



件杂货码头及堆场污水收集处理技术

王俊, 毛彩彩

(中交第二航务工程勘测设计院有限公司, 湖北 武汉 430060)

摘要: 件杂货码头根据货种的不同, 产生的污水性质及浓度也不尽相同。袋装货物码头及堆场产生的污水主要为初期雨水, 无包装货物如木材、石料堆场产生的污水主要为径流雨污水。初期雨水及后期洁净雨水可通过电动闸门或自然切换的方式进行分流, 设置初期雨水池收集, 后期洁净雨水排放至雨水系统, 径流雨污水由调节沉淀池收集。初期雨水及径流雨污水可根据污染物的性质采用气浮或混凝沉淀的处理工艺, 如有回用要求时还应增加过滤消毒的处理工艺。

关键词: 初期雨水; 洁净雨水; 污水收集; 分流

中图分类号: X736.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)11-0071-05

Sewage collection and treatment technology of cargo terminals and storage yards

WANG Jun, MAO Caicai

(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430060, China)

Abstract: The nature and concentration of sewage produced are different according to different cargo types in the cargo terminal. The sewage produced by bagged cargo terminals and storage yards is mainly initial rainwater, while that produced by unpacked cargo storage yards such as wood and stone is mainly runoff rainwater. The initial rainwater and the later clean rainwater can be divided by electric gate or natural switching. This paper collects the initial rainwater in the initial rainwater tank and discharges the later clean rainwater into the rainwater system. The runoff rainwater sewage is collected in a regulating sedimentation tank. According to the nature of sewage, the initial rainwater and runoff rainwater sewage should be treated by air flotation and coagulant sedimentation respectively. If there are reuse requirements, the treatment process of filtration and disinfection shall be added.

Keywords: initial rainwater; clean rainwater; sewage collection; disvision

件杂货按货物包装分为袋装货物和无包装货物, 袋装货物主要有粮食、纯碱、化肥、化工原料等, 无包装货物主要有钢材、木材、建材、机械设备、石料等^[1]。袋装货物储存于堆场仓库中, 无包装货物在露天堆场堆放。袋装货物在码头装卸及后方堆存过程中均无废水产生。无包装货物在码头装卸及后方堆存过程中, 会因冲洗或降雨产生冲洗水或初期雨水, 如不处理会造成水环境污染。

由于件杂货码头的货种较为复杂, JTS 149—2018《水运工程环境保护设计规范》^[2]对于件杂货码头及堆场的污水收集及处理没有做明确的规定,

而仅仅提出根据所在地环境保护主管部门对水环境保护有特殊要求的, 应按相关规定收集处理。过去件杂货码头和堆场大多未设置污水收集和处理的相关设施设备, 但随着我国环境保护要求的不断提高, 各省市也加大了水环境的保护力度, 并对件杂货码头及堆场的污水提出了收集处理的要求, 但由于没有统一的规定和标准, 各地在污水的收集形式和处理工艺上各不相同。本文通过对件杂货码头及堆场的污水特点进行分析, 并提出收集与处理的方式, 旨在为后续类似工程的设计提供借鉴。

收稿日期: 2023-02-08

作者简介: 王俊 (1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口码头的环保设计。

1 件杂货码头及堆场污水特点

件杂货码头货物种类繁多，不同货种在装卸或堆存过程中由于冲洗及降雨而产生的污水性质及浓度也不尽相同。袋装货物降雨期雨水仅对码头面的灰尘有冲刷而产生初期雨水，当转运至后方陆域后，储存于仓库中，后方陆域也仅有地面及仓库屋面因雨水冲刷灰尘而产生初期雨水，初期雨水主要污染物为固体悬浮物(SS)，浓度较低^[3]。无包装货物类型多样，性质各异，钢材或废钢铁码头装卸时，会有少量铁屑及铁锈散落在码头面，降雨时会产生初期雨水，钢材或废钢铁堆场的污水主要为降雨时雨水对钢铁的冲刷而产生的初期雨水，其主要的污染物为SS和Fe³⁺。木材码头装卸时，有大量的木块及木屑掉落于码头面，在装卸完成后需要对码头进行清扫及冲洗，码头冲洗水中含有大量的木屑，如遇降雨会产生初期雨水，其主要污染物为SS，浓度较高。木材在堆场的堆存中，木块和木屑掉落后，经降雨冲刷，形成类似于散货堆场的径流雨污水，主要污染物为SS，污水量大且污染物浓度高。

