

电厂热排水对水生生态系统的影响

盛连喜, 孙刚

(东北师范大学国家草地生态工程实验室, 吉林 长春 $xz\alpha\alpha yA$)

摘要 H 研究了电厂热排水对水生生态系统的影响。结果表明, 除深水水库的底层外, 溶解氧含量一般不低于 $B\kappa\upsilon\upsilon\upsilon\partial$ 。非离子态氨的含量随着水温的升高而升高。水温的升高还引起离子含量的升高。浮游动物群落结构也与水温的升高有关, 水温为 $z\omega$ °C 时浮游动物群落的物种多样性最高。水温升高使鲤鱼的产卵期提前, 但是在早春的孵化率很低。

关键词 H 电厂热排水; 水生生态系统; 影响

中图分类号 $I\epsilon E z B$ **文献标识码** $H E$ **文章编号** $H\kappa\alpha\omega-\omega y\Gamma\Delta\upsilon\gamma\alpha\alpha\phi\mu\Gamma-\omega z\omega-\omega y$

一些发达国家在 $\Delta\upsilon$ 年代以前就已开始研究电厂热排水对水生生态系统的影响, 并相继召开了几次国际研讨会。从 $E\kappa\upsilon$ 年代初, 我国专家开始发表与电厂热排水有关的研究成果 ^{$\beta z \sim z\kappa$} 。电厂热排水对水体理化特性、浮游生物群落和鱼类的影响研究将为水体的水温控制标准和水环境评价提供科学依据。

果(图 x)。

x 研究地点与研究方法

在 z 个不同水体中研究了电厂热排水对水生生态系统的影响, 分别位于河北省陡河水库、辽宁省大伙房水库和吉林省库里泡水库。溶解氧采用碘量法测定。水中离子含量使用离子色谱仪 ($P\chi^{\circ} z \sigma z^2$, 美国) 测定。浮游动物定性样品: 用 $yB\#$ 浮游生物网在各站水表层 $\omega\upsilon B 1$ 处, 作“ ∞ ”形捞取 $B\sim E 1\chi z^2$, 样品用 $zB\%$ 中性福尔马林液固定 (最终浓度为 $A\%$), 待室内镜检, 优势种尽量鉴定到种; 定量样品: 用 $x\alpha\alpha\omega\upsilon 1\partial$ 采水器在不同水深取水样, 固定液同定性样品。取 $x\alpha\alpha\omega\upsilon 1\partial$ 混合水样放入沉淀瓶中, 静置 $AE\phi$, 浓缩至 $z\omega 1\partial$, 摇匀吸取 $\omega\omega\upsilon 1\partial$ 、 $x\kappa\upsilon\upsilon 1\partial$ 和 $B\kappa\upsilon\upsilon 1\partial$ 计数框中于显微镜 ($\phi^{\circ} z 1 4 9 7$, 日本) 下进行浮游动物计数。每个水样 y 片, 取其平均值, 然后推算出原位水柱中的浮游动物密度及生物量。

图 x z 个不同水体中水温 α (°C) 与溶解氧含量 $P\phi(1\upsilon\upsilon\partial)$ 之间的关系

z 个水体中水温与溶解氧的相关系数都相当高 (表 x)。当水温从 ω °C 升高到 $A\omega$ °C 时, α 与 $P\phi$ 含量呈负相关。水温每升高 Γ °C $\sim x\omega$ °C, $P\phi$ 值要减少 $\omega\upsilon B \sim z\kappa\upsilon\upsilon 1\upsilon\upsilon\partial$ 。当水温升至 zB °C 时, $P\phi$ 值仍高于 $B\kappa\upsilon\upsilon 1\upsilon\upsilon\partial$ 。但在由水温升高造成水体分层的水库中, 深层溶解氧含量相当低, 应引起注意。

表 x 不同水体中水温 α (°C) 与溶解氧含量 $P\phi(1\upsilon\upsilon\partial)$ 之间的相关方程

水体	相关方程	相关系数 ^{ϵ}
大伙房水库	$P\phi Kx\omega Z\alpha(\alpha + B\Gamma\mu\Gamma) - \Gamma\mu\Gamma A$	$\omega\upsilon E\Delta$
库里泡水库	$P\phi K y\Delta\Gamma v(\alpha + y\Gamma\mu\Delta) + x\upsilon B$	$\omega\upsilon ZB$
陡河水库	$P\phi K B\gamma\omega(\alpha + zA\mu A) - x\upsilon\upsilon B$	$\omega\upsilon ZE$

