

ICS 27.200

CCS A 0412

T/JAR

江苏省制冷学会团体标准

T/JAR 011/1-2024

工厂化高密度水产养殖控温系统

Temperature control system for industrialized

high-density aquaculture

2024-05-06 发布

2024-06-01 实施

江苏省制冷学会 发布

目 录

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 基本要求	4
5 温度监测	6
6 控温设备	6
7 控制系统	7
8 远程监控	8
9 水处理	8
10 安全性要求	9
11 标准符合性检测与验证	10
附 录 A	14
附 录 B	16

前 言

本文件照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规定编写起草。

本文件在编写起草过程中，编制组经广泛调研，认真总结工程实践经验，根据多次实践结果，形成本标准。

本文件归口单位：江苏省制冷学会。

本文件起草单位：中建安装集团有限公司、南京师范大学、天津匠泽科技有限公司、中国制冷学会、南京大学、南京工业大学

本文件主要起草人：张海琳、张忠斌、梁超、盖依琳、林京、潘晓蕾、张羽、潘丰、朱洁茹、高恩元、方贵银、王瑜、孙亚娟

1 范围

为确保养殖水体温度在适宜范围内，并对养殖水体温度进行稳定控制，提高养殖效率、减少疾病风险，保障养殖水域生态环境的稳定性，制定本标准。

本控制系统标准适用于水体循环的高密度水产养殖工厂控温系统的设计、安装、运行和维护等方面。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T20014.1 良好农业规范第 1 部分：术语

GB/T 20014.13-2013 良好农业规范第 13 部分：水产养殖基础控制点与符合性规范

GB/T 20014.15-2013 良好农业规范第 15 部分：水产工厂化养殖基础控制点与符合性规范

GB/T 29600-2012 移动实验室用温湿度控制系统技术规范

GB 31459-2015 家用和类似用途地暖设备用温度控制系统的安全要求

GB4706.32-2012 家用和类似用途电器的安全 热泵、空调器和除湿机的特殊要求

GB/T22688-2022 家用和类似用途压力式温度控制器

GB/T 22687-2022 家用和类似用途双金属温度控制器

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB 11607 渔业水质标准

GB/T18407.4 农产品安全质量无公害水产品产地环境要求

GB/T19000 质量管理体系基础和术语

SC/T 6048 淡水养殖池塘设施要求

SC/T 6093 工厂化循环水养殖车间设计规范

SC/T6001.2-2011 渔业机械基本术语 养殖机械

SC/T 6040 水产品工厂化养殖装备水产 安全卫生要求

SC/T 6050 水产养殖电器设备安全要求

SC/T 9101 淡水池塘养殖水排放要求

SC/T 9103 海水养殖水排放要求

GB 11607-89 渔业水质标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术标准。

3.1 工厂化高密度水产养殖 Industrialized High-density Aquaculture

在利用机械、生物、化学和自动控制等现代技术装备起来的车间，采用高密度、高效率的方式进行水生生物（如鱼类、虾类、贝类等）养殖。

3.2 水搅拌器 Water Agitator

能够促进养殖池内上下层水流循环，提高下层水的温度，有效改善池内热分层现象，以均匀化水温分布的设备。

3.3 控温系统 Temperature Control System

保证环境控制系统中某部位或空间的介质温度或壁面温度在规定的范围内，以满足养殖区域热力要求的成套调控设备。

3.4 设定温度 Setting Temperature

温度控制系统中为获得适宜的温度而设定的温度值。

3.5 时段功能 Time Setting Function

控温器以预先设定的时间段与对应的设定温度自动运行，

3.6 按键锁功能 Key Locked Function

为防止未经授权人员误按、错按随意修改数据，可以通过操作对控温器按键加锁。

3.7 温度稳定性 Temperature Stability

指水体温度在一定时间范围内的保持稳定的能力，表示水体温度在一段时间内的波动程度或变化幅度。

3.8 温度均匀性 Temperature Uniformity

指水体在空间上的温度分布是否均匀，它表示水体中不同位置或区域的温度差异程度。

3.9 水流均匀性 Flow Uniformity

指水体在空间上流动的均匀程度，它表示水流在不同位置或区域的流速和流向是否均匀一致。

4 基本要求

4.1 设施

4.1.1 养殖车间

养殖车间应设计符合 SC/T 6093 中的相关要求。

4.1.2 养殖池

4.1.2.1 适用于室内圆形养殖池，进水口宜设在池上方，进水水流方向与鱼池圆切线成 45° 角；排水口宜设在池底中央，四周向中央排水口倾斜 $5\% \sim 20\%$ 的坡度。单池面积和水深应根据产品的生长阶段和养殖密度等综合确定，养鱼池面积应 $\geq 30 \text{ m}^2$ ，水深应 $\geq 80 \text{ cm}$ 。圆形养殖池示例参考图 1。

