

ICS 编号

CCS 编号

团 体 标 准

T/BHES XXX—20XX

# 微气泡防冰冻设备技术要求

(草案)

Technical Requirements for Aeration-type Micro-bubble  
Anti-icing Equipment

(初稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

北京水利学会 发布

# 前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则第 I 部分：标准的结构和编写》的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准起草单位：北京市河湖流域管理事务中心

延庆区水务局

通州区水务局

北京市水利工程管理中心

北京赛博星通科技股份有限公司

济南昶鼓机械有限公司

本标准主要起草人：张会敏 白 忠 李 祥 杨子超

田 坤 王彦强 崔 嘉 沈晓强

聂影军 迟鸿艳 赵鹏云 于京波

王春华 许云里 杨 磊 王迎喜

刘莹 纪彬彬 柳德明



# 目 次

1 总则.....	1
2 术语和定义.....	1
3 基本原理.....	2
4 一般规定.....	3
5 设备选型要求.....	4
5.1 主机选型.....	4
5.2 风压计算.....	4
5.3 风量计算.....	5
6 安装技术要求.....	5
6.1 主机安装要求.....	5
6.2 输气管道安装.....	6
6.3 微气泡发生器安装.....	7
7 运行要求.....	7
7.1 试运行前检查.....	7
7.2 试运行要求.....	7
8 设备日常检查与维护.....	8
8.1 日常检查.....	8
8.2 设备维护.....	9
9 防冰冻技术评价指标.....	9
9.1 一般规定.....	9

9.2 技术性指标..... 9

9.3 经济性指标..... 10

9.4 节能性指标..... 10

# 1 总则

1.0.1 本标准规定了微气泡防冰冻设备的安装、使用及维护等技术要求。

1.0.2 本标准规范的防冰冻设备适用于水闸、水库的进水塔架、溢洪道、桩墩、土石坝护坡、橡胶坝等各类水利工程。

1.0.3 本标准的引用标准主要有下列标准：

《水工建筑物抗冰冻设计规范》（GB/T 50662-2011）

《水工建筑物抗冰冻设计规范》（NB/T 35024-2014）

《水工建筑物抗冰冻设计规范》（SL 211-2006）

# 2 术语和定义

2.0.1 微气泡防冰冻设备 aeration-type microbubble anti-freezing equipment

由主机、主输气管道、变径接口、输气支管、浮球、逆止阀、微气泡发生器组成。

2.0.2 主机 main engine

微气泡防冰主要构件之一，为压缩空气动力来源，宜采用三叶罗茨风机。

宜具备現地/远程控制功能，监测气温、水面温度、水下温度、电量、电流、电压、震动、噪声、设备温度、现场视频等运行参数。

2.0.3 主输气管道 main gas transmission pipeline

微气泡防冰主要构件之一，用于输送压缩空气。宜采用不锈钢管

道、镀锌钢管、PVC 钢丝软管。

#### 2.0.4 变径接口 reducing adapter

微气泡防冰主要构件之一，连接主输气管与与输气支管，不锈钢管道、镀锌钢管应采用变径三通等标准件，PVC 钢丝软管可采用气嘴转接。

#### 2.0.5 输气支管 gas transmission branch pipe

微气泡防冰主要构件之一，连接主管道和微气泡发生器。

#### 2.0.6 C 式快插接头 type c quick-connect fitting

微气泡防冰主要构件之一，快速连接输气支管管路。

#### 2.0.7 逆止阀 check valve

微气泡防冰主要构件之一，防止停机时水渗透到输气支管中。

#### 2.0.8 微气泡发生器 microbubble generator

微气泡防冰主要构件之一，可向水中释放大量微气泡。宜采用直径 80 厘米的纳米微孔曝气盘作为微气泡发生器。

## 3 基本原理

微气泡防冰冻设备向水体深层释放大量的微小气泡，通过微气泡的持续运动可以将水下温度传导至水面，促进水体垂向混合；微气泡在水体表面破裂时产生局部微湍流和能量释放，破坏冰核形成过程，抑制冰晶生长和凝结。



## 4 一般规定

- 4.0.1 微气泡防冰主设备宜采用一主一备运行。
- 4.0.2 微气泡发生器宜布设于水下 1.0-1.5 米，可根据工程实际和防冰范围需求进行调整。
- 4.0.3 微气泡发生器沿工程防冰范围宜间隔 3-4 米布设一个，可根据工程实际和防冰范围需求进行调整。
- 4.0.4 设备正常运行时，管道压力宜调整为 20-30kPa。
- 4.0.5 用于闸门、拦污栅等金属结构防冰时，微气泡发生器距离闸门应大于 3 米。
- 4.0.6 微气泡发生器应连接牢固，不得影响闸门、拦污栅等设备正常运行，必要时采用钢丝绳加固。
- 4.0.7 微气泡防冰设备应具备自动控制系统，实现远程控制，能够实时监控水面温度、水下温度、气温、现场视频、电流、电压、电量、管道压力等环境和设备运行参数。
- 4.0.8 当设备供电、管道压力异常、水面温度过低时系统应自动向指定手机发送告警消息。
- 4.0.9 设备宜设置二维码，记录设备的运行时间、维修维护信息。
- 4.0.10 宜在设备正面设置标准化标识牌，样式见图 1。

