

---

中国循环经济协会团体标准  
《薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用技术规范》

编制说明

2022年5月

## 一、工作简况

### (一) 任务来源

我国薯类淀粉加工起步较晚，工艺和设备水平相对落后，导致行业加工废水大量产生，由此引发的环境问题逐渐凸显。“十一五”以来，环保越来越受到重视，受废水影响，甘薯和木薯淀粉加工企业，甚至马铃薯淀粉加工企业都在夹缝中生存。广西率先开展木薯淀粉加工废水整治工作，粗略统计，“十一五”期间仅南宁市在木薯淀粉加工废水治理上的投入就不下10亿元，但治理效果不理想，难以实现达标排放。国内对有机废水的常规处理方式是厌氧好氧生物处理，但薯类淀粉加工废水排量大、浓度高、泡沫多、季节性强，特别是马铃薯淀粉加工分布在“三北”地区，10-12月生产期内气温低有冰冻，导致工艺效果难保证、运行不稳定、治理成本高。2017年原环境保护部科技标准司组织开展《淀粉工业水污染物排放标准》（GB 25461-2010）评估，结果显示薯类淀粉行业废水达标率仅为6.62%。近5年来薯类淀粉加工废水在末端治理上没有显著性技术突破，仍根据《淀粉废水治理工程技术规范》（HJ2043—2014）采用“预处理+厌氧生物处理+好氧生物处理+深度处理”治理淀粉废水，可判断薯类淀粉执行达标排放仍存在较大困难，尚无经济可行的末端处理技术。

2018年6月生态环境部发布了《排污许可证申请与核发技术规范农副食品加工工业——淀粉工业》，在技术规范中提出了土地利用，在“废水（5.2.2.1）”中规定：“薯类淀粉废水进行土地利用时，应符合国家和地方有关法律法规、标准及技术规范文件要求。”在“运行管理要求（6.2.2）”中规定：“6.薯类淀粉生产废水土地利用时应进行前处理，消除异味，按国家和地方有关法律法规、标准及技术规范文件要求实施。”在《关于印发淀粉等五个行业建设项目重大变动清单的通知》

（环办环评函〔2019〕934号）中提出废水排放去向改为土地利用的应变更环评。但上述两个政策在地方落地时缺乏技术规范指南，本标准的制定和发布将有助于解决薯类淀粉废水治理难题和贯彻落实国家排污许可制度相关管理要求的需要。

## （二）协作单位

本标准牵头起草单位为中国环境科学研究院，参与编制单位包括中科院兰州化学物理研究所、安徽省环境保护科学研究院、湖北山洪食品机械有限公司、河北中薯农业科技集团股份有限公司、固原玉明淀粉有限公司及青海威思顿薯业集团有限责任公司，具体编制人员及分工如下。

表1 编制组成员及分工

序号	姓名	技术职称	工作单位	责任分工
1	潘涔轩	研究员	中国环境科学研究院	标准总负责人
2	苑喜男	工程师	中国环境科学研究院	标准主要起草人
3	王雪婷	工程师	中国环境科学研究院	标准主要起草人
4	刘刚	研究员	中国科学院兰州物理化学研究所	标准技术负责人
5	海子彬	副研究员	安徽省环境保护科学技术研究院	标准主要起草人
6	曾凡逵	副研究员	中国科学院兰州物理化学研究所	基本原则章节主要编写人
7	李敏	副研究员	中国环境科学研究院	还田利用水质章节主要编写人
8	姚芝茂	研究员	中国环境科学研究院	还田利用水质章节主要编写人
9	赵博超	工程师	中国环境科学研究院	监测章节主要编写人
10	宋丹娜	高级工程师	中国环境科学研究院	监测章节主要编写人

11	罗岷	工程师	中国环境科学研究院	监测章节主要编写人
12	朱克松	工程师	中国环境科学研究院	预警与应急章节主要编写人
13	刘山洪	工程师	湖北山洪食品机械有限公司	预警与应急章节主要编写人
14	刘云峰	工程师	河北中薯农业科技集团股份有限公司	档案管理章节主要编写人
15	马玉明	工程师	固原玉明淀粉有限公司	档案管理章节主要编写人
16	许舒祥	工程师	青海威思顿薯业集团有限责任公司	档案管理章节主要编写人

## 二、工作主要过程

### （一）标准编制指导思想

#### 1、清洁生产原则

应采用提高资源能源利用率及减少污染物产生的工艺技术与设备设施，从源头节约资源与能源，减少废弃物的产生与排放。

#### 2、安全优先原则

应切实保护环境和农产品质量安全，将淀粉废水废渣预处理达到本规范相关技术要求后开展资源化利用。

#### 3、风险管控原则

淀粉废水废渣资源化利用应配合开展淀粉废水、废渣、土壤、地下水、地表水、大气及农产品监测，一旦发现异常应立即启动应急处理，避免持续性环境风险。

#### 4、溯源机制原则

应建立完善的溯源机制，每年度淀粉废水废渣资源化利用应严格落实数据记录及档案保存，落实责任人，严把安全关。

### （二）标准起草编制过程

2021年12月至2022年2月，中国环境科学研究院牵头成立《薯类淀

粉物理加工废水废渣资源化利用技术规范》标准编制组。编制组包括中科院兰州化学物理研究所、安徽省环境保护科学研究院等国内知名科研院所，以及湖北山洪食品机械有限公司、河北中薯农业科技集团股份有限公司、固原玉明淀粉有限公司及青海威思顿薯业集团有限责任公司等国内薯类淀粉加工领域重点企业，共同承担技术规范编写工作。

2022年3月至2022年4月上旬，标准编制组基于前期试点示范研究成果，结合国家发布的相关政策文件，编制了《薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用技术规范》草案。

2022年4月11日，中国循环经济协会在北京组织专家召开了《薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用技术规范》团体标准立项评审会，经过中国循环经济协会组织的专家审查，印发了《关于〈薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用技术规范〉团体标准立项通知》，完成了标准立项工作。

2022年5月19日，中国循环经济协会召开了《薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用技术规范》团体标准中期评审会，组织相关专家对标准进行论证，并通过了中期评审。编制组根据专家意见和内部研讨，对标准进行修改完善，形成了征求意见稿和编制说明。

### 三、标准制定的主要内容

#### （一）标准架构

本标准的章节有：范围、规范性引用文件、术语和定义、基本原则、淀粉废水还田利用、废渣资源化利用、监测、预警与应急、还田利用实施方案与评估、档案管理组成。

#### （二）范围

本文件规定了薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用的基本原则、淀粉废水还田利用、废渣资源化利用、监测、预警与应急、实施方案制定与评估、档案管理的有关要求。

本文件适用于薯类淀粉物理加工企业在以该企业为责任主体的自有土地、租用土地或流转土地开展淀粉废水废渣资源化利用行为。

### **(三) 术语和定义**

本标准确定了5个术语及其定义。

#### **1、薯类淀粉物理加工**

以马铃薯、甘薯、木薯等为原料，采用清洗、破碎、筛分、精制、烘干等物理方法制取淀粉产品的过程。

#### **2、薯类淀粉物理加工废水**

薯类淀粉物理加工所产生的原料清洗水、车间和设备清洗水及分离汁水的混合水，简称淀粉废水

#### **3、薯类淀粉物理加工废渣**

薯类淀粉物理加工过程中的副产品，主要由残余淀粉和纤维组成，简称薯渣。

#### **4、预处理**

淀粉废水为满足还田利用水质要求所采取的处理工艺过程，包括去除泥沙、蛋白提取、pH值调节、曝气处理等。

#### **5、还田利用**

淀粉废水经预处理满足相应水质要求后，按照特定的工艺流程施用于农田，充分利用淀粉废水中的水分、氮磷钾和有机营养等肥力成分的资源化利用方式。

### **(四) 主要内容**

本标准主要包括薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用的基本原则、淀粉废水还田利用技术要求、废渣资源化利用要求、监测技术要求、预警及应急要求、还田利用实施方案制定、还田利用评估、档案管理要求等规范性技术与管理要求。其中，淀粉废水还田利用技术要求是本标准的主要技术内容。

## 1、水质指标与标准值的确定

### (1) 水质指标筛选

我国废水灌溉技术对灌溉废水水质的控制是按照《农田灌溉水质标准》(GB5084)执行。该标准将控制指标分为基本控制项目和选择性控制项目。基本控制项目为pH、水温、五日生化需氧量、化学需氧量、悬浮物、阴离子表面活性剂、全盐量、氯化物、硫化物、总汞、镉、六价铬、砷、铅、粪大肠菌群数和蛔虫卵数,适用于全国以地表水、地下水和处理后的养殖业废水及以农产品为原料加工的工业废水未原水源的农田灌溉用水。选择性控制项目为铜、锌、硒、氟化物、氰化物、石油类、挥发酚、苯、三氯乙醛、丙烯醛、硼,由县级及以上人民政府环境保护和农业行政主管部门,根据本地区农业水源水质特点和环境、农产品管理的需要进行选择控制,所选择的控制项目作为基本控制项目的补充。此外,该标准中各控制项目的浓度限值主要是依据土壤和作物(旱作、蔬菜、水作)的耐受程度来确定。

