

ICS 93.080.01
CCS Q81

T

团体标准

T/CWDPA XXX—2025

公路服务区零排放公厕技术标准

Technical standards for zero-emission public toilets in highway service areas

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国西部开发促进会 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 总体要求 2

 4.1 核心原则 2

 4.2 量化目标 2

 4.3 基础要求 3

5 设计规范 3

 5.1 建筑与布局设计 3

 5.2 给水排水设计 3

 5.3 通风除臭设计 4

 5.4 能源系统设计 4

 5.5 智能化系统设计 4

6 污水处理技术 4

 6.1 核心处理工艺要求 5

 6.2 处理效果要求 5

7 资源循环利用 5

 7.1 再生水利用 6

 7.2 粪污资源化利用 6

 7.3 能源循环利用 6

8 施工与验收 6

 8.2 验收要求 7

9 运行维护 7

 9.1 日常运行管理 7

 9.2 维护保养 8

 9.3 应急管理 8

10 监测评价 8

 10.1 监测要求 8

 10.2 评价指标体系 8

 10.3 评价周期与改进 9

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。

本文件由中国西部开发促进会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

公路服务区零排放公厕技术标准

1 范围

本文件规定了公路服务区零排放公厕的总则、技术要求（含建筑与布局、给水排水、粪污处理、通风除臭、能源供应、智能化系统）、设备选型、施工与验收、运行维护及效果评价。

本文件适用于全国新建、改建、扩建的高速公路及普通国省干线公路服务区零排放公厕的设计、建设、施工、验收、运行及维护。

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 8978 污水综合排放标准
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
- GB/T 25499 城镇污水再生利用 绿地灌溉水质
- GB/T 50140 建筑灭火器配置设计规范
- GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- NY 525 有机肥料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路服务区零排放公厕

