**浙江万里学院**

硕士专业学位论文

**中文论文题目:岱衢族大黄鱼对不同溶氧水平的Th理学响应 及温度、盐度对其耗氧率排氨率的影响**

**英文论文题目：** Physiology response to dissolved oxygen levels, and effect of temperature or salinity on oxygen consumption or ammonia excretion of dai-qu stock large yellow croaker (*pseudosciaena crocea*)

申请人姓名： 郭念岗 校内导师： 杨季芳 校外导师： 吴雄飞

专业学位类别： 工程硕士专业学位专业学位领域： 生物工程 所在学院： 生物与环境学院

**论文提交日期**  **2014.03.31**

**岱衢族大黄鱼对不同溶氧水平的Th理学响应及温度、盐度对其耗氧率排氨率的影响**

**院 系**：生物与环境学院**工程领域**：生物工程

**校内导师：**杨季芳 研究员**校外导师：**吴雄飞 研究员**工程硕士：**郭念岗

**学** **号：**2012881015

**浙江万里学院**

**2014 年 03 月**

**Physiology response to dissolved oxygen levels, and effect of temperature or salinity on oxygen consumption or ammonia excretion of dai-qu stock large yellow croaker (*pseudosciaena crocea*)**

**M.D. Candidate**：Guo-Niangang **Supervisor（I）**： Yang-Jifang **Supervisor（II）**：Wu-Xiofei **Speciality**：Biological Engineering

Zhejiang Wanli University Ningbo,P.R.China

May, 2014

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 题中图分号： | S917.4 | 单位代码： | 10876 |
| 学号： | 2012881015 | 密级： | 公开 |

**浙江万里学院**

硕士专业学位论文

**中文论文题目:岱衢族大黄鱼对不同溶氧水平的生理学响应及温度、盐度对其耗氧率排氨率的影响**

**英文论文题目：**Physiology response to dissolved oxygen levels, and effect of temperature or salinity on oxygen consumption or ammonia excretion of dai-qu stock large yellow croaker (*pseudosciaena crocea*)

申请人姓名： 郭念岗 校内教师： 杨季芳 校外导师： 吴雄飞

专业学位类别： 工程硕士专业学位专业学位领域： 生 物 工 程 所在学院： 生物与环境学院

**论文提交日期**  **2014.03.31**

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 **浙江万里学院** 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名： 签字日期： 年 月 日

本学位论文作者完全了解浙江万里学院有关保留、使用学位论文的规定，同意**浙江万里学院**保留并向国家有关部门或机构送交论文的

复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权**浙江万里学院**可

以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

**保密**□ **在**  年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

**不保密**□。

（请在以上方框内打“**√**”）

学位论文作者签名： 指导教师签名：

岱衢族大黄鱼对不同溶氧水平的Th理学响应及温度、盐度对其耗氧率排氨率的影响

摘 要

本文选取岱衢族大黄鱼作为研究对象，通过控制其环境溶解氧水平，研究其在低氧胁迫下生理反应、抗氧化能力；同时研究了在不同温度、盐度对岱衢族大黄鱼幼鱼和成鱼排氨率和耗氧率的影响，以及探明了在不同温度下其浮头点和窒息点，最后对岱衢族大黄鱼F2和F3幼鱼对有关环境因子的耐受力进行初步研究。主要研究成果如下：

1.选取体重2.0g岱衢族幼鱼为对象，研究干露、低盐度以及高水温对F2 和

F3幼鱼存活和活力的影响。结果表明，随着干露时间的延长F2和F3死亡率不断升高，干露时间1min到4min存活率都超过96%, 5min存活急剧降低, 7min存活率低于20%，随着干露时间的延长幼鱼的恢复时间也随之提高；在盐度突变至3‰条件下，F2和F3存活时间达到6d，存活率都在98%以上；在温度逐渐升高条件下，F2和F3最高耐受温度都在为35-36℃。

2.分别选取平均体重91.7g和353.2g的岱衢族大黄鱼作为对象，研究不同温度(8、14、20、26、31℃)和不同盐度（5‰、15‰、25‰、35‰）条件对下岱衢族大黄鱼耗氧率和排氨率的影响，以及测定在不同温度下（8、14、20、26、31℃）浮头点和窒息点。结果表明：岱衢族一龄和二龄大黄鱼排氨率都随着盐度的上升而上升，在盐度25‰是排氨率达到最大，然后盐度大于25‰时排氨率呈现下降的趋势。耗氧率也表现出随盐度升而升高，在盐度25‰时耗氧率达到最大值，盐度35‰一龄大黄鱼耗氧率没有明显的下降，二龄大黄鱼耗氧率则出现了明显的的降低。温度对排氨率的影响可以明显分为两个阶段，8℃、14℃两组排氨率维持在较低水平，20℃、26℃、31℃排氨率维持在比较高的水平。总体上排氨率随着温度的升高而升高，在26℃时达到最大值。一龄岱衢族大黄鱼和二龄岱衢族大黄鱼耗氧率和排氨率随温度的变化趋势相似。不同温度下浮头点和窒息点出现先降低在升高的趋势，在8℃-14℃呈现下降趋势，在14℃-31℃呈现上升趋势。结论岱衢族大黄鱼在温度26℃、盐度25‰排氨率和耗氧率有最大值，代谢活动

I

最强。

3.选取体重350g的岱衢族大黄鱼作为对象，研究了在不同的溶解氧水平下

2mg/L、3mg/L、4mg/L和正常海水溶氧8mg/L左右条件下，不同组织（血液、肌肉和肝脏）中超氧化物歧化酶(Super Oxide Dismutase, SOD)和乳酸脱氢酶

（LDH），在胁迫3h，6h，12h，24h，48h，72h，96h后的变化，并在实验过程中观察各组实验用鱼的生存状况。结果表明：在血液、肌肉和肝脏中LDH活性都出现先降低后升高的变化趋势；SOD活性在肝脏中只在3h出现短暂的下降，肌肉中SOD活性在3-48h要低于对照组，在血液中SOD活性除在48h显著升高（p

＜0.05）其它各时间点和对照组没有明显比变化。实验过程中岱衢族大黄鱼在

2mg/L和3mg/L实验条件下出现死亡情况，在4mg/L实验组和对照组并没有出现死。分析表明，岱衢族大黄鱼对低氧耐受力较差。

关键词：岱衢族大黄鱼； 溶解氧； 胁迫； 酶活； 温度； 盐度； 耗氧率； 排氨率； 环境因子； 耐受力

II

**PHYSIOLOGY RESPONSE TO DISSOLVED OXYGEN LEVELS, AND EFFECT OF TEMPERATURE OR SALINITY ON OXYGEN CONSUMPTION OR AMMONIA EXCRETION OF DAI-QU STOCK LARGE YELLOW CROAKER (*PSEUDOSCIAENA CROCEA*)**

Abstract

In order to study the antioxidant capacity and physiological responses of hypoxic stress by controlling dissolved oxygen levels of their environment, juvenile and adult Dai-qu large yellow croakers (*Pseudosciaena crocea*) were selected. The ammonia excretion rate and oxygen consumption rate that varies with temperature and salinity were explored. In addition, the floating point and suffocation point at different temperatures was measured. The tolerance of Dai-qu juvenile large yellow croaker F2 and F3 to relevant environmental factors also been researched.

The main results are listed as following~~s~~:

1. The mean weight of 2.0g fish was select to determine the effects of air exposure, low salinity and high temperature on survival and vitality of F2 and F3. The results showed that the mortality was increased with the exposure time prolonged F2 and F3. The survival rate was more than 96% within 1min to 4min of exposure time. However, the survival rate was decreased sharply at 5min of exposure time, and it was lower than 20% at 7 min. In addition, with the exposure time prolonged, the larval

Recovery time increased. Under the condition of the 3‰salinity, F2 and F3 survival

Time reached 6d, and survival rate was more than 98%. the highest temperature tolerance of F2 and F3 were at 35-36℃.

2. The effects of different temperatures(8, 14, 20, 26, 31℃) and different salinity(5, 15, 25, 35‰) on the oxygen consumption rate and ammonia excretion

Rate was carried in fish with mean weight of 91.7 and 353.2g. The floating point and the suffocation point at different temperatures (8, 14, 20, 26, 31℃) were measured. The results showed that the ammonia excretion rate rise with increased salinity for

III

Both size of fish. The ammonia excretion rate was the maximum at 25‰of salinity, and exhibited a downward trend with more than 25‰salinity. Oxygen consumption rate got up with salinity increased. At 25‰of salinity, the oxygen consumption rate reach the maximum point. At 35‰of salinity, the oxygen consumption rate was not

Significantly reduced for one-year-old large yellow croaker. However, it had a clear

Reduction two-year-old fish. Effect of temperature on the rate of ammonia can be clearly divided into two phases. Ammonia excretion rate of 8℃and 14℃treated groups remained at a low level, and that of 20, 26, 31℃treated groups remained at a relatively high level. Overall ammonia excretion rate increased as the temperature rise, and it reached a maximum level of 26℃. Oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of one- and two-year-old fish showed a similar trend in accordance with

Temperature change. Floating point and suffocation point at different temperatures appeared an initial reduce within 8-14℃and an followed increase within 14-31℃. At

The temperature of 26℃and the salinity of 25‰, ammonia excretion rate and oxygen

Consumption rate reached the maximum, and metabolic activity was strongest.

3. The fishes with initial weight of 350g were used in this study. The fishes treated with different levels of dissolved oxygen (2, 3, 4mg/L) were set as the experimental group, and the one treated with normal seawater (8mg/L) was set as the control group. After hypoxia stress (3, 6, 12, 24, 48, 72, 96h) was conducted, the change of enzyme (SOD and LDH) activity in different tissues, including blood, muscle and liver, was detected. At the same time, the living conditions of the experimental fish was observed. The results show that the LDH activity in the blood, muscle and liver decreased firstly, afterwards, it was increased. SOD activity decreased only in the liver for 3h. SOD activity in muscle was lower in experimental groups than that in control group within 3-48h, and it was not in significant difference in the blood between experimental groups and control group at sampling time, except at 48h. At this time point, the experimental groups obtained significantly higher SOD activity than the control group (p<0.05). Death of fish occurred at 2 and 3mg/L, but at 4mg/L, the mortality in experimental and control groups did not observed. Analysis showed that hypoxia tolerance of Dai Qu large yellow croaker was poor.

**KEY WORDS:**: Dai-qu Stock large yellow croaker; *Pseudosciaena crocea*; Dissolved

IV

Oxygen, stress, enzyme activities, temperature, salinity, ammonia excretion rate, oxygen consumption rate, environmental factors, tolerance

V

# 英文缩略词

SOD Superoxide Dismutase 超氧化物歧化酶

LDH lactate dehydrogenase 乳酸脱氢酶

CAT Catalase Micrococcus lysodeikticus 过氧化氢酶

GPX Glutathione peroxidase 谷胱甘肽过氧化物酶

AST Aspartate Transaminase 谷草转氨酶

DO Dissolved Oxygen 溶解氧

GST GlutathioneS-transferases 谷胱甘肽硫转移酶

ALT Alanine aminotransferase 谷丙转氨酶

LC50 Lethal Concentration 50 半致死浓度 T-SOD Total superoxide dismutase 总超氧化物歧化酶 CK-MB Creatine kinase isoenzyme 肌酸激酶同工酶

VI

目 录

[摘 要](#_Toc686595667) 4

[Abstract](#_Toc686595668) 5

[英文缩略词](#_Toc686595669) 6

[目 录](#_Toc686595670) 7

[第](#_Toc686595671)**[1](#_Toc686595671)**[章](#_Toc686595671) **[:](#_Toc686595671)** [绪论](#_Toc686595671) 9

**[1.1](#_Toc686595672)** [课题来源及研究意义](#_Toc686595672) 9

**[1.2](#_Toc686595673)** [环境因子对鱼类的影响](#_Toc686595673) 10

**[1.2.1](#_Toc686595674)** [引言](#_Toc686595674) 10

**[1.2.2](#_Toc686595675)** [温度对鱼类的影响](#_Toc686595675) 10

**[1.2.3](#_Toc686595676)** [溶氧对鱼类的影响](#_Toc686595676) 11

**[1.2.3](#_Toc686595677)** [盐度对鱼类的影响](#_Toc686595677) 12

**[1.2.4](#_Toc686595678)** [氨氮对鱼类的影响](#_Toc686595678) 12

[1.3 大黄鱼研究概况](#_Toc686595679) 12

[第](#_Toc686595680)**[2](#_Toc686595680)**[章 岱衢族大黄鱼](#_Toc686595680)**[F2](#_Toc686595680)**[和](#_Toc686595680)**[F3](#_Toc686595680)**[幼鱼对有关环境因子的耐受力的初步研究](#_Toc686595680) 13

**[2.1](#_Toc686595681)** [材料与方法](#_Toc686595681) 13

**[2.1.1](#_Toc686595682)** [试验材料](#_Toc686595682) 13

**[2.1.2](#_Toc686595683)** [方法](#_Toc686595683) 13

[2.1.3 鱼苗死亡的确定](#_Toc686595684) 13

[2.2 结果](#_Toc686595685) 13

**[2.2.1](#_Toc686595686)****[F](#_Toc686595686)[2](#_Toc686595686)**[和](#_Toc686595686)**[F](#_Toc686595686)[3](#_Toc686595686)**[耐干露能力](#_Toc686595686) 13

**[2.2.2](#_Toc686595687)****[F](#_Toc686595687)[2](#_Toc686595687)**[和](#_Toc686595687)**[F](#_Toc686595687)[3](#_Toc686595687)**[耐低盐能力](#_Toc686595687) 14

**[2.2.3](#_Toc686595688)****[F](#_Toc686595688)[2](#_Toc686595688)**[和](#_Toc686595688)**[F](#_Toc686595688)[3](#_Toc686595688)**[耐高温能力](#_Toc686595688) 14

[2.3 讨论](#_Toc686595689) 14

[第](#_Toc686595690)**[3](#_Toc686595690)**[章 温度、盐度对岱衢族大黄鱼耗氧率、排氨率的影响以及在不同温度下其浮头点和窒息点的测定](#_Toc686595690) 15

**[3.1](#_Toc686595691)** [材料和方法](#_Toc686595691) 15

**[3.1.1](#_Toc686595692)** [实验材料](#_Toc686595692) 15

**[3.1.2](#_Toc686595693)** [实验设计](#_Toc686595693) 15

**[3.1.3](#_Toc686595694)** [溶解氧的测定](#_Toc686595694) 16

**[3.2.4](#_Toc686595695)** [水中氨氮的测定](#_Toc686595695) 16

**[3.2.5](#_Toc686595696)** [所用试剂](#_Toc686595696) 16

**[3.2.6](#_Toc686595697)** [计算公式及数据处理](#_Toc686595697) 17

**[3.3](#_Toc686595698)** [实验结果](#_Toc686595698) 17

**[3.3.1](#_Toc686595699)** [盐度对岱衢族大黄鱼排氨率和耗氧率的影响](#_Toc686595699) 17

**[3.3.2](#_Toc686595700)** [温度对岱衢族大黄鱼排氨率和耗氧率的影响](#_Toc686595700) 20

**[3.3.3](#_Toc686595701)** [不同温度岱衢族大黄鱼浮头点和窒息点的测定](#_Toc686595701) 22

**[3.4](#_Toc686595702)** [讨论](#_Toc686595702) 23

**[3.4.1](#_Toc686595703)** [盐度对耗氧率和排氨率的影响](#_Toc686595703) 23

**[3.4.2](#_Toc686595704)** [温度对耗氧率排氨率的影响](#_Toc686595704) 24

**[3.4.3](#_Toc686595705)** [温度对浮头点和窒息点的影响](#_Toc686595705) 24

[第](#_Toc686595706)**[4](#_Toc686595706)**[章 不同溶解氧水平对岱衢族大黄鱼体内抗氧化代谢和无氧呼吸代谢的影响](#_Toc686595706) 24