美国《Manual of good practice for land application of food processing /rinse water》中介绍的食物加工/洗涤废水土地处理技术主要分析了pH、总氮、总磷、有机质(COD、BOD)、悬浮物、总盐(TDS)、硼、阳离子( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ )和阴离子( $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ),对可能影响土壤及作物生长的pH、硼、总盐(TDS)、氯化物、钠、SAR

(*sodium absorption ratio*,  $\frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}}{2}}}$ )进行了浓度限值或数值要求,

对总氮、有机质(BOD)进行总量控制,并对总盐也进行了总量控制。

参考上述两个资料,结合宁夏马铃薯淀粉废水还田利用、安徽甘薯淀粉废水还田利用、河北马铃薯及甘薯淀粉加工废水还田利用的经验,提出薯类淀粉物理加工废水还田利用的水质控制指标。

#### 1) 五日生化需氧量和化学需氧量

五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）是指在好氧的条件下，温度为20℃，培养水样5天水中微生物分解有机质的生物化学过程中所需要的溶解氧量。化学需氧量（COD）是在一定条件下用强氧化剂氧化水样时，所消耗该氧化剂量相当的氧的质量浓度，除了包括需氧有机生物氧化所耗之氧外，还包括无机还原性物质化学氧化所耗的氧。BOD<sub>5</sub>和COD主要用来表征废水中有机物的含量。

薯类淀粉物理加工废水中的需氧物质主要有三大来源：薯类作物本身、薯类作物携带的泥土、草和加工用水，主要是以可溶性糖、蛋白质、氨基酸等为主的需氧有机物，同时也是氮磷钾等作物所需养分的贡献者。薯类淀粉加工废水中的需氧有机物进入土壤后，最终要被分解。在处于氧化条件的旱田土壤中，有机质将被分解为二氧化碳和水等（见图1）；在水田处于还原条件的土壤中，将产生氨气、沼气、有机酸、乙醇类等中间代谢产物。在分解过程中，由于消耗了水中的溶解氧及土壤中的氧化物的氧，从而使土壤的氧化还原电位下降，产生二价铁、硫化氢、二价锰等（见图2）。



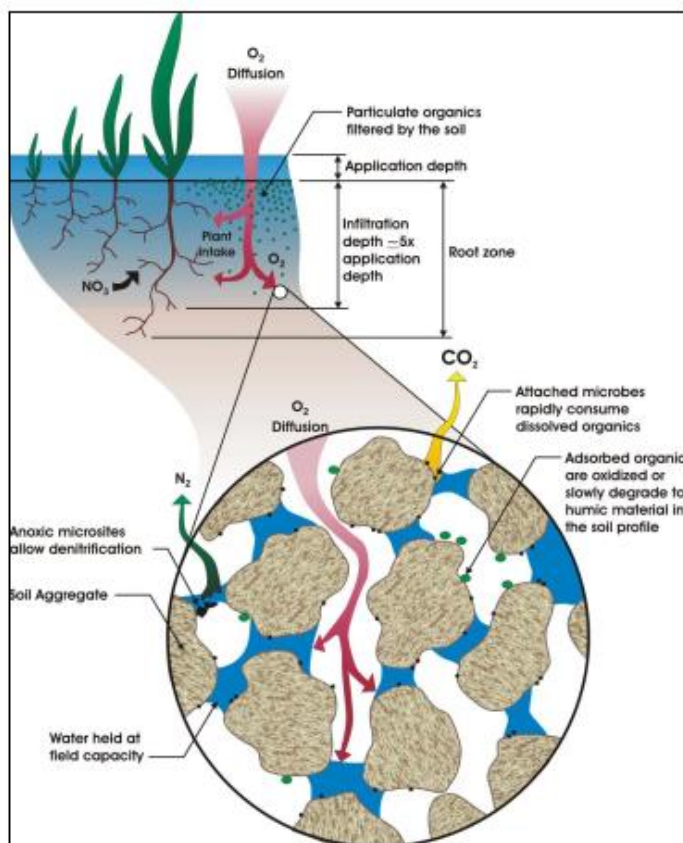


图1 废水中有机质在土壤中的去除机理

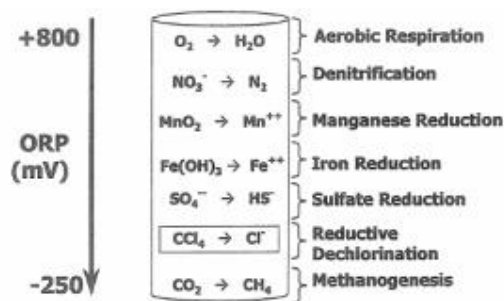


Figure 7-1. Idealized Sequence of Electron Accepting Processes (Spalding, 2002)

图1 理想的电子接受过程序列

在作物生长期内施用薯类淀粉加工废水，若需氧有机物含量过高，上述产生的二价铁、硫化氢等会随同有机酸被作物吸收，阻碍作物体内的代谢活动，抑制根系生长，甚至引起烂根，以至影响地上部作物的发育。尤其是作物对氮、磷、钾等养分的吸收受到阻碍后必然造成作物减产。安徽省颍上县种植试验表明在冬小麦生长期施用甘薯淀粉加工废水（COD约6500mg/L），施用时间及施用方式不适宜时，会对冬小麦生长

产生不利影响（发黄、烂根）。安徽省泗县种植试验表明在冬小麦播种前施用甘薯淀粉加工废水，对冬小麦基本不会造成不利影响。

因此，薯类淀粉物理加工废水适宜在农田休闲期施用，此时可不将COD、BOD<sub>5</sub>列入还田利用水质控制指标。但考虑到有机质在土壤中积累可能会造成地表水和地下水污染，因此，应控制单位土地面积施用总量。

## 2) 水温

水温变化对作物生长发育，尤其是作物根系对土壤矿物质营养积累、分解和转化，以及土壤水分和养分的吸收有着重要影响，水温过低，会降低水中溶解氧含量，影响作物根系对土壤中矿物和营养元素吸收利用，以至影响作物茎叶、枝节的正常生长，水温过高则会造成植物根系腐烂、死亡。

薯类淀粉物理加工过程中涉及到废水产生的工段都未有高温加热，产生的废水温度一般与环境温度接近，基本都不高于35℃。若薯类淀粉分离汁水（甘薯淀粉加工上常称为粉浆水）采用热絮凝法提取蛋白，产生的脱蛋白水温度较高，但与洗薯水等混合后温度会大幅下降，并且是在农田休闲期施用，对作物不会造成影响，因此，未将水温列入还田利用水质控制指标。

## 3) 悬浮物

悬浮物指水体中颗粒直径在0.45 μm~100 μm的固体，包括有机质和矿物质两大类。薯类淀粉物理加工废水中的悬浮物主要是有机质，如淀粉微粒、纤维、蛋白等，来源于薯类作物本身，在土壤中可被分解，不会堵塞土壤孔隙，破坏土壤结构。在马铃薯淀粉加工废水还田利用上，多年施用未出现土壤板结现象。综合考虑，确定不将悬浮物列入还田利用水质控制指标。

## 4) pH

薯类淀粉物理加工废水普遍偏酸性，pH在3-6.5之间，主要是有机

物分解产生的有机酸造成。有文献研究显示，pH 6~6.5的甘薯淀粉加工废水施用到休闲期农田后，土壤pH值会先降低后上升（降低到6.8），最后恢复初始状态（7.8），这是因为废水施用到土壤后，废水中的可溶糖和蛋白质分解产酸，使土壤pH值降低，当糖和蛋白质完全转化后有机酸被分解，pH值上升，有机酸完全分解后，形成无机盐，土壤恢复初始状态。颍上县种植试验研究发现，甘薯淀粉加工废水（pH约4.5）施用到农田后，经过6~7个月（从施用到小麦收获），收获后土壤的pH较未施用废水的有所降低（见图7-3），随施用量增加，pH降低更加明显。长期施用pH值低于5.5的废水，土壤中硝化细菌受到抑制，消化作用减弱，氮肥得不到充分释放，磷酸盐的肥效降低，钙镁等盐易遭淋失，此外，在偏酸性条件下，土壤中的重金属毒物可溶性提高，易被作物吸收致害。为了减少薯类淀粉物理加工废水长期施用对土壤pH的影响，需对其pH进行控制，因此，将pH列入还田利用水质控制指标，并考虑到其对作物和土壤的危害程度较高，将其列入基本控制指标。

