

科 学 研 究 调 查 报 告

SCIENTIFIC RESEARCH
INVESTIGATING REPORT

第1—10号

核电站对渔业环境影响 预测及防治对策的研究

(热排水对鱼类影响的研究材料之十)

中 国 淡水渔业研究中心
水产科学研究院

目 录

一、国外核电站的现状与动向.....	(1)
二、对渔业环境的影响.....	(2)
(一) 对水环境的影响.....	(3)
(二) 对鱼类行为的影响.....	(4)
(三) 热污染引起死鱼.....	(4)
(四) 关于机械损伤.....	(5)
(五) 对饵料生物的影响.....	(7)
(六) 关于水污染的影响.....	(9)
三、余热的综合利用.....	(10)
(一) 利用余热养鱼.....	(10)
(二) 提供居民使用.....	(11)
(三) 农业使用.....	(11)
四、核电站在我国建立的前景与预测.....	(11)
(一) 在我国建立核电站的前景.....	(11)
(二) 对渔业影响的预测.....	(13)
五、对废热水影响的防治对策.....	(15)
六、35个国家和地区核电站建立的情况表.....	(17)

美国、苏联、南斯拉夫、中国台湾省、阿根廷、奥地利、比利时、巴西、保加利亚、加拿大、捷克斯洛伐克、古巴、芬兰、法国、德国联邦共和国、德国民主共和国、匈牙利、印度、伊朗、意大利、日本、朝鲜、卢森堡、墨西哥、荷兰、挪威、巴基斯坦、菲律宾、波兰、罗马尼亚、南非、西班牙、瑞典、瑞士等。

3.7 框架对象 (frame) 及其他对象	44
3.7.1 frame 对象	44
3.7.2 history 对象	45
3.7.3 navigator 对象	45
3.7.4 select 对象	45
3.7.5 iframe 对象	46
3.8 实用综合实例	48
3.8.1 表单验证实例	49
3.8.2 日期选择器	56
3.8.3 地址选择器	60
3.8.4 树型菜单	62
3.8.5 卷帘菜单	65
3.8.6 框架应用实例	67
3.8.7 经典实用代码集锦	68
3.9 小结	70

第 2 篇 进阶篇

第 4 章 初识 Java EE 展示层组件 JSP 2.0	73
4.1 Servlet2.4 简介	73
4.1.1 Servlet 概述	73
4.1.2 Servlet 的生命周期及请求响应时序	74
4.1.3 HttpServlet 相关对象的方法列表	75
4.1.4 创建 HttpServlet 实例	76
4.2 JSP 语法	79
4.2.1 HTML 注释	80
4.2.2 隐藏注释	80
4.2.3 声明	80
4.2.4 表达式	81
4.2.5 代码段	81
4.2.6 JSP 指令	82
4.2.7 JSP 行为标签	84
4.3 JSP 隐含对象	87
4.3.1 page 对象	87
4.3.2 config 对象	87
4.3.3 out 对象	87
4.3.4 request 对象	89

4.3.5 response 对象	91
4.3.6 Session 对象	91
4.3.7 application 对象	93
4.3.8 pageContext 对象	95
4.3.9 exception 对象	96
4.4 小结	97
第 5 章 JSP 2.0 在 Java EE 中的典型应用	99
5.1 JSP 与 JDBC	99
5.1.1 JDBC 简介	99
5.1.2 JDBC 访问数据库的基本步骤	103
5.1.3 JDBC 数据源和连接池	105
5.1.4 综合实例 (购物车)	107
5.2 JSP 与 JavaBean	113
5.2.1 JavaBean 简介	113
5.2.2 在 JSP 中如何使用 JavaBean	114
5.2.3 用 JavaBean 封装数据库操作	116
5.2.4 用 JavaBean 实现用户登录验证	120
5.3 JSP 与 JavaMail	122
5.3.1 电子邮件工作原理	122
5.3.2 相关协议介绍	123
5.3.3 JavaMail 简介	124
5.3.4 使用 JavaMail 发送文本型邮件	128
5.3.5 使用 JavaMail 发送 HTML 型邮件	132
5.3.6 使用 JavaMail 发送带附件的邮件	135
5.3.7 使用 JavaMail 收取邮件	138
5.4 JSP 与在线编辑器 FCKeditor	145
5.5 JSP 与报表利器 JasperReports	148
5.6 Log4j 实现日志操作	153
5.6.1 Log4j 的组成	153
5.6.2 Log4j 的配置文件	155
5.6.3 Log4j 使用方法	157
5.6.4 Log4j 的使用实例	158
5.6.5 Log4j 在 Web 应用中的推荐配置方法	160
5.7 JSP 与 jspSmartUpload	162
5.7.1 File 类	163