非离子态氨对水生生物有害。非离子态氨的含量随着水温的升高而升高, 相关方程为:

$$E K\omega\omega\alpha\gamma\sigma^{\omega\upsilon\alpha z\Delta\alpha}, \epsilon K\omega\omega ZE$$

式中, E 为非离子态氨浓度 ($1\upsilon\upsilon\partial$), α 为水温 (°C), ϵ 为相关系数。

陡河水库的长期监测数据表明, 热排水还能明显

基金项目 H 国家能源部重点资助项目

收稿日期 $H\kappa\alpha\omega-\omega A-x y$

y 结果与讨论

$y\omega$ 热排水对水体理化性质的影响

热排水可能改变水体的某些理化特性, 如溶解氧、离子含量等。在 z 个不同水体中研究了水温 (α) 升高与溶解氧 ($P\phi$) 含量之间的关系, 尽管位置、环境条件和热排水历史均不同, 但得到了较为一致性的结

增加水体中某些离子的含量(表y)。

表y 电厂热排水对水中离子含量的影响(陡河水库)

离子	电厂运营前	电厂运营后
$\epsilon \nu^+ (1 \ 1 \ 30 \nu \partial)$	$wu\Delta B \pm wuA E$	$xu\epsilon w \pm wu\gamma A$
$\Omega^+ + \partial \xi^+ (1 \ \nu \nu \partial)$	$xx \iota \Gamma \pm E \iota w$	$yA \iota \gamma \pm xE \iota w$
$\Pi^- (1 \ \nu \nu \partial)$	$EuAy \pm x \iota \Gamma A$	$x \Delta \iota Z w \pm x \iota w \gamma w$
$s \phi_A^{y \iota} (1 \ \nu \nu \partial)$	$x \nu u Z \pm x z \iota w$	$AZ \iota w \pm Bz \iota w$
$\Pi \phi_z^{y \iota} (1 \ \nu \nu \partial)$	$wu \Delta y \pm x \iota E E$	$\Gamma \iota \Delta E \pm \Gamma \iota \Delta \Delta$
$\Pi \xi^{y \iota} (1 \ 1 \ 30 \nu \partial)$	$wuEA \pm wu\gamma z$	$wuZE \pm wu\gamma B$
总离子(1 \ \nu \nu \partial)	$y \Delta \iota z \pm A \Gamma \iota w$	$z Bz \iota w \pm Zz \iota w$
总硬度(1 \ 1 \ 30 \nu \partial)	$x \iota \Delta E \pm wu\gamma \Delta$	$x \iota Z Z \pm wuAy$

yty 热排水对浮游动物群落的影响

根据研究结果,在γw C~Bw C的水温范围内,水温zrw C时浮游动物种类数及多样性指数最大(表z)。轮虫数量在水温Aw C时最多,桡足类数量在水温zrw C时最多(图y)。

ytw 水温升高对鱼类繁殖的影响

水温升高使鱼类的产卵期提前。但孵化率在早春

表z 不同水温(C)下的浮游动物种类数、个体数量及多样性指数

水温 C	γw	yB	zrw	zB	zE	Aw	Ay	AB	Bw
种类数	s p	yB	zY	zy	yY	xΓ	xA	xy	Δ y
个体数量	∂ p x v ∂ E	EΓy	EyΔ	BrΔ	zZz	AzE	zΓz	xΔΔ	xxB
s / ∂ z ∂	z uA	AuA	AuΓx	z uΓ	y uBx	y uA	x uEΔ	x uΓ	wuγw
s / ∂	wuΔΔ	wuZZ	x uax	wuZΔ	wuEw	wuΓΔ	wuΓz	wuBz	wuΔΔ

很低(表A)。冷冲击是造成孵化率低的主要原因。

国内对升温水体中鱼类生态学的研究做了一些工作。金岚分析了电厂热排水对鲤鱼胚胎发育的影响^{zκ}。盛连喜等报道了升温水体中的鱼类种群动态^{zκ}。结果表明,热排水对鱼类的影响十分复杂。评价这种影响需要考虑到整个生态系统,包括鱼类的营养学特征和空间生态位。现有的研究成果还不能从整体上评价热排水给鱼类带来的利弊。

电厂热排水对水生生态系统的影响是多方面的,国内研究时间很短,许多问题仍需进一步深入探讨。

图y 不同水温 α o Cp下的轮虫ξp、桡足类o p个体数量随时间的变化

表A 不同升温(Δα, C)条件下的鲤鱼卵孵化率(陡河水库)

