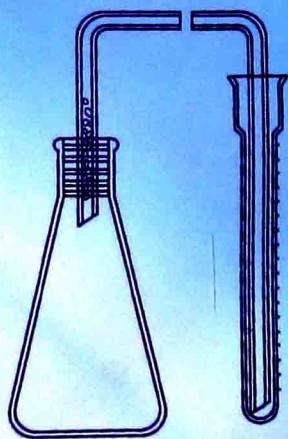
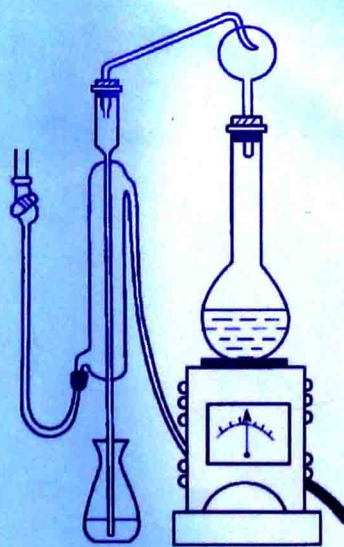
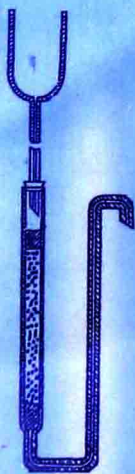




全国高等农林院校“十一五”规划教材

环境科学与工程综合实验

朱鲁生 主编



中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

环境科学与工程综合实验

朱鲁生 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

环境科学与工程综合实验/朱鲁生主编. —北京:
中国农业出版社, 2010. 8

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-14846-8

I. ①环… II. ①朱… III. ①环境科学-实验-高等
学校-教材②环境工程-实验-高等学校-教材 IV.
①X-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 147737 号

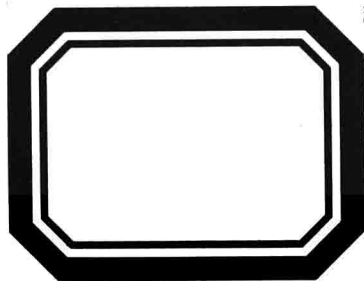
中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 李国忠

文字编辑 毛志强



社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

月第 1 版 2010 年 11 月北京第 1 次印刷

787mm×1092mm, 1/16 印张: 26

字数: 632 千字

定价: 43.50 元

凡印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 朱鲁生（山东农业大学）

副 主 编 徐玉新（山东农业大学）

张 颖（东北农业大学）

王 军（山东农业大学）

编写人员（按姓氏笔画排序）

王 军（山东农业大学）

朱鲁生（山东农业大学）

闫立龙（东北农业大学）

李金玲（山东农业大学）

李学德（安徽农业大学）

杨志新（河北农业大学）

张 颖（东北农业大学）

林爱军（北京化工大学）

袁 远（河南农业大学）

徐玉新（山东农业大学）

谢 慧（山东农业大学）

前 言

随着环境科学的不断发展, 研究内容日益丰富, 所涉及的实验方法和实验手段也在不断改进。当前环境类专业的实验课教学仍按照专业基础课和专业课进行, 学生是按照实验指导书的规定要求进行实验, 大部分实验是验证性和演示性的, 缺乏对学生创新能力、设计能力及综合解决问题能力的培养。许多高校在实验教学中增加了开放性实验、创新性实验和综合性实验等, 比如大学生训练计划 (SRT), 普遍受到了学生的欢迎, 取得了较好的教学效果。为了满足学生学习和掌握环境类实验技能的要求, 同时提高学生的创新能力和综合解决问题的能力, 在中国农业出版社的帮助和支持下, 我们完成了《环境科学与工程综合实验》的编写。本教材既注重对学生基本实验技能的培养和锻炼, 又注重对学生创新综合能力的提高, 同时也反映了本学科当前的最新研究动态和研究方法。

本教材是全国高等农林院校“十一五”规划教材, 由山东农业大学朱鲁生教授主编。朱鲁生提出编写提纲后, 与张颖、徐玉新共同拟定提纲。于2007年8月9~12日在山东泰安召开了编写会, 经全体编写人员讨论修改并确定了编写提纲, 然后由编写人员共同执笔完成。初稿完成后, 由朱鲁生、徐玉新审稿, 并对各章提出修改意见, 各位编者进行了认真修改。最后, 由朱鲁生和徐玉新定稿。

