

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

尿液源分离排水与资源化技术指南

Technical Guide for Urine Source Separation Drainage and Resource Recovery

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 卫生器具	3
4.1 卫生器具的选择和设置	3
4.2 卫生器具的安装	3
4.3 防臭方式的选择	3
4.4 源分离大便器的管理与维护	3
5 源分离排水管道系统设计	3
5.1 源分离尿液排水管道系统设计	3
5.2 源分离粪便排水管道系统设计	4
6 尿液资源化利用	5
6.1 尿液腐熟技术	5
6.2 植物培养	5
6.3 微藻培养	5
7 尿液营养元素回收技术	5
7.1 氮资源回收技术	5
7.2 磷资源回收技术	6
7.3 钾资源回收技术	6
7.4 组合技术	7
附录 A (资料性) 源分离排水系统工程案例	8
A.1 清华大学中意环境节能楼	8
A.2 江苏省某小学	9
A.3 浙江人造黑土地实践	11
参考文献	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由北京生态修复学会提出并归口。

本文件起草单位：北京林业大学、北京科技大学、清华大学、中车环境科技有限公司、深圳市绿水青山环境有限公司、中国科学院生态环境研究中心、天津大学、中国科学院重庆绿色智能技术研究院、聊城开发区金森生物科技有限公司、北京交通大学、中国矿业大学（北京）、南京师范大学、北京环丁公益基金会、北京环丁环保大数据研究院。

本文件主要起草人：徐康宁、程世昆、张立秋、汪诚文、李继云、刘天赋、陈向阳、郑利兵、李旻、曲丹、洪喻、孙佩哲、刘元、王业、李新洋、李春全、杨朕、王坤、钟丽锦、王霜、马茗远、张钰莹、于立安、唐素贤。

内部讨论资料，

严禁非授权传播

尿液源分离排水与资源化技术指南

1 范围

本文件可为源分离排水系统便器的选用、排水管道系统的设计的、源分离尿液资源化技术的选择提供指导。

本文件适用于源分离排水系统便器的选用、排水管道系统的设计及尿液资源化技术的选择。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17217 城市公共厕所卫生标准

GB/T 31436 节水型卫生洁具

GB 50015 建筑给水排水设计规范

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

源分离大便器 source-separated toilet

区别于传统粪尿混合式大便器的源分离大便器，通常将便器收集区分隔为大便区和小便区，将人体排泄的粪便和尿液分别进行收集。按如厕方式可分为坐便器和蹲便器两种，按水冲方式可分为水冲式和免水冲式。