2 码头污水收集

2.1 码头污水量的确定

码头污水主要有码头冲洗产生的冲洗水和降雨时产生的初期雨水。JTS 149—2018《水运工程环境保护设计规范》对油品码头和散货码头均给出了码头冲洗水量的指标和初期雨水的计算公式，其中冲洗水量指标为3~5 L/(m²·次)，油品码头初期雨水降雨深度可取0.015~0.030 m，散货码头初期雨水降雨深度可取0.010 m。码头冲洗水量计算公式为：

$$V_1 = CF/1\,000 \quad (1)$$

式中：V₁为码头冲洗水量，m³/次；C为冲洗水量指标，L/(m²·次)；F为冲洗面积，m²。

码头初期雨水量计算公式为：

$$V_2 = HF \quad (2)$$

式中：V₂为码头初期雨水量，m³；H为降雨深度，m；F为汇水面积，m²。

GB 51174—2017《城镇雨水调蓄工程技术规范》^[4]提出，当无资料时初期雨水屋面降雨深度可取2~3 mm，地面降雨深度可取4~8 mm。袋装件杂货码头初期雨水仅含有码头面的灰尘，水量可按式(2)计算，降雨深度可参考地面降雨深度，取0.004~0.008 m；无包装货物(如木材、石料)与散货类似，装卸结束后进行冲洗，同时降雨产生的初期雨水类似散货码头的初期雨水，所以无包装的件杂货码头的冲洗水量可按式(1)计算，码头初期雨水量可按式(2)计算，降雨深度可参照散货码头，取0.010 m。

2.2 码头污水收集

码头冲洗水及初期雨水可在码头设置排水沟及污水池收集^[5]，污水池的容积按照码头初期雨水量确定。码头初期雨水收集后，后期洁净雨水原则上可以直接排放至码头所在水域或海域，但由于各地环境保护主管部门的要求不同，部分地区码头所在水域或海域不允许码头雨水直接排放，故后期洁净雨水也需要收集并输送至后方雨水系统统一排放。所以针对不同地区的环境保护管理要求，码头污水可设置不同的污水收集系统。

当后期洁净雨水可直接排放至码头所在水域时，在码头排水沟进入污水池的进水孔和排水沟起点处分别设置电动闸板。降雨初期，码头初期雨水通过排水沟汇入污水池内，当污水池内的水位达到初期雨水量对应的液位时，进水孔电动闸板自动关闭，排水沟起点的电动闸门自动开启，后期洁净雨水从排水沟起点直接排放至水域。污水池内水泵在污水池进水孔闸板关闭的同时开启，将初期雨水通过管道输送至后方污水处理站。当一次降雨结束后，排水沟起点的电动闸板关闭，同时污水池进水孔电动闸板开启。码头污水收集系统平面布置见图1。



图 1 后期洁净雨水可直接排放的码头污水收集系统平面布置

当后期洁净雨水需要收集并输送至后方时, 需要在码头下方设置污水池与洁净雨水池, 在排水沟进入污水池和洁净水池的进水孔处分别设置电动闸板。降雨初期, 雨水通过排水沟汇入污水池内, 当污水池内的水位达到初期雨水量对应的液位时, 污水池进水孔电动闸板自动关闭, 进入洁净雨水池的电动闸门自动开启, 雨水进入洁净雨水池内。污水池内水泵在污水池进水孔闸板关闭的同时开启, 将初期雨水通过管道输送至后方污水处理站。同时洁净雨水池内的水泵也同时开启, 将洁净雨水输送至后方雨水系统。当一次降雨结束后, 洁净雨水池的电动闸板关闭, 同时污水池进水孔电动闸板开启。码头污水收集系统平面布置见图 2。