通过本课程的学习, 培养学生的动手、观测、记忆、思维、想象和表达能力, 正确和较熟练地掌握一些实验技能和基本操作, 提高观察、分析和解决问题的能力, 培养学生严谨的工作作风和实事求是的科学态度。掌握污染物在不同基质中的检测方法, 污染治理效果的验证和评价, 污染物在环境介质中的迁移转化规律, 为污染的治理提供依据。使各环境学科专业的学生全面地、概括性地了解环境学科的基本学科内容, 强化环境保护意识。

本课程主要是实验教学, 可考虑安排在多个学期, 参考学时为120学时左右。本教材既涵盖了环境化学类、环境生物与生态类、环境监测与评价类及环

境工程环境学科主要专业课程，又体现了环境科学各分支学科的综合性和综合性，实验主要分为基础性实验、综合性实验、创新性与设计性实验三大部分。各学校可根据各自专业的具体情况选做部分实验。

本教材在编写过程中，得到了山东农业大学的大力支持，以及各参编单位的积极协助，在此一并致谢。本教材在编写过程中参考了多部相关的教材、著作、论文和有关资料，在此表示衷心的感谢。环境科学与工程综合实验涉及面广，实验方法和手段发展迅速，由于编者学识有限，书中难免有不足之处，恳请各位专家、学者和读者批评指正，以便改进和完善。

本教材主要供各高校环境科学专业、环境工程专业、给水与排水专业、水土保持专业、食品安全专业、资源与环境专业师生及从事相关专业教学、研究的人员和研究生参考。

朱鲁生

2010年6月于泰山

目 录

前言

第一篇 基础性实验

第一章 环境监测类实验	3
实验一 环境水样的采集	3
实验二 水样物理性质及 pH 的测定	12
实验三 水样化学需氧量 (COD) 及高锰酸盐指数的测定	24
实验四 水样溶解氧和五日生化需氧量的测定	30
实验五 水中硝酸盐氮的测定	39
实验六 水样中亚硝酸盐的测定	43
实验七 水样中氨氮的测定	47
实验八 水样中挥发酚的测定	52
实验九 水样中氰化物的测定	57
实验十 水样中氯化物的测定	62
实验十一 水样中硫酸盐的测定	66
实验十二 水样中石油类和动植物油油的测定——红外光度法	68
实验十三 地下水总硬度的测定——EDTA 滴定法	71
实验十四 水样细菌总数的测定	74
实验十五 水样总大肠菌群的测定——多管发酵法	76
实验十六 水样总氮的测定	81
实验十七 水样总磷的测定	86
实验十八 废水中邻苯二甲酸酯类的分离富集和测定	89
实验十九 环境空气中二氧化硫的测定	91
实验二十 环境空气中二氧化氮的测定	97
实验二十一 环境空气中总悬浮颗粒物 (TSP) 及 PM ₁₀ 的测定	101
实验二十二 环境空气中硫化氢的测定	105
实验二十三 室内空气中甲醛的测定	109
实验二十四 室内空气中氨的测定	115
实验二十五 室内空气中苯系物的测定	118
实验二十六 室内环境空气中氡的测定	121
实验二十七 环境空气中挥发性有机物 (VOCs) 的测定	124

实验二十八 环境噪声监测	127
实验二十九 土壤及植物中铜、锌、铅、镉、镍的测定	132
实验三十 土壤及粮食中铬的测定	135
实验三十一 土壤和植物中砷的测定	140
实验三十二 植物中汞的测定	146
实验三十三 土壤及底泥中有机氯农药残留的测定	149
实验三十四 植物体中氟化物的测定	153
实验三十五 蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐的测定	156
第二章 环境化学类实验	160
实验一 天然水中 Cr(Ⅲ) 的沉积曲线	160
实验二 对二甲苯、萘的正辛醇—水分配系数的测定	162
实验三 土壤阳离子交换量的测定	165
实验四 底泥中腐殖物质的提取和分离	168
实验五 水中苯系物的挥发速率常数测定	171
实验六 底泥对苯酚的吸附作用	175
实验七 底泥的耗氧	178
实验八 沉积物中铁、锰的形态分析	180
第三章 环境生物类实验	184
实验一 农药对土壤微生物呼吸作用的影响	184
实验二 土壤脲酶活性测定	187
实验三 重金属对动物体内(鱼肝为例)过氧化氢酶的影响	192
实验四 污染物对鱼的急性毒性测定	196
实验五 植物体内超氧化歧化酶对重金属污染的响应	199
实验六 水样藻类叶绿素 a 的测定	202
实验七 环境污染对植物遗传物质 DNA 的损伤	204
实验八 植物群落物种多样性测定	208
实验九 环境污染物的生物毒性实验——发光细菌法	211
第四章 环境工程实验	215
实验一 颗粒自由沉淀实验	215
实验二 砂滤实验	220
实验三 斜板沉淀实验	225
实验四 混凝实验	228
实验五 曝气池的充氧能力与充氧效果实验	234
实验六 加压溶气气浮	240
实验七 活性污泥法好氧生物处理	246
实验八 生物接触氧化法	250

