

**T/CECS 20××－202X**

中国工程建设标准化协会标准

芽孢杆菌优势化生物反应器技术规程

Technical specification for bacillus dominant bio-reactor

（征求意见稿）

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2022〕13号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考了技术的相关资料，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分7章，主要技术内容包括：总则，术语，基本规定，工艺设计，检测与控制，施工、调试与验收，运行与维护。

本规程由中国工程建设标准化协会城市给水排水专业委员会归口管理，由中国市政工程中南设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。实施过程中如有意见或建议，请反馈至中国市政工程中南设计研究总院有限公司（地址：武汉市江岸区解放公园路8号，邮政编码：430010）。

主编单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司

杭州洁神环境科技股份有限公司

参编单位：武汉理工大学

陕西省水务集团有限公司

西安市创业水务有限公司

宁波北仑岩东水务有限公司

天津市政工程设计研究总院有限公司

主要起草人：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

主要审查人：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc143671971)

[2 术 语 2](#_Toc143671972)

[3 基本规定 3](#_Toc143671973)

[4 工艺设计 4](#_Toc143671974)

[4.1 工艺流程 4](#_Toc143671975)

[4.2生物反应池 4](#_Toc143671976)

[4.3 二次沉淀池 11](#_Toc143671977)

[4.4 供氧设施 12](#_Toc143671978)

[4.5 营养液投加系统 14](#_Toc143671979)

[4.6 芽孢杆菌菌种接种量 15](#_Toc143671980)

[5 检测与控制 17](#_Toc143671981)

[5.1 一般规定 17](#_Toc143671982)

[5.2 检测 17](#_Toc143671983)

[5.3 控制 17](#_Toc143671984)

[6 施工、调试与验收 18](#_Toc143671985)

[6.1 施工 18](#_Toc143671986)

[6.2 调试与验收 18](#_Toc143671987)

[7 运行与维护 20](#_Toc143671988)

[7.1 运行 20](#_Toc143671989)

[7.2 维护 20](#_Toc143671990)

[用词说明 21](#_Toc143671991)

[引用标准名录 22](#_Toc143671992)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc31781)

[2 Terms 2](#_Toc24158)

[3 General requirements 3](#_Toc14502)

[4 Technological design 4](#_Toc23719)

[4.1 Process flow 4](#_Toc30723)

[4.2 Biological reaction tank 4](#_Toc15258)

[4.3 Secondary settling tank 11](#_Toc1618)

[4.4 Aeration 12](#_Toc1658)

[4.5 Nutrient fluid dosing system 14](#_Toc32136)

[4.6 Bacillus vaccination amount 15](#_Toc2513)

[5 Monitoring and control 17](#_Toc8653)

[5.1 General requirements 17](#_Toc12223)

[5.2 Monitoring 17](#_Toc7910)

[5.3 Control 17](#_Toc30318)

[6 Construction、commissioning and acceptance 18](#_Toc28941)

[6.1 Construction 18](#_Toc27903)

[6.2 Commissioning and acceptance 18](#_Toc10087)

[7 Operation and maintenance 20](#_Toc9206)

[7.1 Operation 20](#_Toc26636)

[7.2 Maintenance 20](#_Toc8232)

[Explanation of wording in this specification 21](#_Toc16558)

[List of quoted standards 22](#_Toc16558)

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范城镇污水芽孢杆菌优势化生物反应器技术建设和运行管理，做到安全适用、技术先进、经济合理、运行高效，制定本规程。

【条文说明】说明制定本规程的宗旨目的。

**1.0.2** 本规程适用于采用芽孢杆菌优势化生物反应器技术的新建、扩建和改建的城镇污水处理工程。

【条文说明】规定本规程的适用范围。

本规程适用于采用芽孢杆菌优势化生物反应器技术的新建、扩建和改建的城镇污水处理工程。

关于工业废水的处理，应在本规程的基础上，进行试验研究或根据已有项目经验数据，适当调整工艺参数。

**1.0.3** 芽孢杆菌优势化生物反应器技术的建设和运行管理，除应符合本规程规定的外，还应符合国家、行业的相关标准和中国工程建设标准化协会相关标准的规定。

【条文说明】适用本规程的项目工程尚应执行该项目所适用的相关污染物排放标准及国家、行业的相关标准和中国工程建设标准化协会相关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1** 芽孢杆菌高效生物转盘rotating biological discs for *Bacillus*