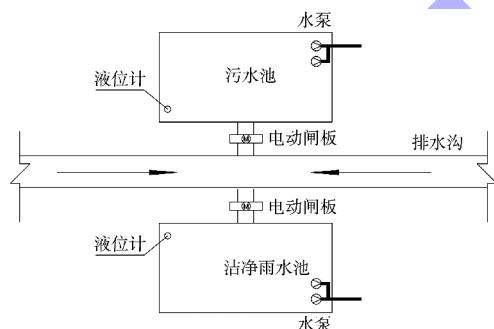


图 2 后期洁净雨水需要收集并输送至后方的码头污水收集系统平面布置

3 堆场污水收集

3.1 堆场污水量的确定

3.1.1 袋装件杂货堆场污水量的确定

袋装件杂货堆场的污水为降雨时陆域地面及仓库屋面的初期雨水, GB 51174—2017《城镇雨水调蓄工程技术规范》提出, 当无资料时初期雨水屋面降雨深度可取 2~3 mm, 地面降雨深度可取 4~8 mm, 由于袋装件杂货堆场较为清洁, 所以堆

场初期雨水的降雨深度可取屋面及地面降雨深度的较小值, 即 2~4 mm, 具体取值可根据堆场地面和仓库屋面占堆场总面积的比例, 进行加权计算。袋装件杂货堆场初期雨水量计算公式为:

$$V_3 = \Psi HF \quad (3)$$

式中: V_3 为袋装件杂货堆场初期雨水量, m^3 ; Ψ 为径流系数, 取 0.9; H 为降雨深度, m ; F 为汇水面积, m^2 。

3.1.2 无包装件杂货堆场污水量的确定

钢材、建材堆场的初期雨水降雨深度可以参考 GB 51174—2017《城镇雨水调蓄工程技术规范》地面降雨深度 4~8 mm, 由于降雨对钢材的冲刷, 使堆场地面污染较严重, 其降雨深度可取地面降雨深度的上限 8 mm, 钢材、建材堆场初期雨水量可按式(3)计算。

木材、石料等货物堆场产生的污水类似于散货堆场的径流雨污水, 堆场范围内所有的雨水均需要收集, 所以其可按 JTS 149—2018《水运工程环境保护设计规范》中散货堆场径流雨污水量的公式计算:

$$V_4 = \Psi HF \quad (4)$$

式中: V_4 为径流雨水量, m^3 ; Ψ 为径流系数, 取 0.1~0.4; H 为多年最大日降雨深的最小值, m ; F 为汇水面积, m^2 。

3.2 堆场污水收集

件杂货堆场根据货种不同, 其产生的污水分为初期雨水和径流雨污水。袋装件杂货堆场与钢材、建材类件杂货堆场的污水主要为初期雨水, 堆场应设置初期雨水池, 而后期洁净雨水进入雨水系统排放^[6]。对于木材、石料等件杂货堆场的污水主要为堆场径流雨污水, 堆场应设置调节沉淀池, 收集堆场降雨产生的所有雨水。

3.2.1 初期雨水收集方案

初期雨水收集的关键在于初期雨水与后期洁净雨水的分流，在堆场设置初期雨水池，其有效容积需要满足初期雨水的发生量，后期洁净雨水可通过电动闸门控制分流或者自然分流的方式排放至雨水系统^[7]。

电动阀门分流方式是在排水沟内设置两套电动闸门，分别设置于初期雨水池的进口与雨水排放系统进口。降雨初期，初期雨水池电动闸门开启，雨水排放系统电动闸门关闭，当初期雨水池收集的雨水量达到设计容量时，通过水池内液位计的信号传递给电动闸门，此时初期雨水池电动闸门关闭，雨水系统电动闸门开启，后期洁净雨水通过雨水系统排放。电动闸门切换分流见图3。