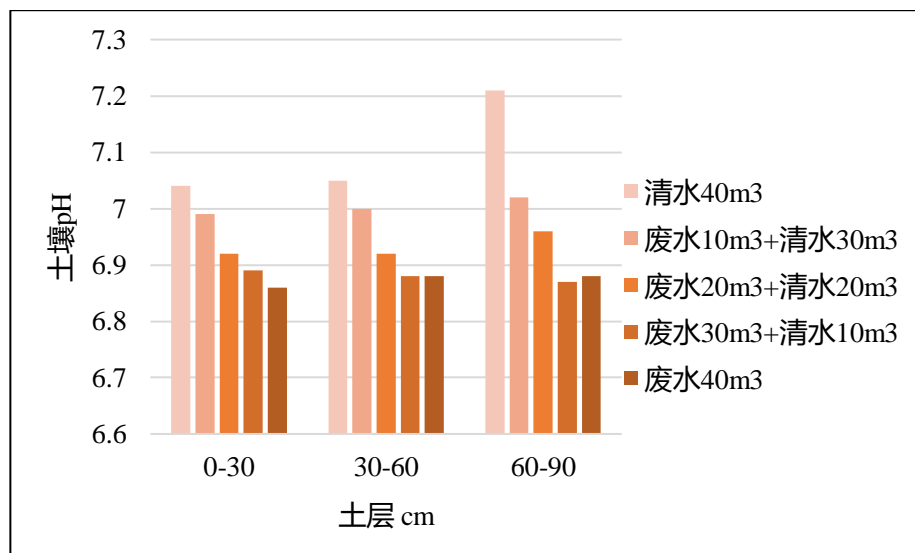


图2 作物收获后土壤pH变化情况

#### 5) 全盐量

在《农田灌溉水质标准》（GB5084）中全盐量是灌溉水中易溶性盐类的综合。盐害是指灌溉水盐度引起的危害，在农业上的表现：一是提

高土壤渗透压，阻碍作物对水分、养分的吸收，直接影响作物的生长和产量；二是使土壤盐渍化。不同盐类的危害程度不同，其顺序为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{MgCl}_2 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ 。

薯类淀粉物理加工废水偏酸性，因此碳酸盐、碳酸氢盐不存在，主要是 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。根据甘薯淀粉废水检测结果，其钙含量为35.8~178mg/L，镁含量为2.93~62.9mg/L，钠含量为22.6~246mg/L、氯化物含量为20~162mg/L，由于《农田灌溉水质标准》中无硫酸盐指标，调研中仅检测了一个企业废水的硫酸盐含量，为562mg/L。按照分项检测值来看，甘薯淀粉废水全盐量为643.33~1210.9mg/L，可能会高于《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）要求的1000mg/L。马铃薯淀粉废水中钠含量约72mg/L、钙含量约12.8mg/L、镁含量约77.2mg/L，氯化物含量约67mg/L，硫酸盐含量约为450mg/L。按照分项检测值来看，马铃薯淀粉废水全盐量为679mg/L，低于《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）要求的1000mg/L。但在试验过程中发现，按照《水质 全盐量的测定 重量法》（HJ/T 51）方法检测废水全盐量，甘薯淀粉废水及马铃薯淀粉废水全盐量普遍都大于2000mg/L，与上述分析有较大差别，这可能是因为甘薯及马铃薯淀粉废水中钾含量较高，但扣除掉钾离子，仍然与分项检测值的加和相差较大，这可能是《水质 全盐量的测定 重量法》（HJ/T 51）（适用于农田灌溉水质、地下水和城市污水中全盐量的测定）并不适宜于甘薯及马铃薯淀粉加工废水这种高浓度有机废水的全盐量的测定。当前，也尚未有其他适宜甘薯淀粉加工废水全盐量的测定方法。

但考虑到薯类淀粉物理加工废水还田利用每年仅施用1~2次，且施用量大大小于灌溉水年施用量，降雨灌水等对其有比较大的淋溶作用，会显著降低盐在土壤中的积累及对土壤和作物的影响。综合考虑，未将全盐量纳入还田利用水质控制指标。

## 6) SAR (钠吸收比, sodium adsorption ratio)

美国《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》对废水盐分的分析, 主要评估了废水阳离子 ( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ ) 和阴离子 ( $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ) 的影响, 提出了采用SAR评估废水长期施用对土壤渗透性及钠中毒的潜在影响, 采用具体公式为:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

式中浓度以meq/L表示。

$$\text{Ca meq/L} = \text{Ca mg/L} \div 20.04$$

$$\text{Mg meq/L} = \text{Mg mg/L} \div 12.15$$

$$\text{Na meq/L} = \text{Na mg/L} \div 22.99$$

当SAR小于6.0时, 废水长期施用对土壤渗透性及钠中毒的潜在影响可忽略; 当在6.0-9.0时, 废水长期施用对土壤渗透性及钠中毒的潜在影响较大; 当SAR大于9.0时, 废水长期施用对土壤渗透性及钠中毒的潜在影响严重。

综合考虑, 确定将SAR列入还田利用水质控制指标, 并考虑到钠对作物和土壤的危害程度较高, 将其列入基本控制指标。

## 7) 氯化物

氯化物包括 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 三种盐类, 其溶解度很大。三种氯化物对作物的危害程度不同, 顺序为 $\text{MgCl}_2 > \text{NaCl} > \text{CaCl}_2$ , 其危害的表现是: 土壤溶液渗透压增高, 阻碍作物对水分和养分的吸收; 土壤盐渍化, 一般情况下, 土壤中 $\text{Cl}^-$ 含量达0.05~0.10%时, 作物生长处于明显抑制状态, 当土壤 $\text{Cl}^-$ 含量达0.4~0.8%时, 作物死亡。

甘薯中氯化物(以氯计)含量在0.1%~0.4%之间, 以当前耗水量2~

5m<sup>3</sup>/吨薯计,甘薯淀粉加工废水的氯化物(以氯计)浓度在200~2000mg/L范围,波动幅度较大,可能会超过《农田灌溉水质标准》(GB 5084)要求的350mg/L。而对甘薯淀粉加工废水中的氯化物进行检测发现,其含量普遍较低,均未超过《农田灌溉水质标准》(GB 5084)要求的350mg/L。

综合考虑,确定将氯化物列入还田利用水质控制指标,并考虑到其对作物和土壤的危害程度较高,将其列入基本控制指标。

#### 8) 硫化物

硫化物一般存在于焦化、造纸、选矿、印染和制革等工业废水中。此外,地下水(特别是温泉水)和生活污水也通常含有硫化物,其中一部分是在厌氧条件下,由于细菌的作用,使硫酸盐还原或含硫有机物分解而产生的。硫化物进入到土壤中,会使土壤有臭味。

薯类淀粉物理加工废水中一般不含硫化物,但企业的生活废水可能会与生产废水混合,造成硫化物含量升高,因此将硫化物列入还田利用水质控制指标。但考虑到硫化物易于分解,在土壤中并不积累,对土壤和作物的危害影响较低,因此将其列入选择性控制指标。

#### 9) 重金属

从环境污染方面所说的重金属,实际上主要是指汞、镉、铅、铬以及类金属砷等生物毒性显著的重金属,也指具有一定毒性的一般重金属如锌、铜、钴、镍、锡等。

薯类淀粉物理加工废水中一般不含重金属,这是由于:①薯类作物中一般不含这些物质,不会引入;②企业为食品加工企业,加工用水一般都达到了《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006),不会引入这些物质;③淀粉加工过程中不添加这些物质。对甘薯及马铃薯淀粉加工废水中的总汞、总镉、铬(六价)、总砷、总铅、以及总锌、总铜检测发现,其含量普遍较低,基本不会超出《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005)要求。

但考虑到我国农业种植普遍施用含重金属肥料、农药，耕地受重金属污染可能性大，由于薯类作物对重金属的累积作用，可能会造成薯类淀粉物理加工废水中重金属含量升高，而长期将这些重金属含量高的废水还田利用势必会对土壤造成重金属污染。因此，确定将重金属（总汞、总镉、铬（六价）、总砷、总铅、总锌、总铜）列入还田利用水质控制指标，并考虑到其对作物和土壤的危害程度较高，将其列入基本控制指标。

#### 10) 总硒

硒在土壤和动植物体中有明显的积累现象，据调查，当水中硒浓度大于0.05mg/L时，土壤和饲料中硒可积累到4~5mg/kg，当土壤含量为45mg/kg时，生长的大米、玉米中硒含量为15~40mg/kg，蔬菜中可达到54~72mg/kg。据计算，人体的硒需要量为30 μg/天，硒过多或过少摄入都会带来不良后果。

对薯类淀粉物理加工废水中的总硒检测发现，其含量普遍较低，基本不会超出《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）要求的0.02mg/L，大于0.02mg/L的可能性较低，而且薯类淀粉物理加工废水还田利用施用量有限，因此未将其列入控制指标。