芽孢杆菌的孵化器，用于激活芽孢杆菌、保持菌种的活性，促进芽孢杆菌大量增殖，提升芽孢杆菌在污水处理系统中的优势化水平。

**2.0.2** 芽孢杆菌优势化生物反应器 *Bacillus* dominant biological reactor

通过引入适合污水处理的芽孢杆菌，利用芽孢杆菌高效生物转盘的孵化和增殖作用，实现芽孢杆菌在活性污泥中的可持续优势化培养，与活性污泥微生物协同作用，具备高效、稳定、低成本净水功能的污水处理工艺系统，简称BBR。

**2.0.3** 混合区（池） mixing zone

 生物反应池的非充氧区，且有硝酸盐或亚硝酸盐存在的区域。用于对污水、混合液回流液、污泥回流液进行混合，对混合后的水量和水质进行调节的区域。在得到充足的有机物时，可在该区内进行脱氮反应。

**2.0.4** 投配负荷 dosing loading rote

单位表面积的生物转盘载体每日需要投加的BOD营养物量，单位为kgBOD/m2·d，与单位生物转盘表面积增殖、培养的芽孢杆菌量相关。

# 3 基本规定

**3.0.1** BBR工艺系统宜包括芽孢杆菌高效生物转盘、生物反应池、二次沉淀池、营养液投加装置和供氧系统。

【条文说明】规定了本规程的主要范围。

**3.0.2**芽孢杆菌高效生物转盘防腐要求应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923和《化工设备、管道外防腐设计规范》HG/T 20679的有关规定。

【条文说明】规定了芽孢杆菌高效生物转盘的防腐要求。

**3.0.3** 采用BBR工艺系统的芽孢杆菌生物安全性应满足行业标准《微生物肥料生物安全通用技术准则》NY/T 1109的有关规定。

【条文说明】规定了采用BBR工艺系统的芽孢杆菌的安全性要求。

# **4 工艺设计**

**4.1** **工艺流程**

**4.1.1** 新建、扩建工程应用BBR工艺系统进行污水处理，宜采用以下工艺流程（图4.1.1）



图 4.1.1 新建、扩建工程BBR工艺系统污水处理工艺流程框图

【条文说明】规定了BBR工艺系统的工艺流程，根据新建、扩建项目性质的不同，在上述工艺流程基础上可进行优化调整。BBR工艺系统除了采用二次沉淀池进行泥水分离外，也可与MBR工艺、SBR工艺等结合。

**4.1.2** 改建工程应用BBR工艺系统进行污水处理，宜采用以下工艺流程（图4.1.2）



图 4.1.2 改建工程BBR工艺系统污水处理工艺流程框图

【条文说明】规定了BBR工艺系统的工艺流程，根据改建项目性质的不同，在上述工艺流程基础上可进行优化调整。BBR工艺系统除了采用二次沉淀池进行泥水分离外，也可与MBR工艺、SBR工艺等结合。

**4.2生物反应池**

**4.2.1** BBR工艺系统中应设置用于芽孢杆菌增殖培养的高效生物转盘装置。

【条文说明】规定了BBR工艺系统中应设置用于芽孢杆菌增殖培养的BBR生物转盘装置。

BBR生物转盘装置作为BBR工艺系统的核心设备，具有吸附、激活、增殖芽孢杆菌的功能。BBR生物转盘中包含特殊的载体，载体针对芽孢杆菌具有选择性吸附作用，促使芽孢杆菌附着在表面形成生物膜，成为生物转盘微生物系统中的优势菌种。

BBR工艺系统设计过程中应根据水质和处理要求，配置相应规格和数量的BBR生物转盘装置。

**4.2.2** BBR生物转盘装置的设计应按下列公式进行计算：

 $N=\frac{A\_{d}}{A\_{0}}$ ( 4.2.2-1)

 $A\_{d}=\frac{0.001QS\_{0}}{L\_{BC}}$ ( 4.2.2-2)

式中：N——BBR生物转盘的台数，保留整数；

Ad——BBR系统中工艺需求的理论转盘载体表面积计算值（m2）；

A0——单台BBR生物转盘的载体表面积（m2）；

Q——生物反应池进水设计流量，m3/d；

S0——生物反应池进水五日生化需氧量(mg/L)，如投加碳源，应包含外加碳源的五日生化需氧量；

LBC——BBR生物转盘菌种孵化营养投配负荷，宜根据试验资料或类似项目经验确定，无相关资料时，一般取0.2~0.6kgBOD/m2·d。

【条文说明】规定BBR生物转盘装置的配置台数的计算方法。

根据项目的水质数据和处理要求以及BBR生物转盘装置供应商的设备规格参数，选择合适的生物转盘装置型号，并根据型号的载体表面积参数（A0）、BBR生物转盘菌种孵化营养投配系数（LBC）计算设备台数。