**[4.1](#_Toc686595707)** [材料与方法](#_Toc686595707) 24

**[4.1.1](#_Toc686595708)** [实验材料](#_Toc686595708) 24

**[4.1.2](#_Toc686595709)** [实验设计](#_Toc686595709) 24

**[4.1.3](#_Toc686595710)** [样品的制备](#_Toc686595710) 24

**[4.1.4](#_Toc686595711)** [测定方法](#_Toc686595711) 24

**[4.1.5](#_Toc686595712)** [数据处理](#_Toc686595712) 25

**[4.2](#_Toc686595713)** [实验结果](#_Toc686595713) 26

**[4.2.2](#_Toc686595714)** [不同溶解氧水平对血液中酶活指标的影响](#_Toc686595714) 26

**[4.2.3](#_Toc686595715)** [不同溶解氧水平对肌肉组织中酶活指标的影响](#_Toc686595715) 27

[4.3.3 不同溶氧水平对肝脏组织中酶活指标的影响](#_Toc686595716) 28

**[4.3](#_Toc686595717)** [讨论](#_Toc686595717) 30

[第](#_Toc686595718)**[5](#_Toc686595718)**[章 总结与展望](#_Toc686595718) 30

**[5.1](#_Toc686595719)** [总结](#_Toc686595719) 30

**[5.2](#_Toc686595720)** [展望](#_Toc686595720) 31

[参考文献](#_Toc686595721) 32

[攻读硕士学位期间发表的学术成果](#_Toc686595722) 37

[附图：](#_Toc686595723) 38

VIII

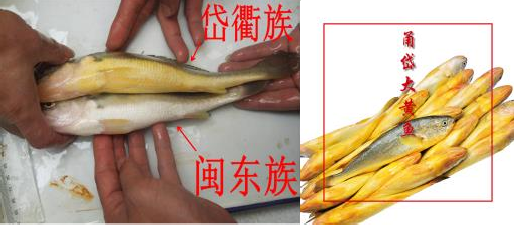
# **第1**章**:** 绪论

## **1.1** 课题来源及研究意义

大黄鱼*Pseudosciaena crocea* (Richardson)属于脊椎动物门（Vertebrata）、硬骨鱼纲（Osteicthys）、鲈形目(Perciformes)、石首鱼科(Sciaenidae)、黄鱼属

（*Pseudosciaena*），俗称黄鱼、黄花鱼、大鲜等，为暖温性底层集群性洄游近海鱼类，是我国特有的重要海水鱼类，是我国传统四大海洋经济鱼类之一，有“海水国鱼”的美名。

根据大黄鱼地理分布的不同，我国沿海的大黄鱼由北向南主要可分为“岱衢族”和“闽粤东族”大黄鱼等地理种群。“闽粤东族”大黄鱼主要分布在浙南、福建和广东沿海，福建省闽东水产研究所于上世纪八十年代在东吾洋采捕野生大黄鱼繁育成功后，成为我国福建、浙江和广东等地主要海水养殖鱼类之一，但是经过十多代的近亲繁殖造成了种质严重退化，加上养殖方式不良和养殖环境恶化，导致生长速度减慢、抗逆性下降、病害多发、性成熟提早、体形变短、体色泛白、脂肪含量高、肉质鲜味差等。“岱衢族”大黄鱼主要分布在浙北舟ft岱衢洋渔场，是历史上东海大黄鱼的主要代表，岱衢族大黄鱼因其体色金黄、肉质鲜嫩、营养丰富受到消费者的欢迎，如图1.1。因过度捕捞近年来岱衢族大黄鱼自然资源已濒临绝迹，从本世纪初以来通过宁波、舟ft等地科研单位、企业的不断努力于



2003年成功突破岱衢族大黄鱼人工繁育技术，同时宁波市海洋与渔业研究院等单位于2007、2008年又成功采捕、保活了数十尾野生岱衢族大黄鱼，并已培育出十余万尾子一代岱衢族大黄鱼，经过这几年的发展岱衢族大黄鱼以培育出子三代并达到千万尾的水平，为开展岱衢族大黄鱼养殖和研究奠定了基础。

**图1.1 岱衢族大黄鱼和闽粤东族大黄鱼对比**

**Figure1.1 The comparison of Dai-qu and Min-yuedong large yellow croaker**

目前对大黄鱼的研究大多集中在功能基因的克隆表达、饲料营养和分子标记等方面，对于和养殖过程中有直接关系的生态方面的研究还比较少，尤其岱衢族

1

大黄鱼生态方面则更是处于空白阶段。本文采用实验生态学的方法，在室内可控的条件下，岱衢族大黄鱼对干露、高温、低盐几种环境因子的耐受性；在不同的温度和盐度条件下不同体重岱衢族大黄鱼的耗氧率和排氨率以及不同温度对其浮头点和窒息点的影响；低氧胁迫对岱衢族大黄鱼呼吸行为、抗氧化代谢和能量代谢的影响，阐明低氧对岱衢族大黄鱼的影响及其适应机制，以期为岱衢族大黄鱼等海水鱼类的的人工养殖提供相关的理论依据。

本研究得到国家级星火计划重大项目：岱衢族大黄鱼养殖产业提升关键技术集成与示范的资助。

## **1.2** 环境因子对鱼类的影响

### **1.2.1** 引言

不同种类的鱼生活在特定的水环境中，容易受外界环境的影响，一方面鱼类把环境作为自身生活的因素，另一方面，鱼类又作为环境的一部分而影响着环境。温度、盐度、溶解氧、氨氮浓度、酸碱度（PH）和光照等环境因子是影响鱼类生长和代谢的主要胁迫因子。

### **1.2.2** 温度对鱼类的影响

鱼类是水生低等变温脊椎动物，容易受外界环境的影响，环境温度是最重要的外界因素之一，影响生物体的生长、代谢以及活动等过程。对于不同种类的鱼都有不同的适宜温度，由于自然环境中存在不同的温度水体，根据鱼类对水体温度的适应情况可以将鱼类分为三种：冷水性鱼类（温度范围为0-10℃，最适温度为4℃左右）、温水性鱼类（温度范围4-20℃）和暖水性鱼类（最适温度大于20℃），同时还有一类广温性鱼类（温度范围为0-35℃）[1]。

#### **1.2.2.1** 环境温度对摄食和Th长的影响

温度是影响鱼类摄食和生长的重要的环境因子，不同种类的鱼都有各自的适宜生长温度。孙丽华等[2]研究表明，在21-33℃军曹鱼(*Rachycentron canadum*)特定生长率均随水温升高呈显著增长趋势。阮成旭[3]等研究证实，温度对大黄鱼幼鱼的生长有显著影响(P＜0.05)，大黄鱼幼鱼的最适生长温度28℃，在该温度下，大黄鱼幼鱼的质量相对增加率、特定生长率和饲料效率都达到最高。刘旭等[4]研究表明，在温度28℃条件下的斜带石斑鱼(*Epinephelus daemelii*)幼鱼生长最快，鱼体平均增重0.619，成活率100%。

2

Handeland 等[5] 发现，在14℃时大西洋鲑(*Salmo salar)*的生长率分别比在

10℃和18℃时高。王辉等[6]发现在31℃奥尼罗非鱼（*O. aureus*♂×*O. niloticus*♀）仔稚鱼的生长速度和绝对质量增加率最高，22℃时最低。Katersk[7]同温度条件

（21、24、27、30、33℃）下，澳洲肺鱼(*Neoceratodus forsteri*)的摄食、生长和蛋白质合成，实验结果表明，随温度升高，澳洲肺鱼的采食量、生长和蛋白质代谢水平均增加，在27-33 ℃间蛋白质合成效率差异没有达到显著水平，但均比

27℃时的值高。

#### **1.2.2.2** 温度对鱼类代谢和排泄的影响

呼吸代谢和氮排泄是鱼类能量学的重要组成部分，温度是其重要的影响因素之一，鱼类是变温动物体温随着外界温度的变化而改变，参与生命活动的各种酶类都有最适宜的放映温度，温度变化可以直接影响到体内酶活性的改变进而影响到各种代谢活动，因此温度对鱼类的各种代谢具有重要的影响。温度对鱼类代谢的影响被大量学者所证实，唐道军等[8]研究表明，温度为15-30℃范围内，黑鱾

（*Girella melanichthys*）幼鱼在饱食状态下的耗氧率、饥饿状态下的耗氧率、饱食状态下的排氨率和摄食率均随温度的升高而增加(P＜0.01)，30℃时达到最大，温度为32℃时，均下降；在温度为15-32℃范围内，黑鱾幼鱼在饥饿状态下的排氨率随温度升高而增加( P＜0. 01)，32℃时达到最大。王刚等[9]研究表明，耗氧率和排氨率均随着温度的升高表现出先增大后减小，温度为27℃时耗氧率和排氨率都达最大值，温度对卵形鲳鲹（*Trachinotus ovatus*）幼鱼耗氧率和排氨率的影响显著(P＜0.01)；耗氧率和排氨率随着盐度的升高均出现降低的趋势。江丽华等[10]研究表明，体重460-550 g的美国红鱼（*Sciaenopsocellatus*）在13、16、19、

22、25、28℃，美国红鱼的耗氧率和排氨率均随温度的增加而增加，在28℃水温时，排氨率较13℃增加了151.64%；较16℃增加了111.14%；较19℃增加了37.01%，而较22℃增加15.38%，较25℃增加了2.12%。在温度10-30℃时，鮸鱼（*Miichthys miiuy*）幼鱼随着温度的升高，耗氧率明显升高，差异显著。在温度10-26℃时，鮸鱼幼鱼随着温度的升高，排氨率明显升高在温度26-30℃时，随着温度的上升鮸鱼幼鱼排氨率呈现下降趋势，26℃时排氨率达到峰值[11]。温度对鱼类代谢的影响总体趋势是随着温度的升高代谢加强，但是每种鱼类又表现出各自的特点，具有各自变化规律。

#### **1.2.2.3** 温度对鱼类消化酶类和抗氧化酶的影响

3

鱼类的消化酶活性和抗氧化作用也与水温密切相关。酶是催化生物反应的一类特殊的蛋白质，生物体中的化学反应绝大多数是催化剂的情况下进行的。酶的突出特征是它们的高度催化能力和转移性，同时酶的活性可以被调节，在不同条件下会表现出活性的不同。消化酶主要是由消化腺和消化系统分泌的起消化作用的酶类，依消化对象的不同可以将其大致划分为蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶。朱爱意等[12]研究表明，在不同温度下离体黄姑鱼蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶的活性变化，温度对黄姑鱼（*Nibea albiflora*）主要消化道各部位消化酶活力多数有显著影响（P<0.05），在黄姑鱼前肠、中肠、后肠、胃、肝胰脏5个部位，在最适pH条件下，前肠、中肠、后肠、胃、肝胰脏中蛋白酶的最适温度均为40℃左右，淀粉酶的最适温度除肝胰脏中为40℃外，其他部位均为30℃，脂肪酶的最适温度均为40℃。

赵东海[13]研究表明，黄鳝(*Monopterus albus*)肠蛋白酶、淀粉酶最适温度均为

40℃。黄颡鱼(*Pelteobagrusfulvidraco*)的胃蛋白酶、肠蛋白酶、淀粉酶的最适温度分别为35-40℃、55-60℃、35-40℃[14]。可以看出不同种类的鱼，不同消化器官内的不同种类的消化酶有着各自的最适宜的温度。但是饲养水温和反应温度对消化酶活力的影响是不同的，在离体状态下鱼类消化酶随温度变化的规律与在体内状态下消化酶随着饲养水温变化的规律是不同的。陈品建等[15]在研究真鲷

（*Pagrosomus major*）幼鱼3种消化酶在不同的反应温度和饲养水温下活性变化时发现，饲养水温与反应温度比较，蛋白酶活性增幅前者远大于后者，脂肪酶活性增幅前者略大于后者，淀粉酶活性增幅前者略小于后者。

抗氧化酶是可以通过酶促反应清除体内多余活性氧的一种酶类，如超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶等。抗氧化酶系[16]主要包括超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GPX)和谷胱甘肽硫转移酶(GST)等。所有的需氧生物在新陈代谢过程中，体内细胞都会产生一定的自由基(free radical)，当生物体处在不是的环境中，体内会产生大量的自由基，在这种情况下机体会产生一定的反应来抵御这种不良的反应，调节机体各种机能去适应环境，通过不同途径清除体内自由基，抗氧化酶体系是其中重要的一个方面。当鱼类生活环境发生变化时体内抗氧化系统也会有相应的变化。刘汝建等[17]研究表明，卵形鲳鲹（*Trachinotus ovatus*）温度骤变过程中，8.0℃和21.0℃SOD活力在1、3、6、12、24h这5个取样时间点均高于对照组，CAT活力在实验结束时(24h)极显著高于对照组(P＜0.01)；29.0℃SOD和CAT活力在实验结束时（24

4

h）显著高于对照组(P＜0.05)；32. 0℃SOD和CAT活；力在5个取样时间点均显著低于对照组(P＜0.05)。

### **1.2.3** 溶氧对鱼类的影响

#### **1.2.3.1** 我国近海岸缺氧区状况

溶解氧（Dissolved oxygen, DO）是以溶解在水体中分子状态的氧气，是水生生物生存的首要条件。大多数水生动物通过鳃等呼吸器官获取水体中的DO，根据是否有DO参与的有机物氧化产能，可以分为有氧代谢和无氧代谢，有氧代谢不仅产能效率高，而且还为某些化合物的合成提供底物，因此DO是保证水生动物正常代谢、生长、发育和繁殖所必需的环境因子。低氧（Hypoxia）通常指水体中DO低于2 mg/L的现象[18]。

溶解氧在自然水环境中不稳定，容易受到生物和非生物因素的影响而溶解和逸出。体表层DO源自大气的复氧过程和浮游植物的光合作用过程，而水体底层

DO浓度则主要于水体交换的能力、水生生物的各种生理活动和有机颗粒物的再矿化作用有关[19\_21]。

导致近年来河口及近岸水体低氧程度不断加剧的主要原因则是富营养化的加剧、全球气候变化[22]。气候变暖引起水体温度升高，使得生物的耗氧量增加，同时氧气的溶解度会降低，水体分层加剧，最终引起水体发生长期或间歇性低氧现象。另外，温度上升也会增加淡水入海量，一方面向近海带来更多的营养物质，增加近海有机物分解的耗氧量，另一方面加剧了近海盐度跃层，加剧水体低氧程度[23]。富营养化导致浮游植物在短时间内大规模爆发，自身死亡和被高营养级摄入后产生的有机质及人为排入海区的有机物质大量积累，好氧细菌分解有机物时消耗大量DO，伴随产生的硝化作用和碳酸盐的矿化过程都要消耗水体底层的

DO，DO的消耗速率大于通过水体交换补充到下层水体DO的速率，并持续一段时间就会产生低氧[19]。

罗琳等[24]研究表明，在珠江口水域，夏季表层水体溶解氧的含量水平主要取决于营养盐N的浓度；底层水体溶解氧含量的主要影响因素是咸淡水交汇形成的盐度差的层化作用，潮汐混合通过影响层化作用从而影响溶解氧的浓度。辛明等[25]研究黄海溶解氧的平面分布特征及季节变化规律表明，冬季，各层水体溶解氧分布均呈南低北高、中央低近岸高的特点，且溶解氧垂直分布大致均匀，其平面分布主要受水温的控制；春季，溶解氧平均含量达到一年中的最大值，平面

5

分布整体上呈现出南部低、中北部高的特点，在底层，南、北黄海均呈现中央低四周高的特点；夏季，各层溶解氧分布趋势差别较大，溶解氧的分布受生物活动和黄海冷水团的影响十分显著；秋季，上层水体中的溶解氧分布受温度和光合作用共同控制，下层水体则受黄海冷水团的影响，其溶解氧平面分布与夏季相似，且含量为四季最低。