在公路服务区内建设，通过节水、粪污资源化、能源自给等技术集成应用，实现污水零排放、粪污全资源化、能源自给（或净消耗为零）且无固体废弃物外排的环保型公厕。

3.2

污水零排放

公厕产生的全部污水（含冲厕、洗手、地面冲洗污水）经处理后达回用或排放标准，全部用于自身杂用或周边非饮用水用途，无污水外排至自然水体或市政管网。

3.3

粪污资源化

通过物理、化学、生物技术，将公厕粪污转化为再生水、有机肥、生物燃气等可利用资源的过程。

3.4

能源自给

公厕运行所需电力、热能等，通过太阳能、风能、生物能等可再生能源自给，或能源消耗小于可再生能源发电量，实现能源净零消耗。

3.5

分散式处理系统

针对公厕粪污产量集中、水量波动大特点，构建的小型化、模块化粪污处理系统，实现粪污就地处理回用。

3.6

智能节水器具

具备人体感应、流量调节、无水冲等功能的洁具（如感应水龙头、便器），可自动调节用水量实现节水。

3.7

生物除臭技术

利用微生物代谢作用，将恶臭污染物（氨气、硫化氢）分解为无害物质（二氧化碳、水）的除臭技术，含生物滤池、微生物除臭剂等。

3.8

再生水

公厕污水经处理后达规定水质标准，可用于冲厕、绿化、地面冲洗等非饮用水用途的水。

4 总体要求

4.1 核心原则

4.1.1 零排放导向原则

严格遵循“污水全处理、资源全回用、废物全消纳”理念，确保公厕运行过程中无污水、未经处理粪污及有害固体废弃物外排。

4.1.2 资源化利用原则

优先采用粪污资源化技术，最大化实现再生水回用、粪污制肥、能源回收等资源循环利用，降低资源消耗。

4.1.3 节能低碳原则

选用节能型设备和可再生能源利用技术，减少化石能源消耗，降低碳排放，符合绿色建筑和低碳发展要求。

4.1.4 因地制宜原则

根据公路服务区所在区域的气候条件、水资源状况、客流量等因素，科学选择适配的零排放技术路线和设备，避免技术与实际场景脱节。

4.1.5 安全卫生原则

保障公厕运行过程中的水质安全、环境卫生安全、结构安全，满足卫生防疫要求，保护使用者健康。

4.1.6 经济适用原则

技术方案和设备选型兼顾技术先进性与经济合理性，降低建设成本和运行维护成本，确保长期稳定运行。

4.2 量化目标

4.2.1 排放控制目标：

- a) 污水回用率 $\geq 90\%$ ，剩余污水排放需符合 GB 8978 一级标准；
- b) 粪污资源化率 $\geq 95\%$ ，无未经处理的粪污外排；
- c) 固体废弃物零外排，垃圾经分类无害化处理后全回收或安全处置。

4.2.2 资源利用目标：

- a) 再生水水质：冲厕用水符合 GB/T 18920 要求，绿化用水符合 GB/T 25499 要求；
- b) 有机肥质量：符合 NY 525，可用于服务区绿化或农业种植；
- c) 能源自给率 $\geq 80\%$ ，太阳能、风能等清洁能源供电占比 $\geq 70\%$ 。

4.2.3 卫生环境目标：

- a) 室内空气质量：氨气浓度 $\leq 0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，硫化氢浓度 $\leq 0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，符合 GB 14554；

- b) 人均日用水量 $\leq 5\text{L}$ ，节水器具普及率 100%；
- c) 设备运行噪声 $\leq 55\text{dB (A)}$ ，地面干爽无积水，便器无污垢异味。

4.3 基础要求

4.3.1 规模适配

厕位数量应符合《公路服务区设计规范》，男女厕位比例宜为 1:1.5~1:2，人均建筑面积 $\geq 1.2\text{m}^2$ ，设备及粪污处理区面积占比 $\geq 30\%$ 。

4.3.2 技术适配

技术适配要求如下：

- a) 寒冷地区需采取防冻保温措施，保障粪污处理系统和给排水管道低温正常运行；
- b) 干旱地区强化雨水收集利用，补充再生水水源；
- c) 高海拔地区选择适配低气压、低氧环境的设备和技术。

4.3.3 安全保障

安全保障应符合：

- a) 电气系统具备漏电保护、过载保护、防雷接地功能，符合电气安全标准；
- b) 粪污处理系统设置应急排放口和应急预案，避免故障时污染环境；
- c) 配置灭火器材，符合 GB/T 50140 要求。

5 设计规范

5.1 建筑与布局设计

5.1.1 选址要求

远离服务区饮用水水源地、食品加工区，与宿舍、餐厅等敏感区域距离 $\geq 10\text{m}$ ；选址地势较高、排水通畅，避免低洼积水区域，防洪标准 ≥ 20 年一遇。

5.1.2 功能布局

划分出入口、厕位区、洗手区、管理间、设备间、粪污处理区等功能区域，流线清晰；粪污处理区位于公厕下风向或侧风向，设独立出入口，便于设备维护和物料运输；设置无障碍厕位、通道及洗手台，符合《无障碍设计规范》要求。

5.1.3 建筑构造

建筑构造应符合：

- a) 室内净高 $\geq 2.8\text{m}$ ，设备间净高 $\geq 2.5\text{m}$ ；
- b) 自然采光系数 $\geq 1\%$ ，自然通风不畅区域设置机械通风系统；
- c) 地面采用防滑、耐脏、易清洁材料，墙面采用防水、防霉、易擦洗材料，装修高度 $\geq 1.8\text{m}$ ；
- d) 公厕周边绿化面积占比 $\geq 20\%$ ，选用适应当地气候、易养护的植物，可用再生水灌溉。

5.2 给水排水设计

5.2.1 给水系统设计

给水系统设计应符合：

- a) 水源优先选用再生水，补充水源可选择雨水、服务区中水或市政自来水；
- b) 采用变频恒压供水系统，供水压力 $\geq 0.15\text{MPa}$ ，确保供水稳定；
- c) 配置智能节水器具：大便器单次冲水量 $\leq 3\text{L}$ ，小便器 $\leq 0.5\text{L}$ ，水龙头出水流量 $\leq 5\text{L/min}$ ；
- d) 给水管材选用 PPR 管、不锈钢管等耐腐蚀、无毒管材，管道做好保温措施。