3.2

薄膜尿液防臭器 thin film urine deodorizer

主体采用塑料或不锈钢材质，其中配置薄壁橡胶管，尿液流过使得通道关闭，以防止排水管系统中气体窜入室内。

3.3

液封尿液防臭器 liquid sealed urine deodorizer

采用液封以防止排水管系统中气体窜入室内，液封液体通常为煤油或脂肪醇等密度低于尿液的、不溶于水的液体。

3.4

源分离排水系统 source-separated drainage system

从源头上分离尿液、粪便和盥洗等污水，并分开处理不同的污水，进而实现有机质、营养元素、水资源等资源回收利用。

3.5

重力排水系统 gravity drainage system

利用重力势能作为排水动力的典型室内外混合排水系统，适合应用于源分离系统的尿液和粪便污水输送。

3.6

负压排水系统 negative pressure drainage system

利用负压设备，使负压管道内产生一定的负压度以实现污水的收集，也称真空排水系统。可实现小水量冲洗，节约用水。

3.7

排水当量 drainage equivalent

以污水盆排水量0.33 L/s为一个排水当量，将其他卫生器具的排水量与0.33 L/s的比值作为该种卫生器具的排水当量。

3.8

尿液腐熟 urine decomposition

尿液在储存期间发生的尿素水解为碳酸氢根和铵根离子，及伴随发生的物理、化学和生物变化过程。

3.9

尿液稳定化 urine stabilization

通过生物、化学等方式，抑制尿液中的尿素在尿素酶的作用下水解为氨，进而避免随之而来的氨挥发乃至不必要的沉淀、结垢等问题。

3.10

铵吸附法 ammonium adsorption

通过多孔性固体吸附剂（如沸石、生物炭、活性炭等）的吸附能力，将溶液中的铵根离子吸附于其表面，以实现分离的方法。

3.11

吸附容量 adsorption capacity

在一定温度及一定的吸附质浓度下，单位吸附剂所能吸附吸附质的最大量。

3.12

连续流反应器 continuous reactor

一种在反应过程中反应物连续进入反应器、生成物连续出反应器、反应器中反应条件比较稳定并同时完成反应过程的装置。

3.13

间歇式反应器 batch reactor

一种非连续类型的反应器，是反应过程中一次性投加反应物质发生反应、反应完成后即中止反应取出生成物的装置。

3.14

氨吹脱-吸收法 ammonia stripping and absorption

利用空气气流将碱性溶液中自由氨带出溶液，实现氨的分离，并再将含有氨气的气流通入另一种溶液中，使得氨气被水或酸性溶液吸收，实现氨回收的方法。

3.15

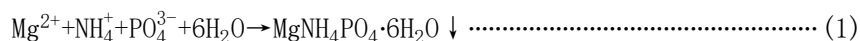
气液比 gas liquid ratio

吹脱法中通入气体的体积与废水体积之比。

3.16

磷酸铵镁沉淀 magnesium ammonium phosphate precipitation

溶液中可溶性镁离子、铵根离子和磷酸根离子生成六水磷酸铵镁不溶物的过程，常用于尿液中磷酸盐的回收，参见公式（1）：



3.17

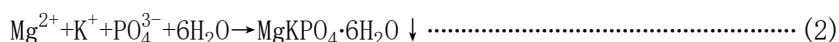
类水滑石 hydrotalcite-like compounds

一种具有特殊结构和性质的矿物或人工合成的化合物，通常是由两种或两种以上的二价金属离子和三价金属离子构成的具有层状晶体结构的混合金属氢氧化物，通常具有良好的磷酸盐吸附性能。

3.18

磷酸钾镁沉淀 magnesium potassium phosphate precipitation

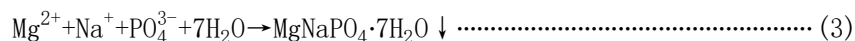
溶液中可溶性镁离子、钾离子和磷酸根离子生成六水磷酸钾镁不溶物的过程，常用于尿液中钾的回收，参见公式（2）：



3.19

磷酸钠镁沉淀 magnesium sodium phosphate precipitation

溶液中可溶性镁离子、钠离子和磷酸根离子生成七水磷酸钠镁不溶物的过程，是尿液中磷酸钾镁沉淀的常见伴生化学反应，参见公式（3）：



4 卫生器具

4.1 卫生器具的选择和设置

4.1.1 为实现尿液的分离和收集，卫生器具宜选择小便器和源分离大便器。

4.1.2 源分离大便器在选择时宜遵循下列原则：

- a) 所选的源分离大便器宜满足人体工程学设计，令使用者不需调整坐姿或蹲姿即可实现准确定位，不致出现大小便混杂的现象。
- b) 便器小便排污口易被污物、尿垢等杂物堵塞，宜使用易于更换和清洁的防臭或遮挡配件。
- c) 水冲式便器宜选择双冲式便器，用水量宜符合 GB/T 31436 的节水型或高效节水型便器要求。

4.1.3 公共建筑的厕所根据 GB/T 17217 设置小便器，可选用小便器或小便槽；住户家庭内的卫生间可根据实际情况选择是否设置小便器。

4.2 卫生器具的安装

4.2.1 建筑结构根据源分离大便器型式预留粪便排污管和尿液排污管两个孔洞。

4.2.2 小便器和源分离大便器遵照厂家的安装说明书进行安装，宜符合 GB/T 31436 的要求。

4.3 防臭方式的选择

4.3.1 存水弯防臭

4.3.1.1 设置存水弯的具体要求符合 GB 50015。

4.3.1.2 采用排水管道几何变化的方式设置存水弯时，大便排污口和小便排污口处宜设置相应的存水弯管道；通过便器的自身结构设置存水弯时，便器的两个排污口处均需做出相应的存水弯结构；便器的大便排污口处自带存水弯时，小便排污口处通过管道几何变化方式设置存水弯。

4.3.1.3 存水弯在源分离管道系统中的设置宜综合考虑前后管道的交叉问题。

4.3.2 特殊构造防臭

在免水冲和低水冲小便器和源分离大便器中，宜使用薄膜尿液防臭器或液封尿液防臭器以防止排水管道系统中气体窜入室内。

4.4 源分离大便器的管理与维护

4.4.1 源分离厕所宜在卫生间明显位置设置简洁易懂的使用标识，避免错误使用带来卫生问题和堵塞问题。

4.4.2 宜对源分离大便器进行定期管理和维护，清洗符合 GB/T 17217 的要求。清洗可采用物理方法（刷洗）和化学药剂（厕所洗涤剂）相结合的方法。清洗药剂的性质不宜对后续系统及尿液资源化处理产生不利影响。

