

广西潮上带对虾高产轮养的虾场设计*

Design of Shrimp Farm for Intensive Alternate Shrimp Farming in Supratidal Zone of Guangxi

吴世海 王志成 麦启穗 周浩郎**

Wu Shihai Wang Zhicheng Mai Qisui Zhou Haolang

朱校斌*** 梁志辉** 赖陈民乐** 莫永杰** 王新亭***

Zhu Xiaobin Liang Zhihui Laichen Minle Mo Yongjie Wang Xinting

(防城港市海洋科技开发中心 防城港市 538021)

(Fangchenggang Ocean Science and Technology Development Center,
Fangchenggang, Guangxi, 538021, China)

摘要 在防城港市企沙镇建设潮上带虾场,虾场面积 80 hm²,虾场由虾池、进水系统、排水系统、增氧系统和其它配套设施组成。其中,虾池分为圆形池和方形圆角池,每口圆形池按 0.667 hm² 设计,池底半径 44.58 m,池上面半径 48.26 m;每口方形圆角池按 0.833 hm² 设计,池底每条边长 89.16 m,池上面每条边长 96.52 m。池中心设计排水系统,利于排污,还能增大排水流量,显著缩短排水时间。工作井按四口虾池建一个,遇到旁边不足四口虾池,则按三口、两口或一口虾池建一个的方案设计,与四口虾池联通的工作井为六角形(面积 23.4 m²),与两口虾池联通的工作井为长方形(16.0 m²),这种设计既节省投资,又利于排水、排污和收虾。虾场已经过几年大规模对虾高产轮养试验示范,试验结果表明,各系统设计合理,使用正常,能满足集约化对虾高产养殖的技术要求。

关键词 对虾 虾场 高位池 高产轮换养殖

中图分类号 S954.21

Abstract The shrimp farm was built up in supratidal zone, Qisha town, Fangchenggang, Guangxi. The shrimp farm is 80 hm² which composes of shrimp ponds, water supply system, drainage system, oxygen supply system and assistant equipments. The shrimp ponds have two types. The round pond is 0.667 hm², with radius 44.58 m at the bottom and 48.26 m at the top. The square pond with round corners is 0.833 hm², with each side 89.16 m at the bottom and 96.52 m at the top. The drainage system was set up in the center of pond. Each hexagon operation well(23.4 m²) connects with four ponds, and square one(16.0 m²) connects with one to three ponds. The shrimp farm has been run for many years, and meets the requirement of intensive alternate farming.

Key words shrimp, shrimp farm, supratidal pond, intensive alternate farming

潮上带虾池对虾养殖模式以其特有的优点逐渐

受到人们的重视。潮上带虾池养虾模式的特点主要体现在养殖设施,包括养虾池、进水系统、排水系统、增氧系统和其它配套设施的抗风暴潮能力强,不受潮水涨退的影响,随时可以进行养殖技术操作,养殖条件好,具备“三高”条件。为了在广西区内开展潮上带高位池对虾高产养殖试验和对虾高产轮养试验,我们开展了相关研究试验工作。现把潮上带虾池设计的有关研究工作和相关技术介绍如下。

2002-03-04 收稿,2002-05-20 修回。

* 广西科技厅项目《潮上带对虾轮养高产稳产试验》(桂科海 9724008B)的部分内容。

** 广西海洋研究所 北海市长青东路 92 号 536000(Guangxi Institute of Oceanography, 92 East Changqinglu, Beihai, Guangxi, 536000, China)。

*** 中国科学院海洋研究所 山东省青岛市 266071(Institute of Oceanography, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong, 266071, China)。

广西科学 2003 年 2 月 第 10 卷第 1 期

1 潮上带虾池的场址选择

潮上带高位池的场址选择关系到投资、施工、规模和养殖效益等问题,在确定场址时要做好勘查和论证工作。选址时,综合考虑如下几方面的条件。

1.1 地质地貌条件

要求场址靠近海边,地形平坦,以减少引水和建池的投资。场址规模一般应能建成几公顷至几十公顷的虾池面积,以减少项目配套设施(引水渠、供电线路等)投资比例,并产生规模效益。虾场的地势高程在历史最高水位 1 m 以上,9 m 以下,如地势太高,会增加提水成本。虾场的土质不泛酸,不渗漏,最好为中性壤土或粘土,尽量避免在含硫土壤和腐植质土壤等酸性土壤中建虾池。虾场地面植被、耕地和建筑物少,最好是荒地。