5.2.2 排水系统设计

排水系统设计应符合：

- a) 采用分流制排水，冲刷污水、洗手污水、地面冲洗污水分别收集后汇入粪污处理系统；
- b) 排水管材选用 HDPE 管、UPVC 管，管道坡度 $\geq 3\%$ ，确保排水通畅；
- c) 设置格栅井（栅隙 $\leq 10\text{mm}$ ）、化粪池（有效容积 $\geq 1\text{m}^3/10$ 人 \cdot d）等预处理设施；
- d) 屋面及周边地面设置雨水收集系统，收集雨水经沉淀、过滤处理后可用于绿化或补充再生水。

5.3 通风除臭设计

5.3.1 通风系统设计

通风系统设计应符合：

- a) 厕位区、洗手区外窗面积 \geq 该区域建筑面积 10%，保证自然通风效果；
- b) 机械通风量按 ≥ 10 次 /h 计算，气流组织合理，避免异味积聚；
- c) 选用低噪声、节能型通风机，运行噪声 $\leq 55\text{dB(A)}$ ，设置止回阀和防火阀。

5.3.2 除臭设计

除臭设计应符合：

- a) 便器设置水封（高度 $\geq 50\text{mm}$ ）或密封装置，从源头控制异味扩散；
- b) 粪污收集和处理设施加盖密封，设置除臭风管，将异味气体引入除臭设备处理；
- c) 末端除臭选用适配技术：生物除臭效率 $\geq 90\%$ ，化学除臭 $\geq 85\%$ ，物理除臭 $\geq 80\%$ ；
- d) 厕位区、洗手区设置空气净化设备，保障室内空气质量。

5.4 能源系统设计

5.4.1 可再生能源利用设计

可再生能源利用设计要求如下：

- a) 屋面设置太阳能集热器（面积 $\geq 0.1\text{m}^2/\text{人}$ ）或太阳能光伏板（功率 $\geq 10\text{W}/\text{m}^2$ 建筑面积），分别用于供应热水和电力；
- b) 年平均风速 $\geq 3\text{m/s}$ 的地区可设置小型风力发电机，补充电力供应；
- c) 厌氧发酵产生的生物燃气经净化处理后，可用于采暖、热水供应或发电。

5.4.2 节能设计

节能设计要求如下：

- a) 照明系统全部采用 LED 节能灯具，配备人体感应或光感控制开关，照明功率密度 $\leq 5\text{W}/\text{m}^2$ ；
- b) 设备选用一级能效产品，建筑外墙、屋面采用保温材料，门窗采用节能门窗；
- c) 配置蓄电池储能系统，存储可再生能源产生的电能，容量满足公厕 24 小时基本用电需求。

5.5 智能化系统设计

5.5.1 监测系统设计

监测系统设计应符合：

- a) 监测室内外温湿度、氨气、硫化氢、空气质量等环境参数，数据实时上传管理平台；
- b) 监测用水量、再生水产量、用电量、可再生能源发电量等资源数据；
- c) 监测粪污处理设备、通风设备、供水设备等运行状态，设置漏电、漏水、火灾监测报警功能。

5.5.2 控制系统设计

控制系统设计应符合：

- a) 感应洁具自动控制出水时长和出水量，无人使用时自动关闭；
- b) 根据室内异味浓度自动调节通风机运行频率和时间；
- c) 智能调节可再生能源与电网供电切换，优化能源分配；
- d) 根据污水水量和水质，自动调节粪污处理系统运行参数。