#### 11) 氟化物

氟化物一般存在于金属加工、木材防腐及农药化肥生产等废水中。薯类淀粉物理加工废水中氟化物的来源主要是薯类作物本身、加工用水。薯类作物本身含氟量较低（<0.1mg/kg），而加工用水一般达到《生活饮用水卫生标准》，氟化物一般小于1.0mg/L，因此加工废水一般不会超出《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）要求的2.0mg/L。但企业的生活废水可能会与生产废水混合，造成氟化物含量升高，因此将氟化物列入还田利用水质控制指标。但考虑到氟易淋失，对土壤及作物的危害影响较低，因此只将其列入选择性控制指标。

## 12) 石油类

石油类污染物对土壤物理性质（堵塞土壤孔隙）和化学性质（油类分解需要消耗大量氧气；矿物油类C/N高，与植物争氮；油类对土壤氨化、硝化作用有阻抑作用）都有影响。

薯类淀粉物理加工废水中石油类主要来自设备维护，若设备维护不当，润滑油可能会随车间地面和设备冲洗水进入废水，造成废水中石油类含量较高，还田利用时会对土壤和作物造成影响，因此将其列入还田利用水质控制指标。但考虑到薯类淀粉物理加工废水还田利用施用量有限，且石油类在土壤中的行为特点是净化率高残留率低；可以被土壤微生物或物理化学的净化作用而得到净化，最后无机化，被植物利用或流失掉，因此只将其列入选择性控制指标。

## 13) 阴离子表面活性剂

阴离子表面活性剂主要来自生活中洗涤剂的大量应用。高浓度时降低土壤微生物种群数，高浓度钠离子使土壤胶体高度分散，土壤结构性变差。薯类淀粉物理加工废水中一般不含阴离子表面活性剂，但企业的生活废水可能会与生产废水混合，造成阴离子表面活性剂含量升高，因此将阴离子表面活性剂列入还田利用水质控制指标。但考虑到对土壤、作物的危害影响较小，因此只将其列入选择性控制指标。

## 14) 粪大肠菌群数和蛔虫卵数

薯类淀粉物理加工废水一般不含粪大肠菌群和蛔虫卵。生活废水的混入可能会导致甘薯淀粉加工废水的粪大肠菌群数和蛔虫卵数升高，但可能性较低，且考虑到甘薯及马铃薯淀粉加工废水施用量有限，对土壤和作物的危害影响较低，鉴于粪大肠菌群数和蛔虫卵数检测方法较为复杂，确定不将大肠杆菌数、蛔虫卵数列入还田利用水质控制指标。

## 15) 硼

硼是植物所需的一种微量元素，一般在2~100mg/kg（干重），与



糖或糖醇络合形成硼脂，参与一系列代谢过程。1) 促进分生组织生长和核酸代谢；2) 促进碳水化合物的吸收和运输，加快植株生长发育，促进早熟；3) 抑制有害酚类化合物和木质素的生物合成；4) 对生殖器官的形成和发育起重要作用，促进花粉萌发，刺激花粉管伸长，对植物授精有特别影响，有利于种子形成，减少落花落果。但有些作物乳黄瓜、豆类、马铃薯、笋瓜等对硼比较敏感，硼多时会造成植物中毒，叶片边缘焦枯、枯萎早脱。

硼的污染源主要是生产硼酸、硼砂等含硼化工产品的废水与废渣的混合物——硼泥。薯类淀粉物理加工废水硼含量普遍较低，检测结果显示其浓度不超出《农田灌溉水质标准》（GB 5084）要求的1mg/L，因此，未将硼纳入还田利用水质控制指标。

#### 16) 挥发酚、丙烯醛、三氯乙醛、苯等

薯类淀粉物理加工废水中一般不含挥发酚、丙烯醛、三氯乙醛、苯，这是由于：1) 薯类作物中一般不含也这些物质，不会引入；2) 企业为食品加工企业，加工用水一般都达到了《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006），不会含这些物质，不会引入；3) 淀粉加工过程中不添加这些物质；4) 淀粉加工过程为纯物理加工，加工过程中不会产生这些物质。检测结果显示薯类淀粉物理加工废水中三氯乙醛含量较低，可达到《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）要求。综合考虑，不将挥发酚、丙烯醛、三氯乙醛列入还田利用水质控制指标。

#### 17) 氰化物

氰化物主要存在于木薯的皮、根茎和叶片中，而其它薯类作物一般不含有氰化物，且木薯淀粉废水中的氰化物易于分解，废水遇光、加热或放置一段时间后则完全分解。因此，参照《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）的要求和安全保障原则，将氰化物列入还田利用水质基本控制指标。

## 18) 氮

氮是作物生长所必需的三大营养元素之一，是限制植物生长和形成产量的首要因素，对产品品质也有多方面影响，而且是所有营养元素中最常缺乏的。氮是植物体内许多重要有机化学物的组分，如蛋白质、核酸、叶绿素、酶、维生素、生物碱和一些激素等，这些物质涉及遗传信息传递、细胞器建成、光合作用、呼吸作用等几乎所有的生化反应。

作物吸收的氮主要是硝态氮 ( $\text{NO}_3^-$ ) 和铵态氮 ( $\text{NH}_4^+$ )。薯类淀粉物理加工废水中的氮主要来自薯类作物本身，主要以蛋白质、氨基酸等有机氮形式存在，硝态氮和铵态氮浓度一般较低。薯类淀粉物理加工废水中的有机氮可在土壤中通过微生物作用转化为无机氮 ( $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ )，被植物吸收（见下图）。

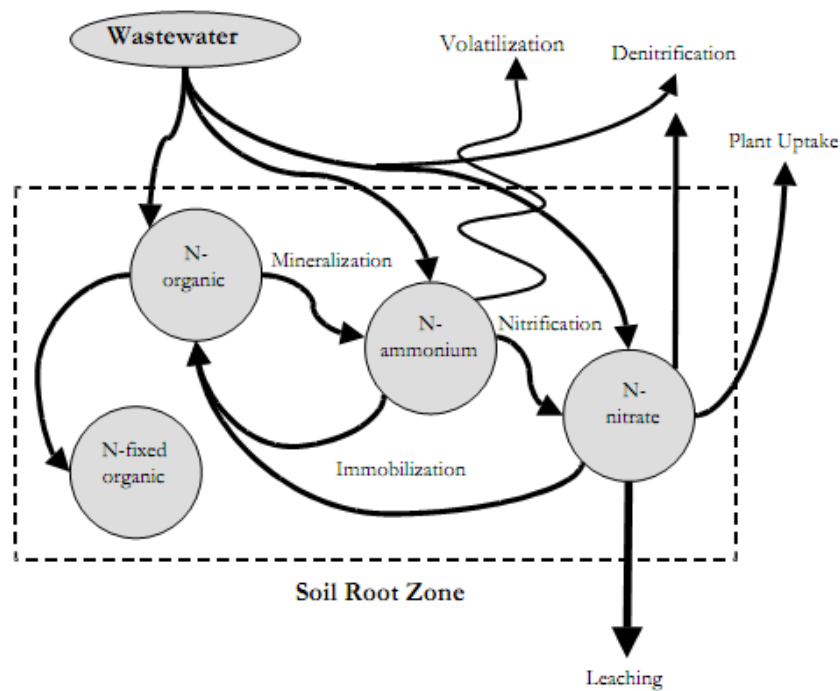


图4 废水中氮在土壤中的转化

薯类淀粉物理加工废水（即氮肥）供应过量，会导致作物易受各种病害侵袭。如果造成群体过大，受光条件恶化，则植株高度增加过快，下部节间过细，易造成倒伏。还会打破营养生长与生殖生长的平衡，使营养生长过旺，产量下降。另外，薯类淀粉物理加工废水供应过量还会

导致土壤中存在过量的有机氮，经微生物转化后导致硝态氮过量，会污染地表水和地下水，因为硝酸根离子带负电荷，不易被以带负电荷为主的土壤胶体吸附，移动性大，容易随水流失造成地表水和地下水污染，尤其是沙质土壤，相比粘土更易出现污染情况。因此，要合理施用薯类淀粉物理加工废水，减少或避免过量施用对作物生长及地表水、地下水的危害。

薯类淀粉物理加工废水作为肥水还田，不宜将氮列入还田利用水质控制指标，对其进行限值要求，但考虑到其对作物、土壤及地下水的影响，需对单位土地面积氮施用总量进行控制。

#### 19) 磷

磷也是作物必需的三大营养元素之一，是植物体内核酸、蛋白质和酶等多种重要化合物的组成元素，参与光合作用、呼吸作用、能量储存和传递、细胞分裂、细胞增大和其他一些过程。磷能促进植物早期根系的形成和生长，提高水果、蔬菜和粮食作物的品质，提高植物适应外界环境的能力，增强植物抗病性、抗旱和抗寒能力。

