

UDC

湖南省工程建设地方标准

DBJ

DBJ 43/T XXX-2021

P

备案号 JXXXXX-2021

高浓度复合粉末载体生物流化床 技术规程

Technical Specification for High Concentration
Composite Powder Carrier Bio-fluidized Bed

2021-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

湖南省住房和城乡建设厅 发布

湖南省工程建设地方标准

高浓度复合粉末载体生物流化床技术规程

Technical Specification for High Concentration Composite Powder
Carrier Bio-fluidized Bed

DBJ 43/T XXX-2021

批准部门：湖南省住房和城乡建设厅

施行日期：2021年 X 月 X 日

关于发布湖南省工程建设地方标准《高浓度复合粉末载体生物流化床技术规程》的通知

湘建科 [2021] XXX 号

各市州住房和城乡建设局（建委、规划建设局），各有关单位：

由湖南科友环保有限公司主编的《高浓度复合粉末载体生物流化床技术规程》已由省住房和城乡建设厅组织专家审定通过。现批准为湖南省工程建设推荐性地方标准，编号DBJXX/T XXX-2021，自 2021 年 X 月 X 日在全省范围内执行。

该标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位湖南科友环保有限公司负责具体技术内容解释。

湖南省住房和城乡建设厅

2021 年 X 月 X 日

前 言

根据湖南省住房和城乡建设厅《关于印发湖南省 2020 年建设科技计划项目（第二批）的通知》（湘建科函〔2020〕127 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内先进标准，并在广泛征求意见基础上，制定了本规程。

本规程的主要内容有：高浓度复合粉末载体生物流化床技术的总则、术语、总体要求、工艺设计、检测与控制、施工与验收、调试、运行与维护等技术要求。根据住房和城乡建设部《工程建设标准涉及专利管理办法》（建办标〔2017〕3 号）文件要求，主编单位声明：本标准不涉及任何专利情况，如在使用过程中发现涉及企业专利技术请及时与编制组联系。

本标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由湖南科友环保有限公司负责具体技术内容解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送湖南科友环保有限公司（地址：长沙高新开发区文轩路 27 号麓谷钰园 F1 栋 22、23 楼，邮政编码：410011，电子邮箱：hanhongbo@sanyouep.cn）。

本规程主编单位： 湖南科友环保有限公司
中国市政工程华北设计研究总院有限公司

本规程参编单位： 同济大学
湖南省建筑设计院有限公司
中机国际工程设计研究院有限责任公司
广东省建筑设计研究院有限公司
长沙水业集团有限公司

湖南三友环保科技有限公司

本规程主要起草人员：戴晓虎 汪 泳 韩红波 姜立安 周 驰
黄 庆 巢 真 柴晓利 罗惠云 陈 蕃
李骏飞 张宏亮 朱 莹 汪东国 尚俊材
韩 彬 黄茂林 韩青青 李德强 徐 莹
本规程主要审查人员：柯水洲 李绪忠 许仕荣 周成湘 曾凡勇
尹华升 周耀渝

目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	总体要求.....	3
4	工艺设计.....	4
4.1	一般规定.....	4
4.2	工艺流程.....	4
4.3	生物反应池.....	5
4.4	二次沉淀池.....	9
4.5	载体投加系统.....	10
4.6	载体回收系统.....	11
5	检测与控制.....	12
5.1	一般规定.....	12
5.2	检测.....	12
5.3	控制.....	13
6	施工与验收.....	14
6.1	施工.....	14
6.2	验收.....	15

7 调试、运行与维护.....	16
7.1 调试.....	16
7.2 运行.....	17
7.3 维护.....	17
本规程用词说明.....	18
引用标准名录.....	19
附：条文说明.....	23

Contents

1 General Provisions.....	1
2 Terms.....	2
3 General Rules.....	3
4 Technological Design.....	4
4.1 General Requirements.....	4
4.2 Process Flow.....	4
4.3 Biological Sludge Process.....	5
4.4 Secondary Settling Tank.....	9
4.5 Carrier Dosing System.....	10
4.6 Composite Powder Carrier Recovery Device.....	11
5 Detection and Control.....	12
5.1 General Requirements.....	12
5.2 Detection.....	12
5.3 Control.....	13
6 Construction and Acceptance.....	14
6.1 Construction.....	14
6.2 Acceptance.....	15
7 Commissioning、 Operation and Maintenance.....	16
7.1 Commissioning.....	16

7.2 Operation.....	17
7.3 Maintenance.....	17
Explanation of Wording in This Specification.....	18
List of Quoted Standards.....	19
Addition: Explanation of Provisions.....	23

1 总则

1.0.1 为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，防治水污染，保护水环境，规范高浓度复合粉末载体生物流化床技术在污水处理工程中的应用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用高浓度复合粉末载体生物流化床技术的新建、扩建和改建的城镇、工业区和居住区的污水处理厂（站）。

1.0.3 本规程可作为咨询、设计、施工、验收及建成后运行与维护的技术依据。

1.0.4 高浓度复合粉末载体生物流化床技术的相关要求除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、行业和地方现行有关标准和规范的规定。

2 术语

2.0.1 高浓度复合粉末载体生物流化床 **high concentration composite powder carrier bio-fluidized bed (HPB)**

通过向生物反应池中投加复合粉末载体，提高生物反应池混合液浓度的同时，构建悬浮生长和附着生长“双泥”共生的微生物系统；通过二次沉淀池进行污泥沉淀、浓缩分离，同时回收剩余污泥中粉末载体及附着微生物，实现“双泥龄”，同步强化生物脱氮除磷效果。