5 源分离排水管道系统设计

5.1 源分离尿液排水管道系统设计

5.1.1 尿液排水管道系统的排水方式

5.1.1.1 尿液排水管道系统可采用传统的重力排水方式，也可采用负压排水系统。

5.1.1.2 重力排水管道系统可选用单立管排水系统、双立管排水系统或三立管排水系统，具体参照 GB 50015 中传统混合式排水管道系统的设计。

5.1.2 尿液排水管道的管径和坡度

a) 尿液排水当量

源分离大便器的尿液排水当量按照产品实际情况确定，缺乏数据时取GB 50015中大便器排水当量的50%，小便器和小便槽的尿液排水当量参照GB 50015。

b) 尿液最大设计充满度

尿液排水横管宜按照非满流设计，采用GB 50015中生活排水管道的最大设计充满度，即管径≤125 mm时，最大设计充满度为0.5；管径150~200 mm时，采用0.6。实际设计时宜采用小于上述的最大设计充满度。

c) 尿液排水管道的最小管径

尿液排水管道的最小管径宜为50 mm。小便槽、连接3个及以上源分离式便器的小便排污口、小便器或小便排污口与小便器混连时，排水支管的管径不小于75 mm。多层建筑的尿液排水立管的管径不小于75 mm。

d) 管道坡度

塑料管的标准坡度宜不小于0.026。实际施工时宜根据现场条件适当增大尿液排水横管的坡度。

5.1.3 尿液排水管道的其他要求

5.1.3.1 尿液排水管道的清扫口、检查口、通风立管设置参照GB 50015生活排水管道设计。

5.1.3.2 尿液排水管道的管材宜采用经久耐用的塑料制品（如聚乙烯、聚丙烯等），不宜采用金属管材。

5.1.3.3 尿液排水管道的最终设计宜符合GB 50268的要求，满足施工及验收规范。

5.1.3.4 尿液排水管道宜至少三个月疏通一次，堵塞较轻时，宜使用化学清洗剂冲刷浸泡管道，清除部分尿垢及杂物；堵塞问题严重影响正常使用时，宜采用机械清洗的方法。

5.1.3.5 在日常的管理中宜提示用户正确使用源分离式便器，减少向便盆中投加杂物的频率，以防止便器和管道的堵塞。

5.1.4 尿液储存罐的设置

5.1.4.1 在单栋建筑内部的排水管道末端宜设置尿液储存罐，以方便后续尿液资源化。

5.1.4.2 尿液储存罐的容积根据使用人数、使用频次、单次尿液量及冲洗水量由公式（4）计算。

$$V = \frac{\lambda \times P \times f \times q_{\max} \times T}{1000} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

V ——尿液储存罐的容积，m³；

λ ——安全系数，取值1~1.2；

P ——人口数量；

f ——每人每天小便的次数，可选用4~5次；

q_{max} ——单次小便的最大尿液量，L，每次小便的尿液量为300~500 mL，如果有冲洗水时，需考虑冲洗水量，根据实际情况确定；

T ——清空周期，即清空的间隔时间，视具体操作而定，可采用每周清空或其他方式，d。

5.1.4.3 尿液储存罐的材质根据经济情况评估确定，容积较小时，可采用塑料材质；容积较大时，可采用钢筋混凝土材质并做好防渗措施；不宜采用金属材质的储存罐。

5.1.4.4 尿液储存罐若采用罐体整体运输，宜预留尿液排放口；若采用罐车运输，视运输设备的要求预留输送管及相应接口。

5.1.4.5 当建筑内部的尿液储存罐同时用于收集和储存时，宜至少配置两个，交替使用。

5.1.4.6 尿液储存罐宜密封，避免造成氨的挥发损失。

5.1.4.7 放置尿液储存罐的位置宜通风良好，避免挥发氨可能导致的潜在健康风险。

5.2 源分离粪便排水管道系统设计

5.2.1 粪便排水管道系统设计参照GB 50015生活排水管道设计。

5.2.2 设计时需注意粪便排水管道系统与尿液排水管道系统的区别，防止错误连通、位置交叉等问题。

6 尿液资源化利用

6.1 尿液腐熟技术

- 6.1.1 尿液腐熟过程中 pH 的升高以及由此导致的高自由氨浓度可以消杀尿液中潜在的致病菌和寄生虫卵。
- 6.1.2 如果将尿液用于食品和饲料作物，在不低于 4℃ 下宜腐熟不少于 1 个月。
- 6.1.3 如果将尿液用于生吃的食物施肥，在不低于 20℃ 下宜腐熟不少于 6 个月。
- 6.1.4 腐熟过程中会因尿液或冲洗水含有的钙镁离子等导致尿液中磷的沉淀损失，磷酸盐损失通常约 30%，宜将尿液中的磷沉淀物收集后用作肥料。
- 6.1.5 腐熟过程中存在异味以及氨挥发等问题，宜密闭腐熟，操作人员宜在技术运维中做好健康防护。