项目	时间	地点				自然水温
		Δα Az C	Δα Az C	Δα Iz C	Δα Iz C	
水温(C)	A月	γwΔB	γx uA	xEuZ	xΓuΓ	xΓuy
	B月	γy uε	γAuB	xZuw	xEuΓ	xΓuA
孵化率(%)	A月	γEuw	AΓuε	ΔuΓ	xZuw	xAuZ
	B月	ΓΓuy	AEuB	BΓuΔ	Ax uA	BBuε

参考文献H

0.xκ 盛连喜,刘伟.热污染对陡河水库鱼类及其水环境的影响^{zκ}.
环境科学学报sxZZes.ard(A).:ABz -AΓz.
0.yκ 盛连喜,s侯文礼.电厂冷却系统对梭幼鱼和对虾仔虾卷载效应的

初步探讨^{zκ}.环境科学学报sxZZAs.xA(x):AΔ-BB.
0.zκ 金岚.水域热影响概论^κ.北京:高等教育出版社.sxZZz.
作者简介:
盛连喜o xZBy-p,男,博士,教授,主要从事环境生态学研究所。

$$\Sigma \tau \pi \sigma \tau \gamma \ 3 \tau \ \alpha \varphi \sigma \ 6 \ \xi^0 \ P \chi \ \pi \varphi \xi^6 \ \nu \sigma \ \tau \ 6 \ 3 \ 1 \ \phi \ 3 \ 1 \ \sigma \ 6 \ \phi^0 \ \xi^2 \ 8 \ 3 \ 2 \ E \ 5 \ 9 \ \xi^8 \ \chi \tau \ \Sigma \pi^3 \ 7 \ 3 \ 7 \ 8 \ \sigma \ 1 \ 7$$

$$s \ \Phi \ \Sigma \ \partial \ \Gamma \ \partial \ \chi \xi^2 \ \mu \ \chi, \ s \ \beta \ \nu \ \Gamma \xi^2 \ \nu$$

$$(\partial \xi^8 \ \chi^2 \ 2 \ \xi^0 \ \partial \xi^0 \ 3 \ 6 \ \xi^8 \ 3 \ 6 \ 3 \ 3 \ \tau \ T^6 \ \xi^7 \ 7 \ 0 \ \xi^2 \ \rho \ \Sigma \pi^3 \ 0 \ 3 \ \nu \ \chi^2 \ \Sigma^2 \ \nu \ \chi^2 \ \sigma \ \nu \ \chi^2 \ \nu, \ \partial \ 3 \ 6 \ 8 \ \varphi \ \sigma \xi^7 \ 8 \ \partial \ 3 \ 6 \ 1 \ \xi^0 \ \beta \ 2 \ \chi^0 \ \sigma \ 6 \ 7 \ \chi^3 \ . \Pi \varphi \xi^2 \ \nu \ \pi \varphi^9 \ 2 \ . \nu \nu \nu \nu \nu A \ \Pi \varphi \xi^2 \ \xi)$$

$$E \ 0 \ 7 \ 8 \ 6 \ \xi^8 \ \pi \ ; \ \Sigma \tau \pi \sigma \tau \gamma \ 3 \ \tau \ 8 \ \varphi \sigma \ 1 \ \xi^0 \ \rho \chi \ \pi \varphi \xi^6 \ \nu \sigma \ \tau \ 6 \ 3 \ 1 \ 4 \ 3 \ 1 \ \sigma \ 6 \ 4 \ 0 \xi^2 \ 8 \ 1 \ \sigma \ 6 \ 5 \ 7 \ 8 \ 9 \ \rho \chi \sigma \rho . \alpha \varphi \sigma \ \rho \chi \ 7 \ 3 \ 0 \ 0 \ \sigma \rho \ 3 \ 2 \ 3 \ \nu \sigma^2 \ 0 \ P \phi \ \rho \pi^3 \ 2 \ 8 \ \sigma \ 2 \ 8 \ 1 \ \xi^7 \ \nu \sigma^2 -$$