2.0.2 复合粉末载体 **composite powder carrier**

复合粉末载体由 325 目以上、真密度 $1.6 \text{ g/cm}^3 \sim 3.0 \text{ g/cm}^3$ （堆积密度 $0.35 \text{ g/cm}^3 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$ ）的粉末载体和其它更细小的粉末复合而成，载体材料一般可采用硅藻土、高岭土等，复合的其它粉末是指为处理污水提供可被功能微生物定向利用的电子供体材料。

2.0.3 复合粉末载体回收装置 **composite powder carrier recovery device**

是集大颗粒过滤、旋流分离、自动清洗等多功能的成套装置，用于将剩余污泥中的粉末载体进行分离回收，排出剩余污泥。

3 总体要求

3.0.1 HPB 技术适用于采用活性污泥法工艺的污水处理厂（站）。

3.0.2 采用 HPB 技术的污水处理厂（站）应对复合粉末载体进行回收利用。

3.0.3 采用的复合粉末载体应具有良好的化学稳定性和生物稳定性，不应产生二次污染。

4 工艺设计

4.1 一般规定

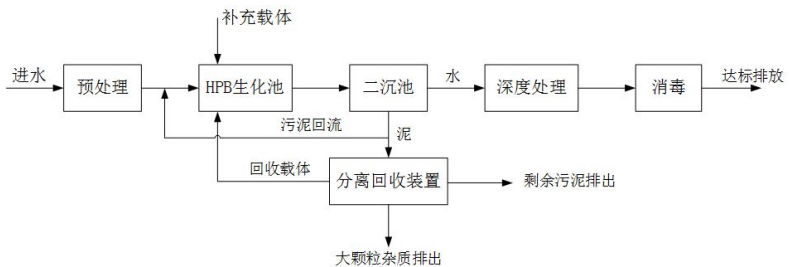
4.1.1 HPB 技术涉及的生物反应池、二次沉淀池、载体投加系统、载体回收系统、在线检修系统等工艺设计，应按本规程执行；其它专业的设计及其余构（建）筑物应按照国家有关设计规范执行。

4.1.2 HPB 技术可用于 AAO、氧化沟、SBR 等活性污泥法工艺。

4.1.3 HPB 技术用于 MBR 工艺时，宜采用平板膜、无机膜等。

4.2 工艺流程

HPB 技术污水处理工艺流程如下：



HPB 技术污水处理工艺流程框图

4.3 生物反应池

4.3.1 进入 HPB 生物反应池的污水，根据水质可采用不同性质的复合粉末载体。

4.3.2 生物反应池应设置混合搅拌设备。缺氧、厌氧区底部流速不宜小于 0.3m/s。好氧区采用鼓风曝气器时，搅拌器混合功率不宜小于 2 W/m³；采用机械曝气器时，底部流速不宜小于 0.3m/s。

4.3.3 生物反应池的容积，可采用硝化、反硝化动力学计算。

1) 缺氧区(池)容积，可按下列公式计算：

$$V_n = \frac{0.001Q(N_k - N_{te}) - 0.12\Delta X_v}{K_{de}X} \quad (4.3.3-1)$$

$$K_{de(T)} = K_{de(20)} 1.08^{(T-20)} \quad (4.3.3-2)$$

$$\Delta X_v = yY_t \frac{Q(S_0 - S_e)}{1000} \quad (4.3.3-3)$$

式中 V_n —— 缺氧区(池)容积(m³)；

Q —— 生物反应池的设计流量(m³/d)；

X —— 生物反应池内混合液悬浮固体平均浓度(gMLSS/L)；

N_k —— 生物反应池进水总凯氏氮浓度(mg/L)；

N_{te} —— 生物反应池出水总氮浓度(mg/L)；

ΔX_v —— 排出生物反应池系统的微生物量(kgMLVSS/d)；

K_{de} ——脱氮速率[(kgNO₃-N) / (kgMLSS·d)], 根据试验测定, HPB 生化池活性污泥 20℃ 的 K_{de} 值为 0.05 (kgNO₃-N) / (kgMLSS·d) ~ 0.12 (kgNO₃-N) / (kgMLSS·d), 计算时 K_{de} 按本规程公式 (4.3.3-2) 进行温度修正, $K_{de(T)}$ 、 $K_{de(20)}$ 分别为 T℃ 和 20℃ 时的脱氮速率;

T——设计温度(℃);

Y_t ——污泥总产率系数(kgMLSS/kgBOD₅), 宜根据试验资料确定。无试验资料时, 系统有初次沉淀池时取 0.3, 无初次沉淀池时取 0.6~1.0;

y——MLSS 中 MLVSS 所占比例;

S_0 ——生物反应池进水五日生化需氧量(mg/L);

S_e ——生物反应池出水五日生化需氧量(mg/L)。

2) 好氧区(池)容积, 可按下列公式计算:

$$V_0 = \frac{Q(S_0 - S_e) \theta_{co} Y_t}{1000X} \quad (4.3.3-4)$$

$$\theta_{co} = F \frac{1}{\mu} \quad (4.3.3-5)$$

$$\mu = 0.47 \frac{N_a}{K_n + N_a} e^{0.098(T-15)} \quad (4.3.3-6)$$

式中 V_0 ——好氧区(池)容积(m³);

θ_{co} ——好氧区(池)设计污泥泥龄(d);

F——安全系数, 为 1.5~2.0;

μ ——硝化菌比生长速率(d^{-1});

N_a ——生物反应池中氨氮浓度(mg/L);

K_n ——硝化作用中氮的半速率常数(mg/L);

T——设计温度($^{\circ}C$);