5.7.2	Files 类	163
5.7.3	Request 类	163
5.7.4	SmartUpload 类	164
5.7.5	应用实例	164
5.8	JSP 与 XML	170
5.8.1	XML 简介	171
5.8.2	DOM4J 简介	171
5.8.3	使用 DOM4J 解析 XML	172
5.8.4	使用 DOM4J 创建 XML	174
5.8.5	使用 DOM4J 修改 XML	177
5.9	小结	178
第 6 章	JSP 2.0 在 Java EE 中的高级应用	179
6.1	过滤器 Filter	179
6.1.1	Filter 简介	179
6.1.2	Filter 配置说明	181
6.1.3	使用 Filter 实现编码过滤器	181
6.1.4	使用 Filter 实现计时过滤器	183
6.2	监听器 Listener	184
6.2.1	Listener 简介	184
6.2.2	Listener 的一般使用步骤	185
6.2.3	Listener 的应用实例	185
6.3	自定义 JSP 标签	189
6.3.1	TagSupport 类	189
6.3.2	BodyTagSupport 类	190
6.3.3	标签库描述文件 (TLD)	190
6.3.4	自定义 JSP 标签的一般步骤	191
6.3.5	自定义 JSP 标签的应用实例	192
6.4	JSTL 标签库	197
6.4.1	EL 简介	197
6.4.2	核心标签库	199
6.4.3	I18N 标签库	208
6.4.4	SQL 标签库	219
6.4.5	XML 标签库	223
6.4.6	函数标签库	226
6.5	小结	228

第 7 章 Java EE 应用中的异步通信技术——AJAX	229
7.1 AJAX 基础知识	229
7.1.1 XMLHttpRequest 对象	230
7.1.2 JavaScript 编程	231
7.1.3 文档对象模型 DOM	232
7.2 AJAX 应用实例	234
7.2.1 实例一：会员注册唯一性检查	234
7.2.2 实例二：动态更新下拉列表	237
7.2.3 实例三：刷新页面局部内容	240
7.2.4 实例四：交互式电子相册	244
7.2.5 实例五：访问 Web 服务	246
7.2.6 实例六：创建工具提示	251
7.3 JSON /JSON-RPC 组件的使用	254
7.3.1 使用 JSON 组件	254
7.3.2 使用 JSON-RPC 组件	261
7.4 Jsp AjaxTags 组件的使用	265
7.4.1 Auto-Complete 标签应用实例	266
7.4.2 Callout 标签应用实例	270
7.4.3 Form Update 标签应用实例	272
7.4.4 HtmlContent 标签应用实例	274
7.4.5 Portlet 标签应用实例	277
7.4.6 Select/Dropdown 标签应用实例	280
7.4.7 Tab Panel 标签应用实例	283
7.4.8 AJAX DisplayTag 标签应用实例	285
7.5 小结	287

第 3 篇 提高篇

第 8 章 初识 Java EE 经典 MVC 框架 Struts	291
8.1 MVC 概述	291
8.2 Struts 概述	293
8.2.1 Struts 实现 MVC	293
8.2.2 Struts 的组成	294
8.2.3 Struts 的工作流程	295
8.2.4 用 MyEclipse 开发 Struts 应用的一般步骤	296
8.2.5 体验 Struts（一个简单的应用实例）	299
8.3 Struts 的配置	305