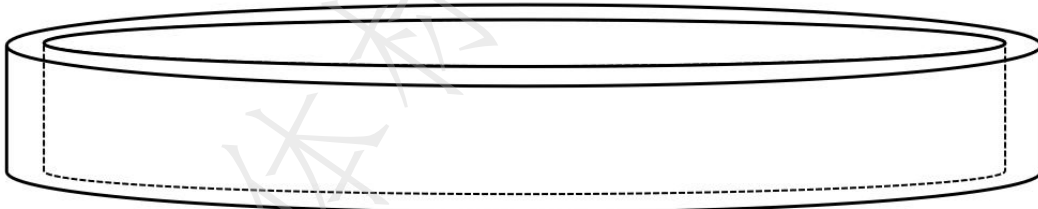


图 1 养殖池参考示意图

4.1.2.2 养鱼池池体宜采用混凝土、玻璃钢等结构，整体防水、防渗；应采用无毒、无味、平整、易清洗、耐腐蚀的材料制作；内壁应平滑，做防水处理时应采用无毒、无味、易清洗、耐腐蚀、防渗漏、不脱落的环保型涂料。

4.2 水温范围

水温范围控制在 $12 \sim 30^\circ\text{C}$ 。具体温度范围调控根据不同水产养殖需求而确定，部分水产养殖所需温度范围参考附录 A。

4.3 池水流速

水流速度根据所养殖水产而定，应适中，不宜过大或过小，以保持水体中的氧气充足和废物的排除，且对于温度影响较小。

4.4 供水位置布局

供水管布置位置根据池型和直径的大小而确定，以提高池内水流速度。布置示意见图 2。

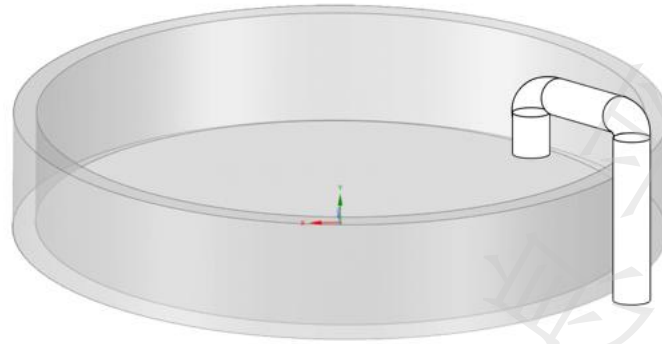


图 2 供水管布置位置示例

4.5 供水管弯度

在 4.4 基础上，宜根据实际养殖池选择合适的供水管弯管角度以改善热分层现象，示例见图 3。

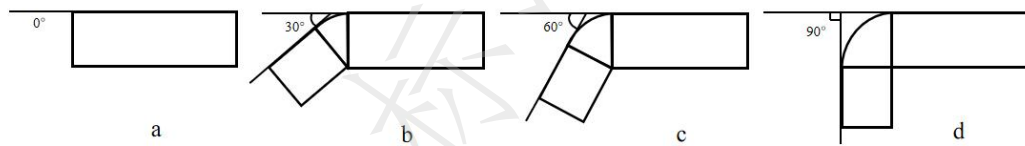
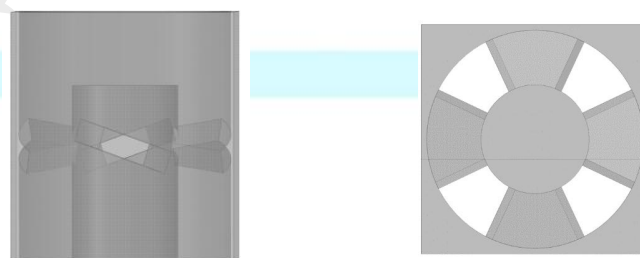


图 3 不同弯度供水管平面图

4.6 水搅拌器设置

可以于养殖池供水管旁侧安装水搅拌器，增强养殖池内部流动性，均匀化温度分布，装置示意图见图 4。



(a) 正视图

(b) 俯视图

图 4 局部装置示意图

5 温度监测

5.1 温度传感器选择

5.1.1 温度传感器精度至少达到 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，以确保准确测量养殖水体的温度，满足养殖生物的生长需求。