6.2 植物培养

- 6.2.1 腐熟后的尿液作为黄瓜、番茄和辣椒等蔬菜的液态肥时，蔬菜产量与施用化肥效果相当或略优；作为玉米、小麦和大麦等谷物的液态肥时，与施用尿素的肥效相当。
- 6.2.2 腐熟后的尿液用于土壤肥料时，稀释倍数宜为 3~10，以降低土壤盐碱化。腐熟后的尿液可缓解土壤酸化，提供作物生长更适宜的条件，但不宜用于盐碱化土壤。腐熟后的尿液宜施入土壤表层以下，以避免氨挥发损失。
- 6.2.3 尿液可与生物炭联合施用。作为底肥和追肥时，每千克生物炭宜与 0.5 L 尿液混合，生物炭吸附尿液中的营养元素并储藏半个月后可取出并施入土壤表层以下 30 cm 当底肥，底肥施用半个月后再种植庄稼，肥效更佳；追肥时，可将生物炭与尿液的混合物直接洒在地表，用土稍作覆盖。

6.3 微藻培养

- 6.3.1 尿液可培养的微藻包括小球藻 (*Chlorella vulgaris*)、雨生红球藻 (*Haematococcus Pluvialis*)、斜生栅藻 (*Scenedesmus acuminatus*)、钝顶螺旋藻 (*Arthrospira platensis*)、链带藻 (*Desmodesmus abundans*) 等，收获的微藻可用于生产蛋白质和脂肪，也可发酵产能和作为饲料等。
- 6.3.2 用于微藻培养的尿液稀释倍数宜为 20~150 倍，pH 宜控制在 6.5~8.5。

7 尿液营养元素回收技术

7.1 氮资源回收技术

7.1.1 吸附法

- 7.1.1.1 采用吸附法回收尿液中铵态氮宜选用具有较高吸附能力的吸附剂，包括沸石、生物炭和活性炭等。选用前宜通过试验研究测定吸附剂的氨氮吸附容量。如果没有吸附容量测得值可供使用时，沸石铵吸附容量参考值为 3~20 mg NH₄-N/g；生物炭和活性炭铵吸附容量参考值为 2~10 mg NH₄-N/g。
- 7.1.1.2 吸附法使用间歇式反应器时，间歇式投加尿液、吸附剂，吸附剂投加量由尿液处理量、铵浓度和吸附容量决定，反应过程中宜机械搅拌，每分钟机械搅拌转速宜选择 100~300 转，反应时间宜为 6~24 小时。
- 7.1.1.3 吸附法使用连续流反应器时，宜采用圆柱式反应器，吸附柱填充吸附剂，尿液连续进水和出水，吸附剂投加量由运行期间尿液处理量、铵浓度和吸附容量决定，尿液水力停留时间宜为 6~24 小时。
- 7.1.1.4 吸附剂成本是技术应用的重要因素。除了选择更廉价的高效吸附剂，还可以通过吸附剂的重复使用以降低成本，吸附铵后的吸附剂可使用酸性或碱性溶液洗脱以再生利用，洗脱后得到的铵溶液宜用作工业原料。另一个降低成本的途径是将本计划用于土壤的材料用作吸附剂，比如将本计划用于改良土壤的生物炭吸附铵后再回用到土壤中，节省吸附剂的成本。

7.1.2 氨吹脱-吸收法

- 7.1.2.1 该技术适用于尿素完全水解的尿液，在吹脱反应器中利用空气吹脱氨，并在吸收反应器中使用水或硫酸液吸收气流中的氨，生成氨水或硫酸铵溶液，得到的氨水或硫酸铵溶液既可用作液态肥，也可用作化工原料。

7.1.2.2 吹脱时宜提供较高的温度、较高 pH 值 (> 10) 和负压等条件以提高氨的吹脱效果,可采用多级吹脱提高吹脱效率,提高吹脱温度时宜使用废热以降低成本。较大的气液比意味着更多的气体与废水接触,有利于氨氮的吹脱,气液比宜选择 (4000~8000):1。吹脱反应器内部宜装填适当的填料,以增加气液接触面积和传质效率,常用的填料有塑料板条等。