1.2 海区水质

潮上带对虾养殖场抽水站和附近海区的海水水质要符合渔业水质标准(GB11607),即海水无污染、越清洁越好。其中,在养殖季节,海水酸碱度最好在 pH 值 8.2~8.5,盐度 1.0%~3.0%,水温 25~35℃。附近海区应没有虾场工农业排污的影响,以免这些虾场排出的带对虾病毒的和富营养化的池水污染海区水质。

1.3 社会条件

拟选场址要考虑交通和电力。交通解决生产物资和产品的运输,电力解决生产(抽水和机械增氧等)和生活用电。同时,要有淡水资源,以解决生活用水,最好有充足的淡水资源(河流、水库或地下水),以便在养殖过程中调节虾池的盐度。此外,所选场址要能够办理土地使用手续。

根据上述条件,我们在防城港市企沙镇的天堂坡建设潮上带虾场。该地点南面临大海,北面临海湾,生产所需海水从南面大海抽取,从北面海湾排放,进水与排水彻底分开;其地势平坦,海拔高程约 5 m,面积为 80 hm²,属无林木、无农作物、无建筑物的荒滩,土质为中性砂壤土;相邻海区海水清澈,附近没有虾场和其它污染源,附近有淡水水库,可提供养殖用淡水;有公路和高压电等设施;能办理土地使用手续。该地点基本符合上述选址条件。

2 潮上带虾池及相关系统的设计

潮上带虾场由虾池、进水系统、排水系统、增氧系统和其它生产生活配套设施组成。不同规模、不同几何形状场地的总平面布置和系统(设施)的设计也略有不同。我们针对常见的长方形或正方形的场地,重

点设计虾池、进水系统、排水系统、增氧系统和其它生产生活配套设施几部分(图 1)。

2.1 虾池

设计虾池时除了综合考虑池的面积、深度、池堤、进水口、进水缓冲池、池中心排水系统、观察台和阶梯外,池的形状和池中心排水系统尤其重要。由于圆形的虾池最有利于池水在增氧机的作用下旋转流动,方形圆角池既能让池水较好地旋转流动,又能提高土地利用效率,但是传统设计的宽长比为 1:2~1:3 的潮间带长方形虾池显然不适合于潮上带虾池。因此,我们把虾池设计成 2 种形状,即圆形池和方形圆角池。虾池尽量按双数排列,以便减少进水支渠、排水涵洞和工作井。虾池共 10 列 62 口,旁边的空地可进一步扩大虾场的规模。每口圆形池按 0.667 hm² 设计,即池底半径 $R_1 = 44.58$ m,池面半径 $R_2 = 48.26$ m。宽度与圆形池直径相同的方形圆角池每口为 0.833 hm²,即池底每条边长 89.16 m,池上面每条边长 96.52 m,从池角截取每条边 12.0 m 做成圆角,便成方形圆角池。个别池受到地形的限制,面积略有变化。其中最小为 0.440 hm²,最大为 1.060 hm²,平均为 0.695 hm²。圆形池、进水支渠和排水涵洞的设计见图 2。