石晓勇等[26]分析了东海溶解氧及pH值的分布特征结果表明，4月下旬在调查海区东南部底层已开始出现面积约为15400km2溶解氧低值区，该水域表观耗氧量AOU一般在1.50mg/L以上，同时伴随发生有氧的亏损，形成原因主要是水交换较弱和有机物分解耗氧。溶解氧低值区可能存在机碎屑的沉降汇集区，随着夏季温度的升高和长江丰水期的到来，有机碎屑有可能在台湾暖流的作用下产生西、北向的爬升继而进一步造成溶解氧低值区扩大和溶解氧含量的降低。李道季等[27]在1999年进行的黄、东海夏季调查中，在东海长江口南部，东经123°、北纬29°附近也发现了DO<2mg/L的缺氧区。与此对应的是，这一区域也是东海的赤潮高发区。可以看出我国海岸存和河口在着大量的低氧区域，而且低氧区域随季节变化同时有着不断把扩大和的趋势，这会对海水养殖造成潜在的风险。

#### **1.2.3.2** 低氧对鱼类长的影响

溶解氧参与鱼类的呼吸代谢，为鱼类的各种代谢提供能量，是鱼类生长发育的重要影响因子。鱼类对低氧的耐受能力因种类而异，一般来说，底层鱼类耐低氧能力强于中上层鱼类，在不同溶氧条件下不同种类的鱼类生长情况也是有差异的。Shimps等[28]研究表明，在25℃和30℃下，黄尾平口石首鱼(*Leiostomus xanthurus*)耐低氧能力均低于大西洋油鲱(*Brevoortia tyrannus*). Brett等[29]报道，银大麻哈鱼(*Oncorhynchus kisutch*)在溶氧浓度低于4—5.5mg/L时，生长速度下降。这种现象在大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)、鲤鱼*(Cyprinus carpio*)、大菱鲆

（*Scophthalmusmaximus*）中都有发现[30]；而虹鳟(*Oncorhynchusmykiss*)在溶氧浓度小于7 mg/L时，生长速度就开始下降[31]。李洁研[32]究结果表明，褐牙鲆（*Paralichthys*

*olivaceus*）幼鱼在溶解氧含量≥5.38 mg/L的环境中生长速度快，而当溶解氧含量

≤2.4 mg/L时，不利于褐牙鲆生长。

#### **1.2.3.3** 低溶氧对鱼类行为和Th理的影响

鱼类处于低氧水体时行为和生理上会发生一系列变化，Wannamaker等[33]发现一般鱼类处于DO为饱和度的35%-55%的水体时会主动逃离该低氧区，例如

6

黄尾平口石首鱼（*Leiostomus xanthurus*）、菱体兔牙鲷（*Lagodon rhomboides*）、黄花鱼（*Pseudosciaena crocea*）、鲱鱼（*Clupea pallasi*）等。Krmer[34]指出鱼类活动受DO影响，鱼类通过降低用于生长的能量分配，增加气体交换的能量分配来适应低氧环境。Pihi等[35]报道严重低氧胁迫(0.8-1.0mg/L)时，黄尾平口石首鱼的呼吸频率比对照组高3 倍。沈晓民等[36] 1991 年报道团头鲂（*Megalobrama*

*amblvcephala*）在低氧条件下的红细胞体积增大、数量增加、红细胞沉降率降低等血液指标的变化；虹鳟（*Oncorhynchus mykiss*）在急性低氧胁迫下红细胞红细胞体积膨大，比容显著上升，氧自由基生成潜力下降，未成熟的红细胞（低氧胁迫指示物）数量增加[37]。研究低氧对褐牙鲆幼鱼影响发现，血液中血红细胞含量、血红蛋白含量、单个红细胞血红蛋白含量均呈现与溶解氧含量负相关趋势[38]。

在低氧环境下鱼类还能通过体内酶活的变化来适应外界环境的改变，欧洲鳎(*Solea solea*)在溶氧饱和度为6%-12%的低氧环境中，肌肉、血液、肝脏组织中的乳酸浓度上升，其中乳酸浓度最高值出现在血液中[39]。黄尾平口石首鱼

（*Leiostomus xanthurus*）在0. 8 mg/L溶解氧条件下，经过12h后，鳃组织的LDH

和超氧化物歧化酶(superoxide dismutase)活力显著升高，而柠檬酸合酶（citrate

synthase） 和过氧化物酶活力没有变化，肌肉组织中超氧化物歧化酶（superoxide

dismutase）活力显著升高，但过氧化物酶活力没有变化[40]。

姜景腾等[41]以真鲷(P. major♀)×黑鲷(S. macrocephalus♂)杂交子一代体为研究对象，发现溶氧量为(1.83±0.27) mg·L -1的水体中，胁迫0、6、12和24h后，低氧胁迫后LDH活性在肌肉和肝脏中分别升高25.7%和17.6%；脏中SOD活性升高20.2%，随胁迫时间延长活性下降至初始水平；CAT活性下降44.3%-62.4%; T-AOC 活力也呈先升后降趋势。在限制溶解氧供应后褐牙鲆（*Paralichthys*

*olivaceus*）幼鱼呼吸节律和呼吸运动剧烈程度有所加强，较高溶解氧的两个处理组肌糖原含量高于DO较低的三个处理组。DO≤4.27mg/L时，血糖含量明显升高。3.14≤DO≤6.94 mg/L 时，乳酸含量呈下降趋势但没有达到显著差异。DO=4.27

mg/L时，总抗氧化能力显著高于对照组[32]。

Lushchak等[42]研究表明低氧胁迫后银鲫（*Carassius auratus*）的CAT和GST活力显著上升，但SOD活力不受影响。何伟等[43]研究表明，经急性低氧处理后高、低温组血乳酸含量均显著上升（*P*＜0.05），而低氧处理后15℃下肌糖原和

30℃下肝葡萄糖含量却显著降低（*P*＜0.05）；随着温度的升高（不论低氧处理与否）肌乳酸含量均显著降低（*P*＜0.05），而温度的升高并未改变实验鱼的肌葡萄

7

糖以及肝葡萄糖的含量。

### **1.2.3** 盐度对鱼类的影响

#### **1.2.3.1** 鱼类的盐度耐受性

盐度是指水体中所含各种盐类的总浓度，其作为重要的水环境因子之一，影响着海洋鱼类的生长发育和繁殖，同时也与代谢存活密切相关。

根据鱼类适应盐度的范围的大小可以吧鱼类分为：狭盐性鱼类和广盐性鱼类。狭盐性鱼类指只能适应较小的盐度变化的鱼类，广盐性鱼类指能生存在较大的盐度范围的鱼类。鱼类通过调节自身的渗透压调节从而来适应不同环境中盐度。鱼的渗透压约为10‰-15‰盐度，但由于鱼的种类和生理状况等的不同会有一些变化[44]。

鱼类生活水环境的盐度是不稳定的，各种鱼类能够适应外界盐度的变化从而能够适应生存环境的改变。鱼类都有着各自生存的盐度范围，但对于盐度的缓慢变化，一些鱼类表现出很大的忍耐性。海水鱼类经过逐步的淡化驯化可以很低的盐度甚至淡水中生活和养殖，淡水鱼类有些同样也可以经过海水驯化达到可以生活在比较高的盐度的环境中。

梭鱼（*Mugil soiuy*）[45]花鲈(*Lateolabrax* japoni*cus*)[46]漠斑牙鲆(*ParaLichthys*

*Lethostigma*）[47]等鱼苗经过淡化训练可以达到在淡水中养殖。王建钢等[48]研究表明，点带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)鱼苗可以很好的适应3‰的低盐环境。龙虎斑（）在盐度为1-55的海水中均能存活和摄食，摄食适宜海水盐度为4-45，盐度从30骤变至5、10、15、20、25、35、40、45、50、55等盐度时，龙虎斑100%存活，骤变至0时，4h内存活率100%, 16 h存活率55.5%；盐度从30渐变，每天降低2，降至6后，每天降低1，盐度降到1时，龙虎斑的活动和摄食明显减少，渐变至0时，36 h出现死亡，48 h内全部死亡[49]。

在盐度高于3时，“闽优1号”大黄鱼幼鱼的死亡率与相应盐度的突变实验相比无明显差异并且都可以存活到72h，在盐度低于2时，大黄鱼幼鱼的死亡率低于相应盐度的突变实验的结果，表明大黄鱼具有较高的低盐耐受力[50]。李学军[51]等报道了吉丽罗非鱼的耐盐性能，结果显示在慢性盐度胁迫过程中吉丽罗非鱼的耐盐性能接近于萨罗罗非鱼，远高于尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*)，耐盐胁迫时3种罗非鱼的平均致死盐度分别为57.9、66.7和18.5。大泷六线鱼仔鱼盐度渐变条件下，盐度10-30范围内存活率都大于90％，在盐度为5及以下时仔鱼的存活率

8

降为0，仔鱼对高盐度（35）的适应能力较差。盐度突变条件下，盐度25和30的试验组仔鱼的存活率都在95％以上，盐度10—20的试验组仔鱼出现不同程度的死亡，存活率可达26％-75％，最适生长盐度为25—30[52]。银鲳( *Pampus argenteus*)幼鱼在12、20和28三个盐度梯度环境中养殖8d的存活率无显著性差异，表明银鲳幼鱼对低盐的适应能力较强[53]。银鲳仔鱼盐度耐受实验表明[54]，银鲳仔鱼的最适盐度耐受范围为15.5-24.9。

#### **1.2.3.2** 盐度对鱼类Th长发育的影响

盐度是影响鱼类生存以及生长的重要环境因子，水体的盐度影响鱼类对渗透压的调节，无论生活在海水或淡水中的鱼类，均需要进行渗透压调节来维持体内离子平衡，这一过程需要消耗大量的能量。当鱼类生活在等于或接近体液渗透压的水环境时，用于渗透压调节所需的能量最少，节约的能量可用于改善生长[55]。适当盐度海水中可以加快鱼类的生长速度，柳敏海等[56]进行了盐度（10、15、20、

25、30、35）对石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)幼鱼的摄食、生长和肌肉生化组成的影响，实验结果表明盐度对石鲷幼鱼的生长有显著影响，在盐度为25、30时生长较快，体重特定生长率、体长特定生长率和食物转化率在盐度为30时最高，在盐度为10时最低。强俊等[57]研究表明，“吉富”尼罗罗非鱼幼鱼在温度为16-20℃时，幼鱼的特定生长率在盐度为9-10时较高；在温度27-32℃、盐度3-5时较高。

并不是所有鱼类都可以通过改变盐度来改善生长速度，大菱鲆（*Scophthalmus*

*maximus*）幼鱼特定生长率随血清生长激素和饲料效率的升高而增大，与盐度的相关性不显著，但适当降低盐度可改善大菱鲆幼鱼生长和肌肉品质，其适宜盐度为

18‰[58]。唐夏等[59]报道低盐度胁迫（5‰）对褐牙鲆（*Paralichthys olivaceus*）幼鱼的生长没有产生长期影响，也不能通过较长时间的低盐度养殖引起褐牙鲆幼鱼的补偿生长效应。

鱼类胚胎是在水环境中发育的，盐度是胚胎发育过程中重要的影响因子之一。周天舒等[60]研究结果表明，在5‰、10‰和15‰的盐度条件下，大鳍弹涂鱼(*Boleophthalmus pectinirosris*)胚胎均能正常孵化，但胚胎发育的时间和发育积温随盐度的降低而减小。在20‰、25‰、30‰和35‰的盐度条件下，胚胎在发育过程中死亡。陈惠群等[61]实验结果表明，盐度对大黄鱼（*Pseudosciaena crocea*）受精卵的孵化有明显的影响，盐度21.0‰-33.0‰时孵化率较高，其中以盐度29‰时孵化率最高79％。

9

#### **1.2.3.3** 盐度对鱼类代谢和酶活性的影响

盐度变化会迫使鱼类通过一系列生理变化来调整体内外渗透压的动态平衡，致使呼吸代谢、酶活性等相关生理指标产生相应的变化以适应外界盐度的改变。银鲳幼鱼随着盐度的降低和处理时间的延长，肝脏几种抗氧化酶类和鳃、肾脏ATP 酶活力都会出现一定的变化规律[62]。

大黄鱼在盐度由25突降至21、17和13, 48h内血清K+浓度均显著升高

（P<0.05），且升高幅度与盐度突降幅度呈正相关；三个盐度突降组的血清酶ALT、

AST、LDH、CK-MB，鳃丝Na+/K+-ATP酶活力均呈先升后降的变化趋势且降低幅度与盐度突降幅度呈正相关[63]。大菱鲆(*Scophamus maximus*)幼鱼当温度一定，盐度变化的条件下，肝脏、鳃、血清和黏液中的SOD、CAT与GP－X各种酶活力在正常海水盐度（30）时活力较低，随盐度由30起降低或升高而均出现升高的趋势[64]。

大菱鲆(*Scophamus maximus*)幼鱼盐度改变后，各突变组大菱鲆幼鱼的耗氧率和排氨率都呈现出不同程度的逐渐升高趋势，随着盐度突变范围的增大，变化趋势更为明显，耗氧率和排氨率分别在盐度突变24h和9-15h后达到峰值，48h后都恢复到实验前水平[65]。姚学良等[66]研究表明盐度改变后，豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)幼鱼的耗氧率和排氨率均呈现升高的趋势，突变组与对照组相比差异显著（P＜0.05），随着盐度突变范围的增大，变化趋势更为明显。银鲳仔鱼盐在度50以上环境中2日龄和4日龄的个体耗氧量比较高[54]。浅色黄姑鱼（*Nibea coibor*）在早期生长阶段，对水含盐量的变化反应比较敏感，在低盐度环境下的耗氧率和排氨率较低，随着水体盐度的逐渐增加其耗氧率和排氨率不断提高，但当盐度超过30以后，其耗氧率和排氨率则开始受到抑制[67]。在盐度16、18、21、24、27、30、34时变化对美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)的耗氧率无显著影响（P=0.479）[10]。

### **1.2.4** 氨氮对鱼类的影响

硬骨鱼类排泄氮的两种主要产物氨和尿素。氨大约占总排泄氮的75- 90%。

非离子态氨(NH3)氨是主要的排泄形式。水体中氨氮(NH3)以2种形式存在，非离子氨(NH3)和离子氨(NH4+)，在海水中氨可以电离为氨离子(NH4+)。二者的比例取决于水体中的pH，当pH小于7时，基本上氨以NH4+存在，pH在11时，则几乎都以NH3存在，还有温度和盐度等因素也会影响非离子氨和离子氨的含量。

10

非离子氨(NH3)对鱼类的毒性较大，其毒性比氨离子高300-400倍，能损伤鱼鳃表皮细胞，影响鳃的气体交换功能，降低了血液的载氧能力，使鱼体免疫能力下降。

对泥鳅（*Misgurnus anguillicaudatus*）[68]研究发现水中氨氮浓度越高死亡率越高，其96h LC50总氨浓度（TAN)为164.4 mg/L，非离子氨( NH+4-N)浓度为

2.22mg/L；随着氨氮胁迫浓度的不断升高，鳃组织和肝细胞超微结构的受损程度逐渐严重，且损伤不可逆转。氨氮对菊黄东方鲀（*Takifugu flavidus*）幼鱼[69] 48h

LC50值和96h LC50值分别为3.855mg/L (3.356~4.385 mg/L)和2.824 mg/L (2.672~2.987 mg/L). 斜带石斑鱼苗[70](平均全长4.4cm)的24、48、72、96 h LC50等氨氮安全质量浓度分别为5.62、3.50、2.93、2.68及0.27 mg/L，对应的非离子氨及安全质量浓度分别为0.23、0.14、0.12、0.11及0.011 mg/L，随着体重的增加耐受性增加。