7.1.2.3 尿液吹脱易产生泡沫,宜选择合适的消泡剂消泡,但要避免影响尿液资源化产品的再利用及尿液尾水的处理。

7.1.2.4 吸收剂使用硫酸溶液比水具有更好的氨吸收效果,为提高氨吸收效果,宜降低气液比,气液比宜在 (500~5000):1。氨吸收反应器内部宜装填适当的填料,以增加气液接触面积和传质效率,常用的填料有塑料板条等。

7.2 磷资源回收技术

7.2.1 磷酸铵镁沉淀法

7.2.1.1 以尿液中磷为回收目标时,尿液中镁浓度相对较低,宜投加溶解性镁盐(如氯化镁、硫酸镁)以促进磷的高效回收,投加后尿液中 Mg:P 摩尔比宜为 (1.1~1.3):1; 尿素水解后尿液 pH 通常约为 9,为适宜的 pH 条件。

7.2.1.2 以尿液中铵和磷为回收目标时,宜投加溶解性磷酸盐和溶解性镁盐,投加后尿液中 P:N 摩尔比宜为 (1~1.2):1, Mg:P 摩尔比宜为 (1.1~1.3):1; 反应过程中宜投加 NaOH 以维持适宜的 pH 值,反应 pH 宜为 8.5~9.3。

7.2.1.3 使用间歇式反应器时,每分钟机械搅拌转速宜选择 100~300 转,反应时间宜选择 1~4 小时,反应停止后,通过固液分离收集沉淀物。

7.2.1.4 使用连续流反应器时,每分钟机械搅拌转速宜选择 100~300 转,水力停留时间宜选择 1~4 小时,沉淀物可间歇式排放,也可连续排放。

7.2.1.5 收集得到的沉淀物经脱水后进行干燥,干燥温度不宜超过 45℃。干燥后的产物可作为氮磷复合肥。

7.2.2 吸附法

7.2.2.1 采用吸附法回收尿液中磷酸盐宜选用具有较高吸附能力的吸附剂,包括类水滑石或负载镁氧化物的生物炭等。选用前宜通过试验研究测定吸附剂的磷酸盐吸附容量。如果没有吸附容量测得值可供使用时,类水滑石磷酸盐吸附容量参考值为 30~60 mg P/g; 负载镁氧化物的生物炭磷酸盐吸附容量参考值为 60~120 mg P/g。

7.2.2.2 吸附法使用间歇式反应器时,间歇式投加尿液、吸附剂,吸附剂投加量由尿液处理量、磷酸盐浓度和吸附容量决定,反应过程中宜机械搅拌,每分钟机械搅拌转速宜选择 100~300 转,反应时间宜为 3~6 小时。

7.2.2.3 吸附法使用连续流反应器时,宜采用圆柱式反应器,吸附柱填充吸附剂,尿液连续进水和出水,吸附剂投加量由运行期间尿液处理量、磷酸盐浓度和吸附容量决定,尿液水力停留时间宜为 3~6 小时。

7.2.2.4 类水滑石和负载镁氧化物的生物炭吸附磷酸盐时,部分磷酸盐沉淀物会散落在溶液中,宜同时收集,但需注意吸附剂金属离子溶出对尿液尾水处理的影响。

7.2.2.5 吸附磷酸盐后的吸附剂可使用 NaCl 溶液洗脱以再生利用,洗脱后得到的磷酸盐溶液宜用作工业原料。用于改良土壤的生物炭或负载镁氧化物的生物炭可先用于吸附铵后再施用于土壤,以节省吸附剂的成本。

7.3 钾资源回收技术

7.3.1 磷酸钾镁沉淀反应过程中宜投加 NaOH 或 KOH 以维持适宜的 pH 值,反应 pH 宜为 10~11.4; 宜投加溶解性镁盐和磷酸盐以提高钾回收效果。投加后尿液中 P:K 摩尔比宜为 (2.5~3.5):1, Mg:P 摩尔比宜为 (1.1~1.2):1。