如果虾池底质砂粒较粗,渗水量大,在设计和施工时采取防渗措施。可在渗水量大的虾池底回填一层 0.20~0.25 m 厚的中性黄土(粘土),然后再覆盖一

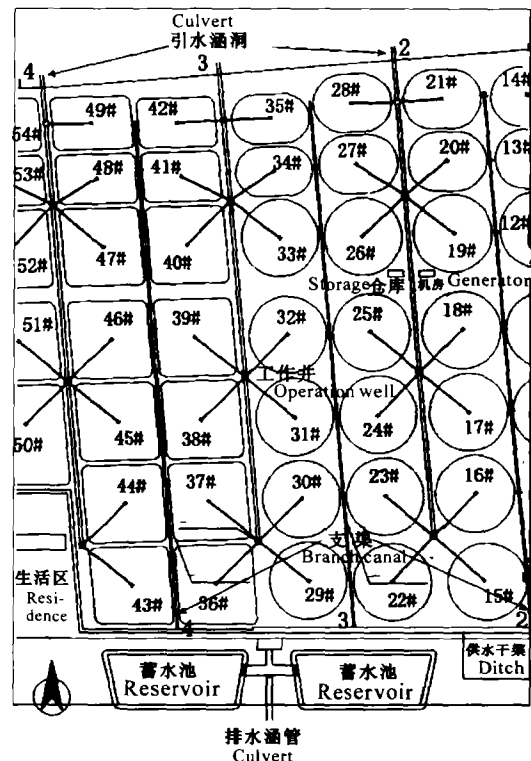


图 1 潮上带虾场总平面布置图

Fig. 1 Layout of the supratidal shrimp farm

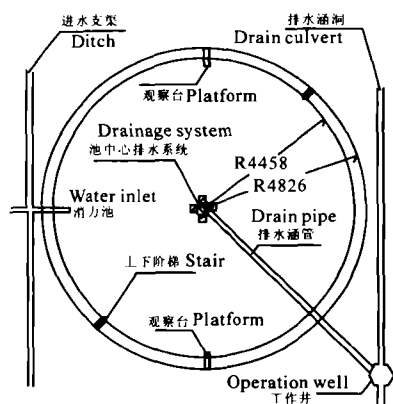


图2 圆形池、进水支渠和排水涵洞平面图

Fig.2 The plan of round shrimp pond, water supply branch canal and drainage culvert

层 0.10 m 厚的细沙;也可以在池底铺塑料薄膜防渗。每口池由池堤、池中心排水系统、进水口、进水缓冲池、观察台和阶梯组成。

2.1.1 池堤

池堤高度按下式计算^[1]:

$$H = h + h_1 + h_2,$$

式中 H 为池堤高度(m); h 为养殖最大用水深度(m); h_1 为防止波浪冲出池外的预留高度(m); h_2 为池边防污墙高度(m)。我们设计的虾池的池堤高度为 2.45 m。其中 h 为 2.0 m, h_2 为 0.15 m,即在堤面沿着虾池的周边高出地面 0.15 m,以防下大雨时堤面污水进入虾池。该场为砂壤土,池堤内侧坡度为 1:1.5,内侧砌护坡。

2.1.2 池中心排水系统

包括位于池中心的闸网架、闸网、排水入口、排水涵管和闸门。(1)闸网架。闸网架位于每口虾池中心,由四条方形柱组成。每条方形柱的每条边长 0.55 m,高 2.40 m。每条方形柱对应面都设有 2 条闸槽,用于安装闸网,排水时防止对虾外逃。(2)闸网。闸网架的 4 条方形柱有 8 对闸槽,即 4 条方形柱的对应面可插入两层闸网。每个闸网宽 1.00 m,高 2.40 m。排水时,从装有闸网的四个侧面向竖立式的排水入口排水。(3)排水入口。竖立式排水入口设在虾池中心,在四条方形柱的中央,从池底平面垂直向下 0.90 m,与横向设置的排水涵管相通。池底以 3:1000 的坡度从池边四周向位于池中心的排水入口方向倾斜^[2],以利于排干池水。排水时,池水从闸网架的四个侧面横向通过闸网后,垂直向下经排水入口进入埋于池底的排水涵管向外排出。排水入口的长 1.00 m,宽 1.00 m,深 0.90 m。(4)排水涵管。建在虾池底以下 0.15~0.75 m 处,从位于池中心的排水入口联通至池边的闸门,排水涵管内顶面比池底低 0.15 m,内底面比池

底低 0.75 m,内径 0.6 m。这样设计既可保持池底平整,也可以增大排水水头、增加排水流量。(5)闸门。池中心排水系统的闸门设在工作井边,位于工作井与排水涵管连接处。闸门宽 0.70 m,高 0.65 m。在螺旋闸门外侧设置一个闸槽,用于安装收虾网。每个六角形工作井设置 4 个闸门,通过这 4 个闸门可分别控制 4 口池的水位。

如此设计的池中心排水系统克服了传统排水闸门的缺点,利于排污,还能增大排水流量,显著缩短排水时间。对于养殖生产而言,这是非常实用的。

2.1.3 进水口和进水缓冲池

每口虾池沿中心线在进水支渠垂直相交点建一个进水口。进水口底平面与进水支渠底平面持平,高于虾池底平面 2.25 m 以上,宽 0.40 m,高 1.20 m,设两道闸槽,近池的一道用于安装进水网袋,另一道安装闸板,用闸板控制每口池的进水量。在正对着进水口的池底建一个进水缓冲池,用于缓解进水的冲力。缓冲池长 1.60 m,宽 0.40 m,深 0.50 m。