实验九 厌氧污泥的产甲烷活性测定	253
实验十 连续流活性炭吸附脱色	256
实验十一 离子交换树脂的鉴定及交换容量的测定	259
实验十二 污水消毒实验	263
实验十三 UASB 高效厌氧生物处理	268
实验十四 SBR 法处理污水	271
实验十五 旋风除尘器性能实验	275
实验十六 粉尘粒径分布的测定	280
实验十七 碱液吸收气体中二氧化硫	285
实验十八 机动车尾气排放检测	288
实验十九 油烟净化器性能测定实验	291
实验二十 生活垃圾发酵处理实验——好氧堆肥	295

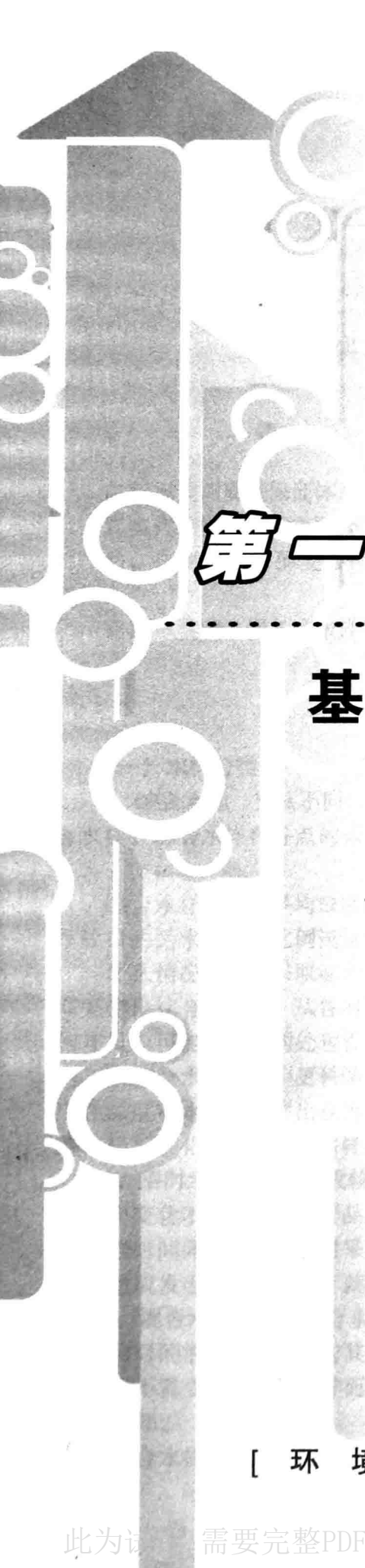
第二篇 综合性实验

第五章 环境综合实验	299
实验一 水体富营养化程度的评价	299
实验二 A-O 工艺处理污水实验	303
实验三 锅炉烟气监测与评价	307
实验四 室内空气质量监测与评价	312
实验五 农田土壤环境质量监测与评价	315
实验六 重金属在土壤—植物中的迁移转化	317
实验七 固体废物淋滤实验	320
实验八 中和—混凝沉淀与活性污泥法联合处理污水实验	323
实验九 利用固定化微生物处理农药厂废水的综合实验	327
实验十 施肥对蔬菜中硝酸盐含量的影响	332

第三篇 设计性与创新性实验

第六章 设计性实验	337
实验一 MBR 工艺处理住宅小区生活污水回用工程设计	337
实验二 化工废水治理工程设计	338
实验三 校园环境质量综合评价	340
实验四 环境地图的 GIS 工程设计	343
实验五 食品安全性评价设计	344
实验六 交通噪声对居住小区的影响评价	345
第七章 创新性实验	346
实验一 环境监测与评价创新实验	346