BBR生物转盘菌种孵化营养投配负荷是指单位表面积的载体每日需要投加的BOD营养物量，与单位表面积增殖、培养的芽孢杆菌量相关，根据现有BBR技术应用经验，当投配负荷在0.2~0.6kgBOD/m2·d区间时，具有较稳定的芽孢杆菌培养效率。

**4.2.3**混合区（池），混合区（池）应采用机械搅拌，搅拌功率宜采用2W/m3~8W/m3。

【条文说明】规定了搅拌功率参考《室外排水设计标准》GB 50014中的厌氧区（池）搅拌功率的规定值，采用2W/m3~8W/m3。

**4.2.4** 混合区（池）的池容应按照下列公式计算：

$ V\_{m}=\frac{Qτ\_{m}}{24}$ ( 4.2.4 )

式中：Q——生物反应池进水设计流量（m3/d）；

Vm——混合区（池）池容（m3）；

τm——混合区（池）停留时间（h）,宜取0.5h~2h。

【条文说明】规定了混合区（池）池容的计算方法，混合区停留时间根据内回流和外回流量，取值在0.5h~2h之间，回流量大时，取较大值。

**4.2.5** 原水、混合液回流、污泥回流进入混合区（池）时，宜采用淹没入流方式，采用水泵压力输送入流时，应考虑防倒流措施。

【条文说明】为了防止跌水造成的充氧影响缺氧效果，混合区（池）的入流方式建议采用淹没入流。

**4.2.6** BBR生物转盘宜将设备直接安装于生物反应池的缺氧池内，新建、扩建工程BBR池(设备安装区（池））与进水口间设置混合池，混合池与BBR池宜设置分隔。

【条文说明】对BBR生物转盘的安装方式进行了规定。新建、扩建工程宜增设混合区（池）。

**4.2.7** BBR区（池）宜设置机械搅拌，搅拌功率宜采用2W/m3~8W/m3。

【条文说明】规定了BBR区（池）中的搅拌功率，参考《室外排水设计标准》GB 50014中的厌氧区（池）搅拌功率的规定值，采用2W/m3~8W/m3。

**4.2.8** BBR池的池形设计应考虑BBR生物转盘的安装要求，BBR区（池）容积包含在缺氧池内，可按下列公式进行计算：

$V\_{BC}=NA\_{E}h$ ( 4.2.8)

式中：VBC——BBR区（池）池容(m3)；

N——BBR生物转盘的台数（台）；

AE——单台设备的安装面积（m2），宜根据生化反应池设计安装条件综合确定，无具体安装条件时，参考BBR生物转盘供应商样本选定；

h——生物反应池设计水深（m）。

【条文说明】针对BBR池的尺寸的基本要求，单台设备的安装面积与池形设计尺寸相关，估算时可参照BBR生物转盘装置供应商提供的参考参数。

**4.2.9** BBR生物转盘附着的总固体量应按下列公式进行计算：

 $W\_{BC}=NA\_{0}w\_{0}$ ( 4.2.9 )

式中：WBC——BBR生物转盘设备附着的总固体量(kgMLVSS)；

N——BBR生物转盘的台数（台）；

A0——单台BBR生物转盘的载体表面积（m2）；

W0——BBR生物转盘装置单位载体面积附着的总固体量量（kgMLVSS/m2），宜根据试验资料确定，无试验资料时，一般取0.126~0.188 kgMLVSS/m2。

【条文说明】BBR技术的应用效果表明，BBR生物转盘在培养、增殖芽孢杆菌的同时，装置本体对进水中的污染物具有明显的降解作用。为了简化设计计算，对于BBR生物转盘的去除效果采用附着的微生物量纳入到生化系统的总微生物量（生物固体）中进行计算。

因生物膜存在吸附、增长和脱落过程，脱落的生物固体、生物膜自动进入生化反应池，剩余固体与生化反应池的剩余污泥合并排放。

BBR技术因生物转盘生物膜的存在，具有“泥膜”复合工艺的特点，生物膜中微生物的污泥龄较生化反应池中的污泥龄长，但由于生物转盘附着的微生物量占生化系统的总微生物量比例较小，污泥龄的差异对于计算结果影响较小，故本规程对生物转盘上的微生物比增长系数、污泥龄的计算不进行单独计算。