5.1.2 传感器应具有良好的稳定性，能够在不同环境条件下保持稳定的性能，避免温度测量的波动。

5.1.3 传感器在空气中的响应时间应小于 20s，当测温度变化速率时，温度测量系统的响应时间应小于 0.5s。

5.1.4 考虑养殖水体可能含有盐分等腐蚀性物质，应选择具有较强耐腐蚀性的传感器，以延长传感器的使用寿命。

5.1.5 使用前应对温度测量传感器进行校准，使用中以能覆盖养殖区域温度范围为准，温度范围参考 4.2。

5.2 传感器安装位置

5.2.1 应该安装在水流相对稳定处，且避免死水区。

5.2.2 安装时应注意避光，如遮阳设施下，或水体表面不受风浪影响处，避免阳光直射影响温度测量的准确性。

5.2.3 温度监测传感器主要安装于水池出水口、进水口、池底中央、池水中层以及水面中央。

5.2.4 对水体温度进行具体测试时应提高测温密度，具体布置实例参考附录 B。

5.3 监测频率

5.3.1 温度监测应为实时监测。

5.3.2 在季节变化大或气候条件不稳定的情况下，需要增加监测频率，以保证养殖水体温度的稳定性。

5.3.3 具体的监测频率还应根据养殖场地的实际情况和经验进行调整和确定。

6 控温设备

6.1 制热（制冷）设备

6.1.1 制热（制冷）设备应具有良好的稳定性，便于操作与维护，能够适应不同养殖环境，且能够在满足温度控制需求的同时尽量减少能源消耗。

6.1.2 加热系统可以通过电加热器、太阳能集热器或水源热泵、锅炉等方式提供热源，保持水温在 4.2 所规定的范围内。

6.1.3 降温系统可以通过冷却塔、冷水机组或水冷系统等方式，将过热的水体散热至适宜温度。

6.2 换热（冷）设备

6.2.1 可使用全新风热回收机组，对养殖工厂内产生废气中的热能进行回收利用。

6.2.2 送回风管道采用布袋风管，以减轻养殖鱼类的热应激。

6.2.3 需针对不同养殖产品选择合适的换热器使用材料。

7 控制系统

控制系统要求安全应符合 GB4706.32-2012 的规定，控制方式根据使用要求应能自动控制和手动控制。

7.1 控制器选择（相关指标要求）

7.1.1 所选控制器应满足 GB/T22688-2022 和 GB/T 22687-2022 中的基本相关要求。

7.1.2 所选控制器应具有高精度和稳定性，能够准确地控制养殖水体的温度，以满足养殖生物的生长需求。

7.1.3 所选控制器应具有快速的响应速度，能够及时调节控温设备，以应对温度变化。

7.1.4 控制器应具有多种控制功能，能够实现温度设定、温度调节、报警功能等，以满足不同养殖场地的需求。

7.1.5 控制器应具有一定的可编程性，能够根据养殖水体的特点和养殖需求进行灵活调整和设置。

7.1.6 控制器应具有简单易用的操作界面和操作方式，便于养殖人员进行操作和管理。

7.1.7 控制器应具有良好的可靠性和耐用性，能够长时间稳定运行，减少故障和维护成本。

7.2 主要控制功能

7.2.1 控制系统应能对压力、温度、湿度及运行状态进行控制,并应在保护装置动作时进行报警和停机。

7.2.2 控制系统应具有电源过压、欠压、短路、断路、漏电保护功能。

7.2.3 设置反馈控制机制,控制板通过自适应调节风机转速,以适配不同环境条件下的冷凝压力变化。

7.3 控制参数设定

7.3.1 根据养殖生物的品种、生长阶段和环境需求来确定养殖水体的目标温度,期望的理想温度范围参考 4.2。

7.3.2 设定允许温度与目标温度之间的偏差范围,设定时应考虑到养殖生物的耐受能力和生长情况,以及控温系统的稳定性和响应速度。

7.3.3 设定加热冷却系统的控制策略,包括启动温度、停止温度、温度变化率等参数。

7.3.4 设定温度异常的报警阈值,当温度超出设定的安全范围时,系统将触发报警机制,及时通知养殖人员并采取应急措施。

7.3.5 设定数据记录的相关参数,包括数据记录频率、存储方式、数据保留期限等,以便后续数据分析和报告。

8 远程监控

8.1 采用远程无线控制系统、视频监控系统、投饵系统和电子筛选称重系统等。

8.2 采用智能化控制板监控变频风机及变频制冷系统,依据养殖需求实现对养殖系统的环境条件、机组冷凝压力、进/出口温度、蒸发器等多个参数的监测。

8.3 显示器反应时间: 5ms-15ms。

8.4 设定远程访问权限、报警方式远程访问权限。

8.5 为防止未经授权人员误按、错按随意修改数据,可以通过操作对控温器按键加按键锁。

9 水处理

水体稳定性反映了水体内部环境的平衡程度和变化程度,需对养殖用水进行水处理以保证其稳定性。