植物吸磷量较少，植物体内磷的含量 ( $P_2O_5$ ) 一般为植株干重的 0.1%~0.5%。植物主要以  $H_2PO_4^-$ 、 $HPO_4^{2-}$  和  $PO_4^{3-}$  的形式吸收磷。在低 pH 值下，以吸收  $H_2PO_4^-$  为主，在高 pH 值下以吸收  $HPO_4^{2-}$ 、 $PO_4^{3-}$  为主。薯类淀粉物理加工废水中的磷主要来自薯类作物本身，含量低，主要以有机磷形式存在，可在土壤中通过微生物转化为无机磷酸盐，被植物吸收（见下图）。

当磷肥过多，禾谷类作物无效分蘖多，空秕粒增加，繁殖器官过早发育，茎叶生长受到抑制，引起作物早衰。叶用蔬菜纤维增多。烟草的燃烧性变差。同时磷素过多还会导致缺锌、铁、锰、硅等营养元素，因此作物生长不宜适用过多磷。

磷造成地下水污染的风险较低，这是因为在酸性土壤，磷会以 Al-P、Fe-P 固定态形式结合，在石灰性土壤和中性土壤，磷会以 Ca-P、Mg-P 固

定态形式结合，不容易淋洗到地下水中。

薯类淀粉物理加工废水作为肥水还田，不宜将磷列入还田利用水质控制指标，对其进行限值要求。此外，考虑到我国耕地普遍缺磷，并且造成地下水污染的风险较低，对单位土地面积磷施用总量不作限制要求。

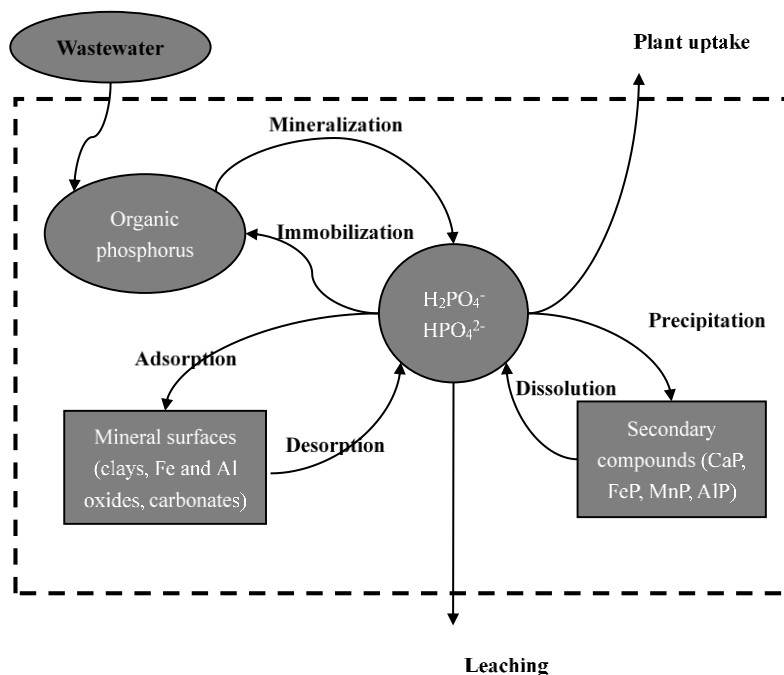


图5 废水中磷在土壤中的转化

## 20) 钾

钾是植物所需的三大主要营养元素之一，能促进光合作用，提高 $CO_2$ 的同化率，促进叶绿素的合成，改善叶绿体的结构。植物吸钾量一般超过吸磷量，与吸氮量相近。薯类淀粉物理加工废水中的钾主要来自薯类作物本身，主要以钾离子形式存在，在土壤中的转化见下图。

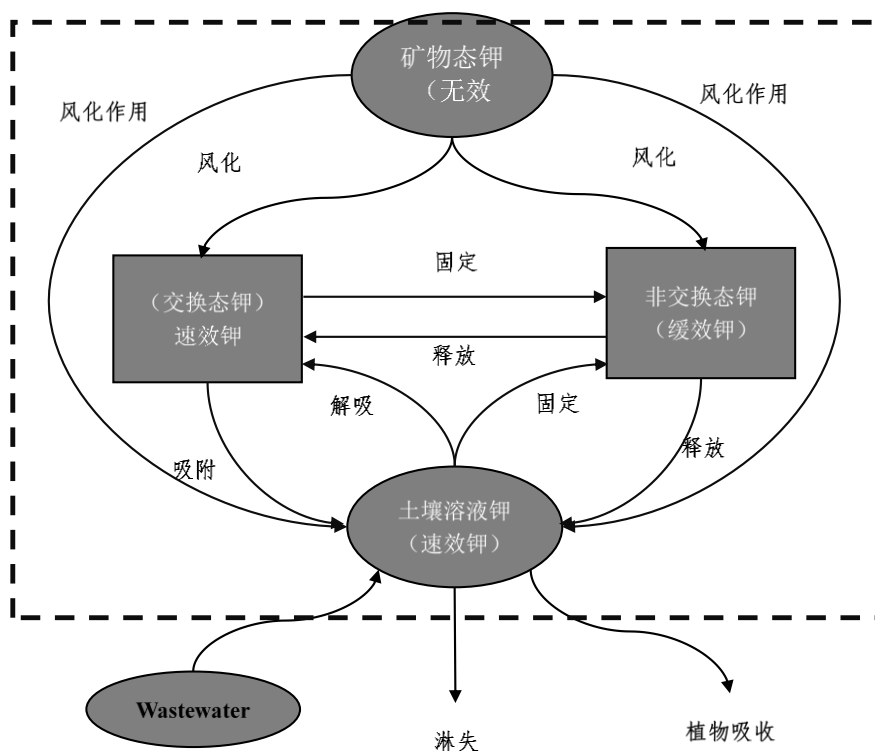


图6 废水中钾在土壤中的转化

土壤中的钾包括3种形态:①矿物钾。主要存在于土壤粗粒部分,约占全钾的90%左右,植物极难吸收。②缓效性钾。约占全钾的2%~8%,是土壤速效钾的给源。③速效性钾。指吸附于土壤胶体表面的代换性钾和土壤溶液中的钾离子。植物主要是吸收土壤溶液中的钾离子。当季植物的钾营养水平主要决定于土壤速效钾的含量。一般速效钾含量仅占全钾的0.1%~2%,其含量除受耕作、施肥等影响外,还受土壤缓效性钾贮量和转化速率的控制。

薯类淀粉物理加工废水作为肥水还田,不宜将钾列入还田利用水质控制指标,对其进行限值要求。此外,薯类淀粉物理加工废水在农田休闲期施用,其钾又以离子形式存在,通过淋失作用和植物吸收,不易在土壤中积累,相比氮,其对作物、土壤及地下水的风险较低,因此,综合考虑,对单位土地面积钾施用总量不作限制要求。

根据上述分析,确定将pH、六价铬、镉、铅、总汞、总砷、钠吸收

率（SAR）、氯化物、氰化物、硫化物、氟化物、石油类、锌、铜、阴离子表面活性剂列入薯类淀粉物理加工废水还田利用水质指标，并根据其对生态环境、作物等的影响程度，分为基本控制指标和选择性控制指标。基本控制指标包括pH、六价铬、镉、铅、总汞、总砷、钠吸收率（SAR）、氯化物、氰化物，选择性控制指标包括硫化物、氟化物、石油类、锌、铜、阴离子表面活性剂。

## （2）水质指标限值

pH：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水pH在5.5~8.5，美国《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中提出废水pH<4.5或者pH>8.0时可能会对土壤和作物造成严重影响。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水pH控制在5.5~8.5。

六价铬：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水六价铬 $\leq 0.1\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水六价铬控制在 $0.1\text{mg/L}$ 及以下。

镉：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水镉 $\leq 0.01\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水镉控制在 $0.01\text{mg/L}$ 及以下。

铅：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水铅在 $\leq 0.2\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水铅控制在 $0.2\text{mg/L}$ 及以下。

总汞：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水总汞 $\leq 0.001\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land

application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水总汞控制在0.001mg/L及以下。

总砷：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水总砷水作 $\leq 0.05\text{mg/L}$ 、旱作 $\leq 0.1\text{mg/L}$ 、蔬菜 $\leq 0.05\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水总砷控制在0.05mg/L及以下，而且不再区分旱作、蔬菜。

钠吸收率（SAR）：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中未作要求，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中提出当 $\text{SAR} \leq 6.0$ 时，废水长期施用对土壤渗透性及钠中毒的潜在影响可忽略；当在6.0-9.0时，废水长期施用对土壤渗透性及钠中毒的潜在影响较大；当 $\text{SAR} > 9.0$ 时，废水长期施用对土壤渗透性及钠中毒的潜在影响严重。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水SAR控制在9及以下。

氯化物：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水氯化物 $\leq 350\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中提出当氯化物 $\leq 70$ 时对作物的影响可忽略，在70-345mg/L时对作物的影响上升，当 $> 345\text{mg/L}$ 时对作物的影响严重。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水氯化物控制在350mg/L及以下。

氰化物：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水氰化物 $\leq 0.5\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水氰化物控制在0.5mg/L及以下。