0.47——15 $^{\circ}C$ 时, 硝化菌最大比生长速率(d^{-1})。

3) 混合液回流量, 可按下列公式计算:

$$Q_{Ri} = \frac{1000V_n K_{de} X}{N_t - N_{ke}} - Q_R \quad (4.3.3-7)$$

式中 Q_{Ri} ——混合液回流量(m^3/d), 混合液回流比不宜大于 400%;

Q_R ——回流污泥量(m^3/d);

N_{ke} ——生物反应池出水总凯氏氮浓度(mg/L);

N_t ——生物反应池进水总氮浓度(mg/L)。

4.3.4 厌氧/缺氧/好氧法(AAO 法)生物脱氮的主要设计参数, 宜根据试验资料确定; 无试验资料时, 可采用经验数据或按表 4.3.4 的规定取值。

表 4.3.4 HPB 生物反应池主要设计参数

项 目	单 位	参 数 值
污泥浓度 (MLSS) X	g/L	6~10
MLVSS/MLSS	/	0.30~0.38
BOD ₅ 污泥负荷 L _s	kgBOD ₅ / (kgMLSS·d)	0.04~0.20
污泥龄 SRT	d	15~21
污泥回流比	%	50~100
混合液回流比 R _i	%	100~400
水力停留时间 HRT		5~8
		其中厌氧 1.0~2.0
		缺氧 0.7~2.0

4.3.5 剩余污泥量，可按污泥产率系数、衰减系数及不可生物降解和惰性悬浮物计算，同时考虑复合粉末载体补充量的影响。

$$\Delta X = YQ(S_0 - S_e) - K_d V X_v + fQ(SS_0 - SS_e) + qQ \quad (4.3.5-1)$$

式中 ΔX —— 剩余污泥量(kgSS/d);

V—— 生物反应池的容积(m³);

X—— 生物反应池内混合液悬浮固体平均浓度(gMLSS/L);

Y—— 污泥产率系数(kgVSS/kgBOD₅)，20℃为 0.4~0.8;

Q—— 设计平均日污水量(m³/d);

S₀—— 生物反应池进水五日生化需氧量(kg/m³);

S_e—— 生物反应池出水五日生化需氧量(kg/m³);

K_d—— 衰减系数(d⁻¹);

X_v —— 生物反应池内混合液挥发性悬浮固体平均浓度 (gMLVSS/L);

f —— SS 的污泥转换率, 宜根据试验资料确定, 无试验资料时可取 0.5gMLSS/gSS~0.7gMLSS/gSS;

SS_o —— 生物反应池进水悬浮物浓度(kg/m³);

SS_e —— 生物反应池出水悬浮物浓度(kg/m³)。

q —— 复合粉末载体补充量, 取 3.0mg/L~6.0mg/L。

4.3.6 HPB 生物反应池其他设计要求应符合 GB50014 的有关规定。

4.4 二次沉淀池

4.4.1 二次沉淀池的设计参数宜按表 4.4.1 的规定取值。

表 4.4.1 二次沉淀池设计参数

项 目	单 位	参 数 值
沉淀时间	h	1.5~4.0
表面水力负荷	m ³ /(m ² ·h)	0.6~1.5
污泥含水率	%	97.0~98.8
固体负荷	kg/(m ² ·d)	≤450