氨氮胁迫对青鱼（*piceus*）[71]研究发现，鳃组织光镜观察表明，中氨氮组鳃小片基部泌氯细胞数量12h有所增加，24h呼吸上皮细胞出现部分脱落，96h泌氯细胞出现空泡化，部分鳃小片充血；而高氨氮组鳃小片基部泌氯细胞数量6h呈增加趋势，12h呼吸上皮细胞部分脱落，24h大面积脱落，96h鳃小片基部严重充血。

## 1.3 大黄鱼研究概况

大黄鱼作为我国重要的海水经济鱼类，有“海水国鱼”的美名，由于酷渔滥捕，资源衰竭，海洋捕捞已形不成渔汛，上世纪80年代以来，随着人工规模化育苗与养殖技术的突破，大黄鱼海水网箱养殖发展迅速，2009年我国大黄鱼养殖44万箱，产量达7.5万吨，直接产值近30亿元，目前，已在我国形成了年产

大黄鱼8. 6×104t、直接产值约65亿元，从业人口超过80万人。每年都会围绕大黄鱼展开大量的研究，包括功能基因的克隆和表达、分子标记、饲料营养、营养成分分析、养殖技术、疾病的防治与检测、育种技术、加工保存工艺以及生态学方面等研究。同时，大黄鱼在宁波的海洋渔业中也占有重要地位，是传统的地方优势产业。宁波沿海养殖大黄鱼有十余年历史，2008年宁波市网箱养殖大黄鱼25080箱，产量3180.5吨，产值7852.6万元，是宁波市海水养殖的主导产业和浙江省最大的大黄鱼养殖基地。

11

# **第2**章 岱衢族大黄鱼**F2**和**F3**幼鱼对有关环境因子的耐受力的初步研究

大黄鱼*Pseudosciaena crocea*(Richardson)属于鲈形目(Perciformes)、石首鱼科

（Sciaenidae）黄鱼属*(Pseudosciaena)*，俗称黄鱼、黄花鱼、大鲜等，为暖温性底层集群性洄游近海鱼类，是我国特有的重要海水鱼类。我国沿海的大黄鱼由北向南可分为岱衢群、闽粤东群和硇洲群3 个地理种群[67, 72]。由于多年的酷渔滥捕，

其自然资源遭受严重破坏，上世纪80年代末90年代初黄鱼生产已形不成渔场渔汛，而且渔获物多为幼体，成鱼数量很少[73]。为了应对大黄鱼资源急剧减少的情况，福建、浙江等地先后实现了闽粤东族大黄鱼和岱衢族大黄的人工育苗技术

[74-76]。目前有关岱衢族大黄鱼人工育苗技术[77]、生长性能[78]、以及利用分子标

记技术分析其遗传差异[79-82]等方面已有关报道。但就有关岱衢族大黄鱼子代的有关环境因子的耐受性研究尚未见报道，本文就岱衢族大黄鱼F2、F3对干露时间、低盐、高温的耐受性做初步探究，以期为岱衢族大黄鱼选育和养殖提供参考。

## **2.1** 材料与方法

### **2.1.1** 试验材料

实验所用幼鱼取自浙江省象ft港湾水产苗种有限公司，为宁波市海洋与渔业研究院人工培育岱衢族大黄鱼子二代2013F2、子三代2013F3. F2平均体长为5cm，平均体重2.0；F3平均体长4.7cm，平均体重1.7g。

### **2.1.2** 方法

#### **2.1.2.1** 干露耐受力试验

干露试验在40cm×40cm×30cm泡沫保温箱中进行，F2、F3分为两组，每组设置7个干露时间梯度分别为1min、2min、3min、4min、5min、6min、7min，每组放入30尾鱼苗，每个梯度平行3组。试验开始前鱼苗停食一天，鱼苗置于

100目滤网上，经不同时间的干露处理后放回，观察鱼苗恢复正常状态需要时间，

10min后统计鱼苗死亡数量。正常盐度海水，正常曝气，海水温度23±1℃，盐度

24-25‰气温22-24℃。

#### **2.1.2.2** 低盐耐受力试验

在40cm×40cm×30cm 泡沫保温箱中，F2、F3分为两组。使用淡水和自然海

12

水将每个组的海水调至3‰，每组三个重复，每个重复30尾鱼苗。将鱼苗从正常海水条件下直接放到3‰海水中，观察鱼苗反应并计时。全天充气，在试验过程中不投饵，定时观察鱼苗的活动、存活等情况。

#### **2.1.2.3** 高温耐受力试验

在40cm×40cm×30cm泡沫保温箱中，F2、F3分为两组。每组三个重复，每个重复30尾鱼苗，起始水温为26℃，使用电热器进行加热，以1℃/h的速度升温。在升温过程中观察鱼苗的活动以及存活状况，并记录其死亡时间和温度。

### 2.1.3 鱼苗死亡的确定

在试验过程中出现鱼苗侧翻和活动能力减弱时，观察鱼苗鳃部是否张合，用手触碰鱼苗检查是否有反应。若鱼苗鳃部停止运动，触碰时没有反应则认为其死亡。

## 2.2 结果

### **2.2.1** **F2**和**F3**耐干露能力

F2存活率F3存活率

120

100

80

存活率%

60

40

20

0

1 2 3 4 5 6 7

干露时间/min

**图2.1** **干露时间对F2和F3存活率的影响**

**Figure.1 Effects of air exposure time on percentage survival of F2 and F3.**

在耐干露试验中，小于4min的干露时间时，F2和F3的存活率都在97%以上，干露时间从5min开始F2和F3都开始大量死亡，当干露时间在7min时F2、F3存活率都低于20%。随着干露时间的延长，F2、F3所需要的恢复时间也越长，1-4min鱼苗都很快的恢复到正常状态，当干露时间在5-7min时，鱼苗长时间在水中侧游时间变长。

13

### **2.2.2** **F2**和**F3**耐低盐能力

F2存活率

F3存活率

110

100

90

80

70

60

50

1

2

3

4

5

6

处理时间/d

F2和F3直接放入到3‰海水中，刚开始都出现鱼苗昏迷侧卧于水箱底部只有鳃部运动的现象，短时间后鱼苗突然游动恢复正常。在3‰海水中F2和F3存活率都在6d以上，F2组刚开始有一尾死亡，其后没有出现死亡情况，F3存活率为100%。（见图2.2）

存活率100%

**图 2.2** **低盐对F2和F3存活率的影响**

**Figure.2 Effects of low salinity on percentage survival of F2 and F3.**

### **2.2.3** **F2**和**F3**耐高温能力

在温度从26℃升温至34℃的过程中F2和F3都没有出现死亡情况，当温度升高至35℃时F2和F3陆续出现死亡，在温度在35℃-36℃之间F2和F3出现集中死亡的情况，将水温维持35℃-36℃之间，1.5h后两组鱼苗全部死亡。

## 2.3 讨论

F2、F3耐干露时间5min为一个分界点，离水时间在5min-7min时鱼苗处于严重缺氧状态，并且存活率在这段时间内急剧下降。因此，可以根据需要选择

5min或6min干露时间作为判断鱼苗活力的标准，但最好不要超过6min以免出现标准过高而不具可行性情况的出现。

盐度是影响鱼类生长代谢等各种生理活动的重要环境因素之一，本实验得出岱衢族大黄鱼F2、F3在3‰的海水盐度下可以长时间的存活。沈盎绿等[83]所报道的体重0.196±0. 057g大黄鱼在0.4%的盐度下48h内不出现死亡情况。曾荣林等

[50]所报道体重11.1±1. 2g大黄鱼移入盐度为3-4的水中，72h内不会导致明显死亡。李兵[84]报道的30日龄幼鱼，在盐度10和25条件下，96h的死亡率未超过10%与本文相符。这都与本实验结果都吻合，说明大黄鱼具有较强的低盐度耐受性。但陈惠群等[61]报道在30日龄的稚鱼，移到盐度13以下的海水中，48 h内的成活

14

率明显下降。王晓清等[85]所得报40日龄大黄鱼通过耐各环境因子遗传力进行了估计在盐度8.05—9.03‰的条件下鱼苗存活不超过30h，与本实验结果有所差异。对于盐度对大黄鱼的48h半致死盐度为2.5‰[83]，还是从海水移入盐度为2的水中，72h的存活率可达72%[50]，结果出现不同可能是由于所选鱼苗的大小和种群的不同以及实验温度的差别等有关因素而引起的。关于岱衢族和闽粤东族是否在耐低盐有区别还需要进一步验证。

温度是影响鱼类生活的重要环境因素之一，温度影响生物体的生、代谢以及影响生物体的活动。马胜伟等[86]报道的在逐步升温中36℃、38℃试验中2h内全部死亡，34℃试验组中的大黄鱼24h、48h、72h和96h后死亡率分别为10%、20%、

30%和90%；32℃试验组中的大黄鱼24h、48h、72h和96h后死亡率分别为10%、

10%、10%和30%；30℃试验组中的大黄鱼在96h内全部存活。廖一波等[87]指出大黄鱼急性升温全部死亡的温度组为34.2，而且鱼类从开始出现死亡到全部死亡之间的温度范围值比较小；临界热最大值分别为35.0。本实验结果岱衢族大黄鱼

F2、F3最高耐受温度在35-36℃之间，与上述结果相符合，证明岱衢族大黄鱼与其他大黄鱼种群在耐热方面表现出一致性。

在耐干露、低盐、高温试验F2、F3没有表现出较大的差异性，可能是岱衢族良种选育工作刚经过前两代选育成效尚未显现出来，在未来的选育中加大选育力度和方法以期有更加优良的岱衢族大黄鱼品种的出现。

15

# **第3**章 温度、盐度对岱衢族大黄鱼耗氧率、排氨率的影响以及在不同温度下其浮头点和窒息点的测定

呼吸代谢和排泄是是鱼类生物能量学研究的重要内容之一。耗氧率和排氨率是鱼类新陈代谢的基本生理活动，它不仅反映了鱼类的生理状态同时也反映了外界环境对鱼类的影响和鱼类对外界环境的适应。大黄鱼作为重要的海水养殖鱼类，对其进行了大量的研究包括分子标记[88,89]、饲料营养[90,91]、育苗养殖技术[92, 93]以及疾病防治[94, 95]等方面都有报道。但是大黄鱼分为不同的地理种群，岱衢族大黄鱼作为其中重要的一个地理种群，有关岱衢族大黄鱼排氨率和耗氧率的报道还未见到。本文主要研究了不同温度和不同盐度对不同规格的岱衢族大黄鱼排氨率、耗氧率的影响，以及探究了在不同温度条件下两种体重规格的岱衢族大黄鱼的浮头点和窒息点，以期为岱衢族大黄鱼苗种运输、人工养殖和良种培育提供一些参考。

## **3.1** 材料和方法

### **3.1.1** 实验材料

选取人工繁育岱衢族大黄鱼子代作为研究对象，采用一龄鱼（平均体重91.7g）和二龄鱼（平均体重353.2g）两种规格的岱衢族大黄鱼，实验用鱼来源于宁波市惠民海洋牧场科技发展有限公司（简称惠民公司）。实验正式开始前将实验用鱼从海水网箱捕捉到实验场，在暂养桶中进行暂养，暂养阶段不进行投喂，暂养1-2天。

### **3.1.2** 实验设计

以实验进行时正常海水温度（18-20℃）和盐度（23-26‰）作为参照，分别作温度和盐度分别对耗氧率和排氨率的影响，温度实验设计5个水平（8℃、14℃、

20℃、26℃、31℃），盐度实验设计为4个水平（5‰、15‰、25‰、35‰）每个水平3个重复，一个空白对照。采用封闭静水式实验方法，实验桶采用200L的塑料水桶，每桶加实验用水150L，实验用鱼放入实验桶中后水面上加盖塑料膜以隔绝空气。实验中低盐度海水是由正常沙滤海水（盐度23-25）添加经过曝气的自来水（淡水）配制而成，高盐度海水由正常沙滤海水添加海盐配制而成。考虑到实验水体的大小和实验用鱼的大小，实验中一龄鱼每个实验桶中放入20尾，二

龄鱼每个实验桶中放入8尾。

16

在盐度实验开始时将暂养在正常海水中的实验用鱼直接放入相应盐度的实验桶中，让鱼在实验桶中适应一段时间后在将塑料薄膜分别盖在每个实验桶上，然后取每个实验桶中的水样。用与测定溶氧和测定氨氮的水样同时取得，并记录取样时间和从桶中去除水样的体积，一般在3-4小时后第二次取样，但在实验过程中由于实验用鱼大小分为两个规格而且初始实验桶中的溶解氧也有所不同所以取样时间要根据桶中实验用鱼的反应情况来确定。

在温度实验开始前要将实验用鱼在暂养桶中缓慢升高或者降低到实验所要求的实验温度，降温过程一般在1d左右，同时实验桶中的水也要升高或者降低到实验要求的温度。实验开始要将暂养桶中的实验用鱼转移到与之相对应温度的实验桶中，适应一段时间后，开始水面加盖塑料薄膜，并按照盐度实验取样方法取样。第二次取样结束后，不要打开塑料薄膜，实验继续进行测定在不同温度下两种规格大小的岱衢族大黄鱼的浮头点和窒息点。浮头标准：桶内大部分实验鱼浮在水面，不时还有个别鱼头部露出水面。死亡标准：鱼体倾翻，鳃盖停止活动，对外界刺激无反应。窒息点确定：实验桶中有一半的实验鱼出现死亡时的溶解氧浓度。溶解氧和氨氮的测定分别参照GB 1739.4-2007中的碘量法测溶解氧和次溴酸盐氧化法测定氨氮的方法。

### **3.1.3** 溶解氧的测定

取样前要确定取样试剂瓶的容积，每个取样瓶都要有各自的编号同时与之相对应的瓶容积，硫代硫酸钠浓度每次实验前要进行滴定。

水样固定：打开水样瓶塞，立即用定量加液器（管尖插入液面一下）依序注入

1.0mL氯化锰溶液和1.0mL碱性碘化钾溶液，塞紧瓶塞（瓶内不准有气泡），按瓶盖将瓶子上下颠倒不少于20次。

测定步骤：水样固定1h或者沉淀完全后，便可以进行滴定。将水样瓶上层清液倒入250mL锥形烧瓶中，立即向水样瓶中加入1.0mL硫酸溶液，塞紧瓶盖，震荡水样至沉淀全部溶解；将水样瓶内溶液全量倒入锥形烧瓶中，立即搅拌，用已标定的硫代硫酸钠溶液滴定；待试液呈淡黄色是，加1mL淀粉溶液，继续滴定至蓝色刚刚退去。用锥形烧瓶中的少量试液荡洗原水样瓶，再将其到锥形瓶中，继续滴定至无色。待20s后，如试剂不呈现淡蓝色，即为终点。记下所用硫代硫酸钠溶液的用量V。

17

### **3.2.4** 水中氨氮的测定

氨氮测定首先要绘制标准曲线：

a）取6个200mL容量瓶，分别加入0mL，0.20mL，0.40mL，0.80mL，1.20mL，

1.60mL 铵标准使用溶液，加水至标线，混匀；b）各量取25.0mL上述溶液，分别置于50mL具塞比色管；c）各加入2.5mL次溴酸钠溶液，混匀，放置30分钟；d）各加入2.5mL磺胺溶液，混匀，放置5min；

e）各加入0.5mL盐酸萘乙二胺溶液，混匀，放置15min；

f）选择543nm波长（可见光分光光度计，上海精科 721G），5cm测定池，以无氨蒸馏水作参比，测定光吸收值Ai，其中0浓度为A0；

g）以光吸收值Ai- A0为纵坐标，相应浓度（mg/L）为横坐标，绘制标准曲线。水样测定：

a）水样采用0.45µm针式过滤头过滤，量取25.0mL以过滤的水样分别置于50mL

具塞比色管中；

b）按照绘制标准曲线步骤的c）-f）测定水样的吸光度Aw；

c）量取2.5mL刚配制的次溴酸钠溶液于50mL具塞比色皿中，立即加入2.5mL磺胺溶液，混匀。放置5min后加25mL水，然后加入0.5mL盐酸奈乙二胺溶液，15min后测定空白吸光值Ab。