7.3.2 使用间歇式反应器时,每分钟机械搅拌转速宜选择 100~300 转,反应时间宜选择 1~4 小时,反应停止后,通过固液分离收集沉淀物。

7.3.3 使用连续流反应器时,每分钟机械搅拌转速宜选择 100~300 转,水力停留时间宜选择 1~4 小

时，沉淀物可间歇式排放，也可连续排放。

7.3.4 为提高钾回收效率和避免磷酸钠镁沉淀，在调节 pH 及投加磷酸盐时宜避免引入钠。

7.3.5 收集得到的沉淀物经脱水后进行干燥，干燥温度不宜超过 45℃。干燥后的产物可以作为磷钾复合肥。

7.4 组合技术

7.4.1 为从尿液中回收氮和磷，可将磷酸铵镁沉淀法和氨吹脱-吸收法进行组合，生产磷酸铵镁固体肥和液态氨水或硫酸铵溶液。

7.4.2 为从尿液中回收氮和磷，可将氨吸附法和磷酸铵镁沉淀法进行组合，生产磷酸铵镁固体肥和液态氮肥。

7.4.3 为从尿液中回收氮和磷，可将氨吸附法和磷酸盐吸附法进行组合，生产液态氮肥和磷肥。

7.4.4 为从尿液中回收氮、磷和钾，宜将氨吹脱-吸收法和磷酸钾镁沉淀法组合，生产液态氨水或硫酸铵溶液和磷酸钾镁固体肥。

内部讨论资料，

严禁非授权使用

附录 A (资料性) 源分离排水系统工程案例

A.1 清华大学中意环境节能楼

A.1.1 中意环境节能概述

清华大学中意环境节能楼坐落于清华大学校园内，现为清华大学环境学院院馆，其是由意大利政府和中国科技部共同建设，是集绿色、生态、环保、节能理念于一体的办公楼，是环境学院科研、办公及对外交流合作的重要平台。中意环境节能楼见图A.1。

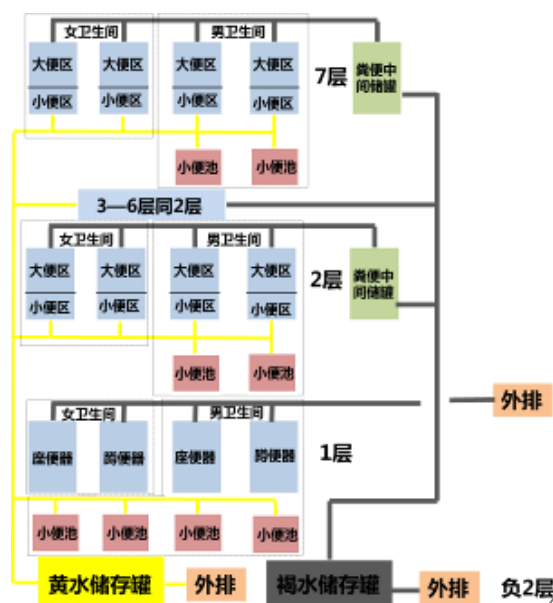


图A.1 中意环境节能楼

中意环境节能楼为退台式C型建筑，总建筑面积共计20000 m²，主体建筑为地上10层，地下2层，其中1~3层中间镂空，分为东西两侧。西侧卫生间为传统的混合式排水系统，每层的男女卫生间各设1个座便器，1个蹲便器，男卫生间还另设2个水冲式小便器。东侧2~7层为负压源分离系统，每层男女卫生间分别设2个源分离蹲便器，男卫生间另设2个水冲式小便器。1层卫生间设置1个蹲便器、1个座便器、4个水冲式小便器，大便器均为混合式排水系统，并且与2~7层负压源分离系统相互独立。

A.1.2 源分离负压排水系统的组成

源分离负压系统由源分离大便器、粪便中间储罐、负压管道、粪便储罐、负压泵站、尿液管道、尿液储罐、控制系统等组成，见图A.2。



图A.2 2~7层源分离负压排水系统示意图

源分离大便器中间设有隔离堰，将便盆分为大便区和小便区，见图A.3。小便区位于便盆的前部，设有小便排污口，主要用于收集尿液；大便区位于便盆的后部，设有大便排污口，主要用于粪便污水的收集。源分离蹲便器大便采用负压抽吸方式冲洗收集，尿液采用重力流水冲洗收集。



图A.3 源分离大便器

粪便污水在负压的驱动下，首先进入粪便中间储罐，当达到一定的排量后，再输送至位于负2层的粪便储罐。当粪便污水排放量达到临界水位时，触发粪便污水自控系统，将其中的粪便污水排送至室外化粪池。由于粪便污水采用负压真空收集，负压管道直径较传统重力流小，支管与干管直径均为De75。源分离大便器尿液排水管与水冲式小便器的排水管联通，尿液经管道输送至位于负2层的尿液储罐，尿液储罐上设有手动排水管和自动控制排水管（便于研究和管理），当尿液储量达到临界值时触发尿液自控系统，将尿液输送至室外化粪池。尿液排水管道的横支管管径为De50，立管与横干管的管径为De75。