铜：《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中要求灌溉水铜水作 $\leq 0.5\text{mg/L}$ 、旱作和蔬菜 $\leq 1\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good

practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水铜控制在1mg/L及以下。

锌：《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005)中要求灌溉水锌 $\leq 2\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水锌控制在2mg/L及以下。

硫化物：《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005)中要求灌溉水硫化物 $\leq 1\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水硫化物控制在1mg/L及以下。

氟化物：《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005)中要求灌溉水高氟地区 $\leq 3\text{mg/L}$ ，一般地区 $\leq 2\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。因此，薯类淀粉物理加工废水氟化物控制在2mg/L及以下。

阴离子表面活性剂：《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005)中要求灌溉水阴离子表面活性剂水作 $\leq 5\text{mg/L}$ ，旱作 $\leq 8\text{mg/L}$ ，蔬菜 $\leq 5\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水阴离子表面活性剂控制在5mg/L及以下，而且不再区分旱作及蔬菜。

石油类：《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005)中要求灌溉水石油类水作 $\leq 5\text{mg/L}$ ，旱作 $\leq 10\text{mg/L}$ ，蔬菜 $\leq 1\text{mg/L}$ ，美国技术文件《Manual of good practice for land application of food processing/rinse water》中未作要求。综合考虑，薯类淀粉物理加工废水石油类区分旱作及蔬菜，旱作控制在10mg/L及以下，蔬菜控制 $\leq 1\text{mg/L}$ 。

表2 基本控制项目及限值

单位：mg/L (pH值和SAR值除外)



序号	项目	限值 <sup>a</sup>
1	pH	5.5-8.5
2	六价铬	≤0.1
3	镉	≤0.01
4	铅	≤0.2
5	总汞	≤0.001
6	总砷	≤0.05
7	钠吸收率 (SAR) <sup>b</sup>	≤9.0
8	氯化物	≤350
9	氰化物 <sup>c</sup>	≤0.5

<sup>a</sup>: 作物种类: 旱作、蔬菜

<sup>b</sup>:  $SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}}}$  式中Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>和Mg<sup>2+</sup>浓度均以mmol/L表示。

<sup>c</sup>: 木薯淀粉加工废水应检测氰化物, 其他薯类淀粉加工废水无需检测

表3 选择控制项目及限值

单位: mg/L

序号	项目	限值 <sup>a</sup>
1	锌	≤2
2	铜	≤1
3	硫化物	≤1
4	氟化物	≤2
5	石油类	≤1 (蔬菜), ≤10 (旱作)
6	阴离子表面活性剂	≤5

<sup>a</sup>: 作物种类: 旱作、蔬菜

薯类淀粉物理加工废水还田利用之前, 应对其控制项目进行全面检测。当基本控制项目不符合表2的规定时, 不可还田利用。当基本控制项目符合表2的规定, 但选择性控制项目出现不符合表3的规定时, 可还田利用, 但需对其可能导致的不利影响进行评估, 确定相应处理措施。

## 2、预处理技术要求

薯类淀粉物理加工废水预处理包括去除泥砂、蛋白提取、pH调节等。预处理过程应以不引入新的污染物质为首要前提，具体要求如下：

### (1) 去除泥沙

薯类作物清洗废水中常混有原料外皮、草根等杂物以及大量泥砂等，为了防止水泵及处理构筑物的机械设备和管道被磨损或堵塞，使后续处理及还田利用能顺利进行，必须首先去除这些杂物及泥砂等，可采用格栅或筛网去除原料外皮、草，采用沉砂池去除泥砂。

### (2) 蛋白提取

薯类淀粉分离汁水中蛋白含量较高，可以回收蛋白以提高资源利用率。目前蛋白提取方式主要是热絮凝法。热絮凝法是通过热变性使蛋白质天然结构解体，疏水基外露，破坏水化学层而导致沉淀。一般与等电点法联合使用。热絮凝法获取的蛋白品质高，可以达到薯类淀粉级蛋白，另外高温还能起到杀菌的效果。因此，热絮凝法适宜于还田废水中蛋白的提取。

### (3) pH调节

薯类淀粉物理加工废水易酸化，特别是采用酸浆法工艺的，pH一般在5.5以下，需对其进行调节。pH值调节设施应在收集处理池和缓存池之间设置。用氢氧化钠调节易造成废水中钠盐浓度增高，还田利用对土壤及作物影响较大。用氧化钙或氢氧化钙调节易产生大量污泥，造成二次污染。用氢氧化钾调节虽然会增加废水的钾肥力，但同时也增加废水盐浓度。用氨水调节产生污泥量少，产生的铵根离子是废水总氮的一部分，以氮定量时可控制施用量。因此，pH调节宜采用氨水，工业级即可。

### (4) 曝气处理

氰化物主要存在于木薯的皮、根茎和叶片中，而其它薯类作物一般不含有氰化物，且木薯淀粉废水中的氰化物易于分解，废水遇光、加热

或放置一段时间后则完全分解。为了去除木薯淀粉废水中的氰化物，需在收集处理池前设置曝气池，通过曝气工艺加速氰化物的分解。因此，木薯淀粉废水应采用曝气工艺，曝气时间不少于6小时，废水在排入收集处理池、缓存池停留时间应超过24小时方可还田利用。

### 3、施用技术要求

#### (1) 适宜作物

薯类淀粉物理加工废水有缓释作用，可作为基肥一次性还田，且是一种氮、磷、钾复合肥，若依然按照传统施肥方式施用基肥、种肥和追肥，可能会导致土壤养分过剩或者养分不平衡，影响作物生长和产量。因此，施用薯类淀粉物理加工废水后，须考虑营养平衡，应依据“测土配方施肥”原则，科学补充作物生长所需养分。

薯类淀粉加工区一般是一年一熟或两熟，一年两熟作物一般是选择种冬小麦或冬油菜和夏玉米及其他轮作，其中冬小麦播种时间一般在10月、11月，冬油菜播种时间一般在9月底、10月，夏玉米播种时间一般在6月中旬。薯类淀粉加工期间农田有一定时间处于休闲期，因此可施用加工废水，但须在冬小麦、冬油菜播种之前完成施用，以降低对作物的影响。除上述作物外，喜氮的蔬菜、果树、苜蓿等也适宜施用加工废水。

#### (2) 适宜施用时间

薯类淀粉物理加工废水可全年施用，但由于放置时间过长，不仅产生臭味，而且一旦泄露，将可能造成严重的环境污染事故，因此适宜即产即用。

淀粉废水有机质含量高，在作物生长期施用时易出现烧苗、烂根等现象，在作物播种之前施用不会造成上述现象，因此适宜在农田秋冬休闲期施用。

薯类淀粉物理加工废水属于有机肥，具有缓释作用，因此可一次性

基施，满足作物整个生育期对氮的需求。化肥宜作追肥，在作物养分的最大需要期施用，并根据作物磷和钾的需求量，配合施用一定量的磷、钾肥。

薯类淀粉加工一般9月底开始，11月底前结束，此时农田刚好处于休闲期，且天气干燥少雨，还田利用对作物影响地，造成地下水、地表水污染的风险低。因此，淀粉废水应尽快在这期间施用，但考虑到降水天气等影响，需要给企业留一段缓冲时间，故在规范中建议企业在加工季结束后2个月内完成施用。

淀粉废水应白天施用，夜间施用的风险大，施用前，应关注天气情况，避开降水时段，以防施用的废水随雨水冲刷进入沟渠，造成地表河流的污染。

### **(3) 施用方式**

传统方式有畦施、沟施、淹施、漫施，技术要求不高，容易掌握运用且管理简便，设备投资省，运行费用低，但容易发生超量施用，使用过不均匀，容易积水，造成土壤板结、通透性差，不利于废水中有机质的降解。另外，传统方式适用于质地较密实的土壤，在砂性土壤上会产生大量深层渗漏损失，增大对地下水污染的风险。

沟施、畦施改进技术，如小畦施用、长畦短施、细流沟施等方式，通过改进沟、畦规格，提高施用均匀度，降低深层渗漏损失。在投资和管理上，相对传统方式，沟施、畦施改进技术投资相对较高、技术较复杂，但与喷施、小管出流等现代方式相比较，投资少、管理运行费用低、操作简便。在施用均匀度及深层渗漏损失上，沟施、畦施改进技术不如喷施、小管出流等。

现代方式有喷施、小管出流等，可以是固定式的，半固定式的或移动式的，可以根据土壤质地、结构和入渗特性合理设计合理的喷施强度与喷施均匀度，施用均匀度高，不会产生深层渗漏损失和地表流失。另

外,对地形和土壤类型适应性强,特别是在土层薄、透水性强的沙质土,非常适合采用喷施。此外,对土壤冲击小,能够保持土壤的团粒结构,使土壤疏松多孔,通气性好,利于废水中有机质的降解。