4.4.2 二次沉淀池刮(吸)泥机的功率及扭矩可按常规活性污泥法 1.5 倍~2.0 倍选择。

4.4.3 当采用静水压力排泥时, 二次沉淀池的净水头不应小于 1.2m。

4.4.4 二次沉淀池其他设计要求应符合 GB 50014 对二次沉淀池的有关规定。

4.5 载体投加系统

4.5.1 复合粉末载体宜为惰性无机颗粒。

4.5.2 复合粉末载体初始投加量可按如下公式计算：

$$W=k(V+V_c)(X-X_0)/1000 \quad (4.5.2-1)$$

式中 W ——复合粉末载体初始投加量(t)；

V —— 生物反应池容积(m³)；

V_c —— 二次沉淀池容积(m³)；

X —— 生物反应池内混合液悬浮固体设计浓度(gMLSS/L)；

X_0 —— 生物反应池内混合液悬浮固体初始浓度(gMLSS/L)；

k —— 安全系数，可取 1.3~1.5；

复合粉末载体初始投加量可按 50mg/L~100mg/L 控制，配置成悬浊液投加，投加浓度 3%~5%，配制所需的水可采用厂区回用水或自来水。

4.5.3 复合粉末载体补充投加量宜为 3mg/L~6mg/L。

4.5.4 复合粉末载体投加系统管道设计流速宜取 1.0m/s~1.5m/s。

4.5.5 投加管道上宜设置冲洗设施。

4.5.6 复合粉末载体投加点宜设于生物反应池好氧区（池）前端。

4.5.7 粉末载体投加系统其他设计要求应符合 GB 50013 和 GB 50014 对加药系统的有关规定。

4.6 载体回收系统

4.6.1 HPB 剩余污泥排放系统应设置复合粉末载体回收系统。

4.6.2 回收的载体可直接投加至生物反应池好氧区（池）前端，投加管道设计流速宜取 1.0m/s~1.5m/s。

4.6.3 回收系统宜采用自动运行方式，与剩余污泥泵启停联动。

5 检测与控制

5.1 一般规定

5.1.1 采用 HPB 技术的污水处理厂（站）应按照国家现行的排放标准及环境保护部门的要求，设置相应的检测仪表和控制系统。

5.1.2 应根据工程规模、工艺流程、运行管理要求确定检测和控制的内容。

5.1.3 自动化仪表和控制系统应保证 HPB 污水处理厂（站）的安全和可靠，方便运行管理。

5.1.4 计算机控制管理系统宜兼顾现有、新建和扩建要求。

5.1.5 参与控制和管理的机电设备应设置工作和事故状态的检测装置。

5.2 检测

5.2.1 生物反应池可采用精准曝气系统，并根据系统要求增设过程检测。

5.2.2 二次沉淀池应设置泥位计。

5.2.3 回流污泥系统应设置流量计，并宜采用能满足污泥回流量调节要求的设备。

5.2.4 剩余污泥系统宜设置剩余污泥流量计和污泥浓度计。

5.2.5 复合粉末载体回收系统回收管宜设置流量计。

5.3 控制

5.3.1 HPB 生物反应池、载体投加系统、载体回收系统运行宜采用自动控制。

5.3.2 生物反应池精准曝气系统宜收集生物反应水质和过程参数并传输至处理器，根据历史数据所建立的数学模型进行测算，给出调控指令。

5.3.3 控制系统宜自动调节运行，同时应设置现场手动调节。

5.3.4 控制系统宜集成于厂区中控系统内，可在中控室调控。

6 施工与验收

6.1 施工

6.1.1 土建施工

- 1 混凝土防腐防渗的施工应符合 GB 50212 和 GB 50108 的有关规定。
- 2 钢构制作、安装应符合 GB 50205 的有关规定。
- 3 处理构筑物应根据当地气温和环境条件，采取防冻措施。
- 4 处理构筑物应设置必要的防护栏杆，采取适当的防滑措施，并符合 JGJ37 的有关规定。

6.1.2 设备安装

- 1 泵类安装应符合 GB 50275 的有关规定。
- 2 设备基础应按照设计要求和图纸规定浇筑。
- 3 预埋件水平度及平整度应符合 GB 50231 的规定。
- 4 地脚螺栓应按照设备出厂说明书的要求预埋，位置应准确，安装应稳固。

6.2 验收

6.2.1 土建施工、设备安装等常规工程验收应按《建设项目（工程）竣工验收办法》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》等验收规范执行。

6.2.2 HPB 系统调试完成后，二次沉淀池出水应达到既定水质目标，且连续稳定运行不少于 30 天，即为 HPB 系统合格。

7 调试、运行与维护

7.1 调试

7.1.1 HPB 系统调试前应编制调试方案，并应提出应急措施。

7.1.2 调试时应对各设备进行点动运转，之后进行联合试运转。

7.1.3 HPB 系统调试宜按下列原则进行：

1 新建和扩建项目按常规活性污泥法培养污泥至稳定运行后，应首先向生物反应池中投加粉末载体，逐步提高混合液浓度至设计值，然后开始逐步提升处理水量（无水量提升要求的除外），连续监测进、出水水质情况。

2 改建项目在原有活性污泥基础上，首先生物反应池中投加粉末载体，逐步提高混合液浓度至设计值，然后开始逐步提升处理水量（无水量提升要求的除外），连续监测进、出水水质情况。

3 混合液浓度提升后，应观察 MLVSS/MLSS 值，使其稳定在 0.30~0.38 之间。

4 调试过程中应控制二次沉淀池泥位。

5 调试过程中宜控制好氧区（池）末端溶解氧在 2.0mg/L~3.0mg/L 之间。

6 载体投加初期，生物反应池内混合搅拌设备宜全部开启。

7 调试时，载体回收系统应同步运行。

7.1.4 调试时间宜控制在 30 天之内。

7.2 运行

7.2.1 操作人员宜按照节能降耗要求调节相关设备运行。

7.2.2 运行中应加强对生物反应池混合液浓度和 MLVSS/MLSS 值的检测。

7.2.3 剩余污泥排放量应根据生物反应池混合液浓度、MLVSS/MLSS、泥龄控制等及时调整。

7.3 维护

7.3.1 采用 HPB 技术的污水处理厂（站）的设备应定期维护保养。

7.3.2 在线监测仪表宜每周一次进行校正和维护保养。

7.3.3 操作人员应严格执行设备操作规程，定时巡视设备运转是否正常，包括温升、响声、振动、电压、电流等。

7.3.4 设备应保持良好的润滑状态。

7.3.5 设备零部件应定期检查并及时更换。

7.3.6 设备维修保养记录应规范化。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

本规程内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本规程。

- | | |
|----------|----------------------|
| GB 3096 | 声环境质量标准 |
| GB 12348 | 工业企业厂界环境噪声排放标准 |
| GB 12523 | 建筑施工场界环境噪声排放标准 |
| GB 12801 | 生产过程安全卫生要求总则 |
| GB 18599 | 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准 |
| GB 18918 | 城镇污水处理厂污染物排放标准 |
| GB 3838 | 地表水环境质量标准 |
| GB 50013 | 室外给水设计标准 |
| GB 50014 | 室外排水设计规范 |
| GB 50015 | 建筑给水排水设计标准 |
| GB 50040 | 动力机器基础设计规范 |
| GB 50053 | 20kV 及以下变电所设计规范 |
| GB 50204 | 混凝土结构工程施工质量验收规范 |
| GB 50222 | 建筑内部装修设计防火规范 |

- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范
- GB50352 民用建筑设计统一标准
- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- GBZ 2 工作场所有害因素职业接触限值
- CJJ 60 城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程
- CJ 51 城镇污水水质标准检验方法
- HJT 91 污水监测技术规范
- HJT 252 环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器
- HJT 279 环境保护产品技术要求 推流式潜水搅拌机
- HJT 353 水污染源在线监测系统安装技术规范
- HJT 354 水污染源在线监测系统验收技术规范
- HJT 355 水污染源在线监测系统运行技术规范
- DB43/T1546 湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准
- 《建设项目（工程）竣工验收办法》
- 《建设项目竣工环境保护验收管理办法》