根据多个应用BBR技术的实际项目经验，BBR生物转盘装置单位载体面积附着的生物膜重量为4.5~6.7kg/m2，含水率约为96%，生物膜的VSS/SS约为0.7，计算单位载体面积附着的MLVSS量范围为0.126~0.188kgMLVSS/m2。

**4.2.11**硝化、反硝化时，生物反应池的容积可按下列规定进行计算：

**1** 缺氧区（池）容积可按下列公式进行计算：

$V\_{n}=\frac{0.001Q\left(N\_{k}-N\_{te}\right)-0.12∆X\_{V}}{K\_{de}X\_{V}}-\frac{W\_{BC}}{X\_{V}}$ ( 4.2.11-1)

 $ K\_{de(T)}=K\_{de(20)}1.08^{T-20}$ ( 4.2.11-2)

$∆X\_{V}=Y\_{V}\frac{Q\left(S\_{0}-S\_{e}\right)}{1000}$ ( 4.2.11-3)

式中：Vn——缺氧区（池）容积（m3），当Vn的HRT小于2h时，按2h核算Vn；

 Q——生物反应池的设计流量（m3/d）；

Nk——生物反应池进水总凯氏氮浓度（mg/L）；

Nte——生物反应池出水总氮浓度(mg/L）；

XV——生物反应池内混合液挥发性悬浮固体平均浓度（gMLVSS/L）；

ΔXV——排出生物反应池系统的微生物量(kgMLVSS/d）；

Kde——脱氮速率（kgNO3-N/kgMLVSS·d），宜根据试验测定，BBR生物反应池活性污泥20℃的Kde值为（0.07~0.26）［kgNO3-N/（kgMLVSS·d）］，计算时按照本规程公式（4.2.11-2）进行温度修正，Kde(T)、Kde(20)分别为T℃和20℃时的脱氮速率；

WBC——BBR生物转盘设备附着的总固体量(kgMLVSS)；

T——设计温度（℃）；

YV——污泥总VSS产率系数（kgMLVSS/kgBOD5），宜根据试验资料确定。无试验资料时，取0.24~0.55；

S0——生物反应池进水五日生化需氧量(mg/L)，如投加碳源，应包含外加碳源的五日生化需氧量；

Se——生物反应池出水五日生化需氧量(mg/L)。

**2** 好氧区（池）容积可按下列公式进行计算：

$V\_{O}=\frac{Q\left(S\_{0}-S\_{e}\right)Y\_{V}θ\_{CO}}{1000X\_{V}}$ ( 4.2.11-4)

$ =\frac{θ\_{CO}∆X\_{V}}{X\_{V}}$ ( 4.2.11-5)

$θ\_{CO}=F\frac{1}{μ}$ ( 4.2.11-6)

$μ=0.47\frac{N\_{a}}{K\_{n}+N\_{a}}e^{0.098(T-15)}$ ( 4.2.11-7)

式中：V0—好氧区（池）容积（m3），当VO的HRT小于6h时，按6h核算VO；

Q——生物反应池的设计流量（m3/d）；

S0——生物反应池进水五日生化需氧量浓度(mg/L)，如投加碳源，应包含外加碳源的五日生化需氧量浓度；

Se——生物反应池出水五日生化需氧量浓度(mg/L)；

θCO——好氧区（池）设计污泥龄（d）；

YV——污泥总VSS产率系数（kgMLVSS/kgBOD5），宜根据试验资料确定。无试验资料时，取0.24~0.55；

XV——生物反应池内混合液挥发性悬浮固体平均浓度（gMLVSS/L）；

ΔXV——排出生物反应池系统的微生物量(kgMLVSS/d）；

F——安全系数，宜为1.5~2.3；

μ——硝化细菌比生长速率(d-1）；

Na——生物反应池中氨氮浓度(mg/L)；

Kn——硝化作用中氮的半速率常数(mg/L），缺省值为1；

T——设计温度（℃）；

0.47——15℃时，硝化细菌最大比生长速率(d-1）。

**3** 总池容可按下列公式进行计算：

$V=V\_{n}+V\_{O}$ ( 4.2.11-8)

$θ\_{C}=\frac{Vθ\_{CO}}{V\_{O}}$ ( 4.2.11-9)

式中：V——生化反应池池容；

Vn——缺氧区（池）容积（m3）；

Vo——好氧区（池）容积（m3）；

θCO——好氧区（池）设计污泥龄（d）；

θC——生物反应池总泥龄（d）。

**4** 混合液回流量可按下列公式进行计算：

$Q\_{Ri}=\frac{1000k\_{de}\left(V\_{n}X\_{V}+W\_{BC}\right)-1000V\_{n}P\_{X}}{N\_{te}-N\_{ke}}-Q\_{R}$ ( 4.2.11-10)