6 污水处理技术

根据公厕规模、客流量、气候条件等因素，可选择以下技术路线（或组合路线）：

表 1 污水处理技术路线选择表

技术路线类型	核心工艺	适用场景	处理规模	核心优势
一体化生物处理	MBR（膜生物反应器）、SBR（序批式活性污泥法）	各类规模公厕，优先用于日均客流量≤500人场景	5~50m³/d	处理效率高、出水水质好、占地面积小
生态处理	人工湿地、生物滤池	日均客流量≤300人，气候适宜地区	3~30m³/d	能耗低、运维简单、生态友好
粪污资源化处理	固液分离+厌氧发酵+好氧处理	日均客流量≥200人，资源回收需求高场景	10~100m³/d	资源回收率高、实现粪污全利用
无水生态处理	微生物降解便器+堆肥处理	缺水地区、日均客流量≤100人场景	1~10m³/d	零水消耗、运维成本低

6.1 核心处理工艺要求

6.1.1 预处理工艺

预处理工艺应符合：

- a) 格栅井：栅隙≤10mm，定期清掏，防止管道堵塞；
- b) 化粪池：有效停留时间≥12h，污泥清掏周期≥1 年；
- c) 调节池：有效容积≥日处理水量的 30%，调节水质水量均衡。

6.1.2 主体处理工艺

主体处理工艺要求如下：

- a) 一体化生物处理：
 - 1) MBR 工艺：膜通量 10~20L/(m²·h)，污泥浓度 8~12g/L，出水悬浮物≤5mg/L；
 - 2) SBR 工艺：水力停留时间≥6h，污泥龄 10~20d，曝气溶解氧 2~4mg/L。
- b) 生态处理：
 - 1) 人工湿地：水力停留时间≥24h，填料层厚度≥0.8m，选用沸石、砾石等填料；
 - 2) 生物滤池：滤料粒径 2~5cm，滤层高度≥1.5m，气水比 5:1~10:1。
- c) 资源化处理：
 - 1) 固液分离：分离效率≥90%，分离后固体含水率≤70%；
 - 2) 厌氧发酵：发酵温度 25~35℃，停留时间≥15d，沼气产率≥0.3m³/kgCOD；
 - 3) 好氧处理：停留时间≥4h，溶解氧 2~4mg/L，COD 去除率≥90%。

6.1.3 深度处理工艺

深度处理工艺应符合：

- a) 采用过滤、消毒等深度处理工艺，确保出水达标回用；
- b) 过滤工艺选用石英砂过滤器、活性炭过滤器，过滤速度 5~10m/h；
- c) 消毒采用紫外线或次氯酸钠消毒，紫外线剂量≥30mJ/cm²，次氯酸钠投加量 5~10mg/L。

6.2 处理效果要求

处理效果要求如下：

- a) 进水水质：COD≤500mg/L，BOD₅≤200mg/L，SS≤200mg/L，NH₃-N≤50mg/L；
- b) 出水水质（冲厕回用）：COD≤50mg/L，BOD₅≤10mg/L，SS≤10mg/L，NH₃-N≤10mg/L，总大肠菌群≤10CFU/mL；
- c) 污泥处理：系统产生的污泥经脱水、干化处理后，含水率≤60%，可与固体粪污一起制有机肥。

7 资源循环利用

7.1 再生水利用

7.1.1 利用途径

优先用于公厕冲厕，剩余部分可用于服务区绿化灌溉、地面冲洗、道路清扫；不得用于饮用水、食品加工用水等与人体直接接触的用水用途。

7.1.2 输送与储存

输送和储存要求如下：

- a) 再生水回用系统设置独立管网，与给水管网严格区分，管网标识清晰；
- b) 再生水储存设施采用耐腐蚀材料制作，做好防渗、防腐处理，容积 \geq 日回用水量的 50%；
- c) 储存设施定期清洗消毒，清洗周期 \leq 3 个月，确保再生水水质安全。

7.2 粪污资源化利用

7.2.1 固体粪污利用

经固液分离、脱水、堆肥处理后制成有机肥，符合NY 525标准；有机肥可用于服务区绿化施肥，或委托专业机构回收利用，建立利用台账。

7.2.2 生物燃气利用

厌氧发酵产生的生物燃气经脱硫、脱水等净化处理后，可用于公厕采暖、热水供应或发电；生物燃气储存设施符合安全标准，与建筑物距离 \geq 10m，设置泄漏报警装置。

7.3 能源循环利用

7.3.1 可再生能源利用

太阳能集热器供应公厕热水，满足日常洗手、清洁用水需求，热水温度控制在40~50℃；太阳能光伏板、风力发电机产生的电能优先供应公厕照明、设备运行，剩余电能可储存或并入服务区电网。