### **3.2.5** 所用试剂

1. 铵标准贮备溶液（100mg/L-N）：称取0.4716g硫酸铵[(NH4) 2SO4预先在110℃下干燥1h]溶于少量水中，全量移入1000mL量瓶中，加水至标线，混匀。加1mL三氯甲烷（CHCl3），混匀。

2. 铵标准使用溶液（10.0mg/L-N）：移取10.0mL铵标准贮备溶液于100mL容量瓶中，加水至标线，混匀。（临用前配）。

3. 氢氧化钠溶液（400g/L）：称取200g氢氧化钠(NaOH)溶于1000mL水中，加热蒸发至500mL，盛于聚乙烯瓶中。

4.盐酸溶液（1+1）：将同体积盐酸（HCl, ρ=1.19g/mL）于同体积的水混匀。

5.溴酸钾-溴化钾贮备溶液：称取2.8g溴酸钾（KBrO3）溶于1000mL水中贮于

1000mL棕色试剂瓶中。

6. 次溴酸钠溶液：量取1.0mL溴酸钾-溴化钾贮备溶液于250mL聚乙烯瓶中，

18

加49mL水和3.0mL盐酸溶液，盖紧摇匀，置于暗处。5min后加入50mL氢氧化钠溶液，混匀。（临用前配）。

7. 磺胺溶液（2g/L）：称取2.0g磺胺（NH4SO2C6H4NH2），溶于1000mL盐酸溶液中，贮存于棕色试剂瓶中。

8.盐酸萘乙二胺溶液（1.0g/L）：称取0.50g 盐酸萘乙二胺（C10H7NHCH2NH2•

2HCl），溶于500mL水，贮存于棕色试剂瓶中。

9. 氯化锰溶液：称取210g氯化锰（MnCl2•4H2O），溶于水，并稀释至500mL。

10. 碱性碘化钾溶液：称取250g氢氧化钠（NaOH），在搅拌下溶于250mL水中，冷却后，加75g碘化钾，稀释至500mL，盛于具橡皮塞的棕色试剂瓶中。

11. 硫酸溶液（1+1）：在搅拌下，将同体积浓硫酸（H2SO4, ρ=1.84g/mL）小心地加到同体积的水中，混匀。盛于试剂瓶中。

12.硫代硫酸钠溶液[c(Na2S2O3•5H2O) =0.01mol/L]

13.淀粉溶液（5g/L）

14.碘化钾（KI）：化学纯。

15.碘酸钾标准溶液[c(1/6KIO3) =0.0100mol/L]：称取3.567g碘酸钾：（KIO3，优级纯，预在120摄氏度烘2h，置于硅胶干燥器中冷却），溶于水中，全量移入1000mL量瓶中，加水至标线，混匀。

### **3.2.6** 计算公式及数据处理

硫代硫酸钠浓度标定c=10.00×0.0100/V V：滴定时硫代硫酸钠所用体积

ρo2=c×v×8/v 0×1000ρo2: 水样中溶氧浓度，单位mg/L；

c：硫代硫酸钠的浓度，单位mol/L；

v：滴定样品时用去硫代硫酸钠溶液的体积，单位mL；

v0: 滴定用的实际水样体积（水样瓶体积-固定水样的固定剂体积），单位mL. 耗氧率计算：RO=[(DO0－DOt)×V－（DO空0－DO空t）×V空] /(W×t)×1000 RO: 耗氧率，µg / (g·min )；DO0: 开始第一次取样时桶中的溶解氧浓度，mg/L；

DOt：实验在t时间时溶解氧浓度，mg/L；

19

V：桶中剩余水的体积（原水体积－取样时流出桶的水体积），L；

DO空0：空白对照组第一次取样时的溶解氧浓度，mg/L；

DO空t：空白对照组t时间取样时的溶解氧浓度，mg/L；

V空：空白对照组中剩余水的体积（原水体积－取样时流出桶的水体积），L；

W：实验鱼的总重量，g；

t：两次取样时间间隔，min。

排氨率计算：RN=[(Nt－N0)×V－(N空t－N空0)×V空] /(W×t) RN: 排氨率，µg/（g·min）；

Nt: t 时间后水中氨氮浓度，µg/L ；N0：开始取样时水中氨氮浓度，µg/L；V：实验桶中水体积（原水体积－取样时流出桶的水体积），L；

N空t：空白对照桶中t时间后水中氨氮浓度，µg/L ；

N空0：空白对照桶中开始取样时水中氨氮浓度，µg/L ；

V空：空白对照桶中水体积，实验桶中水体积，桶中剩余水的体积（原水体积－取样时流出桶的水体积），L；

t：两次取样时间间隔，min。

数据处理采用Excel和SPSS 20.0软件进行统计分析，显著性水平为P<0.05。实验数据均表示为平均值±标准误（Mean±SE） 。

## **3.3** 实验结果

### **3.3.1** 盐度对岱衢族大黄鱼排氨率和耗氧率的影响

#### **3.3.1.1** 盐度对岱衢族大黄鱼排氨率的影响

图3.1表明，排氨率随着盐度的增加而增加，在5‰时排氨率最小为0.0459±0.0004µg/（g·min），当盐度在25‰左右是排氨率达到最大值达到

0.0844±0.00072µg/（g·min），随着盐度的进一步升高排氨率呈现出下降的趋势。

5‰条件下排氨率和其它各组均达到了极显著差异水品（P<0.05），15‰组分别和

25‰、35‰组达到了显著差异（P<0.05），但25‰组与35‰组差异不显著。在

543nm下，氨氮含量（x）与吸光值（y）的关系为y = 0.0027x + 0.003, R2 = 0.9985

（图3.2）。

20

0.10

0.09

0.08

排氨率µg/（g·min）

0.07

0.06

0.05

0.04

0.03

0.02

0.01

0.00

c

c

b

a

5 15

盐度‰

25 35

**图3.1** **盐度对岱衢族一龄大黄鱼排氨率的影响**

**Figure** **3.1** **Effects of salinity on ammonia excretion rate ofone-year-old Dai-qu large yellow croaker**

0.25

0.2

吸光度（543nm）

0.15

0.1

0.05

0



y = 2.7084x + 0.003

R2 = 0.9985

吸光度

线性 (吸光度)

0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1

氨氮浓度µg/mL

**图3.2** **氨氮标准曲线（543nm）**

**Figure** **3.2** **Ammonia standard curve（543nm）**

c

b

b

a

0.06

0.05

排氨率µg/（g·min）

0.04

0.03

0.02

0.01

0

5 15 25 35

盐度‰

**图3.3** **盐度对岱衢族二龄大黄鱼排氨率的影响**

**Figure** **3.3** **Effects of salinity on ammonia excretion rate of two-year-old Dai-qu large**

**Yellow croaker**

图3.3 表明，随着盐度的升高二龄岱衢族大黄鱼排氨率不断升高，在盐度

21

25‰排氨率达到最大值0.0504±0.0004µg/（g·min），在盐度35‰出现最小值

0.02238±0.0012µg/ ( g·min )。35‰与其它各组之间都达到了显著差异水平

（P<0.05），5‰组和15‰组之间排氨率没有显著差异，25‰组分别与5‰组、15‰

组达到了显著差异水品（P<0.05）。

图3.1和图3.3相比较可以看出，一龄大黄鱼排氨率要高于二龄大黄鱼的排氨率，而且两个不同规格的岱衢族大黄鱼排氨率都随盐度的升高而升高，各实验组中在盐度25‰时都有排氨率达到最大值。

#### 3.3.1.2 盐度对大黄鱼耗氧率的影响

从图3.4可以看出，随着盐度的增加一龄岱衢族大黄鱼的耗氧率呈现出递增的趋势，在5‰-35‰盐度条件下耗氧率的范围是1.3817±0.066 9-2.5951±0.1709µg/(g·min)。5‰和15‰组，25‰和35‰都没有显著差异，但是两个低盐度组（5‰、15‰）和两个高盐度组（25‰、35‰）之间排氨率有显著的差异（*P*<0.05）。

c

b

ab

a

3

2.5

耗氧率µg/（g·min）

2

1.5

1

0.5

0

5 15

盐度‰

25 35

**图3.5** **盐度对岱衢族二龄大黄鱼耗氧率的影响**

**Figure** **3.5** **Effects of salinity on oxygen consumption rate of two-year-old Dai-qu large yellow croaker**

从图3.5可以看出，二龄大黄鱼耗氧率随着盐度的升高而增加，在盐度5‰组耗氧率有最小值1.5844±0.0884µg/(g·min)，25‰组耗氧率达到最大值2.3113±0.1065µg/(g·min)，随后盐度35‰组耗氧率下降。25‰组与其它各组都有显著性差异(P<0.05)，5‰和35‰，15‰和35‰差异都不显著，5‰组与15‰组排氨率有显著性差异。

22

从图3.4和图3.5比较可以看出，耗氧率都随着盐度的升高而增加，但二龄岱衢族大黄鱼35‰组耗氧率出现下降的趋势，但在一龄岱衢族大黄鱼中并没有出现。相同温度一龄大黄鱼的排氨率要高于二龄大黄鱼的排氨率。

### **3.3.2** 温度对岱衢族大黄鱼排氨率和耗氧率的影响

#### **3.3.2.1** 温度对岱衢族大黄鱼排氨率的影响

0.1

0.09

0.08

排氨率µg/（g·min）

0.07

0.06

0.05

0.04

0.03

0.02

0.01

0

b

b

b

a

a

8 14 20 26 31

温度℃

**图3.6 温度对岱衢族一龄大黄鱼排氨率的影响**

**Figure** **3.6** **Effects of temperature on ammonia excretion rate of one-year-old Dai-qu large yellow croaker**

可以从图3.6看出，随着温度的提高一龄岱衢族大黄鱼排氨率出现升高的趋势，8℃组排氨率有最小值0.0236±0.000 5µg/(g·min)，20℃组排氨率有最大值

0.0844±0.0067µg/(g·min)。在温度较低的8℃和14℃排氨率维持在比较低的水平，并且这两组间没有显著的差异（*P*<0.05），但8℃、14℃与20℃、26℃、31℃有显著性差异，20℃、26℃、31℃这三组间没有显著性差异（*P*<0.05）。

c

d

e

b

a

0.06

0.05

排氨率µg/（g·min）

0.04

0.03

0.02

0.01

0

8 14 20 26 31

温度℃

**图 3.7** **温度对岱衢族二龄大黄鱼排氨率的影响**

**Figure** **3.7** **Effects of temperature on ammonia excretion rate of two-year-old Dai-qu large yellow croaker**

23

从图3.7可以看出，排氨率随着温度的升高先有升高的趋势，在8℃组排氨率有最小值0.0090±0.000 7µg/(g·min)，26℃排氨率有最大值0.0532±0.0010µg/(g·min)，31℃组出现排氨率下降的趋势。排氨率在各个温度组之间都存在显著差异（*P*<0.05）。

可以看出，温度对岱衢族一龄和二龄大黄鱼排氨率都有显著的影响，总体上排氨率都是随着温度的提高而增加，而且可以明显的分为两个阶段，8℃、14℃排氨率虽然在这一阶段也随着温度升高而升高，但与20℃、26℃、31℃组相比还是处于较低水平。一龄和二龄岱衢族大黄鱼排氨率都是随温度表现出先升高在达到某一温度后又降低的趋势，同时一龄岱衢族大黄鱼在各个温度组的排氨率都要远大于二龄岱衢族大黄鱼的排氨率。

#### **3.3.2.2** 温度对岱衢族大黄鱼耗氧率的影响

c

c

b

a

a

3.5

3

2.5

耗氧率µg/(g·min)

2

1.5

1

0.5

0

8 14 20 26 31

温度℃

**图3.8** **温度对岱衢族一龄大黄鱼耗氧率的影响**

**Figure** **3.8** **Effects of temperature on oxygen consumption rate of one-year-old Dai-qu large yellow croaker**

从图3.8中可以看出，耗氧率随着温度的升高而增加，最低耗氧率在在8℃组0.7789±0.0324µg/(g·min)，26℃组耗氧率有最大值2.8961±0.1577µg/(g·min)，超过26℃后耗氧率降低。两个低温组（8℃、14℃）耗氧率在比较低水平，并且两组间没有显著差异（*P*<0.05）。大于20℃后耗氧率突然加强并维持在较高水平，

20℃、26℃组之间没有显著差异，但与8℃、14℃分别都达到了显著水平（*P*<0.05），

31℃组和各组间耗氧率都有显著性差异（*P*<0.05）。

24

d

c

e

b

a

3

2.5

2

耗氧率µg/(g·min)

1.5

1

0.5

0

8 14 20 26 31

温度℃

**图3.9** **温度对岱衢族二龄大黄鱼耗氧率的影响**

**Figure** **3.9** **Effects of temperature on oxygen consumption rate of two-year-old Dai-qu large yellow croaker**

从图3.9可以看出，二龄大黄鱼耗氧率随着温度的上升不断增在26℃耗氧率达到最大值，然后耗氧率呈现下降趋势。8℃组耗氧率有最小值0.6610±0.0469µg/(g·min)，26℃组有最大值2.5659±0.071835µg/(g·min)。各组间相比较都达到了显著性（*P*<0.05）。一龄大黄鱼和二龄大黄鱼耗氧率都随着温度的升高而增加，都在26℃耗氧率达到最大值。在8℃、20℃、26℃、31℃条件下一龄岱衢族大黄鱼的耗氧率大于二龄岱衢族大黄鱼的耗氧率，8℃条件下没有达到显著性差异，20℃、26℃条件下耗氧率达到显著性差异（*P*<0.05）。在14℃条件下一龄岱衢族大黄鱼耗氧率低于二龄岱衢族大黄鱼耗氧率，并且达到显著差异

（*P*<0.05）。

### **3.3.3** 不同温度岱衢族大黄鱼浮头点和窒息点的测定

4.5

4

3.5

溶解氧浓度mg/L

3

2.5

2

1.5

1

0.5

0

浮头点

窒息点

8 14 20 26 30

温度℃

**图3.10** **温度对岱衢族一龄大黄鱼浮头点和窒息点的影响**

**Figure** **3.10** **Effects of temperature on floating point and suffocation point of one-year-old**

**Dai-qu large yellow croaker**

25

从图3.10中可以看出总体上一龄大黄鱼浮头点和窒息点都随着温度的升高而升高，但在14℃时浮头点和窒息点都有下降的趋势，14℃浮头点和窒息点都有最小值分别为1.047±0.063mg/L和0.658±.0254mg/L 。

浮头点

窒息点

3

2.5

2

溶解氧mg/L

1.5

1

0.5

0

8 14 20 26 31

温度℃

**图3.11** **温度对岱衢族二龄大黄鱼浮头点和窒息点的影响**

**Figure** **3.11** **Effects of temperature on floating point and suffocation point of two-year-old**

**Dai-qu large yellow croaker**

从图中可以看出随着温度的升高，二龄大黄鱼浮头点和窒息点都是先下降，在14℃有浮头点最小值1.087±0.075mg/L，窒息点最小值0.788±0.091 mg/L，然后浮头点和窒息点随着温度不断地升高。31℃浮头点达到2.532±0.113mg/L，窒息点最大值2.140±.0379mg/L。在8、14、20三个温度组二龄鱼的浮头点和窒息点都要比一龄鱼的要高，但在26、31温度组二龄鱼的浮头点和窒息点要比一龄鱼的要低。