式中：QRi——混合液回流量（m3/d），混合液回流比不宜大于400%；

Vn——缺氧区（池）容积（m3）；

XV——生物反应池内混合液挥发性悬浮固体平均浓度（gMLVSS/L）；

WBC——BBR生物转盘设备附着的总固体量(kgMLVSS)；

Kde——脱氮速率（kgNO3-N/kgMLVSS·d），宜根据试验测定，BBR生物反应池活性污泥20℃的Kde值为（0.07~0.26）［kgNO3-N/（kgMLVSS·d）］，计算时按照本规程公式（4.2.11-2）进行温度修正；

Nte——生物反应池出水总氮浓度（mg/L）；

Nke——生物反应池出水总凯氏氮浓度（mg/L）；

QR——回流污泥量（m3/d）；

PX——硝化负荷（kgNH3-N/ m3·d） 宜根据试验资料或类似项目经验确定，无相关资料时，一般取（0.03~0.19）［kgNH3-N/（m3·d）］。

【条文说明】规定了生物反应池的容积计算方法。

1）缺氧区（池）池容计算参考《室外排水设计标准》GB 50014中缺氧/好氧法(AN/O法）中采用硝化、反硝化动力学计算方法核算缺氧区（池）的总容积，减去BBR生物转盘装置附着的微生物量等效的缺氧区（池）池容。

BBR技术通过优势化的芽孢杆菌的作用，有效提升活性污泥的反硝化速率，根据试验数据及应用BBR技术的项目运行数据，脱氮速率Kde的数据范围为（0.07-0.26）［kgNO3-N/（kgMLVSS·d）］。

污泥总VSS产率系数YV（kgMLVSS/kgBOD5）是根据单位进水BOD去除量所对应的VSS表观增长系数，受温度、污泥龄影响。根据试验数据及应用BBR技术的项目运行数据，污泥总VSS产率系数YV的数据范围为 （0.24~0.55）kgMLVSS/kgBOD5。

好氧池（区）的容积计算参考《室外排水设计标准》GB 50014中缺氧/好氧法(AN/O法）中采用硝化、反硝化动力学计算方法。

BBR工艺的芽孢杆菌有利于生成稳定的菌胶团，提高活性污泥的微生物结构的稳定性和抗冲击能力，有利于自养硝化菌的培养和稳定，同时芽孢杆菌中的异养硝化菌可在好氧区（池）前端有机负荷较高的区域发挥硝化作用，与自养硝化菌共同发挥作用。根据试验数据及应用BBR技术的项目运行数据，采用BBR技术的好氧区（池）的硝化菌泥龄安全系数取值为1.5~2.3即可满足工艺要求。

规定了总池容及总泥龄的计算方法，如增加了生物除磷的厌氧池，应按照本规程4.2.11条要求，将厌氧区（池）的容积计入总池容。

混合液回流量的计算公式参考了《室外排水设计标准》GB 50014中的混合液回流量计算公式，公式中补充了BBR生物转盘装置附着的微生物量所对应的部分脱氮量，及BBR工艺系统异养硝化去除的部分氨氮量。硝化负荷PX无相关资料时，数据范围为（0.03~0.19）［kgNH3-N/（m3•d）］。

**4.2.12** BBR工艺系统生物反应池的主要设计参数，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4.2.12的规定取值：

**表4.2.12 BBR工艺系统生物反应池主要设计参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 单位 | 参数值 |
| BOD污泥负荷LS | kgBOD5/(kgMLVSS·d) | 0.077~0.119 |
| 污泥龄θC | d | 15~30 |
| 污泥回流比 | % | 50~100 |
| 混合液回流比Ri | % | 100~400 |
| 污泥浓度（MLSS）X | g/L | 2.5~6 |

**4.3 二次沉淀池**

**4.3.1** 二次沉淀池的设计参数宜按表4.3.1的规定取值。

**表4.3.1 二沉沉淀池设计参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 单位 | 参数值 |
| 沉淀时间 | h |  1.5～4.0 |
| 表面水力负荷 | m3/(m2·h) | 0.6～1.5 |
| 污泥含水率 | % | 98.8%～99.6% |
| 固体负荷 | kg/(m2·d) |  ≤150 |

注：当二次沉淀池采用周边进水周边出水辐流沉淀池时，固体负荷不宜超过

200 kg/(m2·d)