综上所述,薯类淀粉物理加工废水宜采用喷施、小管出流的施用方式,也可采用小畦施用方式。采用小畦施用技术时,为了施用更加均匀,在施用前须平整土地,减少施用过程中出现的积水现象。此外,施用最好建立封闭田坎,防止废水四处流淌,引起与其他农户的纠纷。根据国内固原马铃薯淀粉多年的施用经验,小畦施用的畦田宽度以2~4m为宜,长度以30~40m左右为宜,面积不大于150m<sup>2</sup>,畦埂高度一般为10-15cm。施用区域附近若有环境敏感区,如灌溉沟渠、河流、湖泊等,为避免形成径流进入这些地表水系,须建立缓冲区。此外,由于加工废水蛋白含量高,施用后可能会产生臭味,因此若施用农田与居民区临近,施用后须及时翻耕土地,减少气味对居民生活和健康的影响。

#### 4、监测技术要求

企业应对淀粉废水、废渣、地下水、地表水、土壤、大气及农产品开展自主监测,相关监测指标要求见表4所示。

表4 薯类淀粉加工废水废渣资源化利用监测指标

序号	监测内容	监测指标	监测频次	监测位置	指标要求
1	淀粉废水	pH、六价铬、镉、铅、总汞、总砷、氯化物、氰化物、总氮、五日生化需氧量、钠、钙、镁	2次/生产季	收集处理池出口	钠、钙、镁按 HJ 700 执行,总氮按 HJ 636 执行,其余按 GB 5084 执行
		锌、铜、硫化物、氟化物、石油类、阴离子表面活性剂	1次/生产季		
2	废渣 <sup>a</sup>	黄曲霉毒素B <sub>1</sub> 、氰化物	1次/生产季	废渣堆场	按GB 13078执行
3	地下水	硝酸盐、亚硝酸盐、耗氧量、总硬度、氨氮、溶解性总固体、六价铬、镉、铅、总汞、总砷	1次/生产季	还田区域及地下水 上、下游	按GB/T 14848执行

4	地表水	化学需氧量、氨氮、总磷、总氮	1次/生产季	还田区域及地表水上、下游	按GB 3838执行
5	土壤	pH、镉、汞、砷、铅、铬、锌、铜、镍	1次/生产季	还田区域	按GB 15618 执行。
6	大气	氨、硫化氢、臭气浓度	1次/生产季	还田区域下风向	按GB 14554执行
7	农产品	铅、镉、汞、砷、铬	1次/农作物	还田区域	按GB 2762执行
*作物:仅木薯渣需监测氰化物指标。					

## 5、预警与应急要求

### (1) 强化监测预警

应定期开展监测，当监测指标超过标准限值或呈明显偏离趋势时，应开展分析评估，根据评估结果采取必要措施控制风险；。

### (2) 应急处理

应根据《生产安全事故应急预案管理办法》等相关规定，制定淀粉废水废渣资源化利用应急预案。。

遇突发事件时，事故现场有关人员应立即停止淀粉废水废渣资源化利用行为，并立即向单位负责人报告。单位负责人接到报告1小时内向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

## 四、标准编制的工作基础

中国环境科学研究院在宁夏、河北、安徽、甘肃、陕西、山东、湖北、黑龙江、内蒙古、青海等10省13市近六十家企业（覆盖约90%马铃薯淀粉产量及50%甘薯淀粉产量）开展了薯类淀粉加工废水还田利用研究，并承接了“十三五”水专项“甘薯淀粉废水还田利用技术验证及推广应用”课题研究及工程示范，取得了良好的示范效果及较好的环境效益，其中黑龙江北大荒、宁夏固原及河北秦皇岛开展的废水还田试点工

作绩效最为突出。

黑龙江北大荒黑土薯业有限公司是国内最大的马铃薯淀粉加工国有企业，下属企业克山公司、九三公司、二龙山公司分别于从2012年、2014年、2015年、开始进行马铃薯加工废水还田工作。实验结果以下结论：一是从地下水和土壤环境质量检测结果看，马铃薯淀粉加工废水还田对施用农田的土壤、地下水造成污染的可能性极小；二是从土壤肥力检测结果看，施用薯类淀粉加工废水后的农田土壤环境质量得到提升，耕作层的水解氮、速效钾、速效磷指标数值比未施用农田有明显的增高。

宁夏固原市2006年起开展“马铃薯淀粉加工废水农田灌溉试验示范”项目研究，示范推广3年累计利用汁水200多万 $m^3$ ，灌溉休闲农田1.8万亩。通过3年7个试验区、多作物田间试验，定位监测、调查测定和较大面积的示范验证，得到以下初步结论：一是马铃薯淀粉加工废水用于固原市呈弱碱性农田是安全的，未造成土壤重金属超标。每亩施用100 $m^3$ 的所有试点土样汞、砷、铅、镉、铬含量均低于《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）用于自然保护区的一级指标值。二是利用马铃薯淀粉加工废水还田，具有明显改善土壤结构、提高农田肥力的良性效果。主要体现是：土壤容重降低，孔隙度提高，有机质、全氮、碱解氮、有效钾大幅度提高。三是马铃薯淀粉加工废水还田，适宜种植的作物为喜氮喜钾的作物和蔬菜作物，如向日葵、小麦、玉米、西芹等。施用马铃薯淀粉加工废水可以显著促进上述作物的生长发育，改善产品品质，增产增收。

河北省秦皇岛市卢龙县2017年以前甘薯淀粉加工废水普遍未经处理，每到加工季节几乎每个村里都是废水遍地，饮马河受此影响，氨氮、总磷超标，水质一度成为劣V类。自2018年开展废水还田利用试点以来，经过三年努力卢龙县实现了甘薯加工废水全部还田利用和“一滴粉浆水不入河”的目标，饮马河水质已经由劣V类改善到III类。环境质量改

善的同时，加工废水还田利用进一步提高了当地企业经济效益。据统计，甘薯淀粉加工为当地农民增加现金收入1亿元，流转土地1万亩，提供工作机会200个，人均增收超40000元/年。薯类淀粉加工废水还田利用解决了行业多年以来的废水污染问题，地区水环境质量大幅提升，并带动产业扶贫，实现了环境保护和经济的协同发展。

## 五、国内外食品加工废水土地利用/还田利用研究进展

### （一）国外食品加工废水土地利用概况及研究进展

#### （1）美国食品加工废水土地利用概况及实例

在美国，食品加工/洗涤废水土地利用的现象较为常见。以加利福尼亚州为例，加州是全美最大的农业州，拥有近8万个农场，总面积2540万英亩。农牧产品超过400种，为全国提供了51%的水果和干果，32%以上的蔬菜。2013年加州农业产值达464亿美元。有统计数据表明，早在1994年，仅加利福尼亚州全年就已有超过800家食品加工企业对所排放的废水采取土地利用工艺进行处理。California League of Food Processors (CLFP) 统计数据显示，目前加州已经有超过70%的食品加工/洗涤废水用于土地消纳，实现了其有效再利用。主要适用的作物有玉米、大麦、小麦、棉花、大豆、马铃薯、甜菜、牧草、速生林木及苜蓿等。

#### 1) 甜菜制糖有机水还田利用实例

位于美国爱达荷州的Amalgamated 糖业是美国第二大制糖企业，产糖约15万吨/年，年排放有机废水量约为150万m<sup>3</sup>，每年还田规模约为460km<sup>2</sup>。还田废水的平均水质为：pH值6.5、COD5000mg/L、BOD5 2000mg/L、氨氮16mg/L。废水还田利用时，水力负荷不超过农作物生长的需要，氮素的施用不超出作物年吸收量的150%或300磅/英亩/年（约340kg/公顷/年），COD年均强度不高于50磅/英亩/天（约57kg/公顷/天）。

自1995年以来，Amalgamated 糖业一直严格按照爱达荷州环保署相



关规定实施甜菜有机废水还田利用，且对土壤pH、总氮、电导率、总磷、有机质等、作物品质及产量、施用区域地下水pH、硝态氮、电导率等进行检测分析，结果表明，各项检测指标均稳定达标，作物品质未出现异常情况，作物产量有所增加。2007年10月，美国农业部农业资源保护总署对该地的土壤各项指标进行了综合采样，结果显示，经12年废水施用，土壤未出现异常变化，土壤肥力显著提高。

## 2) 马铃薯淀粉加工废水还田利用实例

位于美国俄勒冈州的MorStarch公司是一家马铃薯淀粉加工企业，年产生废水约为35000m<sup>3</sup>，于1995年开始还田利用，种植苜蓿及牧草，至今未见不良影响。以2007年为例，该企业共产生废水33000m<sup>3</sup>，共计6130kg氮素（凯氏氮+氨氮）、178367kg溶解性总固体（TDS）、12610kgCOD，折合到每亩的氮素、TDS、COD为15kg、438kg和309kg。当年，补充清水量为149256m<sup>3</sup>，共计217kg氮素、49189kgTDS、405kgCOD，折合大每亩的氮素、TDS、COD为0.76kg、120kg和0.99kg。考虑到当地作物生长需肥情况，MorStarch公司在施用废水的农田未再施加任何化肥或其他类型的营养物。2007年，全部施用废水的农田作物根区下方的地下水位均低于设计标准，未对地下水造成不良影响。土壤检测结果表明，土壤pH、电导率、有机质等均满足农业耕作的要求。地下水检测结果显示废水还田利用未造成地下水中污染物超标。