## **3.4** 讨论

### **3.4.1** 盐度对耗氧率和排氨率的影响

盐度作为影响鱼类呼吸代谢的外界因素，盐度的改变会引起一些鱼类生理代谢的改变[96]，盐度对耗氧率的影响有多种不同的见解，按照渗透压理论，一种观点认为水环境盐度在该种鱼的体液等渗点时，鱼的耗氧率最小，低于或高于等渗点，代谢率均升高，但不同观点认为随着盐度的增加耗氧率呈上升的趋势[97]。出现这样的情况可能与鱼的种类有关，有的鱼类为广盐性鱼类受到外界盐度的影响会相对小，反之狭盐性鱼类受到的影响会比较大，同时也和鱼类的不同发育阶段和所处不同季节有一定的关系。

从本实验的结果中可以看到，在不同盐度梯度中耗氧率和排氨率会出现一定的变化趋势，都表现出先随盐度的升高而升高，达到25‰时耗氧率和排氨率都

26

会出现一个峰值。这是因为水产动物对糖类的利用率很低，主要靠蛋白质的代谢提供能量，因此在实验结果中可以看到耗氧率和排氨率变化规律有着很大的相似性，这与唐贤明等[98]对大菱鲆的研究结果相似，也和班红琴等[99]对虹鳟

（*Oncorhynchus mykiss*），李加儿[100]等对浅色黄姑鱼（*Nibea coibor*）研究结果相一致，耗氧率和排氨率都是随着盐度的升高逐渐上升，达到峰值后，盐度进一步上升耗氧率排氨率开始下降。

在花尾胡椒鲷（*Plectorhynchus cinctus*）[101]、条石鲷（*Oplegnathus fasciatus*）

[102]、尼罗罗非鱼（*Tilapia nilotica*）[103]等多种鱼类的研究表明随着体重的增加排氨率和耗氧率都会有一个下降的趋势。对此解释为鱼体维持生命的多种组织，如肾、脑、生殖腺、肝胰脏、鳃和肠道等，耗氧量较高，而非直接维持生命的多种组织，如骨骼、肌肉和脂肪等的耗氧量较低。以上2类组织在幼鱼和成鱼阶段所占比例不同，幼鱼阶段第一类组织比例较高，随着鱼体生长第一类组织比例逐渐减少，第二类组织比例逐渐增大，这样每千克小鱼每小时的耗氧量就相对高于每千克大鱼每小时的耗氧量[103]。孙忠等[104]研究表明在相同温度条件下，大黄鱼和美国红鱼的耗氧率和氮排泄率取决于鱼体体重，随着体重的增大耗氧率和氮排泄率降低。沈勤[105]等研究大黄鱼排氨率与体重关系发现且随着体重的增加排氨率减少，这与本文研究结果相符合。一龄大黄鱼排氨率和耗氧率在不同盐度组总体上都大于相应盐度组下的二龄大黄鱼的排氨率和耗氧率。

### **3.4.2** 温度对耗氧率排氨率的影响

温度是影响鱼类呼吸代谢最重要的环境因素。在适温范围内，温度越高，生理代谢水平越高，耗氧率必然随温度的升高而增大[96]。在很多鱼类如黑鱾[8]、鲇鱼（*Silurus asotus*）[106]、褐牙鲆[107]、大眼鳜（*Siniperca kneri Garman*）[112]、美国红鱼[10]等研究中都证实了这一点，但当水温超过适温范围时，耗氧率反而下降如黑鳍棘鲷（*Acanthopagrus schlegeli*）[109]、草鱼（*Ctenopharynodon idellus*）[110]、石鲷（*Oplegnathus fasciatus*）幼鱼[111]等。

本研究表明，岱衢族大黄鱼耗氧率在一定温度范围内随着温度的升高耗氧率不断加强在26℃耗氧率达到最大值，温度超过26℃时温度升高耗氧率呈现下降趋势符合鱼类耗氧率随着温度的变化规律，和张学舒等[112]对大黄鱼鱼苗研究结果相同在25℃以前趋势相同，但是其研究温度最高到25℃，更高温度条件下大黄鱼耗氧率变化没有看到有关研究。王跃斌等[109]认为当温度上升超过了鱼类的最适温度，过高的温度影响了维持生命的脑、心、肝等重要组织器官的活性，同

27

时也抑制了酶的生理活性，从而导致其耗氧率和排氨率的下降。从实验过程中岱衢族大黄鱼排氨率和耗氧率出现最大值是的温度可以判断，26℃左右是岱衢族大黄鱼最适宜的生长温度，符合大黄鱼生长规律。在不同温度条件下耗氧率和排氨率表现出相似的趋势，这与盐度对排氨率耗氧率的影响规律相一致。沈勤[105]等研究表明，在24-26℃条件下体重116.7-313.5g大黄鱼排氨率范围5.82±0.94mg (h·kg) -1到1.93±0.11 mg (h·kg) -1这与本实验20-26℃两种规格岱衢族排氨率范围0.0844±0.0067µg/（g·min）到0.0504±0.0004µg/（g·min）变化范围大体一致。

### **3.4.3** 温度对浮头点和窒息点的影响

研究鱼的窒息点在不同种类间存在的差异，可以直接反映该鱼的耐低氧能力的高低。浮头点和窒息点受到温度、盐度、体重等多种因素的影响，一般浮头点和窒息点随着温度的升高而有所升高如河鲈（*Perca fluviatilis*）[113]、金鳟

（*Oncorhynchus mykiss*）和道氏虹鳟[114]、似刺鳊鮈（*Paracanthobrama guichenoti*）

[115]、刀鲚（*Coilia macrognathos Bleeker*）[116] 、军曹鱼（*Rachycentron canadum*）

[117]、条石鲷（*Oplegnathus fasciatus*）[111]。关于体重对鱼类窒息点影响有关观点认为有两种类型，一类呈正相关系，即窒息点随体重增加而增加，另一类呈负相关系，即体重增加窒息点反而减小[118]，在淡水鱼类和海水鱼类中都有体现如大鳞鲃（*Barbus capito*）[119]、黄颡鱼（*Pelteobagrus fulvidraco*）[120]、白斑狗鱼（*Esox*

*luciu*）[118]、褐菖鲉（*Sebastiscus marmoratus*）[121]、半滑舌鳎（*cynoglossus semilaevi*）

[122]、真鲷（*pagrosomus major*）[123]等。本研究结果显示浮头点和耗氧率总体趋势随着温度的升高而升高，但是在8℃的浮头和窒息点要大于14℃的浮头点和窒息点，并且在两种规格的实验用鱼中都出现了类似的情况，这个现象在以前张学舒等[112]对大黄鱼浮头点和窒息点的研究中并没有出现，可能是由于温度组设计的不同，本实验设计了8℃，14℃，20℃，26℃，31℃五个温度梯度，而张学舒研究中只有14℃，20℃，25℃三个梯度，没有高温组（31℃）和低温组（8℃），形成温度范围过小从而不能全面反映耗氧率和窒息点随温度的变化规律，另一个原因有可能是所采用的实验用鱼规格大小有所差异，同时在实验测定14℃、

20℃、25℃的浮头点和窒息点与之比较都偏低，可能是由于实验用鱼规格的差异所造成的。浮头点和窒息点随温度变化规律不单单和温度、体重有关，还有鱼所处的生理状态、光照、摄食等有密切联系，因此很难做出定量比较，只能定性分析。有关具体浮头点和窒息点随温度、体重变化规律还需要进一步实验验证。

28

# **第4**章 不同溶解氧水平对岱衢族大黄鱼体内抗氧化代谢和无氧呼吸代谢的影响

溶解氧是影响鱼类生存的重要生态因子之一。当生活环境中的溶氧降低，鱼类行为和生理会发生一些变化，一些鱼类还能识别并主动逃离低氧区[33, 124]，溶解氧对鱼类生理的影响已有很多的报道[40-42]。岱衢族大黄鱼作为一个重要的大黄鱼地理种群，研究其低氧对其生理影响具有重要的意义。本文通过实验生态学的方法研究低氧对岱衢族大黄鱼代谢酶和抗氧化酶的影响，分析其抗氧化能力和评价其对低氧的耐受性，以期为岱衢族大黄鱼的养殖生产以及良种培育中提供参考。

## **4.1** 材料与方法

### **4.1.1** 实验材料

选取宁波市海洋与渔业研究院培育的岱衢族大黄鱼二龄鱼（平均体重362.8g）作为研究对象，实验用鱼来源于宁波市惠民海洋牧场科技发展有限公司（简称惠民公司），将实验用鱼运至西沪港，暂养在海水网箱中，实验前运到岸边实验场地，在实验暂养桶中，暂养1-2d。暂养阶段连续充气，不投喂。实验在象ft港湾水产苗种有限公司进行（简称育苗场）。海水温度16-18℃，盐度25‰。

### **4.1.2** 实验设计

实验装置如图4.1，实验实物图见文后附图。实验设计为2mg/L、3mg/L 和

4mg/L三个实验组，以正常曝气的海水作为对照组，每个溶氧水平设三个重复，每个桶中放入15尾鱼。实验开始前用氮气将实验桶中的溶氧降低到设计浓度。然后将每个实验桶用塑料薄膜封口，以隔绝空气，通过控制流入桶中具有较高溶解氧海水的流量来达到控制实验桶中溶解氧的目的。将实验用鱼放入对应的实验桶中开始计时，在胁迫3h、6h、12h、24h、48h、72h、96h后每个重复组随机抓取一条鱼分别取肌肉、血液和肝脏，血液要经过沉降离心后取血清，液氮保存。实验过程中采用哈希HQ40D便携式溶氧仪测定实验桶中溶解氧的浓度，便携式测得溶氧和碘量法测得溶氧比较如表4.1，每20-30min检测每个桶中的溶解氧，每个桶中溶氧检测数据如图4.2。

29

### **4.1.3** 样品的制备

准确称取组织重量，按照重量（g）：体积（ml）=1: 9的比例加入0.9%的生理盐水，并与条件下机械匀浆，制备10%组织匀浆液，3000转/分，离心10分钟，取上清液，分装保存在低温冰箱。测定时根据不同组织中待测酶的种类，按照一定的比例稀释。

### **4.1.4** 测定方法

乳酸脱氢酶、总超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、和组织蛋白含量均采用南京建成试剂盒测定：乳酸脱氢酶测定试剂盒（A020-2）、总超氧化物歧化酶测试盒（A001-1）、过氧化氢酶测定试剂盒（A007-1）、BCA 法蛋白测定试剂盒

（A045-3），方法和酶活力单位定义详见其说明书。

### **4.1.5** 数据处理

所得到的数据使用SPSS20.0统计软件对数据进行分析，进行单因子方差分析及Duncan氏多重比较分析，以P<0.05作为差异显著性水平，数据采用平均数±标准误（Mean±SE）表示。



开关

流量计

导水管

储水桶

温度计

水泵

开关

取样口

实验桶

搅拌器

**图4.1** **低氧胁迫实验装置图**

**Figure** **4.1** **Hypoxia stress experimental setup**

30



N

6

5

溶解氧浓度mg/L

4

3

2

1

0

1 12 23 34 45 56 67 78 89 100 111 122 133 144

溶氧监测点

**图4.2** **实验各组溶氧变化趋势**

**Figure** **4.2** **Trends in experimental groups of dissolved oxygen**

1#桶

2#桶

3#桶

4#桶

5#桶

6#桶

7#桶

8#桶

9#桶

**表4.1 溶氧仪和碘量法测定溶氧**

Table 4.1 Determination of dissolved oxygen by dissolved oxygen meter and Winker iodimetry

| 分组 | 对照组 | 2mg/L 组 | 3mg/L 组 | 4mg/L 组 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 溶氧仪 | 8.52±0.32 | 2.11±0.18 | 2.97±0.13 | 4.02±0.3 |
| 碘量法 | 8.08±0.19 | 1.88±0.12 | 2.93±0.34 | 3.95±0.29 |

## **4.2** 实验结果

### **4.2.2** 不同溶解氧水平对血液中酶活指标的影响

#### **4.2.2.1** **LDH**

由图4.3可以看出，随着时间的延长在对照组中血清LDH活性没有显著变化，在三个实验组（2mg/L、3mg/L和4mg/L）血清中的LDH活性都表现出先降低然后再升高，最后趋于和对照组相同水平。2mg/L和3mg/L实验组在3h-12h之间血清中LDH 活性要显著降低（P＜0.05），24h 以后和对照组相比无显著差异。4mg/L实验组中LDH在3h出现显著的下降，但是在6h、12h和24h三个采样点LDH活性要显著高于对照组（P＜0.05）。

31

2mg/L 3mg/L 4mg/L 对照组

\*

\*

\*

\*

\* \*

\* \*

\*

\*

7000

6000

乳酸脱氢酶/ U·mg﹣1

5000

4000

3000

2000

1000

0

0h 3h 6h 12h

24h 48h 72h 96h

血清

**图4.3** **不同溶解氧水平对血清中LDH的影响**

**Figure** **4.3** Effect of different levels of dissolved oxygen in the serum **LDH**

#### **4.2.2.2** **TSOD**

由图4.4可以看出，在整个实验过程中对照组TSOD活性没有出现明显的变化，在3-24h各个处理组血清TSOD活性和对照组之间没有显著差异。在48h采样点3mg/L和4mg/L实验组血清中TSOD活性出现了明显的升高，而且要显著的高于对照组（P＜0.05）。在72h采样点2mg/L实验组血清TSOD活性下降并和对照组没有显著性差异，4mg/L 实验组出现显著的下降并显著低于对照组中

TSOD的活性。96h各个实验组血清中TSOD都和对照组之间没有显著性差异。

180

超氧化物歧化酶/（U·mg﹣1）

160

140

120

100

80

60

40

20

0

2mg/L 3mg/L 4mg/L 对照组

\*

\*

0h 3h 6h 12h 24h 48h 72h 96h血清

**图4.4** **不同溶解氧水平对血清TSOD的影响**

**Figure** **4.4** **Effect of different levels of dissolved oxygen in the serum TSOD**

32

### **4.2.3** 不同溶解氧水平对肌肉组织中酶活指标的影响

#### **4.2.3.1** **LDH**

由图4.5可以看出，对照组肌肉中LDH活性在实验的过程中没有显著的变化。3h各个实验组肌肉中LDH活性都出现的急剧的下降，2mg/L、3mg/L和4mg/L肌肉中LDH活性分别降低了80%、57.1%和38.4%.2mg/L和3mg/L实验组肌肉中LDH活性随着时间的延长表现出先降低再升高，在72h有最大值分别是对照组的151.6%和137.8%，最后回复到和对照组相同的水平。4mg/L实验组肌肉中LDH活性除去在3h和6h要显著低（P＜0.05）于对照组外，其他各个时间点都和对照组没有显著的差异（P＞0.05）。

2mg/L 3mg/L 4mg/L 对照组

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\* \* \*

\*

\*

\*

\*

\*

14000

12000

10000

乳酸脱氢酶/U·mg﹣1

8000

6000

4000

2000

0

0h 3h 6h 12h

肌肉24h 48h 72h 96h

**图4.5** **不同溶解氧水平对肌肉中LDH的影响**

**Figure** **4.5** **Effect of different levels of dissolved oxygen in the muscles LDH**

#### **4.2.3.2** **TSOD**

由图4.6可以看出，各个实验组（2mg/L、3mg/L和4mg/L）肌中TSOD活性都是出现在3h急剧降低，然后随着实验时间的延长恢复到初始水平。2mg/L实验组低氧胁迫48h时肌肉中TSOD活性恢复到原来水平，和对照组没有显著差异（P＞0.05）。3mg/L和4mg/L实验组在3-48h肌肉TSOD活性都显著小于对照组肌肉TSOD的活性（P＜0.05），72h和96h恢复到对照组肌肉TSOD活性水平。