**4.3.2** 二次沉淀池的设计要求应符合《室外排水设计标准》GB50014对二次沉淀池的有关规定。

【条文说明】BBR工艺系统的优势化芽孢杆菌有利于提高生化池末端活性污泥的沉降性能，在实际应用项目中表现出更好的泥水分离效果。本规程对于BBR工艺系统的二次沉淀池的设计参照《室外排水设计标准》GB 50014对二次沉淀池的计算方法和有关规定。

采用其他泥水分离工艺时，泥水分离系统的设计遵循其相应的设计标准和规范。

**4.3.3** 污泥回流比宜按下列公式计算：

$R=\frac{X}{X\_{R}-X}$ ( 4.3.3-1)

$X=\frac{X\_{V}}{y}$ ( 4.3.3-2)

式中：R——污泥回流比；

X——生物反应池内混合液悬浮固体平均浓度（gMLSS/L）；

XR——回流污泥的浓度(gMLSS/L)；

XV——生物反应池内混合液挥发性悬浮固体平均浓度（gMLVSS/L）；

y——MLSS中MLVSS所占的比例，与生化进水水质、污泥龄有关，一般取0.50~0.80。

【条文说明】规定了污泥回流比的计算公式，污泥回流量保证系统的MLSS平衡且回流到BBR工艺系统生物反应池的活性污泥量不小于0.5Q。

**4.3.4** BBR工艺生物反应池剩余污泥量宜按下列公式计算：

$∆X=\frac{V•X}{θ\_{C}}$ ( 4.3.4 )

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）；

*θC*——污泥龄( d)。

【条文说明】规定了BBR工艺生物反应池剩余污泥量的计算方法。

**4.4 供氧设施**

**4.4.1** 生物反应池好氧区的供氧应满足污水需氧量、混合和处理效率的要求，宜采用鼓风曝气方式。

【条文说明】BBR工艺对于溶解氧要求较低，一般的活性污泥法的曝气供氧方式均可使用，但考虑到曝气、混合调节的灵活性、便利性，建议采用鼓风曝气方式。

**4.4.2** 生物反应池中好氧区的污水需氧量，根据生物反应池去除的五日生化需氧量、氨氮的硝化和除氮等要求，宜按下列公式计算：

$R\_{O}=R\_{ot}-R\_{obc}$ ( 4.4.2-1 )

$R\_{ot} = 0.001aQ(S\_{0}-S\_{e})-c∆X\_{V}+b[0.001Q\left(N\_{k}-N\_{ke}\right)- 0.12∆X\_{V}]-0.62b[0.001Q\left(N\_{t}-N\_{ke}-N\_{oe}\right)-0.12∆X\_{V}]$ ( 4.4.2-2 )

 $R\_{obc}=24NE\_{O}$ ( 4.4.2-3 )

式中：RO——生物反应池需氧量（kgO2/d）；

Rot——生物处理总需氧量(kgO2/d)；

Robc——BBR生物转盘供氧量(kgO2/d）；

a——碳的氧当量，当含碳物质以BOD5计时，应取1.47；

Q——生物反应池的进水流量（m3/d）；

So——生物反应池进水五日生化需氧量浓度(mg/L)，如投加碳源，应包含外加碳源的五日生化需氧量浓度；

Se——生物反应池出水五日生化需氧量浓度(mg/L)；

c——常数，细菌细胞的氧当量，应取1.42；

∆XV ——排出生物反应池系统的微生物量（kg/d）；

b——常数，氧化每公斤氨氮所需氧量(kgO2/kgN）,应取4.57；

Nk——生物反应池进水总凯氏氮浓度（mg/L）；

Nke——生物反应池出水总凯氏氮浓度（mg/L）；

Nt——生物反应池进水总氮浓度（mg/L）；

Noe——生物反应池出水硝态氮浓度（mg/L）；

0.12∆XV ——排出生物反应池系统的微生物中含氮量（kg/d）；

N——BBR生物转盘的台数（台）；

EO——单台BBR生物转盘的充氧能力(kgO2/台·h），宜根据试验资料确定，无试验资料时，可按下式计算：EO=装机功率（kW）×（1~2）kgO2/kWh。

【条文说明】规定了生物反应池中好氧区的污水需氧量计算方法，总需氧量的计算参照《室外排水设计标准》GB 50014中的需氧量计算方法，考虑到BBR生物转盘装置运行过程中具备的氧吸收和利用能力，生化池供氧设施的需氧量减去BBR生物转盘装置的充氧量。