A.2 江苏省某小学

A.2.1 江苏省某小学概况

小学总占地面积为38600 m²，在校学生与教师人数约为4300人。校区分为三区，一区为行政楼，共4层建筑，总建筑面积为3290 m²，其中办公楼占地面积为2635 m²；二区为教学楼，共4层建筑，总建筑面积为4438 m²；三区为综合楼，总建筑面积为3377 m²。一区办公楼的卫生间实施源分离排水系统技术方案，一区教学楼、二区教学楼及三区教学楼的卫生间均设计为大便槽和小便槽的方式，故部分实施源分离排水系统，收集西侧男卫生间的尿液，配套设计相应的尿液排水管道。小学及源分离坐便器、源分离蹲便器和小便槽见图A.4。



图A.4 小学、源分离坐便器、源分离蹲便器和小便槽

A.2.2 小学尿液水量计算

小学服务人口为4300人，取单次人均排尿量为300 mL，冲洗水量为尿液量的5倍，每天在校的小便次数取3次，清空频率为5 d/次，安全系数取1.1，但学生厕所部分实施源分离排水技术，还需考虑折减系数，取为0.5，计算公式见公式（4）。经计算，每周尿液的收集量为53.2 m³，实际设计值取为55 m³，尿液储存池的容积可参照此值设计。

A.2.3 小学源分离排水系统设计说明

办公楼采用源分离排水系统，一层男厕为4个小便斗，1个蹲便器，1个坐便器，一层女厕为3个蹲便器，1个坐便器。小便斗的排水连接管管径为De50，小便斗没有自带液封防臭装置，因此设计S型存水弯以达到防臭的目的。4个小便斗共用一根排水横管，设计管径为De75，坡度为0.1，直接排至室外尿液检查井。男、女卫生间蹲便器为源分离式便器，根据便器尺寸分别预留了大便排污孔洞和小便排污孔洞，其中大便排污孔洞直径为120 mm，小便排污孔洞直径为55 mm。男厕的蹲便器小便排污管管径为De50，设计了S型存水弯，接入一层小便斗排水横管。蹲便器的大便排污管管径为De110，同样设计了S型存水弯，接入与坐便器共用的排水横管，管径为De110。女厕的小便排污管管径为De50，设计了S型存水弯，4个蹲便器共用一个尿液排水横管排至室外尿液检查井，排水横管管径De75，坡度0.1。大便排污管的管径为De110，均设计了S型存水弯，共用一个大便排水横管，设计管径为De110。

办公楼2~4层的卫生间布局相同，下面以2层为例进行分析说明。2层男厕共有5个小便斗和3个蹲便器，女厕共有6个蹲便器，对称分布在两侧。小便斗的排水连接管管径为De50，由于小便斗没有自带液封防臭装置，同样设计了S型存水弯，5个小便斗共用一根排水横管，设计管径为De75，坡度为0.1，接

入尿液排水立管HL1-1。男、女卫生间蹲便器为源分离式便器，需要预留孔洞以接入排水管，做法与一层卫生间相同。男厕的蹲便器小便排污管管径为De50，设计了S型存水弯，3个蹲便器共用一个排水横管，管径De75，坡度0.1，接入尿液排水立管HL1-2。蹲便器的大便排污管管径为De110，同样设计了S型存水弯，3个蹲便器共用一条排水横管，管径De110，接入污水排水立管。女厕的小便排污管管径为De50，设计了S型存水弯，每侧的3个蹲便器共用一个尿液排水横管，管径De75，坡度0.1，分别接入尿液排水立管。大便污水管的管径为De110，由排水管组成S型存水弯，每侧的3个蹲便器共用一个污水排水横管，分别接入污水排水立管。

教学楼东侧的卫生间设置了部分源分离系统，即只收集小便槽中产生的尿液。传统做法是设计一条横支管接入污水排水立管，为了收集其中的尿液需要单独设计一根排水立管。实施方案是1层小便槽接入管径De75的横管直接排至室外尿液检查井，2~4层设计一根管径De110的排水立管，每层通过一根管径De75的横支管接入排水立管，排水立管在通过一根De110的横干管接入室外尿液检查井。

每层卫生间的源分离排水系统的实施参照了尿液最小管径De50、排水横管的最小管径De75的标准，为了减少结垢堵塞，较常规设计增大了排水横管的坡度。为实现防臭的目的，均设计了存水弯结构，同时，在选型上采用了带有检查口的存水弯，便于日后的检修和维护。地漏中的杂物可能会堵塞管道，设计中采用接入大便排水管的方式。值得注意的是，一层的尿液排水横管与大便排水横管未与2~4层连接，而是直接排入室外检查井，这样的设计可防止楼上排水量过大时倒灌入一层源分离大便器。另外，由于新增了尿液排水管，在实际施工过程中会存在一定的难度，管线易出现交叉的现象，通过合理利用高程来布局管线可有效解决该类问题。尿液排水横管通常较污水排水横管细，可将尿液排水横管的位置稍提高，污水排水横管的位置稍降低，使管线的布置流畅，同时施工时还需特别注意，否则可能会导致排水不畅，污物残留而使管道发生堵塞或是回灌至排水器具。