33

2mg/L 3mg/L 4mg/L 对照组

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

14

12

超氧化物歧化酶/U·mg﹣1

10

8

6

4

2

0

0h 3h 6h 12h肌肉

24h 48h 72h 96h

**图4.6** **不同溶解氧水平对肌肉中TSOD的影响**

**Figure** **4.6** **Effect of different levels of dissolved oxygen in the muscles TSOD**

### 4.3.3 不同溶氧水平对肝脏组织中酶活指标的影响

#### **4.3.3.1** **LDH**

由图4.7可以看出，2mg/L和3mg/L实验组在整个实验过程中肝脏LDH活性始终显著小于对照组肝脏LDH活性（p＜0.05），4mg/L实验组在3-12h和对照组相比肝脏LDH活性没有显著差异，在24-96h肝脏LDH活性则显著小于对照组

（P＜0.05）。

2mg/L 3mg/L 4mg/L 对照组

\*

\*

~~\*~~

\* \*

\*

\* \*

\*

\*

\*

\*

\*

\*

~~\*~~

\*

~~\*~~

\*

700

600

乳酸脱氢酶/U·mg﹣1

500

400

300

200

100

0

0h 3h 6h 12h

肝脏24h 48h 72h 96h

**图4.7** **不同溶解氧水平对肝脏LDH的影响**

**Figure** **4.7** **Effect of different levels of dissolved oxygen in the liver LDH**

34

#### **4.3.3.2** **TSOD**

由图4.8可以看出，在三个实验组2mg/L、3mg/L和4mg/L在3h采样点肝脏TSOD活性都显著降低分别是对照组的53%、47.1%和49.5%，到6h各个实验组都恢复到低氧胁迫前TSOD活性水平，并和对照组没有显著差异。实验过程中各个时间点照组肝脏TSOD活性差异不显著。

160

140

120

超氧化物歧化酶/U·mg﹣1

100

80

60

40

20

0

2mg/L 3mg/L 4mg/L 对照组

\* \* \*

0h 3h 6h 12h 24h 48h 72h 96h肝脏

**4.8不同溶解氧水平对肝脏TSOD的影响**

**Figure** **4.8** **Effect of different levels of dissolved oxygen in the liver TSOD**

## **4.3** 讨论

在整个实验过程中可以观察到，在2mg/L和3mg/L实验组中岱衢族大黄鱼会出现死亡的情况，而且2mg/L低氧组要比3mg/L低氧组死亡数量要有所增加，在4mg/L和对照组并没有出现死亡情况，由此可见大黄鱼对低氧耐受力比杂交鲷幼鱼[41]耐低氧能力弱。分析表明，在低氧胁迫下不同组织中LDH和TSOD活性都出现先降低后恢复初始水平的总体变化趋势。

乳酸脱氢酶(LDH)是一种葡萄糖酵解的重要酶，可催化乳酸生成丙酮酸，是无氧代谢能力重要指标之一。石斑鱼（*Leiostomusxanthurus*）[124]在溶解氧0.8mg/L环境下，体内LDH活性上升705%，杂交鲷幼鱼[41]低氧胁迫后其体内LDH活性上升17%-25.7%。

本实验中血清4mg/L组和肌肉2mg/L、3mg/L组表现出了随着低氧处理时间的延长LDH活力现降低然后显著增加最后恢复到初始水平，血清中LDH活力在24h和48h采样点4mg/L组分别是对照组的1.26和1.29倍。肌肉中LDH 活

35

力在48h采样点2mg/L和3mg/L实验组分别是对照组的1.34和1.51倍，72h采样点是对照组的1.27和1.37倍。但是肝脏中LDH活力要低于对照组，与以上结果相反，可能是由于不同组织中对低氧胁迫的反应程度有所区别。

鱼类在正常生理条件下，为了避免对机体造成氧化损伤生物体内自由基和活性氧的产生和清除处于动态平衡状态。超氧化物歧化酶(SOD)是机体内天然存在的超氧自由基清除因子，主要分布于胞浆和线粒体的基质中，是催化超氧阴离子(O2﹣)发生歧化反应的一类金属酶，是机体防御过氧化损害系统的一种重要的活性氧防御酶，在消除超氧自由基、减轻脂质过氧化和膜损伤等方面具有重要作用[125]。本实验中血清中TSOD活力在48h有一个上升，然后恢复到初始水平；在肌肉和肝脏中TSOD活力出现先下降后恢复的变化趋势。可能是由于随低氧胁迫时间的延长，体内摄入的O2减少，产生的O2-量减少，SOD是体内唯一以O2-为底物的酶，故测得SOD活力降低[126]。杂交鲷（P. major♀×S. macrocephalus♂）

[41]幼鱼在低氧环境下在肌肉中SOD活性呈下降趋势，而在肝脏中SOD活性上升202%，随后恢复至初始水平。在低氧胁迫中华绒螯蟹（*Eriocheir sinensis Milne-Edwards*）[127]发现4种组织中的SOD活力显著下降。由此可见，在低氧胁迫下不同物种的不同组织中的SOD变化趋势具有不同特点。

本实验中，在低氧胁迫下岱衢族大黄鱼3种组织中LDH和SOD活力下降，但各组织的表现不尽相同，可能是由于组织差异性引起，也有可能与本实验中没有测定的其它呼吸酶类和抗氧化体系类有关，例如延胡索酸还原酶（Fumarate

reductase，FRD）、琥珀酸脱氢酶（Succinate dehydrogenase, SDH）、细胞色素氧化酶（Cytochromeoxidase, CCO）和非酶促抗氧化体系包括维生素、类胡萝卜素类、氨基酸、金属蛋白等。

36

# **第5**章 总结与展望

## **5.1** 总结

在岱衢族大黄鱼F2和F3对干露时间、低盐和高温的耐受性中研究发现：

1.岱衢族大黄鱼F2和F3对干露、低盐和高温的耐受性没有显著差异；

2.干露时间在小于4min, F2和F3的存活率都在97%以上，干露时间5min以后开始大量死亡，7min时F2、F3存活率都低于20%，随着干露时间的延长，F2、F3所需要的恢复时间也越长；

3.岱衢族大黄鱼F2和F3在3‰低盐海水中存活时间都超过6d，证明对低盐具有良好的耐受性；

4.岱衢族大黄鱼F2和F3最高临界温度在35-36℃。

在研究温度、盐度对岱衢族一龄和二龄大黄鱼耗氧率和排氨率发现：

1.岱衢族一龄和二龄大黄鱼排氨率都随着盐度的上升而上升，在盐度25‰是排氨率达到最大，然后盐度大于26‰时排氨率呈现下降的趋势；

2.耗氧率也表现出随盐度升而升高，在盐度26‰时耗氧率达到最大值；

3.温度对排氨率的影响可以分为两个阶段，8℃、14℃两组排氨率维持在较低水平，20℃、26℃、31℃排氨率维持在比较高的水平；

4.总体上排氨率随着温度的升高而升高，在26℃时达到最大值。

5.岱衢族一龄和二龄大黄鱼耗氧率和排氨率随温度的变化趋势相似；

6.在相同盐度和温度下，一龄大黄鱼排氨率和耗氧率总体上要大于二龄大黄鱼的排氨率和耗氧率。

在低氧胁迫实验中结果显示：

1.在血液、肌肉和肝脏中LDH活性都出现先降低后升高的变化趋势；

2. SOD活性在肝脏中只在3h出现短暂的下降，肌肉中SOD活性在3-48h要低于对照组，在血液中SOD活性除在48h显著升高（p＜0.05）其它各时间点和对照组没有明显比变化。

3.实验过程中岱衢族大黄鱼在2mg/L和3mg/L实验条件下出现死亡情况，在

4mg/L实验组和对照组并没有出现死。

## **5.2** 展望

本研究采用实验生态学的方法，基本探明了岱衢族大黄鱼幼鱼对干露、低盐和

37

高温几种环境因子的耐受能力，以及在不同温度和盐度下耗氧率和排氨率的变化规律，最后探究了在溶氧胁迫下岱衢族大黄鱼一些生理指标的变化。但是在实验过程中，会有很多的外界因素例如，天气、光照和季节变化等都会对实验形成潜在的影响，因此需要经过以后研究来进行验证。通过本研究期望为岱衢族良种培育、工厂化养殖等提供依据。

38

参考文献

[1]龙华．温度对鱼类生存的影响[J]．中ft大学学报（自然科学版），2005, 44（增刊）：254-257．

[2]孙丽华，陈浩如，温度和体质量对军曹鱼生长及氮收支的影响[J]．水产学报，2013, 37（10）：

1527-1534．

[3]阮成旭，吴德峰，袁重桂．温度对大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)幼鱼生长和养殖水质的影响[J]．广州大学学报（自然科学版），2013, 12(2)：36-39．

[4]刘旭，丁少雄，王军．温度和盐度对斜带石斑鱼幼鱼生长的影响[A]．中国海洋湖沼学会鱼类学分会、中国动物学会鱼类学分会2004年学术研讨会摘要汇编[C]．武汉：中国科学院水生生物研究所，2004: 56-57．

[5] Hanland S. O., Imsland A. K., Stefansson S. O.. The effect of temperature and fish size on growth, feed in-take, food conversion efficiency and stomach evacuation rate of Atlantic salmon post-smolts[J]. Aquaculture, 2008, 283(1-4):36-42.

[6]王辉，强俊，李瑞伟．温度对奥尼罗非鱼仔稚鱼生长、饲料利用和消化酶活力的影响

[J]．广东海洋大学学报，2008, 28(6)：15-19．

[7] Katersky R. S., Carter C. G.. A preliminary study on growth and protein synthesis of Juvenile barramundi, Lates alcarifer at different temperatures[J]. Aquaculture, 2007, 267(1-4): 157-164.

[8]唐道军，徐善良，马斌．温度对黑鱾幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．动物学杂志，2013，

48(2): 256-260．

[9]王刚，李加儿，区又君，等．环境因子对卵形鲳鲹幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．动物学杂志，2011, 46( 6)：80-87．

[10]江丽华，朱爱意．温度和盐度对美国红鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．水产养殖，2009，

30(10): 27-30．

[11]闫茂仓，单乐州，邵鑫斌，等．温度及体重对鮸鱼幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．2007，

26(1): 44-49．

[12]朱爱意，谢佳彦，江丽华．pH和温度对黄姑鱼主要消化酶活力的影响[J]．浙江海洋学院学报（自然科学版），29(6)：531-536．

[13]赵东海．黄鳝消化酶活性与温度的关系[J]．河北大学学报（自然科学版），2005, 25（3）：

323-325．

[14]喻召德．黄颡鱼消化酶的初步研究[D]．华中农业大学，2004．

[15]陈品健，王重刚，陆浩，等．真鲷幼鱼消化酶活性与温度的关系[J]．厦门大学学报（自然科学版），1998, 13(6)：31-935．

[16]夏世钧，吴中亮．分子毒理学基础[M]．湖北科学技术出版社，2001: 84-87．

[17]刘汝建，区又君，李加儿，等．盐度、温度对卵形鲳鲹选育群体肝抗氧化酶活力的影响[J]．动物学杂志，2013, 48(3)；428-436．

[18] Diaz R., Rosenberg R.. Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna[J]. Oceanography and marine biology, 1995, An annual review(33):245-303.

[19]王巧宁，颜天，周名江．近岸和河口低氧成因及其影响的研究进展[J]．海洋环境科学，

2012，31(5)：775-778．

[20] Borsuk M. E., Stow C. A., Luettich R. A., etc. Modelling oxygen dynamics in an intermittently stratified estuary: Estimation of process rates using field data. Estuarine[J].

39

Estuarine, Costal and Shelf Science, 2001, 52(1):33-49.

[21] Wei H., He Y., Li Q., etc. Summer hypoxia adjacent to the Chang jiang Estuary[J]. Journal of Marine Systems, 2007, 67(3/4):292-303．

[22] Justic D., Rabalais Nancy N., Turner R. E.. Simulated responses of the Gulf of Mexico hypoxia to variations in climate and anthropogenic nutrient loading[J]. Journal of Marine Systems, 2003, 42(3/4):115-126.

[23] Rudolf S. S. W.. Hypoxia: From molecular responses to ecosystem responses[J]. Marine Pollution Bulletin, 2002, (45):35-45.

[24]罗琳，李适宇，厉红梅．夏季珠江口水域溶解氧的特征及影响因素[J]．中ft大学学报

（自然科学版），2005, 44(6)：118-122．

[25]辛明，马德毅，王保栋，等．黄海溶解氧的平面分布特征及其季节变化[J]．中国海洋大学学报，2013, 43(7)：56-60．

[26]石晓勇，王修林，陆茸，等．东海赤潮高发区春季溶解氧和pH分布特征及影响因素探讨[J]．海洋与湖沼，2005, 36(5)：404-452．

[27]李道季，张经，吴莹，等．长江口外氧的亏损[J]．中国科学D 辑，2002, 32（8）：

686-694.

[28] Shimps E. L., Rice J. A., Osborne J. A.. Hypoxia tolerance in two juvenile estuary-dependent fishes[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2005(325):146-162.

[29] Brett J. R., Blackburn J. M.. Oxygen requirements for growth of young coho (Oncorhynchus kisutch) and sockeye(O. nerka) salmon at15℃[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1981, 38(4):399-404.

[30] Ruyet J. P., Lacuta, Bayonn L., etc. Effectsofrepeated hypoxic shockson growth andmetabolism of turbot juveniles[J]. Aquatic Living Resource, 2003, 16(1):25-34.

[31] Pedersen C. L.. Energy budgets for juvenile rainbow trout at various oxygen concentrations[J]. Aquaculture, 1987, 62(34):289-298.

[32]李洁．限制溶解氧供应对褐牙鲆幼鱼生长的影响及其机制的实验研究[D]．中国海洋大

学，2011．

[33] Wannamaker C. M., Rice J. A.. Effect of hypoxia on movements and behavior of selected estuarine organisms from the southeastern United States[J]. Journal of Eeperimental Marine Biology and Ecology, 2000, (249):145-163.

[34] Kramer D. L.. Dissolved oxygen and fish behaveior [J]. Environmental Biology of Fishes, 1987, 18(2):81-92.

[35] Pihl L. S., Baden P., Diaz R. J.. Effects of Periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans[J]. Marine Biology, 1991, (108):34-36.

[36]沈晓民，章合一．团头鲂血液指标与水环境的关系[J]．生态学报，1991, 11(1)：92-94．

[37] Valenzuela A., Silva V., Tarifeno E., etc. Effect of acute hypoxia in trout (Oncorhynchu smykiss) on immature erythrocyte release and production of oxidative radicals[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2005, 31(1):65-72.

[38]黄国强，李洁，柳意樊．不同溶氧水平对褐牙鲆幼鱼呼吸行为和血液指标的影响[J]，

广西科学，2013, 20(1)：52-56．

[39] Dalla V. J., Thillartv D., Cattanio, etc. Influence of long-term hypoxia exposure on the energy metabolism of *Solea solea*. 2. Intermediary metabolism in blood, liver and muscle[J]. Marine Ecology Progress Series, 1994, 111(1-2):17-27.

[40] Cooper R. U., Clough L. M., Farwellm A., etc. Hypoxia-induced metabolic and antioxidant

40

Enzymatic activities in the estuarine fish *Leiostomus xanthurus*[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2002, 279(1-2):1-20.

[41]姜景腾，吴雄飞，蒋宏雷．低氧胁迫对真鲷（♀）与黑鲷（♂）杂交子一代体内酶活力的影响

[J]．宁波大学学报（理工版），2010, 23(4)：10-14．

[42] Lushchak V. I., Lushchak L. P., Mota A. A., etc. Oxidative stress and oxidant defenses in goldfish Carassius auratus during anoxia and reoxygenation[J]. American Journal of Physiology, 2001, 280(1):100-107.