湖南省工程建设地方标准

高浓度复合粉末载体生物流化床技术规程

DBJ 43/T XXX-2021

条文说明

目 次

1 总则.....	24
2 术语.....	25
3 总体要求.....	26
4 工艺设计.....	27
4.1 一般规定.....	27
4.2 工艺流程.....	27
4.3 生物反应池.....	28
4.4 二次沉淀池.....	32
4.5 载体投加系统.....	33
4.6 载体回收系统.....	34
5 检测与控制.....	37
5.1 一般规定	37
5.2 检测.....	37
5.3 控制.....	38
6 施工与验收.....	39
6.1 施工.....	39
6.2 验收.....	39
7 调试、运行与维护.....	40
7.1 调试.....	40

7.2 运行.....	41
7.3 维护.....	42

1 总则

1.0.1 编制本规程的目的。

高浓度复合粉末载体生物流化床技术（以下简称“HPB 技术”）基于传统活性污泥法，通过向生物反应池中投加复合粉末载体，在同一处理单元构建了悬浮生长和固定附着生长“双泥”共生的微生物系统，兼具活性污泥法和生物膜法双重特点，属于 IFAS（Integrated Fixed-film Activated Sludge）工艺的一种改良和创新。IFAS 工艺在国外已经有大量的研究和成熟的应用，但在国内尚无相关技术标准，因此制定本技术规程，明确 HPB 技术的相关技术参数和工程实施中的注意事项等。

1.0.2 本规程的适用范围。

工业废水水质差异较大、成分复杂，宜根据实际情况开展相关试验，包括：连续流小型试验或模拟中试等。待验证技术可行性后，开展工程应用。

2 术语

本章仅对 HPB 技术的一些重要术语且未在其他相关标准中定义的术语进行定义。已在其他相关标准中定义的术语则直接引用，不再重复定义。

术语结合 HPB 技术特点，参照相关标准规范，具体如下：《室外排水设计规范》GB50014、《给水排水工程基本术语标准》GB/T 50125 等。

3 总体要求

3.0.1 HPB 技术基于传统活性污泥法，并构建了“双泥”系统，适用于采用活性污泥法的污水处理厂，对生物反应池型无特殊要求，基本控制方式与常规活性污泥法类似。

3.0.2 复合粉末载体回收系统可将附着有微生物的粉末载体分离、回收，重新投加至生物反应池中利用，减少粉末载体的日常补充量，从而降低运行成本，同时在“双泥法”的基础上实现“双泥龄”，同步提高脱氮除磷效果。

3.0.3 关于复合粉末载体物理、化学性质的基本要求。

4 工艺设计

4.1 一般规定

4.1.1 HPB 生物反应池、二次沉淀池、回流系统、载体投加系统、剩余污泥排放、载体回收系统、过程参数监控仪表系统、鼓风供氧控制系统等的设计，按本规程执行。除此之外的前端进水及预处理单元，后端深度处理及消毒、排放系统、水质监控等单元，配套的鼓风机房，高低压变配电、机修仓库、综合楼等附属建筑物，均按照国家有关设计规范执行。

4.1.2 明确 HPB 技术的适用条件，采用 HPB 技术时，工艺设计参数取值应符合本规程第 4.2 条~第 4.6 条的有关规定。

4.1.3 试验显示，HPB 技术投加的粉末载体，夹带在中空纤维膜之间，经曝气擦洗抖动，对中空纤维膜造成机械损伤，降低膜组件使用寿命，此类情况在平板膜面和无机膜面中未出现。因此，HPB 技术与 MBR（Membrane Bio-Reactor）工艺联用时，宜采用平板膜、无机膜等。

4.2 工艺流程

采用 HPB 技术污水处理流程与传统活性污泥法相同，仅另外

考虑粉末载体的补充投加和回收。

设计时，应根据水质目标确定是否采用深度处理工艺。

4.3 生物反应池

4.3.1 HPB 生物反应池在脱氮、除磷时，对进水水质的规定与《室外排水设计规范》GB50014 要求一致。根据水质可采用不同形式的复合粉末载体，如针对碳源不足的污水，可选用含有为生物脱氮提供电子供体的复合粉末载体。

4.3.2 关于生物反应池中缺氧区、厌氧区及好氧区混合全池污水最小搅拌功率的规定。

HPB 生物反应池混合液浓度高，且初期投加的粉末载体尚未被微生物包裹，易沉降，应设置混合搅拌装置防止载体沉降。混合搅拌装置的选型、间距、位置等，宜根据试验资料或水力模拟确定。

长沙市某污水处理厂实际运行中，缺氧、厌氧区底部流速在 0.3m/s 及以上时，池底未见沉积；好氧区搅拌功率（不含底部曝气功率）按 2 W/m^3 配置，调试期间连续运行，稳定期间，搅拌机间歇运行，频率为每 10 天~15 天运行 6h，过程中均未见沉积。故本规程建议缺氧、厌氧区底部流速不宜小于 0.3m/s；采用鼓风曝气器时，好氧区搅拌器混合功率不宜小于 2 W/m^3 ；采用机械曝气器时，

好氧区底部流速不宜小于 0.3m/s。

4.3.3 关于生物反应池容积计算的规定。

生物反应池的容积可参照《室外排水设计规范》GB50014 采用污泥负荷法、污泥泥龄法、生物反应动力学法等进行计算。前两种方法用于去除碳源污染物为主时的池容计算，后一种方法为生物脱氮、除磷时的池容计算。根据当前实际工程需求，基本采用后一种方法，前两种方法用于校核。