9.1 水处理方法

定期监测水体的关键参数，除温度外还包括 pH 值、溶解氧、氨氮、亚硝酸盐、硝酸盐等，根据监测结果及时调整水质，确保其符合 GB 11607-89 标准要求。

9.2 压差排水系统

排水管入口设置于池底，排水管出口设置于水面，利用传感器实时监测养殖池水位，自动控制排水阀门的开度，基于压差驱动水流循环，实现了底部污水快速、高效地排出，实现养殖池底部污泥和水流的流动。利用压差确保了养殖水体的稳定性，将养殖池中的废水通过重力流动至污水处理多级装置中。

10 安全性要求

10.1 设备安全

10.1.1 所有设备必须符合 SC/T 6040 和 SC/T 6050 中的相关规定。

10.1.2 所有电气设备必须经过专业人员安装和维护，确保接地良好，防止漏电和火灾等事故发生。

10.2 防水防潮

所有控温系统的关键部件，如传感器、控制器、加热器、冷却器等，必须具有防水防潮功能，以防止水体渗入导致设备损坏或短路。

10.3 过载保护

必须具备过载保护功能，当系统负载过大时能够自动断电或报警，以防止设备损坏或安全隐患。

10.4 人身安全

所有设备必须安装在合适的位置，并采取防护措施，以防止人员意外触碰或接触到热源或电源，确保人身安全。

10.5 应急措施

控温系统必须配备应急停止按钮或开关，以便在紧急情况下迅速停止系统运行。

需要提供相应的应急救援计划和培训，确保在事故发生时能够迅速采取正确的应对措施，保障人员安全。

10.6 定期维护与检查

控温系统的设备必须定期进行维护和检查，确保设备运行正常、安全可靠。

10.7 文档和标识

系统应提供清晰的使用说明书和安全操作指南，并在设备周围设置清晰可见的安全标识，提醒人员注意安全事项。

11 标准符合性检测与验证

11.1 设备安装和接线检查

检查控温系统的所有设备是否按照安装说明正确安装，并且所有接线是否牢固、正确连接。

11.2 功能测试

对控温系统进行功能测试，包括温度控制、加热器和冷却器的启停功能、温度监测和报警功能等。

11.3 准确性检验

使用不确定度来检验测量结果准确性的指标，不确定度越小越符合要求。检验内容主要分为不确定度 A 类评定，不确定度 B 类评定以及合成标准不确定度。

11.3.1 不确定度 A 类评定

采用统计分析的方法来评定标准不确定度，称为不确定度 A 类评定。它是通过实验标准偏差表征，按式（1）计算：

$$u_A(s) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - \bar{s})^2}{n(n-1)}} \quad (1)$$

式中： s_i 为测量值； \bar{s} 为多次测量结果的平均值； n 为测量次数。

11.3.2 不确定度 B 类评定

采用非统计分析的方法来评定标准不确定度，称为不确定度 B 类评定，按式（2）计算：

$$u_B(s) = 0.57\delta_s \quad (2)$$

式中： δ_s 为仪器最大允许误差。

11.3.3 合成标准不确定度

按照其他各个分量的方差和协方差计算得出的标准不确定度,称为合成标准不确定度。它表征了测量结果的分散性,按式(3)计算:

$$u_c(s) = \sqrt{[u_A(s)]^2 + [u_B(s)]^2} \quad (3)$$

式中: $u_A(s)$ 为 A 类评定分量; $u_B(s)$ 为 B 类评定分量。

11.3.4 扩展不确定度

扩展不确定度由合成不确定度的倍数表示,按式(4)计算:

$$U = k u_c(s) \quad (4)$$

式中: $k = 2$ 。

11.4 过载保护测试

模拟系统过载情况,触发过载保护功能,检查系统是否能够正确响应并自动断电或报警。

11.5 温度控制技术性测试

11.5.1 温度均匀性

11.5.1.1 温度均匀性要求

温差越小,说明水温分布的均匀性越好。对于养殖池内部平均温度指标要求越高越好。

11.5.1.2 温度均匀性测试

在养殖池稳定运行时,用空间温度均匀系数,以定量表达养殖池内部的温度变化,按式(5)计算。养殖池整体温度分布越均匀,空间温度均匀系数越大,反之亦然。

$$K_T = \frac{\sum_{a=1}^n t_a}{n \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (t_a - t_i)^2}{m-1}}} \quad (5)$$