2.1.4 观察台

每口虾池在中心线两端池边各建一个观察台,用于观察对虾的摄食、活动和生长情况。观察台长 5.00 m,宽 1.00 m。观察台从池边向池中心方向延伸 5m,台面与池堤高度相同。

2.1.5 阶梯

每口虾池在中心线两端池边设计 1~2 个 1.50 m 宽的阶梯,以方便上下虾池。

2.2 进水系统

进水系统由引水涵洞和沉沙池(一级)、蓄水池、抽水站、水泵、供水干渠和消力沉沙池(二级)、供水支渠和 U 型涵管组成。海水(或蓄水池的水)经引水涵洞引到一级沉沙池和抽水泵房,轴流泵把海水提升至消力沉沙池和供水干渠,再分流至各支渠,经虾池进水口流入虾池内。进水系统设备设施的大小根据养殖面积大小而确定,养殖面积越大,养殖需要的水量越大,设备设施就要大,反之则小。

2.2.1 引水涵洞和沉沙池

引水涵洞设计最关键的参数是涵洞底平面高程,高程太低会加大施工难度,增加工程造价,高程太高会减少每天的抽水时间,不能满足使用要求。根据平均每天提水 20 h 以上的使用要求,我们设计引水涵洞断面积 7.65 m²,长 95.0 m,坡率 1:500,涵洞底平面高程位于多年平均低潮线以下 2.0 m,涵洞从位于岸边的沉沙池边伸入海中,与海岸线垂直。沉沙池长 12.0 m,宽 5.0 m,深 6.4 m,其底平面比引水涵洞底平面低 1.2 m,位于抽水泵房旁边。经引水涵洞引

入的海水流入沉沙池后,水中的沙子和其它杂物便在沉沙池中沉淀。

2.2.2 蓄水池

蓄水池的作用是储存海水,让海水经过过滤或在池内沉淀净化后,达到降低病原体宿主、病原菌和其它悬浮物数量的目的。如果海区水质好,附近没有虾场和其它污染源,也可以不建设蓄水池。我们设计的潮上带虾场的两口过滤蓄水池位于抽水泵房以下海边,在引水涵洞左右各一口,沿着海边排列。每个过滤蓄水池长 350 m,宽 70 m,高 4.0 m,容积为 98 000 m³,两口过滤蓄水池容积共 196 000 m³。

2.2.3 抽水站

抽水站(图 3、图 4)含有一级沉沙池和用于安装水泵、马达和配电设备的泵房等设施。我们选择在紧靠虾场旁边的海边建抽水站。泵房长 22.75 m,宽 8.00m,高 13.75 m,泵房下部有一个与沉沙池和进水涵洞连通的充满水的地下室,水泵浸没于水下,直接从中抽水。中层安装水泵的电动机和配电设施,电动机楼层位于最高高潮线以上 1.0 m,安装一排 7 台轴流泵的立式电动机。