[43]何伟，曹振东，付世建．温度和低氧对白鲢乳酸与糖水平的影响[J]．重庆师范大学学

报（自然科学版），2013, 30(5)：27-31．

[44]尤宏争，郑艳坤，尤广超．不同盐度对鱼类养殖生物学的影响研究进展[J]．2013，（3）：

47-52．

[45]刘德永．梭鱼淡水池塘养殖高产技术[J]．水产养殖，2007, 28(6)：32．

[46] 刘庆营．花鲈淡水养殖技术简介[J]．渔业致富指南，2007，(11)：43-44．

[47]缴建华，李彤，梁传辉．漠斑牙鲆淡化养殖试验报告[J]．河北渔业，2005(3)：34-36．

[48]王建钢，乔振国，于忠利．点带石斑鱼对盐度适应性的初步研究[J]．2009, 24(6)：23-24．

[49]梁华芳，黄东科，吴耀华，等．温度和盐度对龙虎斑存活与摄食的影响[J]．广东海洋大学学报，2013, 33(4)：22-26．

[50]荣林，谢仰杰，王志勇，等．大黄鱼幼鱼对低盐度的耐受性研究[J]．集美大学学报（自然科学版），2013, 18(3)：167-171．

[51]李学军，郭瑄，聂国兴，等．慢性盐度胁迫对吉丽罗非鱼（尼罗罗非鱼♀×萨罗罗非鱼

♂）及其两亲本耐盐性的影响[J]．水产学报，2013, 37(2)：256-262．

[52]菅玉霞，潘雷，胡发文，等．温度和盐度对大泷六线鱼仔鱼存活与生长的影响[J]．渔业科学进展，2012, 33(5)：24-29．

[53]郭勤单，徐国成，王有基，等．急性盐度应激对银鲳(*Pampus argenteus*)幼鱼耐受水平评价[J]．海洋环境科学，2013, 32(4)：560-564．

[54]郭勤单，徐国成，王有基，等．银鲳仔鱼对不同盐度的耐受力及其耗氧量的研究[J]．水产学报，2013，37(5)：719-726.

[55] Boeuf G., Payan P.. How should salinity influence fish growth[J]. ComparativeBiochemistryandPhysiology-PartC: Toxicology＆Pharmacology, 2001, 130(4):411-423.

[56]柳敏海，彭志兰，张凤萍，等．盐度对条石鲷摄食、生长和肌肉生化组成的影响[J]．大连海洋大学学报，2012，27(5)：392-397.

[57]强俊，任洪涛，徐跑，等．温度与盐度对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼生长和肝脏抗氧化酶活力的协同影响[J]．应用生态学报，2012, 23(1)：255-263．

[58]曾霖，雷霁霖，刘滨，等．盐度对大菱鲆幼鱼生长和肌肉营养成分的影响[J]．水产学报，2013, 37(10)：1537-1541．

[59]唐夏，黄国强，李洁，等．低盐度胁迫不同时间对褐牙鲆幼鱼生长的影响[J]．南方水产科学，2012, 8(3)：10-16．

[60]周天舒，王磊，唐文乔，等．大鳍弹涂鱼的胚胎发育及其对盐度的耐受性[J]．水生生物学报，2012, 36(5)：913-921．

[61]陈惠群，焦海峰．盐度突变对大黄鱼受精卵孵化及稚鱼成活的影响[J]．水产科学，2005，

24(1): 20-21．

[62]尹飞，孙鹏，彭士明，等．低盐度胁迫对银鲳幼鱼肝脏抗氧化酶、鳃和肾脏ATP酶活力的影响[J]．2011, 22(4)：1059-1066．

[63]王涛，苗亮，李明云等．突降盐度胁迫对大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)血清生理生化

41

及鳃丝Na+/K+-ATP酶活性的影响[J]．海洋与湖沼，2013, 44(2)：421-426．

[64]郭黎，马爱军，王新安，等．盐度和温度对大菱鲆幼鱼抗氧化酶活性的影响[J]．大连海洋大学学报，2012, 27(5)：422-428．

[65]唐贤明，隋曌，田景波，等．盐度对大菱鲆幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．南方水产，

2006，2(4)：54-58．

[66]姚学良，蔡琰，张振奎，等．盐度突变对豹纹鳃棘鲈幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．天津农学院学报，2013, 20(3)：29-33．

[67]田明诚，徐恭昭，余日秀．大黄鱼*Pseudosciaena crocea(* Richardson)形态特征的地理变异与地理种群问题[J]．海洋科学集刊，1962，( 2)：7-97．

[68]郝小凤，刘洋，凌去非．氨氮对泥鳅的急性毒性及对其肝、鳃组织超微结构的影响[J]．水生态学杂志，2012, 33(5)：101-107．

[69]徐嘉波，张根玉，施永海，等．氨氮对菊黄东方鲀幼鱼的毒性试验[J]．中国农学通报，2012，28(29)：161-164．

[70]郑乐云．氨氮和亚硝酸盐对斜带石斑鱼苗的急性毒性效应[J]．海洋科学，2012，36 (5)：81-86．

[71]胡毅，黄云，钟蕾，等．氨氮胁迫对青鱼幼鱼鳃丝Na+/K+-ATP酶、组织结构及血清部分生理生化指标的影响[J]．水产学报，2012, 36(4)：538-545．

[72]徐恭昭，罗秉征，王可玲．大黄鱼*Pseudosciaena crocea*( Richardson)种群结构的地理变异[J]．海洋科学集刊，1962，( 2)：98-109．

[73] 陈卫忠．东海区主要经济鱼类资源近况[J]．海洋渔业，1994, 16(4)：163-167．

[74]刘家富，韩坤煌．我国大黄鱼的产业发展现状与对策[J]．福建水产，2011, 33(5)：4-8．

[75]刘家富，刘招坤．福建闽东大黄鱼*Larimichthys crocea* ( Richardson)产业展望[J]．现代渔业信息，2008, 23(12)：3-5．

[76]王量迪．我市率先攻克本地大黄鱼繁育养难题[N]．宁波日报，2011- 6-1(A05)．

[77]郑美芬．岱衢族大黄鱼室内人工育苗技术的研究[J]．河北渔业，2006, 10: 40-42．

[78]李明云，胡玉珍，苗亮，等．岱衢洋和官井洋大黄鱼自交与杂交子代生长性能及杂交优势分析[J]．水产学报，2010, 34(6)：859-864．

[79]丁诗华，黄丽英，张海琪等．大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)岱衢洋选育群体和官井洋养殖群体的遗传差异分析[J]．海洋与湖沼，2006, 37(1)：41-46．

[80]刘必谦，董闻琦，王亚军，等．岱衢族大黄鱼种质的AFLP 分析[J]．水生生物学报，

2005，29(4)：413-416．

[81]黄良敏，谢仰杰，苏永全．闽-粤东族与岱衢族养殖大黄鱼的遗传多样性研究[J]．厦门大学学报（自然科学版），2006, 45(6)：836-840．

[82]黄振远，苏永全，张建设，吴常文．闽粤群和岱衢群养殖大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)

及其杂交子代遗传差异的SSR分析[J]．2011, 42(4)：592-596．

[83]沈盎绿，陈亚瞿．低盐度驯化对大黄鱼和黑鲷存活的影响[J]．水利渔业，2007, 27（6）：

47-48．

[84]王晓清，王志勇，何湘蓉．大黄鱼( *Larimichthys crocea*)耐环境因子试验及其遗传力的估计[J]．海洋与沼泽，2009, 40(6)：781-785．

[85]李兵，钟英斌，吕为群．大黄鱼早期发育对盐度的适应性[J]．上海海洋大学学报，

2012，21(1)：106-113．

[86]马胜伟，沈盎绿，沈新强．水温对不同鱼类的急性致死效应[J]．海洋渔业，2005, 27（4）：

298-913．

[87]廖一波，陈全震，曾江宁，等．我国4种重要海水经济鱼类热忍受研究[J]．海洋环境

42

科学，2007, 26(5)：458-460．

[88]谢芳靖，张子平，邹志华，等．大黄鱼EST微卫星标记初步筛选[J]．福建水产，2011，

33(5): 9-14．

[89]常玉梅，王文文，徐万土等．人工繁育大黄鱼(Pseudosciaena crocea)群体F2及F3遗传差异分析[J]．海洋与湖沼，2009, 40(4)：414-422．

[90]吴靖娜，许永安，刘智禹．养殖大黄鱼鱼肉营养成分的分析及评价[J]．营养学报，2013，

35(6): 610-612．

[91]林淑琴．不同生长阶段大黄鱼的蛋白质和蛋/能比营养研究[D]．中国海洋大学，2013．

[92] 朱清．大黄鱼人工育苗技术[J]．水产养殖，2008(5)：21-22．

[93]姜志强，张弼，考伟．大黄鱼人工育苗研究[J]．水产科学，2011, 20(3)：15-16．

[94] Owen M bokigwe Kibona，倪海儿，王国良，等.基于灰色系统理论的网箱养殖大黄鱼疾病预报[J]．水产学报，2013, 37(6)：920-926．

[95]邱杨玉．大黄鱼内脏白点病的研究[D]．华中农业大学，2012．

[96]陈松波，陈伟兴，范兆廷．鱼类呼吸代谢研究进展[J]．水产学杂志，2004, 17(1)：82-89．

[97] Morgan J. D., Iwama G. K., Effects of salinity on growth, metabolism and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout(*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1991, 48(4):2083-2094.

[98]唐贤明，田景波，王国福，等．盐度对大菱鲆幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．南方水

产，2006, 2(4)：54-57．

[99]班红琴，吴垠．盐度对虹鳟耗氧率及排氨率的影响[J]．河北渔业，2011，(11)：06-09．

[100]李加儿，刘士瑞，区又君，等．浅色黄姑鱼幼鱼耗氧率、排氨率及窒息点的初步研究

[J]．海洋学报，2008, 30(5)：165-170．

[101]李加儿，刘士瑞，区又君，等．花尾胡椒鲷幼鱼的呼吸和排泄代谢[J]．南方水产，2009，5(2)：34-39．

[102]闫茂仓，单乐州，谢起浪，等．温度、盐度及体重对条石鲷幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]．海洋科学进展，2008, 26(4)：476-486．

[103]张中英，胡玫，吴福煌．尼罗罗非鱼耗氧率初步研究[J]．水产学报，1982, 6（4）：

367-378．

[104]孙忠，余方平，姚海富，等．网箱养殖大黄鱼和美国红鱼的耗氧率与氮排泄率[J]．浙江海洋学院学报，2004, 23(3)：207-211．

[105]沈勤，徐善良，严小军，等．饲料及体重对大黄鱼排氨率影响的初步研究[J]．宁波大学学报，2008, 21(3)：318-322．

[106]杨振才，谢小军，孙儒泳．鲇鱼的静止代谢率及其与体重、温度和性别的关系[J]．水生生物学报，1995, 19(4)：365-373．

[107] 线薇薇，朱鑫华．体重和温度对褐牙鲆标准代谢的影响[J]．2002，，13(3)：340-342．

[108]闫常春，闫玉莲，王汨等．体重和温度对大眼鳜静止代谢的影响[J]．淡水渔业，2013，

43(2): 21-25．

[109]王跃斌，孙忠，余方平，等．温度对黑鳍棘鲷耗氧率与排氨率的影响[J]．海洋渔业，

2007，29(4)：375-379．

[110]廖朝兴，黄忠志．草鱼在不同的状况下耗氧率的测定[J]．淡水渔业，1986，(3)：14-16．

[111]陈宣雄，徐善良，沈庞幼，等．温度对条石鲷幼鱼代谢率、排泄率及窒息点的影响[J]．海洋学研究，2012, 30(1)：95-101．

[112]张学舒，王英．大黄鱼鱼苗耗氧率和窒息点的研究[J]．经济动物学报，2007, 11（3）：

148-153．

43

[113]范镇明，赵新红，钱龙．河鲈鱼苗耗氧率和窒息点的测定[J]．水生态学杂志，2009，

2(4): 129-132．

[114]牟振波，徐革锋，黄金善等.金鳟和道氏虹鳟耗氧率和窒息点的比较研究[J]．东北农业大学学报，36(3)：345-249．

[115]徐钢春，顾若波，韦宝莹．似刺鳊鮈耗氧率和窒息点的初步研究[J]．水生态学杂志，

2011，32(4)：110-114．

[116]徐钢春，聂志娟，薄其康．水温对刀鲚幼鱼耗氧率、窒息点、血糖及肌肝糖元指标的影响[J]．生态学杂志，2012, 31(12)：3116-3120．

[117]陈刚，张健东，吴灶和．军曹鱼幼鱼耗氧率与窒息点的研究[J]．水产养殖，2005，

26(1): 1-4．

[118]乔德亮，李思发，凌去非，等．白斑狗鱼耗氧率和窒息点研究[J]．上海水产大学学报，

2005, 14( 2)：202-206．

[119]耿龙武，徐伟，李池陶，等．大鳞鲃耗氧率和窒息点的测定[J]．上海海洋大学学报，

2012，21(3)：363-367．

[120]杨凯，樊启学，张磊．黄颡鱼瞬时耗氧率与窒息点的研究[J]．水生态学杂志，2012，

33(2): 127-131．

[121]朱爱意，赵向炯，付俊．褐菖鲉耗氧率及窒息点的初步研究[J]．海洋水产研究，2007，

28(1): 95-100．

[122]王资生，黄金田，彭斌．半滑舌鳎耗氧率和窒息点的初步研究[J]．水产科学，2004，

23(4): 3-7．

[123]董存有，张金荣．真绸室息点与耗氧率的初步测定[J]．水产学报，1992，16(1)：75-79．

[124] CooPer R. U., Clough L. M., Farwell M. A., etc. Hypoxia-induced metabolic and antioxidant enzymatic activities in the estuarine fish *Leiostomusxanthurus*[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2002, 279: l-20.

[125] Pihl L., Baden S. P., Diaz R. J.. Effects of periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans[J]. Marine Biology, 1991, 108:349-360.

[126]王瑞龙，陈玉明，徐军，等．氯氰菊酷对唐鱼肝和鳃组织超氧化物歧化酶(SOD)活性

的影响．生态环境，2007, 16(3)：790-793．

[127]李泽健．低氧胁迫对中华绒螯蟹能量代谢、呼吸代谢及抗氧化代谢的影响[D]．河北大学，2012．

44

致**谢**

本文是在我的校外导师吴雄飞和校内导师杨季芳的悉心指导下完成的。在课题前期准备以及论文撰写的整个过程中，吴老师和杨老师都给予了细心的指导和不懈的支持。两位导师的渊博学识，严谨的治学态度，孜孜不倦的进取精神以及诲人不倦的高尚师德都深深影响着我，使我受益良多，这对我以后的工作和生活也有了很大的帮助。

感谢沈伟良老师以及我的室友靳庆鑫在实验过程中提供无私的帮助，感谢象

ft港湾水产苗种有限公司龚佳男、杨辉等工作人员。

感谢在读研两年里所有教育过我的老师们，感谢他们对我的教导、关心和支持，让我学到了很多生活的道理。在此对他们给予我的诸多帮助表示由衷的感谢！另外，我要感谢一直关心我、支持我的亲人和朋友，是你们给了我坚持不解的勇气和克服困难的信心。谨以此文对关心和帮助我的人们表示衷心的感谢！

最后，再次向所有关心和帮助过我的领导、老师、同学和朋友们表示感谢！同时向参加论文评阅、评议及答辩组的老师们，致以诚挚的谢意，感谢你们能在百忙中给予指导！

45

## 攻读硕士学位期间发表的学术成果

[1]郭念岗，温度和盐度对岱衢族大黄鱼排氨率和耗氧率的影响，渔业现代化，2013

46

## 附图：





附图 2 实验装置正观





附图 1 实验用鱼来源：惠民公司白石ft海ft养殖基地

附图3 实验装置侧观



附图5 海上临时实验室



附图7 育苗场低氧胁迫装置俯瞰图

附图4 实验装置细节图



附图 6 低氧胁迫实验储水桶



附图8 育苗场低氧胁迫实验桶

47