8.3.1	web.xml 配置文件	305
8.3.2	struts-config.xml 配置文件	307
8.3.3	应用实例 (会员管理)	310
8.4	小结	325
第 9 章	了解 Struts 的 MVC 组件	327
9.1	Struts 控制器组件	327
9.1.1	使用 ActionServlet 类	327
9.1.2	使用 Action 类	328
9.1.3	使用 DispatchAction 类	332
9.1.4	使用 LookupDispatchAction 类	333
9.1.5	使用 ActionForward 类	336
9.1.6	使用 ActionMapping 类	337
9.2	Struts 模型组件	338
9.2.1	概念模型	339
9.2.2	设计模型	339
9.2.3	业务对象 BO	342
9.2.4	对象持久化	344
9.2.5	数据访问对象 DAO	344
9.2.6	应用实例 (客户关系管理)	345
9.3	Struts 视图组件	364
9.3.1	数据传输对象 (DTO) ActionForm Bean	364
9.3.2	ActionError 和 ActionMessage	370
9.3.3	DisplayTag 标签库的应用	373
9.3.4	实例解析 Struts-Menu 菜单框架	378
9.4	小结	386
第 10 章	Struts 的高级应用	387
10.1	Struts 的国际化支持	387
10.1.1	Web 应用的中文本地化	387
10.1.2	Struts 应用的国际化	389
10.1.3	Struts 国际化应用实例	391
10.2	Validator 验证框架	394
10.2.1	Validator 框架简介	394
10.2.2	为 Struts 应用配置 Validator	399
10.2.3	Validator 中 JavaScript 的应用	401
10.2.4	Validator 应用实例	401

10.3	多数据源的应用	405
10.4	多消息源的应用	409
10.5	多应用模块的配置使用	410
10.6	Log4j 在 Struts 中的应用	412
10.7	测试 Struts 应用	414
10.8	小结	417
第 11 章	Struts 专用标签库详解	419
11.1	实例讲解 Struts HTML 标签库	419
11.1.1	<html:html> 标签详解	419
11.1.2	<html:base> 标签详解	420
11.1.3	<html:img> 标签详解	420
11.1.4	<html:link> 标签详解	423
11.1.5	<html:errors> 标签详解	425
11.1.6	<html:messages> 标签详解	427
11.1.7	<html:form> 标签详解	428
11.1.8	<html:text> 标签详解	429
11.1.9	<html:button> 标签详解	431
11.1.10	<html:textarea> 标签详解	433
11.1.11	<html:password> 标签详解	435
11.1.12	<html:hidden> 标签详解	436
11.1.13	<html:radio> 标签详解	437
11.1.14	<html:checkbox> 标签详解	438
11.1.15	<html:multibox> 标签详解	440
11.1.16	<html:select> 标签详解	442
11.1.17	<html:option> 标签详解	442
11.1.18	<html:options> 标签详解	444
11.1.19	<html:optionsCollection> 标签详解	445
11.1.20	<html:file> 标签详解	447
11.1.21	<html:cancel> 标签详解	450
11.1.22	<html:reset> 标签详解	451
11.1.23	<html:submit> 标签详解	452
11.2	实例讲解 Struts Bean 标签库	453
11.2.1	<bean:cookie> 标签详解	453
11.2.2	<bean:define> 标签详解	454
11.2.3	<bean:header> 标签详解	455