BBR工艺在实际项目应用中体现了节省曝气风量的特点，节省风量的原因主要为BBR生物转盘装置的充氧作用、好氧池溶解氧低、反硝化程度高、外加碳源需求量小。其中好氧池溶解氧低可显著提高传质推动力，减小曝气供风量；而减少外加碳源量及提高反硝化程度也会直接减少系统的实际需氧量。

**4.4.3** 选用曝气装置和设备时，应根据设备的特性、位于水面下的深度、水温、污水的氧总转移特性、当地的海拔高度和预期生物反应池中溶解氧浓度等因素，将计算的污水需氧量换算为标准状态下清水需氧量。

【条文说明】同一曝气器在不同压力、不同水温和不同水质时性能不同，曝气器的充氧性能数据是指单个曝气器标准状态下之值(即0.1MPa，20℃状态下清水)。生物反应池污水需氧量，不是0.1MPa、20℃状态下清水中的需氧量，为了计算曝气器的数量，必须将污水需氧量换成标准状态下的值。

**4.4.4** 鼓风曝气系统中的曝气器应选用有较高充氧性能、布气均匀、阻力小、不易堵塞、耐腐蚀、操作管理和维修方便的产品，并应明确不同服务面积、不同空气量、不同曝气水深，在标准状态下的充氧性能及底部流速等技术参数。

**4.4.5** 鼓风机的选型应根据使用的风压、单机风量、控制方式、噪声和维修管理等条件确定。在同一供气系统中，宜选用同一类型的鼓风机。应根据当地海拔高度、最高、最低空气温度，相对湿度对鼓风机的风量、风压及配置的电动机功率进行校核。

**4.4.6** 供氧设施的其他设计要求应符合《室外排水设计标准》GB50014对供氧设施的有关规定。

**4.5 营养液投加系统**

**4.5.1** 新（扩）建项目营养液宜投加至混合区（池）内，改建项目宜投加至生物反应池最前端生物区（池）内。

【条文说明】规定了新建、扩建和改建项目营养液的投加位置。营养液投加于生物反应池最前端生物池内。BBR工艺系统运行时投加营养液是用于促进芽孢杆菌发芽及增殖、提高芽孢杆菌的生物活性，营养液应选用芽孢杆菌专用的生物酶制剂。

**4.5.2** 营养液原液宜稀释300倍后采用带有流量调节功能的药剂装置进行投加。

【条文说明】规定了营养液的投加方法。

**4.5.3** 营养液的投加量宜按照下列公式计算：

$q\_{n}=k\_{Y}V$ ( 4.5.3 )

式中：*qn*——营养液投加量(L/d)；

kY——营养液投加系数［L/（m3·d）］，宜根据营养液供应厂家说明取值，采用BBR专用营养液时，取0.00017［L/（m3·d）］；

V——生物反应池的容积（m3）。

【条文说明】规定了营养液投加量的计算方法，BBR工艺营养液的投加量与生物反应池池容有关，在配置了BBR生物转盘装置的系统中，保持芽孢杆菌的优势化水平，营养液的投加量可根据生物反应池池容进行计算，当采用BBR工艺营养液时，参考投加系数为0.00017［L/（m3·d）］。

**4.6 芽孢杆菌菌种接种量**

**4.6.1** 芽孢杆菌菌种宜选用适合污水处理有机物分解、脱氮、氨氧化等不同类型的芽孢杆菌的复配菌种；

【条文说明】规定了芽孢杆菌菌种的选配要求。芽孢杆菌属革兰氏阳性菌，生存环境适应范围很广，可在-60℃～280℃的恶劣条件下存活，温度在 4℃～43℃之间发挥高效净水作用，能摄取污水中有机物、氮、磷等污染物，大量繁殖、以杆菌形态存在，世代周期仅为30min左右。具有高效的有机物降解、硝化、脱氮除磷、耐低温、消除恶臭等能力。

**4.6.2** BBR工艺调试启动时，应向生物反应池内投入菌种，菌种的投入量按下列公式计算：

$W=\frac{VX\_{V}η\_{m}}{1-c}$ ( 4.6.2)

式中：W——菌种投加量(kg)；

ηm——菌种干基投加比，宜按0.2～0.5取值；

XV——生物反应池内混合液挥发性悬浮固体平均浓度（gMLVSS/L）；

c—— 菌种的含水率，宜根据供应商提供的参数取值，如无相关资料，宜取10%。

【条文说明】规定了芽孢杆菌菌种接种量的计算方法。

# 5 检测与控制

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 采用BBR技术的污水处理厂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污水处理厂（站）的安全和可靠，便于运行，提高科学管理水平。

