与粮管所相似	19216	实际调查
上海曹杨	派出所	70000	粮管所
	房管所	63000	
	计划生育	67800	
	粮管所(全年平均)	68780	
	实际调查(全年平均)	68900	

调查核实,折算系数基本上符合人口流动的规律。

根据北京和上海的调查,在春节期间人口有明显的增长,北京测点增加15%,上海曹杨测点增加8%。

#### 四、污水BOD<sub>5</sub>及SS的测定方法

##### (一) 取样方法

上海、北京与青岛流动人口折算系数表 表 4

名称	折算系数	说 明
工厂企业	0.3	外区到本区来工作的。
医 院	1	按床位计算人,平时就诊病人不计。
招待所	1	按床位计算人,因招待所均住外地人。
旅 馆	1	按床位计算人,因住旅馆的均是外地人。
浴室理发馆	0.1	洗澡、理发10人按1人计。
中 小 学	0	均是当地有户口的人。
幼 儿 园	1	户口不在本区,而在该地入园人数。
饭 馆	1/3	按三次计一人。
建筑公司	1	是外地援建的公司。

取样必须及时、准确、有代表性。北京采用772型自动采样机,连续均匀,水样能够符合实际的情况。西安采用人工取样,经过每日8小时、12小时、24小时的取样试验,24小时取样能够如实反映人们的生活规律。上海采用每隔2小时取样一次并及时分析,与每隔2小时取样、24小时混合水样进行分析的比较试验。比较结果,取24小时混合水样为好。因此各测点均采用取24小时混合水样。各测点的取样地点与方法见表5。

各测点取样地点和方法 表 5

自动取样	人工取样	
	窨井	沉砂池前
北京测点, 采用 772 型采样机, 每分钟自动取样三次, 24小时取4320次, 约8公升, 取样点在沉砂池进口前。	西安, 每小时取一次, 24小时混合。	青岛每小时取一次, 24小时混合, 上海每2小时取一次, 24小时混合。

(二) 化验操作方法

本专题主要依据北京市环境保护科学研究所编著《水质物理化学分析基本知识》(1974年出版)一书进行分析。

为确保化验质量1978年在西安统一了操作方法。七个测点的化验人员采用同一种方法分别对同一个水样采用虹吸法与倒入法进行了BOD<sub>5</sub>的分析比较, 并以葡萄糖—谷氨酸混合液的BOD<sub>5</sub>标准试验, 以校核分析技术。从试验结果看, 操作技术是比较熟练的, 测定数据较可靠。分析结果分别列于表6~表8。由表可知, 倒入法数值要比虹吸法大。因为倒入法水样都经过充分摇匀, 而虹吸法在把稀释水样用虹吸管虹吸到BOD培养瓶中时, 由于颗粒易下沉而无法均匀进入BOD培养瓶中, 致使分析结果偏低。倒入法虽然在操作过程中有空气泡随水样带入培养瓶中, 但由于水样在稀释完毕倒入BOD培养瓶后, 可用轻轻敲击瓶壁的方法, 使气泡上升而除去, 因此当天的溶解氧值也没有出现比虹吸法较高的现象。由此可见, BOD测定的误差不是在于采用那一种方法, 而主要在于操作上。特别是操作技术的熟练程度、取样的均匀性、滴定终点的控制以及严密掌握测定过程中的各个环节。根据上述结果, 本专题对BOD<sub>5</sub>的测定, 统一以倒入法为主。

为了核实直接法与间接法对悬浮物量(SS)分析的可靠性, 各测点化验人员采用

同一个水样对两种分析方法进行了对照性试验, 结果见表9。经分析认为, SS的测定污水样的BOD<sub>5</sub>分析成果表(倒入法) 表 6

数值	组别			
	北京	西安	青岛	上海
BOD <sub>5</sub> (毫克/升)	378	466	424	465
	373	466	424	465
空白 (毫克/升)	0.1	0.15	0.05	0.3
当天溶解氧 (毫克/升)	8.5	8.3	8.2	8.2