11.2.4	<bean:include>标签详解	456
11.2.5	<bean:message>标签详解	456
11.2.6	<bean:page>标签详解	457
11.2.7	<bean:parameter>标签详解	458
11.2.8	<bean:resource>标签详解	459
11.2.9	<bean:size>标签详解	459
11.2.10	<bean:Struts>标签详解	460
11.2.11	<bean:write>标签详解	461
11.3	实例讲解 Struts Logic 标签库	462
11.3.1	与比较运算相关的 Logic 标签详解	462
11.3.2	与字符串匹配相关的 Logic 标签详解	463
11.3.3	<logic:empty>与<logic:notEmpty>标签详解	465
11.3.4	<logic:present>与<logic:notPresent>标签详解	466
11.3.5	<logic:messagesPresent>与<logic:messagesNotPresent>标签详解	467
11.3.6	<logic:iterate>标签详解	469
11.3.7	<logic:forward>标签详解	471
11.3.8	<logic:redirect>标签详解	471
11.4	实例讲解 Struts nested 标签库	472
11.4.1	与其他 Struts 标签库相同功能的标签	472
11.4.2	<nested:nest>与<nested:writeNesting>标签详解	474
11.4.3	<nested:root>标签详解	476
11.5	小结	478
第 12 章	初识 Java EE 轻量级持久化框架 Hibernate	479
12.1	ORM 简介	479
12.1.1	持久化与持久层	479
12.1.2	JDBC 劣势	480
12.1.3	实体域模型与关系数据模型	481
12.1.4	ORM 中间件	484
12.2	Hibernate 简介	484
12.2.1	Hibernate 体系结构	484
12.2.2	Hibernate API 简介	485
12.2.3	配置 Hibernate	486
12.2.4	Hibernate 的映射配置文件	489
12.2.5	体验 Hibernate(会员管理)	491
12.3	Hibernate 的映射机制	499

12.3.1	Hibernate 的基本映射数据类型.....	499
12.3.2	Hibernate 的主键映射	506
12.3.3	Hibernate 的实体映射	516
12.3.4	映射一对一关联关系	517
12.3.5	映射多对一单向关联关系	523
12.3.6	映射一对多双向关联关系	527
12.3.7	映射一对多双向自身关联关系	532
12.3.8	映射多对多单向关联关系	535
12.3.9	映射多对多双向关联关系	540
12.3.10	映射组成关系	545
12.3.11	映射继承关系	549
12.3.12	Hibernate 的集合映射	555
12.4	小结	559
第 13 章	Hibernate 检索与操作持久化对象	561
13.1	操作持久化对象的常用方法介绍	561
13.1.1	使用 Session 的 beginTransaction()方法	562
13.1.2	使用 Session 的 close()方法	562
13.1.3	使用 Session 的 connection()方法	563
13.1.4	使用 Session 的 delete()方法	563
13.1.5	使用 Session 的 get()方法	564
13.1.6	使用 Session 的 load()方法	564
13.1.7	使用 Session 的 save()方法	565
13.1.8	使用 Session 的 update()方法	565
13.1.9	使用 Session 的 saveOrUpdate()方法	566
13.1.10	使用 Hibernate 的 isInitialized()与 initialize()方法	566
13.1.11	持久化对象间的级联操作	567
13.2	Hibernate 的检索策略	581
13.2.1	立即检索	582
13.2.2	延迟检索	586
13.2.3	迫切左外连接检索	590
13.3	HQL 查询方式	593
13.3.1	基本查询	593
13.3.2	条件查询	595
13.3.3	分页查询	598
13.3.4	连接查询	598