实验二	污染物迁移转化规律创新实验	347
实验三	水污染控制创新实验	348
实验四	大气污染控制创新实验	349
实验五	噪声控制创新实验	349
实验六	农业固体废物资源化利用创新实验	350
实验七	农药生物降解创新实验	351
实验八	非点源污染对水库、湖泊的污染影响创新实验	353
实验九	实验室废物处理处置创新实验	353
 第四篇 实验质量保证与实验室安全		
第八章	实验室质量保证	359
第一节	实验基础	359
第二节	水样的采集及其预处理方法	372
第三节	大气样品采集	374
第四节	土壤样品采集	376
第五节	样品前处理的新方法与技术	376
第九章	实验室安全	378
第一节	常用危险化学品及其性质	378
第二节	实验室安全规则	388
第三节	实验室事故应急处理措施	389
第四节	实验室废物处理处置	392
附录		399
主要参考文献		404



第一篇

基础性实验

[环境科学与工程综合实验]

第一章 环境监测类实验

实验一 环境水样的采集

一、实验目的

在环境监测质量保证体系中，如何正确地采集样品及采用适当的方法保存样品，是获得水样真实代表性数据的重要环节。采样后易发生变化的成分一般应在现场测定，带回实验室的样品，在测试之前要妥善保存，确保样品在保存期间不发生明显的物理、化学、生物变化。

通过本实验掌握各类水样采集的要求、样品保存的方法及简易采样瓶的制作。

二、实验内容

(一) 水样分类

1. 综合水样 把从不同采样点同时采集的各个瞬间水样混合起来所得到的样品称为综合水样。综合水样在各点的采样虽然不能同步进行，但越接近越好，以便得到可以对比的资料。

综合水样是获得平均浓度的重要方式，有时需要把代表断面上的各采样点，或几个污水排放口的污水按相对比例流量混合，取其平均浓度。

什么情况下需要采取综合水样，视水体的具体情况和采样目的而定。例如，为几条排污河渠建设综合处理厂，从各河道取单样分析就不如综合水样更为科学合理，因为各股污水的相互反应可能对设施的处理性能及其成分产生显著的影响。不可能对相互作用运用数学预测，取综合水样能得到更科学、更准确的数据。相反，有些情况取单样更合理，如湖泊或水库在深度和水平方向常出现组分上的变化，这种情况下，大多数的平均值或总值的变化不显著，局部变化明显，综合水样就不能反映水体水质空间上的变化规律。

2. 瞬时水样 对于组成较稳定的水体，或水体的组成在相当长的时间和相当大的空间范围内变化不大，采瞬时样品具有很好的代表性。当水体的组成随时间变化发生变化，则要在适当时间间隔内进行瞬时采样，分别进行分析，测出水质的变化程度、频率和周期。当水体的组成发生空间变化时，就要在各个相应的部位采样。

3. 混合水样 所谓混合水样是指在同一采样点上于不同时间所采集的瞬时样的混合样，有时用时间混合样的名称与其他混合样相区别。

当不需要测定每个水样而只需要平均值时，混合水样能节省监测分析工作量，减少试剂等的消耗。

混合水样不适用于测试成分在水样储存过程中发生明显变化的水样，如挥发酚、油类、

硫化物等。如果污染物在水中的分布随时间而变化,必须采集流量比例混合样,即按一定的流量采集适当比例的水样(例如每 10 m^3 采样 100 mL) 混合而成。往往使用流量比例采样器完成水样的采集。

4. 平均污水样 为了得到企业具有代表性的污水样,应根据排污情况进行周期性采样。不同的工厂、车间生产周期长短不相同,排污的周期性差别也很大。一般来说,应在一个或几个生产排放周期内,按一定的时间间隔分别采样。对于性质稳定的污染物,可对分别采集的样品进行混合一次测定;对于不稳定的污染物可分别采样、分别测定后取平均值为代表。

生产的周期性也影响污水的排放量,在排放量不稳定的情况下,可将一个排污口不同时间的污水样,依照流量的大小,按比例混合,得到平均比例混合的污水样。这是获得平均浓度最常采用的方法,有时需将几个排污口水样按比例混合,用以代表瞬间综合排污浓度。

在污染源监测中,随污水流动的悬浮物或固体微粒,应看成是污水样的一个组成部分,不应在分析前滤除。油、有机物和金属离子等,可能被悬浮物吸附,有的悬浮物中就含有被测定的物质,如选矿、冶炼废水中的重金属。所以,分析前必须摇匀取样。

5. 其他水样 例如,为监测洪水期或退水期的水质变化,调查水污染事故的影响等都必须采集相应的水样。采集这类水样时,必须根据污染物进入水系位置和扩散方向布点并采样,一般采集瞬时水样。