## (2) 其他国家食品加工废水土地利用概况及实例

日本位于亚洲季风区，年均降水量高达1730mm左右，约是世界平均值的2倍，但由于其地形、地貌及气象特征，日本可重复利用的淡水资源却非常少，还不到美国人均占有量的1/2。为减轻水资源危机和解决污水处理问题，日本关于废水回用相关研究和实践也开展较早。在马铃薯淀粉加工废水还田利用方面，日本科学家二国二郎在其所著的《淀粉科学手册》中曾提出，马铃薯中含0.3%氮、0.1%磷酸（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>）、0.5%钾

(K2O)，在淀粉制造过程中这些成分的70%-90%均转移到废水中，因此可以将这些废水施加到旱地和草地作为肥料加以利用。

澳大利亚将阿德莱德市食品厂排出的废水灌溉葡萄，结果表明，采用废水灌溉后，对土壤和葡萄进行反复检测，没有查出任何有害成分，不仅较往年葡萄产量有所提高，而且产出的葡萄所酿造出来的葡萄酒质地优良、口感浓烈，深受广大消费者欢迎。当地还对其他一些农作物进行灌溉，结果表明此种灌溉对土壤及农作物无不良影响。

废水还田利用在欧盟国家尚未得到大规模应用。但是欧盟认为废水的再利用可以作为水资源的有利补充，其不会受气候、天气影响，可以实现平稳的农业灌溉，同时，其中的部分营养物质可以被农业利用，进而减少化肥的施用量、减轻化肥污染等。

## (二) 国内食品加工废水还田利用现状及研究进展

把食品加工废水作为肥水还田利用，目前国内应用最成熟的是马铃薯淀粉废水。马铃薯淀粉废水COD、BOD负荷极高，普遍在1万mg/L以上，同时氮和钾含量也很高，例如全氮约1500mg/L，总钾约2100~3200mg/L，每立方废水的肥力相当于氮肥约3.23kg（以尿素计）、钾肥约4.96~7.56kg（以硫酸钾计），因此具有很高的肥力，若作为灌溉水利用需先厌氧好氧处理，工程投资大，运行成本高，且严重浪费氮磷钾等资源，若按照国外土地利用方式利用，技术复杂程度高，施用周期较长，废水存储易发臭，而且该类企业一般在乡镇、农村，缺乏高科技人才，且现阶段仍以粗放管理为主，采用该种利用方式的风险高。因此，当前这类废水在我国一般是作为基肥还田利用，原水或简单处理后的废水均可。

何进勤等研究马铃薯淀粉加工废水还田利用对土壤养分和重金属含量的影响。结果表明，将马铃薯淀粉加工废水原水和静置24h后的废水分别施用到土壤，与清水灌溉相比，土壤氮、磷、钾、有机质含量均明显提高，尤其土壤速效钾含量在玉米收获后提高了7倍以上，而马铃

薯淀粉加工废水无论是原水还是静置24h后施用，均没有对土壤造成重金属污染，且在玉米收获后土壤中COD基本全部降解。因此，将马铃薯淀粉加工废水还田利用，在合理的施用量范围内不会对土壤环境质量造成影响，对区域农业产业发展和减施化肥意义重大。何进勤等以3年灌溉马铃薯加工淀粉废水农田土壤为对象，以青贮玉米为供试作物，利用田间试验探讨了不同施肥处理对马铃薯淀粉废水灌溉农田的土壤培肥效应和作物产量效应。结果表明，与对照不施肥相比，增施化肥或生物有机肥以及化肥与生物有机肥配施均对青贮玉米产量无显著影响。增施生物有机肥提高了0~20cm土壤有机质、速效钾含量，20~40cm土壤速效磷含量增加了1倍左右，同时也增加了0~60cm剖面土壤碱解氮和全磷累积量，形成了40~60cm土壤速效钾富集区。减施30%化肥配施生物有机肥(30%HF+WF)处理可显著提高0~60cm剖面土壤全氮含量；各施肥处理之间0~60cm剖面土壤全钾含量无显著差异。因此，在3年灌溉马铃薯加工淀粉废水农田土壤条件下种植青贮玉米，不施任何肥料能保证作物产量，但适量增施生物有机肥对土壤培肥和产量效应更好。

在马铃薯淀粉废水还田利用上，我国多个地区已开展了多年实践，尤其是内蒙古、宁夏、黑龙江，取得了很多成果和经验。以宁夏固原为例，马铃薯淀粉加工废水一滴不入河，周边河流水质稳定提升至II类或III类；施用地有机质从12.0克/千克增加到20.7克/千克，每公顷耕地增加碳汇约75吨；产业新增投资2亿元，年新增蛋白产品5000吨，产值3000万元；年流转土地3万亩，作物产值超过3600万元；为当地农民提供200个工作机会，人均工资收入约32000元/人。薯类淀粉加工废水还田利用实现了农产品加工业和农业种植的有机结合，解决了行业多年以来的废水污染问题，地区水环境质量大幅提升，并带动产业扶贫，实现了环境保护和经济的协同发展。

## 六、本标准与现行标准的关系

2018年6月生态环境部印发《排污许可证申请与核发技术规范农副食品加工工业—淀粉工业》（HJ860.2-2018）（以下简称技术规范），在技术规范中首次明确提出薯类淀粉加工废水可采用土地利用方式实现资源化利用。其中在“排放去向及排放规律（4.5.1.3）”中规定：“排放去向分为不外排；直接进入江河、湖、库等水环境；直接进入海域；进入城市下水道（再入江河、湖、库）；进入城市下水道（再入沿海海域）；进入城镇污水集中处理设施；进入其他单位；进入工业废水集中处理设施；其他（如土地利用）。”在“废水（5.2.2.1）”章节规定：“薯类淀粉废水进行土地利用时，应符合国家和地方有关法律法规、标准及技术规范文件要求。”在“运行管理要求（6.2.2）”章节规定：“薯类淀粉生产废水土地利用时应进行前处理，消除异味，按国家和地方有关法律法规、标准及技术规范文件要求实施。”2019年12月生态环境部发布《关于印发淀粉等五个行业建设项目重大变动清单的通知》（环办环评函〔2019〕934号），要求企业由传统末端治理方式改为采用淀粉废水还田利用方式的应依据相关规定变更环评。但上述两个政策在地方落地时缺乏技术规范指南。

我国多个省市也相继发布了相关的地方标准。黑龙江农垦总局于2017年发布了《马铃薯淀粉加工有机肥水还田技术指南》（NK-001 2017）；宁夏生态环境厅于2017年12月制定并发布了《马铃薯淀粉加工废水还田利用研究试点试验技术指南（试行）》，指导和规范固原市开展马铃薯淀粉加工废水试点示范；甘肃省于2019年5月13日发布了《马铃薯淀粉加工中薯渣及蛋白质回收技术规范》（DB62/T 2999-2019），指导和规范薯渣及蛋白的有效回收和合理利用；安徽省于2022年3月28日正式发布《甘薯淀粉加工废水还田利用技术规范》（DB34/T 4138-2022），该技术规范也成为国内首个以地标形式发布的薯类淀粉加工废水还田利用技术规范。

黑龙江农垦总局发布的《马铃薯淀粉加工有机肥水还田技术指南》和宁夏固原市发布的《马铃薯淀粉加工废水还田利用研究试点试验技术指南》（试行）主要针对的是马铃薯淀粉废水还田利用的技术要求，安徽省发布的《甘薯淀粉加工废水还田利用技术规范（试行）》则主要针对的是甘薯淀粉废水还田利用的技术要求，甘肃省发布的《马铃薯淀粉加工中薯渣及蛋白质回收技术规范》主要针对的是马铃薯渣回收利用的技术要求。

本标准的制定补充了其它薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用的空缺，并根据淀粉废水的水质特征，制定了更完善的还田利用水质要求以及环境监测要求，并有针对性的对我国不同薯类淀粉物理加工废水废渣资源化利用提供指导作用。本标准的出台对促进我国薯类淀粉加工业步入绿色、环保、持续、高效的发展之路，促进农民致富、企业增收、改善生态环境和经济结构有着重要意义。

#### **七、重大分歧意见的解决过程、依据和结果**

无。

#### **八、贯彻中循协标准的要求和措施建议**

本标准 of 推荐性团体标准，可供薯类淀粉加工企业参考。

#### **九、标准发行范围和数量的建议**

建议在薯类淀粉行业推行该标准。

#### **十、其它应予说明的事项。**

无。