13.3.5	子查询	601
13.3.6	动态实例化查询结果	603
13.4	QBC 查询方式	604
13.4.1	基本查询	605
13.4.2	QBE 查询	607
13.4.3	分页查询	608
13.4.4	复合查询	609
13.4.5	离线查询	609
13.5	本地 SQL 查询	610
13.6	小结	612
第 14 章	Hibernate 的高级话题	613
14.1	Hibernate 的批量处理	613
14.1.1	批量插入	613
14.1.2	批量更新	614
14.1.3	批量删除	615
14.2	Hibernate 的事务管理	616
14.2.1	事务边界声明	616
14.2.2	并发控制	617
14.2.3	悲观锁	619
14.2.4	乐观锁	619
14.3	Hibernate 的缓存机制	623
14.3.1	Hibernate 的缓存分类	623
14.3.2	Hibernate 的缓存范围	623
14.3.3	Hibernate 的缓存管理	624
14.3.4	Hibernate 二级缓存的并发访问策略	624
14.3.5	Hibernate 的二级缓存配置	625
14.4	Hibernate 应用的性能优化	627
14.5	多数据源的应用	629
14.6	JDBC 的应用	634
14.7	Hibernate 调用存储过程	635
14.8	XML 数据持久化	637
14.9	小结	640
第 4 篇 实践篇		
第 15 章	综合实例: 电子商城系统	643
15.1	需求分析	643

15.2	功能设计	643
15.3	数据库设计	649
15.4	架构设计	652
15.4.1	基于 MVC 的分层设计	652
15.4.2	常量类 Constants 设计	653
15.4.3	带日志功能的基类 BaseLog 设计	653
15.4.4	带日志功能的基类 BaseAction 设计	653
15.4.5	消息资源文件 ApplicationResources.properties 设计	654
15.4.6	Java EE Web 应用配置文件 web.xml	654
15.4.7	Struts 配置文件 Struts-config.xml	656
15.4.8	Hibernate 配置文件 hibernate.cfg.xml	660
15.4.9	工程目录结构	661
15.5	顾客注册、登录模块	661
15.5.1	展示层 JSP 实现	662
15.5.2	控制层 Struts 实现	668
15.5.3	持久层 Hibernate 实现	671
15.6	商品及特价商品检索、浏览模块	673
15.6.1	展示层 JSP 实现	674
15.6.2	控制层 Struts 实现	677
15.6.3	持久层 Hibernate 实现	681
15.7	购物车模块	683
15.7.1	展示层 JSP 实现	684
15.7.2	控制层 Struts 实现	689
15.7.3	持久层 Hibernate 实现	693
15.8	顾客反馈信息、留言模块	697
15.8.1	展示层 JSP 实现	697
15.8.2	控制层 Struts 实现	699
15.8.3	持久层 Hibernate 实现	701
15.9	后台登录模块	703
15.9.1	展示层 JSP 实现	704
15.9.2	控制层 Struts 实现	706
15.9.3	持久层 Hibernate 实现	708
15.10	商品及特价商品管理模块	710
15.10.1	展示层 JSP 实现	711
15.10.2	控制层 Struts 实现	716

15.10.3 持久层 Hibernate 实现	718
15.11 订单管理模块	719
15.11.1 展示层 JSP 实现	720
15.11.2 控制层 Struts 实现	724
15.11.3 持久层 Hibernate 实现	724
15.12 会员管理模块	727
15.12.1 展示层 JSP 实现	727
15.12.2 控制层 Struts 实现	732
15.12.3 持久层 Hibernate 实现	733
15.13 系统用户管理模块	733
15.13.1 展示层 JSP 实现	734
15.13.2 控制层 Struts 实现	737
15.13.3 持久层 Hibernate 实现	739
15.14 小结	739
第 16 章 安装打包利器——InstallAnywhere7.1	741
16.1 基本概念说明	741
16.2 常用 Action 介绍	742
16.3 常用 Rule 介绍	744
16.4 Java Application 安装包的一般制作流程	744
16.5 Java EE Application 安装包的一般制作流程	745
16.6 小结	745

核电站对渔业环境影响 预测及防治对策的研究

姜 礼 藩

(水产科学院淡水渔业研究中心·无锡)

一、国外核电站的现状与动向

随着原子能研究和原子能工业的迅速发展,所产生热废水及废物逐年增加。据国际原子能机构最近发表数字表明,全球已有五十多个国家和地区建成340多座核电站,装机容量已高达21万千瓦,占世界总发电力的10%。预计到本世纪末,全世界核发电总量将增至11~17亿瓩,占世界发电量的20~26%。