A. 2.4 源分离排水系统说明

办公楼1~4层的源分离排水系统，一层的排水管道单独排至室外检查井。尿液排水横管的管径为De75，2~4层连接较多小便斗的排水立管管径为De110，而连接源分离大便器的排水立管管径为De75，这样的设计与排水流量相当，可在满足排水流量的同时节约管材；污水排水横管的管径为De110，2~4层排水立管的管径为De110。每层的污水和尿液排水立管均设置了检查口，便于后期的清扫和维护管理。两种管道均为单立管排水管道，即通过顶部的通气帽实现管道内气压的平衡并使产生的臭气排至室外。

A. 2.5 小学室外尿液排水管路说明

室内的尿液通过尿液横干管进入室外的尿液检查井，每2条或3条排水横干管就近共用一个检查井，以节省投资。检查井通过管道连接起来并最终通过一条主管道汇入尿液储存池。室外尿液排水管的管径不宜过大（DN300以内），而坡度应根据地势尽量陡一些，不宜低于2%，以减缓管道内的结垢。尿液储存池的总容积参照上文尿液量的设计值，可选用钢筋混凝土现浇或是塑料材质的成品储存池，无论选用哪种材质，均需做好防渗措施，并有足够的强度，选用的是HDPE材质的成品储存池，每个储存池的容积为30 m³，可满足设计需求。要特别注意的是尿液储存池一定要设置溢流管，以免在出现故障或清理不及时的情况下能够及时排出尿液。此处设计是利用高差实现溢流的目的，即在尿液排入储存池的主干管上设计一个检查井，来水管道的高度最大，通向储存池的管道高度最低，溢流管的高度处于中间水平并与尿液储存池池容的最大高度持平，当尿液储存池中的液面高度达到此处时，尿液不再进入储存池而是进入溢流管。

A. 3 浙江人造黑土地实践

A. 3.1 富阳人造黑土地实践

2020年，深圳市绿水青山环境有限公司在杭州富阳区花开岭公益基地，用瑞典的干湿分离无水马桶和瑞士的无水小便斗收集大小便混合竹炭堆肥种菜，将荒地变成肥沃的菜地。此实验获得杭州国际城市学研究中心颁发的2022年度《十佳环保点子》称号。富阳人造黑土地实验图见图A.5。



图A.5 富阳人造黑土地实验图

A.3.2 余姚人造黑土地实践

2023年，深圳市绿水青山环境有限公司与宁波天一活性炭有限公司合作，将该公司生产的竹炭与余姚街头20座粪尿分离厕所收集的尿液混合，在杭州八卦田做种植水稻实验，在贵州独山县种橙子，在广西百色种西红柿。八卦田水稻种植实验见图A.6。这些实验证明施用尿液泡竹炭能增强作物的抗病性，提高作物产量，增加土壤有机碳含量。八卦田实验还打通了“以炭治碳”（Biochar Carbon Removal）碳信用国际交易渠道。该实验获得了欧洲磷协会ESPP、瑞典国家农业大学、瑞士、尼尔尼亚、越南等四十多个国家上百位专家的关注。



图A.6 八卦田水稻种植实验

参 考 文 献

- [1] GB 7959 粪便无害化卫生要求
 - [2] GB/T 25246 畜禽粪便还田技术规范
 - [3] GB/T 38353 农村公共厕所建设与管理规范
 - [4] GB 50318 城市排水工程规划规范
 - [5] GB 55020 建筑给水排水与节水通用规范
 - [6] CECS 316 室外真空排水系统工程技术规程
 - [7] HJ 1160 环境标志产品技术要求 无下水道卫生系统
 - [8] LB/T 071 可持续无下水道旅游厕所基本要求
 - [9] T/CECS 544 室内真空排水系统工程技术规程
 - [10] ISO 30500 Non-sewered sanitation systems—Prefabricated integrated treatment units—General safety and performance requirements for design and testing
 - [11] EN 12109 建筑物内的真空排水系统
 - [12] RISN-TG034 污水源分离排水系统工程技术导则
-

内部讨论资料，

严禁未经授权使用