(二) 地表水和地下水水样的采集

1. 水样类型

(1) 表层水:在河流、湖泊可以直接汲水的场合,可用适当的容器如水桶采样。从桥上等地方采样时,可将系着绳子的聚乙烯桶或带有坠子的采样瓶投于水中汲水。要注意不能混入漂浮于水面上的物质。

(2) 一定深度的水:在湖泊、水库等处采集一定深度的水时,可用直立式或有机玻璃采水器。这类装置是在下沉过程中,水就从采样器中流过。当达到预定的深度时,容器能够闭合而汲取水样。在河水流动缓慢的情况下,采用上述方法时,最好在采样器下系上适宜重量的坠子,当水深流急时要系上相应重的铅鱼,并配备绞车。

(3) 泉水、井水:对于自喷的泉水,可在涌口处直接采样。采集不自喷泉水时,将停滞在抽水管的水汲出,新水更替之后,再进行采样。

采集井水样,必须在充分抽汲后进行,以保证水样能代表地下水水源。

(4) 自来水或抽水设备中的水:采集这些水样时,应先放水数分钟,使积留在水管中的杂质及陈旧水排出,然后再取样。

采集水样前,应先用水样洗涤采样器容器、盛样瓶及塞子 2~3 次(油类除外)。

2. 地表水采样的注意事项

(1) 采样时不要搅动水底部的沉积物。

(2) 采样时应保证采样点的位置准确。必要时使用定位仪(GPS)定位。

(3) 认真填写“水质采样记录表”,用硬质铅笔或签字笔在现场记录,字迹应端正、清晰,项目完整。

(4) 保证采样按时、准确、安全。

(5) 采样结束前,应核对采样计划、记录与水样,如有错误或遗漏,应立即补采或重采。

(6) 如采样现场水体很不均匀，无法采到有代表性样品，则应详细记录不均匀的情况和实际采样情况，供使用数据者参考。

(7) 测定油类的水样，应在水面至水 300 mm 采集柱状水样，单独采样，全部用于测定。采样瓶（容器）不能用采集的水样冲洗。

(8) 测定溶解氧、生化需氧量和有机污染物项目的水样，必须注满容器，不留空间，并用水封口。

(9) 如果水样中含沉降性固体（如泥沙等），则应分离除去。分离方法为：将所采水样摇匀后倒入筒形玻璃容器（如 1~2 L 量筒），静置 30 min，将已不含沉降性固体但含有悬浮物的水样移入样品容器并加入保存剂。测定总悬浮物和油类的水样除外。

(10) 测定 COD、高锰酸盐指数、叶绿素 a、总氮、总磷时的水样。静置 30 min 后，用吸管一次或几次移取水样，吸管进水尖嘴应插至水样表层 50 mm 以下位置，再加保存剂保存。

(11) 测定油类、DO、BOD₅、硫化物、余氯、粪大肠菌群、悬浮物、放射性等项目时单独采样。

3. 水质采样记录 在地表水和污水监测技术规范要求的水质采样记录表中（表 1-1-1），一般包括采样现场描述与现场测定项目两部分内容，均应认真填写。

表 1-1-1 采样现场数据记录表

现场数据记录			采样人员						
采样地点	样品编号	采样日期	时 间		pH	温 度	其他参量		
			采样开始	采样结束					

(1) 水温：用经检定的温度计直接插入采样点测量。深水温度用电阻温度计或颠倒温度计测量。温度计应在测点放置 5~7 min，待温度恒定不变后读数。

(2) pH：用测量精度为 0.1 的 pH 计测定。测定前应清洗电极和校正仪器。

(3) DO：用膜电极法（注意防止膜上附着微小气泡）测定。

(4) 透明度：用塞氏盘法测定。

(5) 电导率：用电导率仪测定。

(6) 氧化还原电位：用铂电极和甘汞电极以 mV 计或 pH 计测定。

(7) 浊度：用目视比色法或浊度仪测定。

(8) 水样感官指标的描述：

① 颜色：用相同的比色管，分取等体积的水样和蒸馏水作比较，进行定性描述。

② 水的气味（嗅）、水面有无油膜等均应作现场记录。

(9) 水文参数：水文测量应按《河流流量测量规范》（GB 50179—93）进行。潮汐河流

各点位采样时，还应同时记录潮位。

(10) 气象参数：气温、气压、风向、风速、相对湿度等。

(三) 污水样品的采集

1. 采样频次

(1) 监督性监测：地方环境监测站对污染源的监督性监测每年不少于 1 次，如被国家或地方环境保护行政主管部门列为年度监测的重点排污单位，应增加到每年 2~4 次。因管理或执法的需要所进行的抽查性监测由各级环境保护行政主管部门确定。