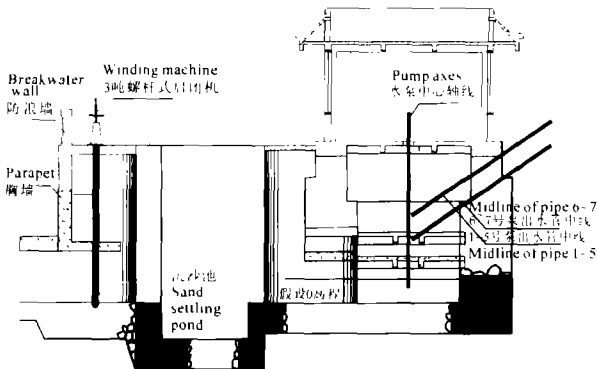


图 3 抽水站横剖面图

Fig. 3 The section of pumping station

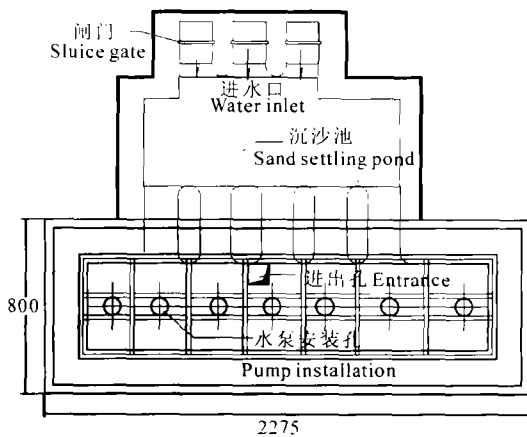


图 4 抽水站水泵房与沉沙池平面图

Fig. 4 The plan of pumping station and sand settling pond

2.2.4 水泵

水泵选择低扬程、大流量和高效率的立式轴流泵。根据整个养殖场的每天供水定额(172 268 m³)和轴流泵的流量,我们选用 20ZLB-70 型轴流泵 7 台作 43 hm² 虾池的抽水泵。该轴流泵由上海长征水泵厂生产,其技术参数为:扬程 9.44 m;流量在不同的扬程流量为 1 370~2 858 m³/h;转速 980 r/min,叶轮直径 450 mm;配套电动机 55kW6P 立式电动机;效率(η%)在不同的叶片安装角度其效率为 70%~83%。在 5 m 扬程、叶片安装角 4°时,7 台泵每小时可提水 18 900 m³。根据水泵的 Q-H 性能曲线,考虑到水泵的扬程(H)越大,流量(Q)越小,在设计时,我们把 7 台水泵设置在 2 个不同的高程。其中 5 台泵平均每天能抽水 12 h 以上,另 2 台安装较低的水泵每天能抽水 20 h 以上。这样,既能最大限度地提高水泵的抽水能力,同时又能随时满足特殊用水的需要。

2.2.5 消力沉沙池和供水干渠

消力沉沙池和供水干渠位于抽水泵房旁边。消力沉沙池位于水泵出水口,长 24.0 m、宽 6.0 m,高 2.1 m,底平面比供水干渠底平面低 0.4 m。这样设计的消力池可以兼作二级沉沙池的作用。池边建有一个出水口,能将整条干渠和消力沉沙池的水排干,利于对干渠和消力沉沙池的清洗。干渠设计按过水断面进行,并根据实际情况作调整。过水断面用明渠均匀流公式计算,公式^[1-3]如下:

$$W = \frac{Q_{\text{设}}}{C \sqrt{Ri}} \quad (1)$$

式中 W 为供水干渠过水断面面积(m²);Q_设为供水干渠设计流量(m³/s);C 为谢才系数;R 为水力半径(m);i 为水力比降,取值为渠底比降。因此,干渠设计为:长 940.0 m,宽 6.0 m,高 1.7 m,比降 0.2 : 1000。

2.2.6 供水支渠和 U 型涵管

采用每条供水支渠向两排虾池供水的方式设计供水支渠。供水支渠位于两排虾池中间,与两排虾池平行排列,即按“非”字形排列(见图 1)。按支渠过水断面面积(用(1)式计算),设计每条支渠长约 650 m,宽 1.2 m,高 1.2 m,比降 0.5 : 1000,底平面比池面低 0.2 m 以内,即支渠底平面比每口池的最高水位(2.0 m)高 0.25 m 以上。供水支渠凡是跨过场内公路均设一个 U 型涵管。U 型涵管和供水支渠同在一条轴线上,与干渠垂直。U 型涵管宽 1.2 m,高 1.2 m。全场 5 条供水支渠共有 9 条 U 型涵管。每条 U 型涵管与干渠的连接处建有一座闸门,宽 1.2 m,高 1.2 m。用于控制各进水支渠的进水量,以利于对全场用水的控制。设计 U 型涵管的目的是方便交通,能让车辆沿着