**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** 生物反应池应设置在线溶解氧检测仪，可采用精准曝气系统。

**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。

**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** 混合液回流系统应设置流量计。

**5.3 控制**

**5.3.1** 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，并应？根据历史数据所建立的数学模型进行测算，给出调控指令。

【条文说明】BBR工艺在检测与控制方面的要求与常规的污水处理工艺基本一致，有条件的项目建议提高检测和控制水平，采用精准曝气、智慧运维等先进控制和信息化技术。

**5.3.2** 控制系统宜设自动控制和手动控制方式。

**5.3.3** 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、调试与验收

**6.1 施工**

**6.1.1** 构筑物防腐防渗的施工应符合《建筑防腐蚀工程施工规范》GB50212和《地下工程防水技术规范》GB50108的有关规定。

**6.1.2**钢结构制作、安装应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的有关规定。

**6.1.3**设备安装施工期间应根据当地气温和环境条件，对于所有在用的施工机械设备应结合例行保养进行一次换季保养，换用适合寒冷季节气温的润滑油、液压油、防冻液等。对于临时电缆、水管进行包裹、采取必要的防冻措施。

**6.1.4**设备安装施工期间应设置必要的防护栏杆，施工场地、运输道路积水、积雪、积冰和霜时，施工前应清除干净。施工人员应穿防滑鞋、配带防滑手套，系好安全带等采取必要的防滑措施。

**6.2 调试与验收**

**6.2.1** 调试前应编制调试方案和调试期应急预案。

**6.2.2** 调试时应对各设备进行点动运转、联合试运转，正常运转后进行工艺调试。

**6.2.3** BBR工艺系统调试宜符合下列规定：

1芽孢杆菌接种前，保证生物池内活性污泥的浓度宜达到BBR工艺设计污泥浓度的70%~80%；

2新建项目宜引入活性污泥或培养污泥；改建项目宜通过排泥方式调整污泥浓度；

3营养液的投加可根据营养液的使用说明，根据调试阶段调整营养液的投加量，调试阶段营养液投加量可根据本规程公式(4.5.3)计算结果的2～5倍进行计算投加；

4调试过程中宜控制溶解氧浓度、二次沉淀池泥位，调节污泥回流量和混合液回流量；

5调试过程中宜进行微生物镜检，观察微生物相，指导工艺调试；

6改建项目调试周期宜控制在60天内，新建项目调试周期宜控制在90天之内，具体调试时间需根据项目现场实际情况进行灵活调整。

**6.2.4** BBR系统调试完成后，二次沉淀池出水应至少30天连续稳定达到设计出水要求。

# 7 运行与维护

**7.1 运行**

**7.1.1** 操作人员宜按照节能降耗要求运行相关设备。

**7.1.2** 运行中应对生物反应池溶解氧浓度、污泥浓度、pH值等指标进行检测。

**7.1.3** 生物反应池中好氧区（池）末端的溶解氧浓度宜控制到0.6mg/L ~1.2mg/L。

**7.1.4** 剩余污泥排放量应根据进出水污染物浓度、生物反应池污泥浓度、MLVSS/MLSS、泥龄控制等及时调整。

**7.1.5** 具备条件的污水处理厂（站）宜采用智慧水务、智慧工厂等智慧运维系统进行自动化、信息化运行管理，提高科学管理水平。

**7.2 维护**

**7.2.1** 操作人员应根据BBR工艺系统《运行指导手册》进行维护和保养。

**7.2.2** 在线监测仪表宜根据仪表说明书进行校正、维护和保养。

**7.2.3** 操作人员应定期巡视设备运转状况，包括温度、异响、振动、电压、电流等。

**7.2.4** 设备应保持良好的润滑状态；设备零部件应定期检查并及时更换；做好设备维修保养记录。

# 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

《室外排水设计标准》GB 50014

《建筑防腐蚀工程施工规范》GB50212

《地下工程防水技术规范》GB50108

《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205

《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923

《化工设备、管道外防腐设计规范》HG/T 20679

《微生物肥料生物安全通用技术准则》NY/T 1109

# 制定说明

本标准制定过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国芽孢杆菌优势化生物反应器技术的实践经验，明确BBR系统的主要工艺路线、设计参数和调试、运维管理要求。通过西安市邓家村（一污）污水处理厂提标改造工程、宁波北仑岩东污水处理厂改造工程、米脂县污水处理厂提标改造工程等工程的应用，取得了较好的社会效益。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。