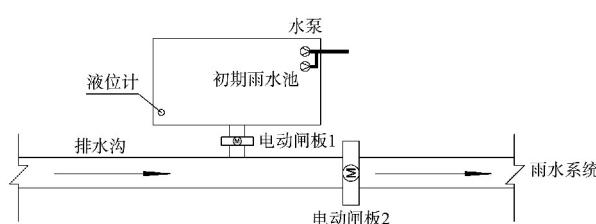


图 3 电动闸门切换分流

自然分流主要利用初期雨水池容积和排水系统的高程进行控制，将初期雨水与后期洁净雨水分流^[8]。在堆场排水沟的末端设置初期雨水池，其有效容积须满足初期雨水的设计水量，同时在初期雨水池的进口处设置旁通管渠并与雨水系统连接，旁通管渠的底高程应高于初期雨水池进水口的底高程，当初期雨水池的水位超过进口底高程时，后期洁净雨水通过进口处的旁通管渠直接溢流进入雨水系统，从而达到分流后期洁净雨水的目的^[9]。自然分流切换见图4。

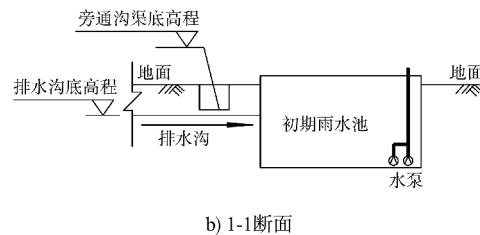
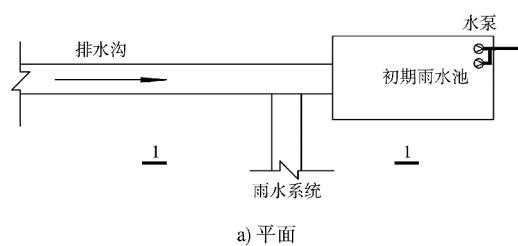


图 4 自然分流切换

电动闸门控制分流与自然分流在初期雨水与后期洁净雨水分流中均有应用^[10]，闸门控制分流的优点在于实现了初期与后期洁净雨水分流的自动控制，且分离精度较高；缺点在于电动闸门需要供电及信号控制，设备易老化或损坏，从而影响分流，同时相对于自然分流，电动闸门分流的投资较高。自然分流的优点在完全利用重力流的特点对初期和后期洁净雨水分流，无需外加动力，节省了建设和运营投资；缺点在于对初期雨水和后期洁净雨水的分流精度较差，初期雨水中部分漂浮或悬浮的污染物会通过旁通沟渠排放至雨水系统中，造成污染。通过对两种分流方式的优缺点比较可以看出，电动闸门分流可自动控制、精度高，但易损坏、投资较高；自然分流无动力、投资少，但分流精度较差。故在实际应用中可根据具体情况选择适合的分流方式。

3.2.2 径流雨污水收集系统

木材、石料等件杂货堆场降雨时产生径流雨污水，堆场需要设置调节沉淀池进行收集，调节沉淀池的容积应满足径流雨污水发生量。

3.3 污水收集效率

华中某港口工程临近鄱阳湖，码头上游 1 200 m 处有 1 个取水口，港区有 2 个钢材件杂货堆场，为保护取水口水质，提出对件杂货堆场的初期雨水进行收集并处理，件杂货堆场面积 1.864 万 m²，初期雨水降雨深度取 8 mm，则初期雨水量为 134.2 m³，件杂堆场设置初期雨水收集管网及初期雨水池，水池有效容积为 150 m³，在初期雨水池进水管处设置闸门井，闸门井内设置 2 个电动闸门，分别控制雨水进入初期雨水池与雨水管网，当初期雨水池的水量达到 135 m³ 时，初期雨水池电动闸门关闭，雨水管网电动闸门开启，后期洁

净雨水通过雨水管道直接排放。当地多年平均降水量为 1 416.2 mm, 多年平均年降雨时间为 154 d, 则多年日降水量平均为 9.2 mm, 按照收集的初期雨水降雨深度为 8 mm, 则平均雨水收集效率为 87.0%。由于年降雨在每日分布不均, 当日降雨量 ≥ 9.2 mm 时, 雨水收集效率 $\leq 87.0\%$; 当日降雨量 <9.2 mm 时, 雨水收集效率 $>87.0\%$ 。