HPB 系统生物反应动力学法计算公式与《室外排水设计规范》GB50014 相同，但由于其生化系统中微生物种群的差别，相应取值有所不同。复合粉末载体回收系统实现了“双泥龄”，尤其是为脱氮微生物创造了更长的泥龄，提供了更加良好的生长条件。因此，在计算好氧池容积时的安全系数 F 取值范围可适当减小，取为 1.5~2.0。根据实际工程运行数据及对相应污泥样进行反应动力学试验，得出 20℃时的反硝化速率在 $0.05 \text{ (kgNO}_3\text{-N) / (kgMLSS}\cdot\text{d)}$ ~ $0.12 \text{ (kgNO}_3\text{-N) / (kgMLSS}\cdot\text{d)}$ 之间。

HPB 生物反应池在运行中控制 y 值在 0.30~0.38 之间，均值为 0.34，因此，系统内混合液浓度虽然较高，但实际 MLVSS 浓度与传统活性污泥法差别不大，则相同条件下污泥衰减及产率系数基本不变，可按《室外排水设计规范》GB50014 及相关资料取值，即污泥产率系数 Y 在设初沉池时为 $0.3 \text{ kgVSS/ kgBOD}_5$ ~ 0.6 kgVSS/

kgBOD₅，在不设初沉池时为 0.5 kgVSS/kgBOD₅~0.8 kgVSS/kgBOD₅，而污泥总产率系数 $Y_t=Y/y$ ，即在设初沉池时 Y_t 为 0.9 kgMLSS/kgBOD₅~1.8 kgMLSS/kgBOD₅，在不设初沉池时 Y_t 为 1.5 kgMLSS/kgBOD₅~2.4 kgMLSS/kgBOD₅。

其余参数取值参照《室外排水设计规范》GB50014 或根据试验确定。

4.3.4 关于生物反应池设计参数取值的规定。

HPB 技术通过向生物反应池中投加复合粉末载体，为微生物提供了良好的附着生长条件，有效提高了附着生长的微生物量，并在载体表面形成生物膜，从而构建了复合生物反应器（IFAS），简称“双泥法”。兼具活性污泥法的控制灵活性和生物膜法的抗冲击负荷能力，能够适应水量、水质在较大范围内波动。

生物反应池混合液浓度是 HPB 技术控制的关键指标。中试和污水处理厂实际运行情况表明，在一定范围内（MLSS≤13000mg/L），可以通过提高生物反应池混合液浓度来提高污染物去除效率和系统抗冲击负荷能力；过高的混合液浓度（MLSS>13000mg/L）易造成污泥老化、二次沉淀池泥位过高等问题，综合考虑上述情况，生物反应池混合液浓度宜控制在 6000mg/L-10000mg/L。

在长沙市某污水处理厂生产性试验期间，MLVSS/MLSS 在 0.25-0.42 之间，出水水质各项指标正常，污染物去除效率较高；当

该值超过 0.40 时，污泥沉降性能下降幅度较大，二次沉淀池泥位较高；当该值低于 0.28 时，污泥沉降性能良好，但污染物去除效果有所下降。综合考虑该值宜控制在 0.30~0.38 之间。

在长沙市某污水处理厂实际运行中，污泥负荷在 $0.04 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ ~ $0.20 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 之间，系统稳定运行，出水水质良好。

关于污泥龄问题，HPB 技术通过载体回收系统在“双泥法”的基础上实现“双泥龄”，即污泥泵房排除的污泥先经回收系统分离，分离出的载体污泥继续回到生物反应池，分离出的剩余污泥进入后续处理、处置，这就使得附着生长的微生物具有更长的泥龄。在某污水处理厂实际运行中，综合污泥龄（即系统总污泥量/每天排出剩余污泥量）在 15d~21d 之间，系统处理效果良好，运行稳定。

4.3.5 关于剩余污泥量计算的规定。

剩余污泥量计算参照《室外排水设计规范》GB50014，并考虑每日补充复合粉末载体的影响。由于载体为惰性无机物，难以溶解和被微生物降解，根据物料平衡，将随剩余污泥从系统中排出。因此，剩余污泥量计算按常规公式进行，并增加补充载体量，相关参数取值按规范及相关资料执行。

4.3.6 本规程仅列明了 HPB 生物反应池与传统活性污泥法的不同之处，其他未特别说明的，与常规活性污泥法相同，按 GB 50014

的有关规定执行。

4.4 二次沉淀池

4.4.1 采用 HPB 技术的污水处理厂（站）运行结果表明，沉淀池固体负荷 $\leq 450 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 时，能够长期稳定运行，二次沉淀池出水 SS 稳定在 $20 \text{ mg}/\text{L}$ 以下；此外，根据迪克（R.I. Dick）提出的固体通量测定方法，对二次沉淀池固体通量测定结果表明，二次沉淀池固体通量可达 $600 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，综合考虑，本规程建议设计固体负荷 $\leq 450 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

4.4.2 采用 HPB 技术的污水处理厂（站）生产运行结果表明，二次沉淀池底部污泥浓度通常在 $12 \text{ g}/\text{L} \sim 30 \text{ g}/\text{L}$ ，比普通二次沉淀池高 2~3 倍，相应的污泥粘度在 $40 \text{ mPa} \cdot \text{s} \sim 900 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ；刮（吸）泥机的功率为 0.37 kW （直径 38 m ），扭矩为 $45260 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时，刮（吸）泥机运行正常，未出现因污泥浓度高导致过载停机现象。考虑到刮（吸）泥机存在停机重启情况，启动时所需扭矩更大，从运行安全稳定角度考虑，在确定二次沉淀池刮（吸）泥机功率及扭矩时，可按常规活性污泥法的 1.5 倍~2.0 倍选择。