式中: K_T 为空间温度均匀系数; t_i 为各个测点温度; t_a 为每一层测点温度的算术平均值; n 为池内布置测点层数; m 为池内测点个数。

11.5.2 温度稳定性

模拟养殖环境中的温度变化情况,观察系统在不同温度变化条件下的稳定性和响应速度,检查系统是否能够在短时间内快速调节温度,并保持稳定在设定范围内。

11.6 水流均匀性测试

在养殖池稳定运行时,用流动均匀度指数(γ),以定量表达养殖池内部的流动均匀性变化,指数越高说明流动的均匀性越好,按式(6)计算。

$$\gamma = 1 - \frac{1}{2nA} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{(v_i - \bar{v})^2}}{\bar{v}} A_i \quad (6)$$

式中: n 为面积 A 的截面上计算单元的个数, v_i 为单元内的水流速度,面积为 A_i , \bar{v} 为面积加权平均平面速度。

11.7 负荷计算

11.7.1 电负荷

总用电负荷计算按式(6)计算:

$$P_c = K_p \sum K_x P_e \quad (6)$$

式中: P_c 为总用电负荷,单位为千瓦(kW); K_p 为用电设备同时系数,其值参考《工业与民用配电设计手册》; K_x 为用电设备需要系数,其值参考《工业与民用配电设计手册》; P_e 为设备功率,单位为千瓦(kW)。

11.7.2 养殖池热负荷

11.7.2.1 养殖池预热负荷

养殖池水预热所需热量 Q_c 按式(7)计算:

$$Q_c = \frac{c_w \rho_w V_w (t_c - t_z)}{\tau} \quad (7)$$

式中: Q_c 为养殖池水初次注水加热所需热量,kJ; c_w 为水的比热容,kJ/(kg·°C); ρ_w 为水的密度,kg/m³; V_w 为养殖池内水的体积,m³; t_c 为养殖池温度,°C; t_z 为注水初始温度,°C; τ 为养殖池初次注水的加热时间,s。

11.7.2.2 养殖池补水加热负荷

养殖池补水加热所需热量 Q_b 按式(8)计算:

$$Q_b = c_w W_b (t_c - t_z) \quad (8)$$

式中： Q_b 为养殖池水补充水加热所需热量，kJ； W_b 为养殖池水补充水量 kg/h。

11.7.2.3 维持养殖池恒温所需热负荷

维持池水温度所需热负荷 Q_h 按式（9）计算：

$$Q_h = Q_q - Q_x + Q_i \quad (9)$$

式中： Q_q 为养殖池水面蒸发的潜热量； Q_x 为室内空气向池水传递显热量； Q_i 为通过养殖池池壁、池底和输水管道的导热热量。

11.7.3 养殖车间负荷

测试养殖车间负荷是否满足当前水产品养殖需求，以避免池水过度蒸发。测试主要包括新风负荷、车间内部夏季冷负荷以及冬季热负荷。

11.8 应急停止测试

测试系统的应急停止按钮或开关是否能够正常工作，是否能够迅速停止系统运行。

检查系统停止后是否会自动恢复到安全状态，以及是否需要人工干预重新启动。

11.9 文档和记录审查

审查控温系统的使用说明书、安全操作指南等文档和记录，检查是否完整、清晰，并符合相关标准要求。

检查系统维护和维修记录，确保系统定期维护和检查。

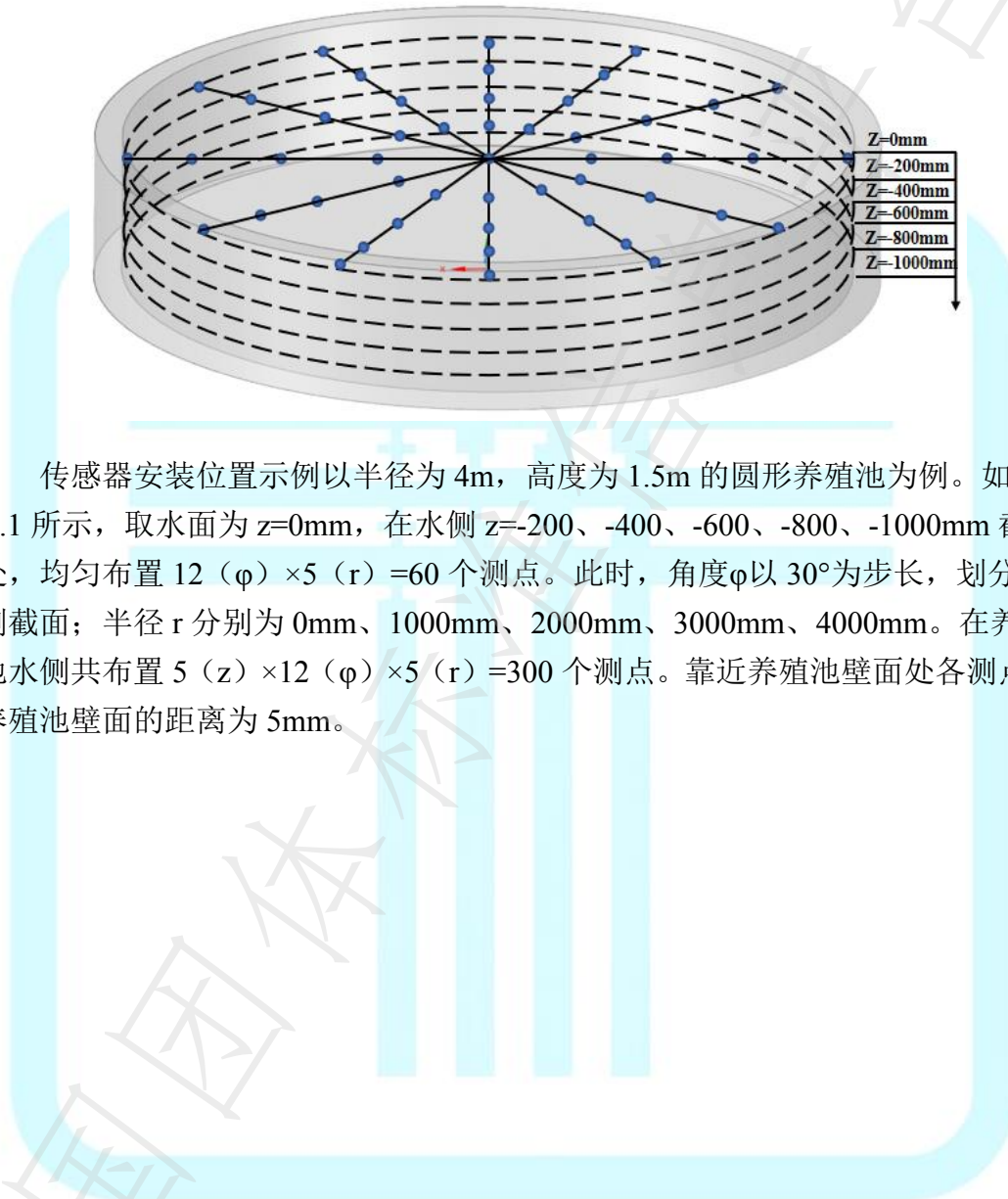
附录 A
(资料性附录)

表 A.1 部分水产养殖所需温度范围

水产种类	温度范围/°C
冷水鱼	12~15
温水鱼	22~25
白对虾、部分热带鱼	28~30

附录 B
(资料性附录)

图 B.1 养殖鱼池温湿度检测点示例



传感器安装位置示例以半径为 4m，高度为 1.5m 的圆形养殖池为例。如图 A.1 所示，取水面为 $z=0\text{mm}$ ，在水侧 $z=-200$ 、 -400 、 -600 、 -800 、 -1000mm 截面处，均匀布置 $12(\varphi) \times 5(r) = 60$ 个测点。此时，角度 φ 以 30° 为步长，划分水侧截面；半径 r 分别为 0mm 、 1000mm 、 2000mm 、 3000mm 、 4000mm 。在养殖池水侧共布置 $5(z) \times 12(\varphi) \times 5(r) = 300$ 个测点。靠近养殖池壁面处各测点与养殖池壁面的距离为 5mm 。