场内周边,以及横跨养殖场中部通行。

海水经水泵提水,首先进入消力沉沙池,经供水干渠流入各供水支渠,再由供水支渠流入虾池。

2.3 排水系统

按排水系统与进水系统完全分开(即所谓排灌分家)的标准设计排水系统。排水系统由排水涵洞和工作井组成。

2.3.1 排水涵洞

位于两排虾池中间(见图1),与两排虾池平行排列,埋于地下3.45 m以下。每条排水涵洞可让两排虾池排水,过水断面面积用(1)式计算。排水涵洞采用前小后大的渐变式洞体,截面积设计为 $0.84\sim 1.68\text{ m}^2$ 。即把每条长度约650 m的排水涵洞设计成前段最小,截面积为 0.84 m^2 ,后段(靠近排水口)最大,截面积为 1.68 m^2 。这种设计考虑到如果需要多口虾池甚至14口虾池同时排水时,前段虾池少,排到涵洞的水量就少,因而涵洞截面积最小,以免浪费。而后段水量最大,因而涵洞截面积最大,既节省投资又满足排水需要。排水涵洞比降 $1:1000$,其底平面低于虾池排水涵管底面 0.40 m 。这就形成虾池排水涵管底面比虾池底平面低 0.75 m ,而排水涵洞底平面又比虾池排水涵管底面低 0.40 m 的逐级降低的梯级结构。这种结构有利于排水、排污和收虾。

2.3.2 工作井

由于潮上带虾池是从地表向下开挖而建成的,虾池深度达 2 m 以上,而虾池中心排水系统的排水涵管又低于虾池底几十厘米(取决于排水涵管直径),必须有一个称作‘工作井’的设施用于养殖操作。工作井与虾池的联接采用四口虾池与一个工作井联接的方案设计(见图1)。从既节省投资,又能方便养殖操作综合考虑,按四口虾池建一个工作井的方案设计工作井。当遇到旁边不足四口虾池的特殊情况,则按三口、两口或一口虾池建一个工作井的方案设计,以最大限度地减少工作井的数量,节省投资为准则。工作井的形状为六角形(见图5)和长方形,与四口虾池联通的工作井为六角形,与两口虾池联通的工作井为长方形。六角形工作井每口面积为 23.4 m^2 ,长方形工作井每口面积为 16.0 m^2 ,高(从井底至地面) 3.8 m 。

工作井位于排水涵洞的轴线上,与四口(或两口)虾池中心的距离均基本相同,其底平面低于池中心排水系统的排水涵管底面 0.60 m ,低于排水涵洞底平面 0.20 m 。井边建有一个阶梯,以方便收虾操作。收虾时,在工作井边的闸门第一道闸槽插入收虾网袋,打开虾池中心闸网架的闸网,然后打开闸门,对虾随着水流排出,并收集于收虾网袋内。

广西科学 2003年2月 第10卷第1期

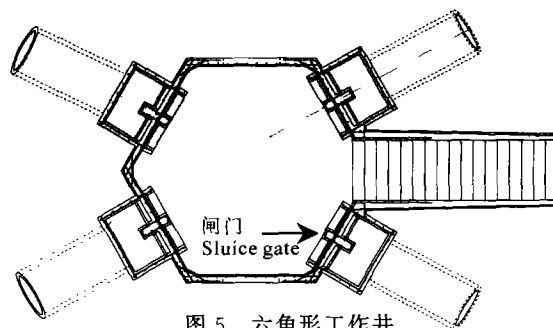


图5 六角形工作井

Fig. 5 Hexagon operation well

每口虾池的池水从池中心排水系统的闸门排出,进入虾场的排水系统,由排水系统排出场外,水的流向为:自然海区1(南面) \rightarrow 过滤蓄水池 \rightarrow 抽水泵房 \rightarrow 供水干渠 \rightarrow 供水支渠 \rightarrow 虾池进水口 \rightarrow 虾池 \rightarrow 虾池排水口 \rightarrow 排水涵洞 \rightarrow 自然海区2(北面)。

2.4 增氧系统

增氧系统由增氧机、变压器、备用发电机组和供电线路组成。

2.4.1 增氧机

可选用安装于水下的射流自吸式增氧机或安装于水面的水车式增氧机,其它的增氧机也可选用,但最好选用射流自吸式增氧机,以满足如下技术要求:(1)增氧能力强。按每公顷产对虾 6000 kg 计,每公顷配备射流自吸式增氧机(防城港市海洋科技开发中心发明和生产) $9.75\sim 11.25\text{ kW}$ ($13\sim 15$ 台);水车式增氧机或其它类型的增氧机 $11.25\sim 15.75\text{ kW}$ 。(2)排除池底有毒气体,降低其含量。射流自吸式增氧机安装于池底,最大吸气量达 $50\text{ m}^3/\text{ kW}\cdot\text{ h}$ 以上,在高效增氧的同时,具有曝气的功能,能驱除池底有机物分解生成的未溶解的有毒气体,降低其在虾池中的含量。