4.4.3 二次沉淀池底部污泥浓度更高，为保证系统排泥顺畅性，规定采用静水压力排泥时，二次沉淀池的净水头不应小于 1.2 m 。

4.5 载体投加系统

4.5.1 复合粉末载体主要成分为无定形 SiO_2 ，粒径 $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，经过物理改性后，具备完整的载体功能。

4.5.2 关于复合粉末载体初始投加量和投加方式的规定。

初始投加量即系统建成调试至设计目标所需投加的复合粉末载体量。公式中 k 为安全系数，考虑到少部分载体流失等，取值为 1.3~1.5。

复合粉末载体初始投加主要用于调试阶段快速提升生物反应池混合液浓度。根据调试计划，投加量可按 $50\text{mg/L}\sim 100\text{mg/L}$ 控制，可采用全天连续投加。

4.5.3 关于复合粉末载体补充投加量的规定。

日常运行中，应根据生物反应池混合液浓度和 MLVSS/MLSS 等判断载体补充投加量和剩余污泥排放量，以维持系统平衡。在某污水处理厂运行中，生物反应池混合液浓度为 $8000\text{ mg/L}\sim 10000\text{ mg/L}$ ， $\text{MLVSS/MLSS}=0.33$ ，日常补充投加量为 5mg/L 左右。此外，当设计混合液浓度值较低时，可适当降低载体投加量或补充量。

复合粉末载体日常补充投加的方式和投加浓度与初始投加相同。运行中根据投加量和投加浓度确定每天投加时长。

4.5.4 关于复合粉末载体投加系统管道设计的规定。

由于粉末载体不溶于水，且投加量较小，为防止在管道中淤塞，规定了设计流速，不宜过低；投加泵宜采用可投加粉体介质、宽通道、无堵塞的小型离心泵。

4.5.5 在投加管道发生堵塞时，为便于疏通，建议在投加泵出口管附近，连接高压水泵，或预留高压水冲洗接口。载体的投加可选择24h连续投加或每天6h-12h间歇投加，当停止投加后，应采用清水冲洗管道5min~10min，防止载体在管道中沉积造成淤塞。

4.5.6 粉末载体投加点设于生物反应池好氧区（池）起端，在曝气、搅拌作用下，有利于载体与活性污泥充分混合，后续通过污泥回流进入生物反应池前端，回收载体投加点可与之设在同一处。

4.6 载体回收系统

4.6.1 HPB技术通过复合粉末载体在生物反应池内构建了“双泥”系统。由于载体粒径小，会随剩余污泥一同排出，如不进行回收，则会造成日常运行中载体的大量投加，同时新投加的载体表面未形成生物膜，难以发挥处理作用，影响系统整体稳定性。因此，本规程规定剩余污泥排放系统应设置复合粉末载体回收装置。

利用复合粉末载体回收系统，可在“双泥”法的基础上实现“双泥龄”。将附着于载体上的微生物，通过不断循环实现长泥龄，有利

于强化系统生物脱氮；而每次根据除磷需要排出悬浮生长的活性污泥（短泥龄微生物），可强化系统生物除磷。同时，回收系统可实现复合粉末载体重复利用，节约运行成本。

复合粉末载体回收装置为成套设备，由设备供应商进行二次设计并成套提供。

复合粉末载体回收装置为成套设备，包括大颗粒过滤、旋流分离、自动清洗等多种功能。该装置设于剩余污泥排放系统中，可在前端与污泥泵房合建，亦可在后端与贮泥池合建，或单独建设。由于载体回收装置的原理是通过水力旋流将不同比重的物质分离，而剩余污泥中存在固体颗粒杂质，比重较大，会与载体一同被分离出来，如不经过筛分，会造成颗粒杂质在生物反应池中累积，影响系统运行，一些较大颗粒还可能引起回收装置堵塞。因此，在剩余污泥进入回收装置前，应设置精细格栅进行过滤，将该部分固体颗粒滤出后随预处理栅渣一同外运处理。精细格栅的间隙过大会造成微小颗粒杂质无法拦截，而间隙过小则容易频繁堵塞，通过采用不同孔径的格栅进行试验，1mm~2mm 间隙，同时配套高压水冲洗设施时，效果良好。

回收装置分为不同型号，设计中可根据剩余污泥排放量和生物反应池运行参数进行选择，或由设备供应商进行二次设计并成套提供。回收装置内已考虑备用组件，运行中可进行切换。

4.6.2 回收的载体性状为高浓度污泥，含固率一般在 3%以上，不宜采用重力自流至生物反应池，一般采用泵送投加，投加管道设计流速宜取 1.0m/s~1.5m/s。

4.6.3 回收系统须与剩余污泥泵联动运行，为减少人工操作，降低运行难度，宜采用自动运行方式，根据两者距离计算启停时间差，并写入控制系统。如剩余污泥泵为 24h 连续运行，则回收装置同样为连续运行。

5 检测与控制

5.1 一般规定

5.1.1 在原有控制系统的基础上可采用精准控制，建立具备自主学习能力的控制模型，根据实际运行参数不断调整优化控制条件。主要目的是减少人工操作，实现精细化控制，达到节能降耗。如根据水质所需合理调整鼓风机工况、精确控制药剂投加量等。

5.1.2 根据污水处理厂的规模、工艺要求、所处位置环境敏感程度等，对其水质指标、过程参数有不同的检测和控制要求，应按国家相关标准和规定执行，本规程主要对 HPB 技术相关的要求进行规定。