## 5 设备选型要求

### 5.1 主机选型

主机宜选择三叶罗茨风机SR（普通型），选型应首先计算所需风压、风量，参考表1确定风机型号、转速以及电机功率，放大10%。

### 5.2 风压计算

根据微气泡发生器布设水深计算所需风压，风压可按公式（1）计算：

$$P = \gamma (P_w + P_f)$$
$$P_w = \rho_w g H$$
$$P_f = \left( \lambda_f \frac{L_p}{d_p} + \sum \xi_i \right) \frac{\rho_a u^2}{2}$$

式中：

$P$ ——风机的风压，Pa；

$\gamma$ ——结构安全系数，按表 2 选用；

$P_w$ ——吹气喷嘴所处水深  $H$  处的水压，Pa；

$P_f$ ——气压损失，Pa；

$\rho_w$ ——水工结构前水的密度，一般宜取  $\rho_w = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ；

$g$ ——重力加速度，可取  $g = 9.81 \text{ N/kg}$ ；

$H$ ——微气泡发生器布设水深，m；

$\lambda_f$ ——气体沿程阻力系数；

$L_p$ ——输气管长度，m；

$d_p$ ——输气管内径，m；

$\xi_i$ ——气体局部阻力系数，m；

$\rho_a$ ——空气密度， $\text{kg/m}^3$ ，一般宜取  $\rho_a = 1.293 \text{ kg/m}^3$ ；

$u$ ——气体流速，m/s。

## 5.3 风量计算

风量可按下列公式（2）计算：

$$Q_s = SN$$

$Q_s$ ——所需风压（kPa）；

$S$ ——单个曝气盘空气流量（ $\text{m}^3/\text{min}$ ），直径 80 厘米 0.04 $\text{m}^3/\text{min}$  计算；

$N$ ——所需曝气盘数量，所需曝气盘数量根据防冰范围长度计算，宜间隔 3-4 米布设一个。

## 6 安装技术要求

### 6.1 主机安装要求

6.1.1 微气泡防冰设备宜安装在室外使用，基础地面坚实平整。周围要留有不窄于 1.5-2 米的安全通道。安装在室内时，应保证机房内照明充足、空气干燥并具有良好的通风状况，室温不宜过高。

6.1.2 安装拆卸的运输过程中，微气泡防冰设备应放置平整，禁止倾倒置放，不应磕碰，不应倾倒，出风口密封不应提前拆开。

6.1.3 安装前应检查设备外观，确保没有破损及漏油等缺陷。有缺陷的产品应及时更换。

6.1.4 将微气泡防冰设备主机出风口处的密封去掉，清理干净，保证进口消音器内清洁无异物，将橡胶垫和单向阀放于进风口与进口消音器的法兰之间，均匀对角拧紧。单向阀必须安装在水平管道上，开启方向正确，保证启闭灵活。

- 6.1.5 把弹性接头对接在出口消音器与系统管道处，均匀对角紧好。
- 6.1.6 根据设备工作电压接通电源，电源线应采用波纹管、PVC 或金属保护套管做保护。

## 6.2 输气管道安装

- 6.2.1 输气管道由主管道、变径三通、支管、单向阀组成，主管道可采用镀锌钢管、钢丝软管、PVC 管道等，支管可采用高压涤纶气管、钢丝软管，管道的材质应保证零下 30 摄氏度以下的强度和韧性。
- 6.2.2 主管道的口径应与设备出口管径相同，在最低点和距离设备主机附近应设置排水口。
- 6.2.3 变径三通应向上安装，一般变径为 4 分（DN20），连接蝶阀、C 式快插头。
- 6.2.4 C 式快插头连接内径 10 的 PVC 钢丝软管或涤纶气管，采用喉箍锁紧。软管通过单向阀连接微气泡发生器。
- 6.2.5 如果现场不适宜采用镀锌钢管等硬质管道作为主气管时，可采用 PVC 钢丝软管作为主输气管，主输气管通过 CF 接头、CE 接头连接，末端使用 CF 堵头。所有连接处使用抱箍固定。分气口可采用 V3-20-5 气嘴，固定气嘴加装硅胶垫。气嘴和 C 式快插头连接采用内径 7mm 硅胶管。

## 6.3 微气泡发生器安装

- 6.3.1 微气泡发生器通过输气支管与主管道连接。
- 6.3.2 单向阀宜安装在距离微气泡发生器 5 厘米处。
- 6.3.3 浮球宜安装在距离微气泡发生器 1.0-1.5 米范围内。