7.3.2 能源优化配置

建立“可再生能源+电网备用”的供电模式，可再生能源供电不足时自动切换至电网供电；优化能源使用时段，鼓励在可再生能源发电量高峰时段运行高能耗设备，降低电网能耗。

8 施工与验收

8.1.1 施工准备

施工准备如下：

- a) 施工单位具备相应施工资质，施工人员经专业培训合格后上岗；
- b) 编制施工组织设计，明确施工流程、质量控制要点、安全保障措施；
- c) 施工材料和设备进场验收，符合设计要求和相关标准，具备产品合格证、型式试验报告。

8.1.2 基础工程施工

基础工程施工要求：

- a) 地基处理符合设计要求，地基承载力 \geq 150kPa，避免不均匀沉降；
- b) 基础混凝土强度等级 \geq C30，基础尺寸偏差 \leq \pm 10mm；
- c) 化粪池、格栅井等地下构筑物施工符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》，做好防水防腐处理，避免渗漏。

8.1.3 主体结构施工

主体结构施工要求如下：

- a) 主体结构施工符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》《砌体结构工程施工质量验收规范》；
- b) 门窗安装牢固，密封性能良好，门窗框与墙体缝隙采用密封材料填充；

- c) 墙面、地面装修施工符合设计要求，地面防滑性能达标，墙面防水防腐处理到位。

8.1.4 设备安装施工

设备安装施工应符合：

- a) 给排水管道安装符合 GB 50242 要求，管道连接牢固，安装后进行水压试验（试验压力 $\geq 0.6\text{MPa}$ ，稳压 30 分钟无渗漏）；
- b) 粪污处理设备安装水平、牢固，设备间连接管道顺畅，密封良好，安装后进行试运行；
- c) 通风除臭设备安装符合设计要求，风管连接紧密，无漏风现象；
- d) 能源设备安装符合安全标准，太阳能光伏板、集热器安装角度优化（当地纬度 $\pm 5^\circ$ ），电气设备做好接地防雷处理；
- e) 智能化设备安装位置合理，传感器安装准确，线路连接规范，调试后监测数据准确、控制功能正常。

8.2 验收要求

8.2.1 验收条件

验收条件应符合：

- a) 工程施工全部完成，符合设计要求和本文件规定；
- b) 施工资料齐全，包括设计图纸、施工记录、材料设备合格证、试验报告、试运行记录等；
- c) 设备全部安装调试完毕，试运行时间 ≥ 72 小时，运行正常；
- d) 卫生清理完毕，公厕内外环境整洁，无施工废弃物。

8.2.2 验收内容

验收内容包括：

- a) 建筑工程：包括布局、面积、采光通风、防水防腐、无障碍设计等；
- b) 给排水工程：管道安装、水压试验、排水通畅性、雨水收集系统等；
- c) 污水处理系统：设备安装、处理能力、出水水质（第三方检测）等；
- d) 通风除臭系统：通风量、室内空气质量（第三方检测）、除臭效果等；
- e) 能源系统：可再生能源设备安装、能源自给率、能耗指标等；
- f) 智能化系统：监测数据准确性、控制功能可靠性、远程管理功能等；
- g) 安全验收：电气安全、结构安全、消防设施等。

8.2.3 验收判定

验收判定规则如下：

- a) 所有验收项目符合要求，关键指标达标，判定为验收合格；
- b) 存在轻微缺陷但不影响核心功能和零排放目标实现，限期整改后判定合格；
- c) 存在重大缺陷或关键指标不达标，影响零排放目标或使用安全，判定为不合格，整改后重新验收。