核能源利用,自1954年第一座核电站问世以来,发展十分迅速,至今美国已建成并投产的核电站达70余座,发电量为6237万瓩,居世界之首位。苏联的核电工业发展也不示弱。从60年代末开始,建成核电站达到40座,发电量为1722万瓩,占全苏总发电量的6.5%。据苏联正在实行的五年计划,要求三年后电量的比例将增加一倍。

法国自七十年代初从美国威斯汀豪公司引进核电站的压水堆反应技术之后,每年平均建造核电站二、三座,已投入运输的核电站有32座,每座容量为90—130万瓩,发电量达2335万瓩,占全国发电总量的48%,其核电的比例已跃居世界前列,仅次于美国。目前法国正建设的有27座,今后有将开始建造第一座商业用快中子增殖反应堆,其发电量将可能比一般的核反应堆提高数十倍。

能源大量依赖进口的日本把发展核电工业作为国家整个经济战略的重要组成部分。因此该国自1965—1975年积极引进美国技术,至今建成核电站24座,装机容量为1717万瓩,占全国总发电量的19%,居世界第四位。预计到1992年10月,日将建成核电站44座,总装机容量为3613万瓩。

英国运行中的核电站已有37座,正在建造的有10座。预计到1984年底,英国核电站发电量将占其总发电量的20%。

联邦德国政府也极力推行核电工业的发展。目前已经建成的核电站有15座,装机容量为980万瓩,正在建造的有20座。他们的核电站与美国等国家的核电站相比,具有设计好,效率高优点,发电能力高达82%,而美国核电站的平均发电能力仅为64%。预测本世纪末世界核电站的进展(数量)见表1。

在一些发展中国家也积极地发展核电事业。印度原子能委员会在1983年7月份宣布,第一座自行设计、建造的23.5万瓩的重水堆型核电站开始运行。东欧国家的罗马尼亚、匈牙利

利、波兰、捷克及保加利亚正在建造和1990年前投产的核电站反应堆数分别为2、4、1、8、及5座；装机容量分别为132、163、44、328及263万千瓦。西班牙和南朝鲜的核电发展有后来居上之势。前者1990年的核电功率将比1982年增加3.2倍多，达到1270.9万千瓦；后者1985年的核电量将比现在增加二倍，至1990年将增至五倍，达到560万千瓦。

许多国家对核电研究结果表明，在早期建立的气冷堆、液态金属堆及融盐堆等核反应堆型已逐渐淘汰，被性能良好的压水堆型取代；加拿大研制成功的Candu重水堆型也具有发展前途，它有制造简单，可用天然铀燃料以及不停堆换料等多种优点。目前在各国建造和计划建造的核反应堆所占的比例是压水堆61.75%，沸水堆21.85%、重水堆6.7%、气冷堆1.39%、液态金属快中子增殖堆1.31%，余下是其它的个别堆型。可见压水堆的比重较大，约占总数的三分之二。

当今，各国的核电研究已趋向深化，并且逐步转向如何节约能源和提高核燃料的利用率。

新型轻水堆的研究也是新途径。它可提供更好的安全性、经济性及先进性的核反应堆。瑞典阿西原子能公司设计的新型轻水堆型均置于地下，并把各系统全部浸入水槽中可自动的停堆。日本正积极地研究为减少放射性废物、减少职工辐照及提高经济性而努力。此外，在美、苏、法、日等国家还积极研究和发发展快中子增殖堆，以备扩大燃料来源和提高核电能力。但由于该堆型的技术比较复杂，许多国家还采取国际合作的形式。据最近法新社的报道：英、法、意及比利时的四国原子能委员会，1984年3月2日在伦敦签署一项加速研制快中子反应堆的协议，以便加快核电业之发展；1984年9月24日国际原子能机构，在维也纳召开28届大会中指出，世界各国核技术协作项目已扩大到800个，重点协作研究提高反应堆的效率和性能途径，及提出1985年至1986发展规划。