# 7 运行要求

## 7.1 试运行前检查

- 7.1.1 检查各连接部位的紧固情况，配管支撑是否完备。
- 7.1.2 检查风机油窗油位，检查齿轮油油位是否在合适位置，油位不足时及时补充润滑油。
- 7.1.3 打开压力表开关，确定压力表针在零位。
- 7.1.4 检查电缆线的连接以及电源电压和频率是否符合标牌标注要求。
- 7.1.5 打开系统管路所有阀门，确保设备无荷载，点动启动设备，保证设备电机旋转方向正确。

## 7.2 试运行要求

试运行分为三个阶段：

- 7.2.1 无载荷空车运转，时间以 10 分钟以上为宜，运转过程中应倾听转子有无摩擦、碰撞或其他杂音。
- 7.2.2 带负荷运转，设备应缓慢升压，所升压力严禁高于风机铭牌标

注。升压过程中，风机噪音会增大，应做好防护措施。

7.2.3 带负荷运转 10 分钟以上风机进入正常运作。此时缓慢升压超过铭牌标注 5%左右，调节安全阀，当安全阀“吡吡”漏气后，泄压至正常工作压力（泄压后安全阀不应漏气）），风机并入系统，正常运作。

## 8 设备日常检查与维护

### 8.1 日常检查

8.1.1 外观检查：检查设备整体外观、工作环境、组件松动，检查电器设备接线是否正常等。

8.1.2 内部清理：拆卸进气室、排气室、机箱等部件，清理积尘、油脂、异物等杂质。

8.1.3 叶轮、轴承检查：检查叶轮、轴承磨损、裂纹、变形等情况，确认是否需要更换或维修。

8.1.4 喷油检查：检查设备内部风机油位、油脂、油压，以及油管、油封和喷嘴的状态。

8.1.5 紧固件检查：检查紧固件是否紧固，如螺栓、螺钉等是否有松动或磨损情况。

8.1.6 电气系统检查：检查电气设备、接线盒、电机绕组、接地情况，确认是否需要更换或维修。

## 8.2 设备维护

8.2.1 设备在防冰期长时间使用时每 3 个月更换一次齿轮油（N220 中负荷工业齿轮油）。

8.2.2 长时间停止使用放置前，在风机叶轮、轴承处喷射适量润滑油，并开机 5 分钟，使油膜完全覆盖。

8.2.3 长时间停止使用，设备宜断开电源。

8.2.4 定期擦拭设备灰尘。

8.1.5 定期排除管道内冷凝水、冰霜等异物。

8.2.6 长时间停止使用进出风口处应覆盖封纸，防止异物进入和内部锈蚀。

## 9 防冰冻技术评价指标

### 9.1 一般规定

防冰冻技术评价指标共包括 3 个，即技术性指标、经济性指标和节能性指标，可作为防冰冻技术优选的参考依据。

### 9.2 技术性指标

技术性指标为采用防冰冻技术后的实际防冰冻效果，包括不冻区（或冰槽）宽度、不结冰天数、水工结构冰冻破坏情况。

### 9.3 经济性指标

经济性指标为采用防冰冻技术在水工结构每米防冰冻长度内发生的成本,采用静态分析方法,即不考虑时间因素对资金价值的影响。

经济性指标可按公式(3)计算:

$$L_c = Z / L_o$$

式中:

$L_c$ ——经济性指标;

$Z$ ——采用防冰冻技术发生的年折算费用,元;

$L_o$ ——水工结构防冰冻区域长度, m。

采用防冰冻技术发生的年折算费用  $Z$  可按公式(4)计算:

$$Z = C + P \cdot R_c$$

式中:

$C$ ——年生产成本,元;

$P$ ——采用防冰冻技术的投资额,元;

$R_c$ ——基准投资收益率。

### 9.4 节能性指标

节能性指标为采用防冰冻技术在水工结构每米防冰冻长度内消耗的功率,可按公式(5)计算:

$$I_e = W / L_o$$

式中:

$I_e$ ——节能性指标;

$W$ ——设备功率, kW;



$L_0$  ——水工结构防冰冻区域长度，m。

表 2 水工建筑物结构安全级别及安全系数

水工建筑物的结构安全级别	水工建筑物级别	结构安全系数，
I	1	1.25
II	2、3	1.25
III	4、5	1.20

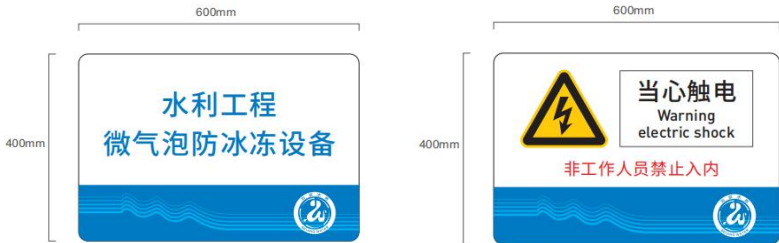


图 1