污水样的BOD<sub>5</sub>分析成果表(虹吸法) 表 7

组别	数值	BOD <sub>5</sub> (毫克/升) (一)	BOD <sub>5</sub> (毫克/升) (二)	空白 (毫克/升)
	成都	335	342	0.54
长沙	384	378	0.1	

葡萄糖—谷氨酸混合液的BOD<sub>5</sub>

标准试验成果 表 8

数值	组别			
	北京	西安	青岛	上海
BOD <sub>5</sub> (毫克/升)	219	221	218	218
	219	220	218	215

SS直接法与间接法测定结果 表 9

组别	皿编号	直接法 (毫克/升)	间接法 (毫克/升)		
			总固体	可溶盐	悬浮物
成都	1号	286	880	535	345
		355			
		313			
长沙	2号	397	946	550	396
		289			
		348			
	平均	331	913	543	370
兰州	1号	432	1003	553	450
		438			
青岛	2号	304	1002	572	430
		303			
		平均			



采用间接法不但操作时间比直接法短，数据也较稳定。故本专题统一以间接法为主。

各测点的BOD<sub>5</sub>与SS的关系，见表10。

各测点的BOD<sub>5</sub>和SS的关系 表 10

项 目	测 点	北京	西安	青岛	上海曹杨
		BOD <sub>5</sub> (毫克/升)	87	144	461
SS (毫克/升)		140	228	760	283
SS : BOD <sub>5</sub>		1.6	1.6	1.6	1.3

### (三) BOD<sub>5</sub>和SS的测定结果

1、各测点BOD<sub>5</sub>和SS的测定结果见表11。

2、从各测点实测数据中可以看到，BOD<sub>5</sub>高SS也高，BOD<sub>5</sub>低SS也低。由于各地区的生活习惯，用水标准和地理气候条件等的不同，水质数据有较大差异。例如：西安与上海，排水率都在130升/人·日左右，可是每人每日BOD<sub>5</sub>要相差4克。又如：上

各测点 BOD<sub>5</sub> 与 SS 汇总表

表 11

项 目 测 点	总人数 (人)	污水量 (米 <sup>3</sup> /日)	排水率 (升/人·日)	BOD <sub>5</sub>		SS		测 条 区 件	备 注
				毫克/升	克/人·日	毫克/升	克/人·日		
上海曹杨 污水处理厂	68781	11369	165	211	35	283	47	10万人以下的大型新村，有居住区及为其服务的全套生活设施（医院、商店、电影院...）也有部分市属工厂的生活污水排入。雨、污水分流制，有上下水及卫生设备。	数据可采用
西安南门外 文艺路北段	4976	823	168	144	24	228	38	5000人独立小区，有些机关有流动人口。雨、污水分流制，有上下水及卫生设备。	"
北京酒仙桥 污水处理厂	28711	7377	257	87	22	140	36	8万人以下的新村，有居民及其服务的整套生活设施，居民用水基本上由工厂付费（每人5分），用水浪费较多，排水率标准高，雨、污水分流制，有上下水及卫生设备。	"
青岛市南区 第三泵站	19216	1250	65	461	30	760	49	2万人以下的新村，有些机关单位有流动人口。用水量特别少，水质特别浓的缺水地区。雨、污水分流制，大都不经化粪池泄入下水道，有上下水及卫生设备。	"

海和青岛，排水率相差达2.5倍，而每人每日BOD<sub>5</sub>及SS却相差不多，这说明两地每人产生的污物总量较接近。

3、根据北京、上海、西安、青岛四个测点测定的测试数据，经汇总计算，其平均值为：BOD<sub>5</sub>31克/人·日（平均值范围22~35克/人·日）。

SS44克/人·日（平均值范围36~49克/人·日）。

北京、上海、西安和青岛四个测点的逐月平均数据见附录二。

### 五、人粪尿的BOD<sub>5</sub>及SS的测定

为了探讨生活污水中BOD<sub>5</sub>、SS与人粪尿的关系，本专题测定了人粪尿的BOD<sub>5</sub>和SS。

#### (一) 测定方法和测试要求

1、每个测点固定1~2人测定粪尿的BOD<sub>5</sub>与SS值，数据积累不少于15个；