表1 预测全世界发电站的装机容量与发电量

类 别	1981年			1990年			2000年		
	总计	核	核电站%	总计	核	核电站%	总计	核	核电站%
装机容量、亿瓩	21.4	1.5	7	35	4.3	12	58.7	7.40 —10.75	15
发电量 10^{12} 瓩小时	8.7	0.8	9	15	2.6	18	24.6	5.6	23

二、对渔业环境的影响

对于核电站的建立，人们普遍关心的是对环境的影响。因此，核电站的环境问题是核电工程从选择厂址开始，一直应予周密考虑的一个重要问题。

核能源的主要危害因素之一是辐射问题，尽管在小剂量、长期的影响下，可否对生物会造成潜在的威胁？对此另有专文阐述，本文不作介绍。

核电站反应堆所产生的大量发热经冷却水而排入水环境，是造成热影响的主要来源之一。

核电站的热效应较火电站低，一般为30~35%；从而说明在反应堆芯产生的大量热将有三分之二要排放到环境中去。火电站产生的废热有10—15%从烟囱排出，而核电站的废热则全部从冷却水排出，所以，核电站通过冷却水排出废热量要比火电站大。一座热效应为33%一千兆瓦（电）的轻水堆电站，在冷凝器中排出约二千兆瓦（热）。如果冷却水排出以58米³/秒的流速流经冷凝器，则在冷凝器的出口处水温增高约10℃。这种冷却水如不进行冷却处理，则将比原始水温高10℃左右。所以核电站对水环境的热影响要比火电站明显。

电力工业所需的冷却水量是巨大的。据推算：一个大型核子能发电站每秒钟需要1500立方英尺的冷却水，相当于直径10英尺水管，以每小时15英里流速的流量。1980年美国原子能发电站和常规发电站所需冷却水的总量，为美国全部河流流量的五分之一。这样大的热废水排出，将对天然渔业资源构成潜在的威胁。

（一）对水环境的影响

热对水环境的影响非常复杂。废热水从电厂排出扩散所产生影响取决于排放热量、流速、排水口形状与位置、季节以及地理条件等多种因素。其中很重要的一点是使水中溶解氧减少和影响生物的新陈代谢。据1981年Laws的研究结果表明，当温升10℃时，生物群落的呼吸速率约增加二倍，同时降低溶解氧约20%。由于温升，加强电厂所排废热水在水体间的分层现象，尤以羽状热流为甚，致大气与表层水的气体交换减少，以及对水的密度、粘滞系数、饱和水气压、表面张力及气体在水中扩散等都有影响，详见表2，温升与水的一些物理性质的关系。

水温升高势必使水中颗粒物及水中悬浮物沉降速率增大，并减弱河水携带泥沙能力，易使河道淤积，影响对悬浮固体的输送。

表2 温度对水体物理性质的影响

温度	饱和水气压	运动粘滞系数	密 度	表面张力	饱和溶解氧	氧的扩散系数
℃	毫米汞柱	10 ⁻⁶ 米/秒	克/毫升	达因/厘米	毫克/升	厘米 ² /秒10 ⁻⁶
0	4.579	1.790	0.99984	75.6	14.6	
5	6.543	1.515	0.99997	74.9	12.8	
10	9.209	1.300	0.99970	74.2	11.3	15.7
15	12.788	1.140	0.99910	73.5	10.2	18.3
20	17.535	1.000	0.99820	72.8	9.2	20.9
25	23.756	0.891	0.99704	72.0	8.4	23.7
30	31.824	0.806	0.99565	71.2	7.6	27.4
35	42.175	0.727	0.99406		7.1	
40	55.324	0.659	0.99224	69.6	6.6	