$$\sigma \ 6 \ \xi^0 \ 3 \ 2 \ 3 \ 8 \ 0 \ 0 \ 7 \ 7 \ 8 \ \varphi \xi^2 \ B \iota \nu \nu \ \nu \ \nu \ \partial, \ \sigma^2 \ \pi \sigma \ 4 \ 8 \ \xi^8 \ 8 \ \varphi \sigma \ 0 \ 3 \ 8 \ 8 \ 3 \ 1 \ 0 \xi^3 \ \sigma \ 6 \ 3 \ \tau \ \rho \sigma \ 4 \ 0 \ \sigma \tau \sigma^0 \ 3 \ \chi^7 . \alpha \varphi \sigma \ \pi^3 \ 2 \ 8 \ \sigma \ 2 \ 8 \ 3 \ \tau \ 2 \ 3 \ 2 \ - \chi^2 \ 2 \ \chi \ \sigma \rho \ \xi^1 \ 1 \ 3 \ 2 \ \chi^2 \ \chi^2 -$$

$$\pi \sigma \sigma \xi^7 \ \sigma \rho \ 1 \ \chi^0 \ \varphi \chi^2 \ \nu \ 8 \ \sigma \ 1 \ 4 \ 0 \ \xi^8 \ 9 \ 6 \ \sigma . X^2 \ \pi \sigma \sigma \xi^7 \ \sigma \ 3 \ \tau \ 1 \ \xi^8 \ \sigma \ 8 \ \sigma \ 1 \ 4 \ 0 \ \xi^8 \ 9 \ 6 \ \sigma \ \pi \ 3 \ 9 \ 0 \ \rho \ 0 \ \sigma \xi^7 \ 8 \ 3 \ \xi^9 \ \nu \ 1 \ \sigma^2 \ 8 \ \xi^8 \ \chi^2 \ 3 \ \tau \ \chi^2 \ 2 \ 7 \ \pi^3 \ 2 \ 8 \ \sigma \ 2 \ 8 . \alpha \varphi \sigma \ \pi \varphi \xi^2 \ \nu \sigma \ \chi^2$$

$$4 \ 3 \ 3 \ 4 \ 0 \xi^2 \ \omega \ 8 \ 3 \ 2 \ \pi \ 3 \ 1 \ 1 \ 9 \ 2 \ \chi^3 \ 7 \ 8 \ 6 \ 9 \ \pi \ 8 \ 9 \ 6 \ \sigma \ 6 \ \sigma \xi^8 \ \sigma \rho \ 8 \ 3 \ 6 \ \chi \chi^2 \ \nu \ 1 \ \xi^8 \ \sigma \ 8 \ \sigma \ 1 \ 4 \ 0 \ \xi^8 \ 9 \ 6 \ \sigma , \chi \iota \nu \ u \ 8 \ \varphi \sigma \ \rho \chi \ \sigma \tau \ \chi^3 \ \chi^2 \ \rho \sigma^2 \ 3 \ \tau \ 4 \ 3 \ 3 \ 4 \ 0 \xi^2 \ \omega \ 8 \ 3 \ 2 \ \pi \ 3 \ 1 \ 1 \ 9 \ 2 \ \chi^3$$

$$1 \ \xi^7 \ \varphi \nu \varphi \sigma \tau \ 8 \ \chi^2 \ 1 \ \xi^8 \ \sigma \ 6 \ 1 \ \chi^0 \ \varphi \ \xi^8 \ \sigma \ 1 \ 4 \ 0 \ \xi^8 \ 9 \ 6 \ \sigma \ 3 \ \tau \ z \nu \ C . \Pi \xi^0 \ 4 \ 7 \ 4 \xi^1 \ 2 \ \sigma \rho \ \sigma \xi^6 \ \chi^0 \ \chi^2 \ 1 \ \xi^8 \ \sigma \ 6 \ 3 \ \tau \ 6 \ \chi \chi^2 \ \nu \ 8 \ \sigma \ 1 \ 4 \ 0 \ \xi^8 \ 9 \ 6 \ \sigma , \ 0 \ 9 \ 8 \ 8 \ \varphi \sigma \ \sigma \pi \sigma \tau \ \chi^3 \ 2$$

$$6 \ \xi^8 \ \sigma \ 1 \ \xi^7 \ 0 \ \sigma \tau \ 3 \ 0 \ 3 \ 1 \ \chi^2 \ \sigma \xi^0 \ 3 \ 7 \ 4 \ \chi^2 \ \nu .$$

$$\Omega \sigma \ 1 \ 3 \ 6 \ \rho \tau \ ; \ \varphi \varphi \sigma \ 1 \ \xi^0 \ \rho \chi \ \pi \varphi \xi^6 \ \nu \sigma \ \Theta \ \xi^5 \ 9 \ \xi^8 \ \chi \tau \ \sigma \pi^3 \ 7 \ 3 \ 7 \ 8 \ \sigma \ 1 \ \Theta \ \sigma \tau \pi \sigma \tau \gamma$$