9 运行维护

9.1 日常运行管理

9.1.1 清洁管理

每日清洁厕位、洗手台、地面、墙面等区域，保持干爽、无污垢、无异味；清洁使用环保清洁剂，避免污染再生水系统和土壤；每周深度清洁便器、水龙头、传感器等设施，每月清掏化粪池、格栅井。

9.1.2 设备运行管理

设备运行管理应符合：

- a) 每日巡检粪污处理设备、通风设备、供水设备、能源设备、智能化设备运行状态，记录运行参数；

- b) 定期检查管道有无渗漏、堵塞，及时清理设备滤网、滤芯；
- c) 监测再生水水质，定期清洗消毒储存设施，确保回用安全；
- d) 及时清理粪污资源化产生的有机肥，妥善储存，建立利用台账。

9.2 维护保养

9.2.1 定期维护

定期维护应符合：

- a) 每周：检查管道连接部位、设备密封情况，清洁传感器探头，检查蓄电池电压；
- b) 每月：检查设备润滑油位、密封性能，校准传感器，清理设备内部沉积物；
- c) 每季度：清洁太阳能光伏板、集热器表面灰尘，检查风机、水泵运行状态；
- d) 每年：对粪污处理设备进行全面检修，更换老化部件；对蓄电池进行容量测试，必要时更换；对可再生能源设备进行全面维护。

9.2.2 故障处理

故障处理要求如下：

- a) 故障分级：一级故障（核心设备故障，无法运行）、二级故障（主要设备故障，影响体验）、三级故障（小型设备故障，影响较小）；
- b) 响应时限：一级故障响应≤1 小时、修复≤24 小时；二级故障响应≤2 小时、修复≤48 小时；三级故障响应≤4 小时、修复≤72 小时；
- c) 建立故障闭环管理流程，修复后进行试运行，重大故障修复后分析原因并制定预防措施。

9.3 应急管理

制定污水外排、能源中断、设备故障、火灾等应急预案，明确应急组织机构和响应流程；储备应急泵、应急发电机、堵漏材料、灭火器材、急救用品等应急物资，定期检查确保完好；每年至少开展 1 次应急演练，检验应急预案可行性和应急处置能力，演练后总结优化。

10 监测评价

10.1 监测要求

10.1.1 监测内容

监测内容包括：

- a) 水质监测：进水水质、出水水质（COD、BOD₅、SS、NH₃-N、总大肠菌群等），每月监测 1 次；
- b) 环境监测：室内氨气、硫化氢浓度，每季度监测 1 次；
- c) 能耗监测：用电量、可再生能源发电量、用水量、再生水回用量，实时监测；
- d) 设备监测：设备运行参数、故障率、运行效率，实时监测记录。

10.1.2 监测方法

采用在线监测与人工监测相结合的方式，在线监测数据实时上传管理平台；水质、空气质量等关键指标委托第三方检测机构定期检测，检测方法符合相关标准。

10.2 评价指标体系

评价指标体系见表2。

表 2 零排放公厕综合评价指标体系表

评价维度	核心指标	评价标准	权重
零排放效果	污水回用率	≥90%	20%
	粪污资源化率	≥95%	20%
	固体废弃物零外排率	100%	10%
资源利用效果	再生水水质达标率	100%	10%

表2 零排放公厕综合评价指标体系表（续）

评价维度	核心指标	评价标准	权重
运行维护效果	能源自给率	≥80%	10%
	设备运行故障率	≤0.01次/100小时	10%
	运维成本	≤1元/人·年	10%
社会环境效益	年节水总量	较传统公厕节水≥70%	5%
	年碳减排量	≥100kg/100人·年	5%

10.3 评价周期与改进

评价与改进要求如下：

- a) 定期评价：每年开展 1 次全面综合评价，形成评价报告；
- b) 专项评价：公厕重大改造或发生重大故障后开展专项评价；
- c) 持续改进：根据评价结果识别问题和不足，制定改进措施，跟踪落实效果；优化运行参数和维护方案，持续提升零排放效果和运行效率。