(2) 企业自控监测：工业废水按生产周期和生产特点确定监测频次。一般每个生产周期不得少于 3 次。

(3) 对于污染治理、环境科研、污染源调查和评价等工作中的污水监测，其采样频次可以根据工作方案的要求另行确定。

(4) 根据管理需要进行调查性监测，事先应对污染源单位正常生产条件下的一个生产周期进行监测。周期在 8 h 以内的，1 h 采 1 次样；周期大于 8 h 的，每 2 h 采 1 次样，但每个生产周期采样次数不少于 3 次。采样的同时测定流量。根据监测结果，绘制污水污染物排放曲线（浓度—时间，流量—时间，总量—时间），并与所掌握资料对比，如基本一致，即可据此确定企业自行监测的采样频次。

(5) 排污单位如有污水处理设施并能正常运行使污水稳定排放，则污染物排放曲线比较平稳，监督监测可以采瞬时样；对于排放曲线有明显变化的不稳定排放污水，要根据曲线情况分时间单元采样，再组成混合样品。正常情况下，混合样品的单元采样不得少于两次。如排放污水的流量、浓度甚至组分都有明显变化，则在各单元采样的采样量应与当时污水流量成比例，以使混合样品更有代表性。

2. 污水采样方法

(1) 污水的监测项目按照行业类型有不同要求：测定 pH、COD、BOD₅、DO、硫化物、油类、有机物、余氯、粪大肠菌群、悬浮物、放射性等项目的样品，不能混合，只能单独采样。

(2) 不同的监测项目要求：对不同的监测项目应选用的容器材质，加入的保存剂及其用量与保存期，应采集的水样体积和容器及其洗涤方法等见表 1-1-2。

表 1-1-2 水样的保存、采样体积及容器洗涤方法

项 目	采样容器	保存剂用量	保存期	采样量 ^① (mL)	容器洗涤
浊度*	G, P		12 h	250	I
色度*	G, P		12 h	250	I
pH*	G, P		12 h	250	I
电导*	G, P		12 h	250	I
悬浮物*	G, P		14 d	500	I
碱度**	G, P		12 h	500	I
酸度**	G, P		30 d	500	I
COD	G	H ₂ SO ₄ , pH≤2	2 d	500	I

(续)

项 目	采样容器	保存剂用量	保存期	采样量 ^① (mL)	容器洗涤
高锰酸盐指数	G		2 d	500	I
DO*	溶解氧瓶	加入硫酸锰, 碱性 KI 叠氮化钠溶液, 现场固定	24 h	250	I
BOD ₅ **	溶解氧瓶		12 h	250	I
TOC	G	加 H ₂ SO ₄ , pH≤2	7 d	250	I
F ⁻ **	P		14 d	250	I
Cl ⁻ **	G, P		30 d	250	I
Br ⁻ **	G, P		14 h	250	I
L ⁻ **	G, P	NaOH, pH12	14 h	250	I
SO ₄ ²⁻ **	G, P		30 d	250	I
总正磷酸盐	G, P	HCl、H ₂ SO ₄ , pH≤2	24 h	250	IV
总磷	G, P	HCl、H ₂ SO ₄ , pH≤2	24 h	250	IV
氨氮	G, P	H ₂ SO ₄ , pH≤2	24 h	250	I
NO ₂ -N**	G, P		24 h	250	I
NO ₃ -N**	G, P		24 h	250	I
凯氏氮**	G			250	I
总氮	G, P	H ₂ SO ₄ , pH≤2	7d	250	I
硫化物	G, P	1 L 水样加 NaOH 至 pH9, 加入 5%抗坏血酸 5 mL, 饱和 EDTA 3 mL, 滴加饱和 Zn(Ac) ₂ , 至胶体产生, 常温避光	24 h	250	I
总氰	G, P	NaOH, pH≥9	12 h	250	I
Be	G, P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅲ
B	P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	I
Na	P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅱ
Mg	G, P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅱ
K	P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅱ
Ca	G, P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅱ
Cr ⁶⁺	GP	NaOH, pH=8	14 d	250	Ⅲ
Mn	G, P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅲ
Fe	G, P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅲ
Ni	G, P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅲ
Cu	P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅲ
Zn	P	HNO ₃ , 1 L 水样中加浓 HNO ₃ 10 mL	14 d	250	Ⅲ