2.4.2 变压器

潮上带虾池用电量,需配备专用变压器。根据虾场的总用电量,再加上 $10\%\sim 20\%$ 的余量计算需使用的变压器容量。 43 hm^2 虾池总用电量约为 900 kW ,需使用 630 kVA 的变压器2台。

2.4.3 备用发电机组

备用发电机组只有在电网突然停电时作应急增氧使用,考虑到在停电几小时乃至一天内可用 60% 的增氧机维持对虾不致缺氧,因此, 43 hm^2 虾池需要备用发电机组的发电能力为 290 kW 。

2.4.4 备用发电机房和供电线路

备用发电机房按常规建设。 220 V 供电线路连接到每口虾池旁边。

2.5 配套设施

配套设施包括实验室、办公室、宿舍、仓库和其它生活设施。

2.5.1 实验室

实验室面积 120 m²,建在场的中部。实验室内配备多功能水质分析系统、显微镜、天秤、电脑以及与水产养殖有关的常规仪器设备,以满足生产和科研需要。

2.5.2 办公室、宿舍、仓库

办公室面积 120 m²,职工宿舍面积 600 m²,仓库面积 210 m²,厨房和餐厅面积 100 m²,均按民用建筑常规建设。

3 结束语

按上述设计建成的潮上带虾场已经过几年大规模对虾高产轮养试验示范,试验结果表明,各系统设计合理,使用正常,能满足集约化对虾高产养殖的技

术要求。在建成的潮上带虾池轮养斑节对虾和日本对虾均获高产^[4]。该虾场于 1998 年被国家科委等五部(委)批准为全国科技兴海广西防城港市集约化对虾养殖示范基地。这是全国科技兴海示范基地中惟一的集约化对虾养殖示范基地。

参考文献

- 1 李少华主编. 咸水微咸水养殖技术. 北京:中国农业科技出版社,1996. 35~38,53~60.
- 2 F W 惠顿编著[美]. 水产养殖工程. 中国水产科学研究院东海水产研究所,北京自动化系统工程设计院译. 北京:农业出版社,1988. 364~381.
- 3 武汉水利电力学院水力学教研室编. 水力学. 北京:人民教育出版社,1975.
- 4 吴世海,王志成,周浩郎等. 广西潮上带斑节对虾和日本对虾高产轮养,广西科学,2002,9(4):320~324.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第 74 页 Continue from page 74)

(2)设置寒冷度指数、冰冻度指数和持续性指数以量化的方式来综合评判广西异常霜冻天气的气象学特征,具有明晰的物理意义,可操作性强,判别结果与实际影响较为一致。

(3)自 1950 年以来的 50 多个冬季中,影响最为严重的异常霜冻天气过程是 1955 年 1 月 10~12 日特重霜冻过程,其次是 1975 年 12 月 18~31 日严重霜冻过程,而 1967 年 1 月 17~19 日霜冻过程和 1999 年 12 月 22~27 日霜冻过程分居第 3 位和第 4 位。

(4)随着我区农业产业结构的调整优化和热带经济作物种植范围的扩大,异常霜冻天气所造成的直接经济损失将趋增大,进一步开展广西冬季农业区划和防霜(冻)减灾的研究工作将是十分必要的。本文结果将为进一步研究广西异常霜冻天气,改善预测预报水

平,搞好冬季防霜(冻)减灾工作提供有益的帮助。

参考文献

- 1 人民日报·华南新闻. 中国糖业离不开广西. 2002 年 3 月 11 日.
- 2 何燕,谭宗昆,冯源. 1999 年严重霜冻、冰冻天气对广西农业的影响. 广西气象,2000,(1):6~8.
- 3 李惠贤. 霜冻灾害. 广西年鉴(2000). 南宁:广西年鉴出版社,2000. 335~336.
- 4 广西气象局农业区划协作组. 广西农业气候资源分析与利用(广西气候区划). 北京:气象出版社,1998.
- 5 吴兴国. 广西冬季重大霜冻天气过程特征分析. 广西气象,2000,(1):3~5.

(责任编辑:邓大玉)