

浅析学校灰水处理系统设计

王学军

宝鸡市凤翔区水资源事务中心

摘要：本设计是将凤翔师范附属中学教学楼中致远楼的学生洗漱用水及屋面雨水收集后，采用“格栅+混凝沉淀+砂缸过滤+超滤”的排水（灰水）处理工艺进行回收处理，水质达标后再利用其冲洗公厕，达到节约用水的目的。

关键词：学校；灰水处理设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.126

一、基本情况

凤翔师范附属中学始建于1902年，坐落在陕西省宝鸡市凤翔区。先后历经凤翔府中学堂、中学堂附设师范传习所、陕西省立第二中学、陕西省立凤翔师范、陕西省凤翔师范等时期。2020年，凤翔县竞存中学将学校迁至凤翔师范学校，更名为凤翔师范附属中学。学校现设32个班级，学生共计1600余人。目前教学楼所有给水均为自来水，每天年均自来水消耗230m³，不仅耗费水资源，而且也给学校增加了经济负担。

为了强化节水宣传教育，提高节水自觉意识，提高水资源利用率，全面贯彻落实关于建设节水型社会的有关要求，扎实推进水资源节约工作。我们首先在凤翔师范附属中学开展学校灰水处理循环利用项目，采用“格栅+混凝沉淀+砂缸过滤+超滤”的排水（灰水）处理工艺，将学校致远楼的优质杂排水（灰水）以及屋面雨水进行收集处理，处理后贮存在清水池中，通过管道将回用水分别输送至教学楼卫生间和新建公厕内利用其冲洗公厕，达到节约用水的目的。

二、设计原则

严格执行国家现行的环保技术标准、规范，遵守国家 and 地方环保部门的有关法律、法规及排放标准：

(1) 选用成熟、合理、可靠、稳定的处理工艺，在确保处理达到回用标准的前提下，做到操作简单、管理方便、占地小、投资省、运行费用低；

(2) 本工程系环境工程，尤其要注意环境保护，避免和减少二次污染。要求改善劳动卫生条件，贯彻安全生产和清洁生产方针；

(3) 合理选用优质配件，降低能耗，提高工作效益和使用寿命，降低系统运行成本；

(4) 在工艺设计时，有较大的灵活性，可调性，以适应水量、水质的周期变化；

(5) 因地制宜，合理布局，有效地利用空间和场地。

三、工艺流程

(一) 工艺选择原则

为了保证工艺的科学性、有效性和可靠性，本方案工艺选择的指导思想是，尽量采用经过实践检验、去除效果可靠、运转稳定、易于控制的技术。同时，在工艺参数的选择、流程组合等方面力求准确合理，符合本工

程的特点。

工艺选择中的另一个重要因素是费用。在保证工程质量和处理效果的前提下，除了尽可能减小投资以外，还将考虑节能降耗，降低运转费相对于日常经营而言，处理设备属配套设施。

从控制成本、提高管理水平的角度上讲，在水处理设备建成投入使用以后，不应投入过多的人力和物力在日常运转、管理和维修上有鉴于此，本设计可以采用工艺先进的、处理效果有保证的、设备故障率低的、操作管理方便的水处理工艺。因此，在本方案的制定过程中，将把设施的运行可靠性摆在首要的位置。

(二) 处理工艺选择

本项目原水为教学楼的学生洗漱用水，用水时间比较规律，水质较稳定。由于寒暑假期间学生基本不在学校，所产生的优质杂排水（灰水）水量极少，故寒假期间设备需要关闭，设备周期性的关闭和启动就要求工艺设备启动容易且启动过程时间短；同时要求处理工艺流程简单，构筑物少，占地面积小；为了便于维护和管理，还需要处理工艺运行自动化程度高。

工程设计选择在预处理环节为“格栅+混凝沉淀+砂缸过滤”，“预处理+超滤膜”技术作为灰水处理回收利用的核心工艺。综上所述，本项目优质杂排水（灰水）处理工艺最终确定为“格栅+混凝沉淀+砂缸过滤+超滤”。

(三) 主要处理工艺说明

A、格栅主要作用：格栅主要用于去除灰水中所含较大漂浮物、带状物及其他固体杂质，减少其对后续处理设备造成阻塞或磨损，保证后续处理设备的正常运行。

B、调节池主要作用：调节池对来水进行水量调节和水质均化，避免较高的有机物冲击负荷影响后续处理单元的正常运转。

C、一体化处理设备包含混凝、沉淀、中间水池单元。内部配套搅拌装置、斜板装置、污泥收集装置、污泥排放装置。

a、混凝反应池主要作用：PAC是一种无机盐絮凝剂，作用是通过它或者它的水解产物的压缩双电层、电性中和、卷带网捕以及吸附桥连四个方面的反应原理，使能被氧化剂氧化的有机污染物（COD）形成大分子颗粒物后沉降，从而降低了COD。絮凝反应完成后，在有机高分子絮凝剂的作用下，形成更大的污泥颗粒，足以依靠自身重力沉降即完成整个混凝反应，混凝沉淀不但可以去除废水中的粒径细小的悬浮颗粒，而且还能去除色度、微生物、氮和磷等营养物质，重金属以及有机物等。