5.2 检测

5.2.1 HPB 生物反应池厌氧区（池）应按常规要求设置氧化还原电位仪，缺氧区（池）和好氧区（池）应设置溶解氧仪，生物反应池末端应设置污泥浓度计和 pH 计。如采用精准曝气系统，则应增设进、出水水质检测系统（主要检测生物反应池进、出水 COD、NH₃-N 和 NO₃-N），并根据控制所需增设沿程检测点位，好氧区（池）每条廊道宜设置 1 套溶解氧仪、pH 计和 NH₃-N 检测仪。

5.2.2 二次沉淀池固体负荷相对较高，宜设置泥位计进行监控。

5.2.3 回流污泥系统宜设置流量计监测流量，并能够通过回流泵或阀门等调节回流量。

5.2.4 剩余污泥排放与载体回收装置运行相关，宜设置剩余污泥流量计，计量总排放量。条件允许时可增设污泥浓度计，设于污泥泵房，监测剩余污泥浓度。

5.3 控制

5.3.1 自动控制系统主要目的是减少人工操作，降低劳动量，方便自动化运行。

5.3.2 精准曝气系统为精准控制系统中的一种，需建立在历史数据数学模型上，根据以往运行数据和经验，确定控制关系。在无历史数据的新建项目中，可参照同类项目控制方式，结合运行调试数据，建立初步的控制模式，随着时间推移和数据积累，逐步更新、优化控制关系，形成精准曝气系统的“学习功能”。

精准曝气系统主要调控的设备包括：鼓风机、曝气管阀门、内回流泵、外回流泵、剩余污泥排放泵等。

6 施工与验收

6.1 施工

关于采用 HPB 技术的污水处理厂（站）施工方面的规定。

6.2 验收

6.2.1 污水处理厂（站）建成后，初期水量、水质往往难以达到设计值，水量可通过分组运行（使运行组水量达到设计值）或短时加大进水提升量，使生物反应池水量达到设计值进行测试。由于进水水质存在波动性，且难以人为控制或调节，而设计水质往往高于大部分时段的实际水质，因此，验收时可以实际水质为准，且实际水质不能超过设计进水水质。在此情况下二次沉淀池出水达到既定水质目标，且连续稳定运行 30 天以上，即认为 HPB 系统合格。

7 调试、运行与维护

7.1 调试

7.1.1 调试前应根据各项目不同情况编制完善的调试方案，充分分析可能发生的风险，做好风险评估并提出应急预案。尤其对于改造项目，应确保调试过程中水质达标，并尽量降低对现状生产的影响。

7.1.2 设备试运转正常是进入调试的基本条件。

7.1.3 关于 HPB 技术调试原则的规定。

1 生物反应池混合液浓度提升是调试过程的主要步骤，基于不同的项目类型和环境条件，选择浓度提升的时间计划。对于新建和扩建项目，生物反应池中尚无活性污泥的，应按常规方式培养污泥至稳定运行后，再进行粉末载体投加。

2 对于改建项目，应实现不停水改造，改造过程不影响原有系统正常运行。改造完成后，可直接向生物反应池中投加粉末载体进入调试。

3 浓度提升过程中应连续测定 MLVSS/MLSS 值，该值宜控制在 0.30~0.38 之间，如有偏离，应采取适当措施进行调整。

4 浓度提升过程中应连续测定污泥沉降性能 SV_{30} ，该值宜控制在 50%~70% 之间。注意观察二次沉淀池状况，避免出现泥位过

高的情况。

5 过高的溶解氧一方面浪费能耗，另一方面也通过内回流向缺氧区带入大量氧气，不利于反硝化过程，同时剧烈的曝气也不利于微生物和载体结合。通常按照末端溶解氧维持在 2.0mg/L 以上，不宜超过 3.0mg/L。

6 载体投加初期，尚未与微生物形成絮体，易发生沉降，因此池内混合搅拌设备宜全部开启。

7 载体回收系统一方面可以减少载体补充量，另一方面将成熟的载体分离回收至生物反应池，可以减少培养驯化时间。

7.2 运行

7.2.1 根据实际进、出水水质和水量等，合理调整曝气、回流等设备运行，以节能降耗；如采用精确控制系统，操作人员宜连续观察系统的自动调节、运行情况，结合实际生产需要，可对控制参数进行适当修正。

7.2.2 宜每日检测生物反应池的 MLSS、MLVSS、SV₃₀；每周检测沉淀池底泥浓度、载体回收系统上、下出口 MLSS 和 MLVSS；定期采用显微镜观察活性污泥性状及微生物情况。MLVSS/MLSS 宜控制在 0.30~0.38 之间，当该值过高时，可通过增加载体投加量和回

收量进行调整；当该值过低时，可通过减少载体投加量和回收量，同时减少剩余污泥排放量进行调整。在调整过程中需平衡与混合液浓度值的关系。

7.2.3 关于剩余污泥排放量调整依据的规定，在相关参数发生变化且逐步偏离适宜范围时，可调整剩余污泥排放量及其他控制参数；参数在正常范围内波动时，不宜频繁调整。

7.3 维护

7.3.1 生物反应池中的关键设备为曝气系统和搅拌系统。应定期检查曝气设备的曝气均匀性，曝气不均匀、风机阻力升高时，应对曝气管路进行清洗；风机阻力减小时，应注意观察曝气头损坏情况，影响工艺运行时应及时更换。搅拌系统日常为间歇运行，可在非运行时期对其进行维护保养。

7.3.2 在线检测仪表如不及时维护保养，则可能造成读数出现较大误差，直接影响到系统控制运行。维护保养频率宜按每周一次进行。