在流水中颗粒凝结的沉积过程可用以下数学模式表达。

$$C(t) = \frac{C_0 - C_{eq}}{\exp\left(-\frac{V_s}{H} \cdot t\right)} + C_{eq}$$

t表示时间, 设起始浓度 C_0 、平衡浓度 C_{eq} 、沉降速度 V_s 及水深 H 。

据K、R、Dyer分析表明: 水温从6℃增高到26℃时, 淤积速度要提高40%。并在Neckar河段中予以证实。在该河75公里河段中, 每年要挖出100000M³的淤泥; 在Columbia河口, 每年要增加疏竣费3000万美元。

温度对保持平衡硝化作用还具有重要意义。铵离子是由有机物矿化作用而产生转换的产物, 这些产物转换有赖于温度和氧气。例如在30℃与40℃之间氨及亚硝酸盐的氧化不平衡, 可使亚硝酸盐浓度增高到30毫克N/升, 这在渔业水域中是绝不允许的。

(二) 对鱼类行为的影响

在鱼体表似乎未见特殊的温度承受器, 然而它能觉察极微的温变是无可怀疑的(W. Bennett)。据H.O.Bull检测表明, 一种鲑鱼和另一种鲑鱼能觉察水温0.05的差异; 锦鲤和锦鲤还能觉察0.03℃的变化。由于不同鱼类及水生物均有自身最适的温度范围, 超出范围不利于它们的正常活动。有些种群迁居; 有些种群则受废热水阻挡, 不能到达产卵区而终止繁殖。

美国学者Clark等(1973)曾调查Haddam Neck电厂对一种鲱鱼的回游影响, 发现受电厂废热水影响而改变常规的通道。美国Argonne国立实验所, 早在1970年曾调查密执安湖point Beech核电站废热水与鱼群分布的关系。他们采用标记放鱼和回声选址仪测定, 调查结果表明: 在低温季节鱼群频繁出入于热羽状区水深3—5米处; 在高温的夏季就回避此区而游向适温处。日本海洋生物影响研究所, 在1977年曾调查福岛第一核电站废热水对鲑鱼行为的影响。他们把捕获的鲑鱼系上微型超声波讯号器, 跟踪观察结果看出, 鲑鱼主要活动于水深20米的海域, 每隔10—15分钟由表层至底层垂直移动一次, 遇到热水层时, 能于热层下面通过, 然后返到其出生的河川。

在罗约岛纳拉甘西特湾(Narragansett Bay)的渔业生产也予证实。该水域七年来每年捕获美洲拟鲈的数量减少78%, 这与平均水温上升0.5℃有关。1974年建立的模式预测表明, 新英格兰南部的水域, 长期上升1℃, 使一种黄尾鲈鱼的生产量减少68%。

许多鱼类把温度作为回游的标记, 水温强烈地影响到游入江河产卵鱼的回游时间(Leggett Whiteny 1972)例如10℃是大西洋鲑鱼(*Salmo Salar*)的小鲑游入海中的上限水温, 12℃抑制性产物的成熟(Decole 1970); 29℃与26.5℃分别引起大西洋油鲱(*Brevortia tyrannus*)和另一种石首鱼(*Cynoscionre golis*)的回避反应; 在26.7℃与25.6℃分别为石鲈(*Morone Sadutilis*)与平口鲷(*Leiostamus Xantherus*)产生回避行为。详见表3。

(三) 热污染引起死鱼

鱼类属于自由游动的动物, 并且有很强的逃避力。故由热水直接造成成鱼死亡的情况不甚多。据美国统计: 自1960年6月至1968年12月间, 因水污染造成死鱼事件达2830起, 死鱼10338万尾, 其中因热电站排出热水造成的计11起, 死鱼10.3万尾, 约占损失总数的千分之一(R.F.Nakatani等1971)。然而, 还应当指出对鱼卵及幼鱼的损害是严重的。由于鱼卵、幼鱼属于被动的生物体(T.J.Horst 1975), 于江河、海中漂游, 或随波逐浪, 被迫进入热水中丧生。

美国长岛地区为纽约及邻近大城市的电力供应基地。该地区集中了近20个热(核)发电