b、斜板沉淀池主要作用：本方案沉淀池采用斜板沉淀池，斜板沉淀池是池中灰水横向流动的沉淀池。水由沉淀池的一侧进入池内，池内均匀的布置着斜板，

通过“浅层沉淀”原理，缩短污泥沉降距离，从而缩短沉淀时间，并且增加了沉淀池的沉淀面积，提高处理效率，迅速达到泥水分离的目的。

c、中间水池主要作用：斜板沉淀池上清液自流进入中间水池，在中间水池进行缓冲，再进入后续单元。

e、砂缸过滤器是一种过滤器滤料采用石英砂作为填料。有利于去除水中的杂质。其还有过滤阻力小，比表面积大，耐酸碱性强，抗污染性好等优点，砂缸过滤器的独特优点还在于通过优化滤料和过滤器的设计，实现了过滤器的自适应运行，滤料对原水浓度、操作条件、预处置工艺等具有很强的自适应性，即在过滤时滤床自动形成上疏下密状态，有利于在各种运行条件下保证出水水质，反洗时滤料充分散开，清洗效果好。砂过滤器可有效去除水中的悬浮物，并对水中的胶体、铁、有机物、锰、细菌、病毒等污染物有明显的去除作用。

f、超滤系统工作原理：超滤（Ultra-filtration, UF）是一种能将溶液进行净化和分离的膜分离技术。超滤膜系统是以超滤膜丝为过滤介质，膜两侧的压力差为驱动力的溶液分离装置。超滤膜只允许溶液中的溶剂（如水分子）、无机盐及小分子有机物透过，而将溶液中的悬浮物、胶体、蛋白质和微生物等大分子物质截留，从而达到净化和分离的目的。超滤膜被大量用于水处理工程。超滤技术在反渗透预处理、饮用水处理、中水回用等领域发挥着越来越重要的作用。

四、灰水处理系统设计

（一）设计处理能力

（1）根据学校提供的资料，教学楼设32个班级，每班学生人数按50人考虑，可容纳学生共计1600人。

根据《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）教学楼生活用水定额规定，每人每天用水量标准为20-40L/（人·d），取35L/（人·d），排水系数为0.85-0.95，取0.95。

$$Q=1600 \times 35L / (人 \cdot d) \times 0.95 = 53.2m^3 / d$$

（2）根据《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）办公楼、教学楼用水分项用水百分率中冲厕用水比例为60%-66%，取60%，盥洗用水比例为40.3%-34.0%，取40%，折减系数取0.91，故教学楼拟回收水量为：

$$Q=1600 \times 35L / (人 \cdot d) \times 0.91 \times 40\% = 20.4m^3 / d$$

$$冲厕水量为：Q = 1600 \times 35L / (人 \cdot d) \times 0.91 \times 60\% = 30.5m^3 / d$$

（3）屋面雨水收集：重现期按2年设计，径流系数0.9，最高日降雨量为39.9mm，经计算屋面雨水最高日收集量为27.5m³/d。

根据以上计算结果，拟回收水量小于回用冲厕水量，当实际回用冲厕水量达不到使用需求时，采用雨水或自来水补充。故本项目设计处理能力为32m³/d，每天运行8小时，设计处理流量为4.0m³/h。

（二）回用水质标准

根据学校要求，本方案设计出水水质标准执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB-T18920-2002）中冲厕标准。主要控制指标如下：

污染物	标准值	污染物	标准值
pH	6.0-9.0	色（度）	≤30
总大肠菌群（个/L）	≤3	浊度（NTU）	≤5
氨氮（mg/L）	≤10	BODs（mg/L）	≤10

（三）主要处理单元设计

本工程设计灰水处理能力为32m³/d，每天运行8小时，设计处理流量为4m³/h。本项目整体采用地埋式防腐钢制结构，原水调节池容积60m³，钢制一体化处理设备间容积86.4m³（其中设备间49.5m³，混凝池4.2m³，反应池4.5m³，斜板沉淀池9m³，中间池3.8m³，超滤池5m³，净水池10.4m³）。设备间内包含砂缸过滤器、超滤主机、过滤增压泵、排泥泵、反洗泵、变频供水泵、加药装置、控制柜等。本工程整个系统总装机功率15.85kw，常用功率10.35kw。电气设备分手动和自动控制，一般日常运行实现自动化。

1. 格栅

（1）主要作用：格栅主要用于去除优质杂排水（灰水）中所含较大漂浮物、带状物及其他固体杂质，减少其对后续处理设备造成阻塞或磨损，保证后续处理设备的正常运行。（2）栅距5mm；数量1套。

2. 调节池

（1）主要作用：

调节池对来水进行水量调节和水质均化，避免较高的有机物冲击负荷影响后续处理单元的正常运行，本项目设置一套调节池，主要收集教学楼的优质杂排水（灰水）和屋面雨水。

本项目因涉及教学楼屋面雨水的收集与处理，因此在设计调节池容积时需要考虑当地年降雨情况，根据建设方提供的数据及查询相关官方数据，设计调节池有效容积为60m³。

（2）设计参数：设备尺寸8.0m×3.0m×3.0m，厚度8mm，有效容积60m³（有效水深：2.5m），数量1套。材质为碳钢防腐。

（3）配套设备：调节池提升泵2台，Q=4.0m³/h，H=10.0m，配套自耦装置，液位控制启停。电磁流量计1台，规格DN32。

五、工程效益

本项目为学校灰水回收利用示范项目，目的是倡导学生节约用水，减少水资源浪费，节省学校经费资金。经测算，工程运行后年可节约市政新水约8133m³，年节约水费1.5万元。

参考文献

[1]吴昊.宜兴市某小学雨灰水综合利用系统优化设计及处理效果研究[D].北京林业大学,2017.

[2]王小玲,李宏武.灰水系统常见问题及优化措施[J].广州化工,2011,39(02):111-112.

[3]王少勇,陈洪斌.灰水处理与回用进展[J].中国沼气,2007,(06):5-9+24.

作者简介:王学军,男,1974年5月出生,凤翔区人,工程师,现就职于凤翔区水资源事务中心,从事水利工程管理管理工作。