4 污水处理

件杂货堆场的初期雨水及径流雨污水的主要污染物为 SS, 其中初期雨水中的 SS 浓度较低, 为 80~250 mg/L^[11], 径流雨污水中的 SS 浓度较高, 为 1 000~3 000 mg/L, 污水经过初期雨水池或调节沉淀池收集后先进行预沉淀, 再经气浮或混凝沉淀处理后即可达到排放标准, 如有回用要求时还需要增加过滤消毒的处理工艺。钢铁堆场产生的初期雨水中含有 Fe^{3+} , 污水在气浮或混凝沉淀处理前还需要增加 pH 值调节的预处理。

气浮及混凝沉淀均可去除 SS, 其中混凝沉淀适用于悬浮物密度大或者絮凝块较多的情况, 而气浮法适用于分离密度接近于水和难以沉淀的悬浮物。初期雨水中悬浮物主要以屋面或道路的灰尘为主, 其密度较小, 易漂浮于水中, 故适合采用气浮的分离方法, 而径流雨污水中的污染物为木材和石料等悬浮物, 其密度较大, 故适合采用混凝沉淀的去除方法。初期雨水及径流雨污水处理工艺流程见图 5。

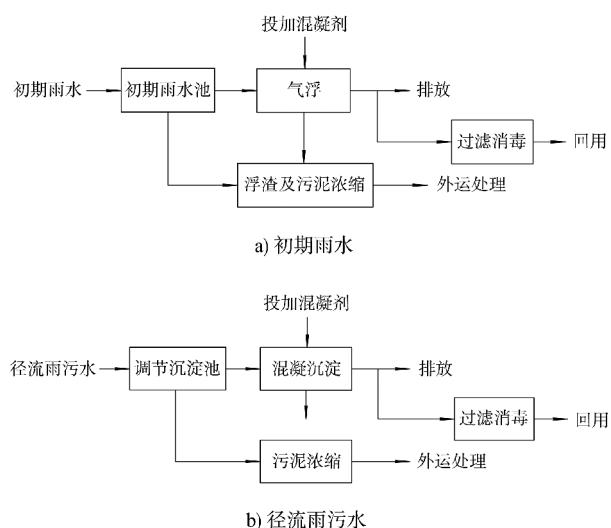


图 5 初期雨水及径流雨污水处理工艺流程

目前港口对于初期雨水及径流雨污水均要求处理后回用于绿化或喷淋, 其主要的处理设施为一体化混凝沉淀装置或者一体化气浮装置, 并后置过滤消毒工艺, 污水经处理后 SS 可降到 10 mg/L 以下, 达到 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》^[12] 中一级 A 标准, 堆场初期雨水的 SS 去除率可达 87.5%~96.0%, 径流雨污水的 SS 去除率可达 99.0%~99.7%。

5 结论

1) 件杂货码头及堆场根据货种的不同, 其污水的性质及浓度也不同, 袋装或钢材等货物堆场产生的污水主要为初期雨水, 其污染物浓度较低, 且水量较小, 木材、石料堆场产生的污水为径流雨污水, 其污染物浓度较高, 且水量也较大。

2) 件杂货码头初期雨水及后期洁净雨水应根据各地不同的环保要求进行收集和分流。当码头所在水域或海域不允许码头雨水直接排放时, 初期雨水和后期洁净雨水需要在码头设置水池分别收集, 并分别输送至后方污水处理系统及雨水系统排放; 当码头所在水域或海域允许码头雨水直接排放时, 初期雨水设置水池收集并输送至后方污水处理系统, 后期洁净雨水可通过电动闸门转换, 直接排放至码头所在水域或海域。

3) 件杂货堆场的污水根据货种分为初期雨水及径流雨污水, 初期雨水及后期洁净雨水可通过电动闸门或自然切换的方式进行分流, 初期雨水设置初期雨水池收集后处理, 后期洁净雨水可排放至雨水系统。径流雨污水应设置调节沉淀池收集后处理。

4) 件杂货堆场的初期雨水及径流雨污水可根据污水中污染物的性质分别采用气浮或混凝沉淀处理工艺, 如有回用要求时还应增加过滤消毒的处理工艺。

(下转第 81 页)