



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Supported by
Spain Water and IWHR, China



人工调节河流确定生态功能流量的挑战

国际合作的机会

2018年1月18日

Peter Goodwin,

中国水利水电科学研究院名誉教授
国际水利与环境工程学会主席

马里兰大学环境科学中心



马里兰大学环境科学中心





International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Supported by
Spain Water and IWHR, China

国际水利与环境工程学会是从事水利工程和研究的历史最为悠久的国际协会——于1935年由世界领先的水利研究机构创立

北京

中国水利水电科学研究院

马德里

西班牙公共工程研究与实验中心与西班牙水务（公私合营，包括西班牙农业部和苏伊士环境集团）

www.iahr.org



第38届国际水利学大会

38" IAHR
2019



“水：连接整个世界”

2019年9月1日至6日
巴拿马共和国，巴拿马城
BIU PI AZA巴拿马酒店

大型水坝的传统效益

水电
防洪
供水
灌溉
航运

环境流量
-最低河内流量



对于这些水库系统如何运作，我们已经了解了很多

当前问题

水库能否用来延缓气候变化的影响——为物种提供更长的适应时间？

管控水温、溶解气体总量、水质

环境流量

——恢复生态系统功能





即便最简单的问题也十分复杂！

对于这样一个复杂且经过了不可逆改变的系統，
什么才是天然流量？

Yarnell 等，2015. 《生物科学》



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Supported by
Spain Water and IWHR, China

概要

1. IFIM的技术渊源
2. 生态系统研究[2005至今]
3. 河流修复——纳帕河
4. 合作机会









水文测量站——可得数据

水面高程

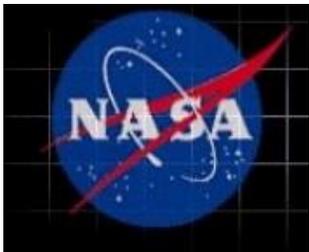
水深

下泄量

流速

如果我们只关注大坝下游的状况[流量、温度、栖息地]，是否会对上游造成意想不到的影响？

生态系统管理中是否需要采取一种系统性的方法？

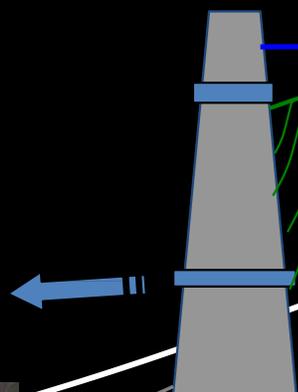




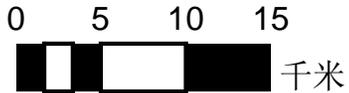
© 2002 John P. Clare (www.caudata.org)



分层取水可能导致鱼类的食物来源被抽走或者鱼类被裹挟出库



戴德伍德河流域，614平方公里



戴德伍德研究团队2007 – 2018

致谢

- 美国垦务局：斯内克河流域办公室
- 美国垦务局：科技基金（申请编号 4362）
- （哥伦比亚斯内克鲑鱼恢复办公室）
- 材料由以下人员提供：
 - Claire McGrath，美国林业局落基山脉研究站
 - Charlie Luce，美国林业局落基山脉研究站
 - Jorg Imberger，迈阿密大学，
 - Andy Tranmer与Daniele Tonina，爱达荷大学
- 更多支持
美国国家科学基金会。基金编号EPS-0814387 与爱达荷EPSCoR团队
- DeVlieg基金会
- 鲑鳟类保护协会
- 美国地质勘探局

濒危物种——鳟鱼



鳟鱼概览

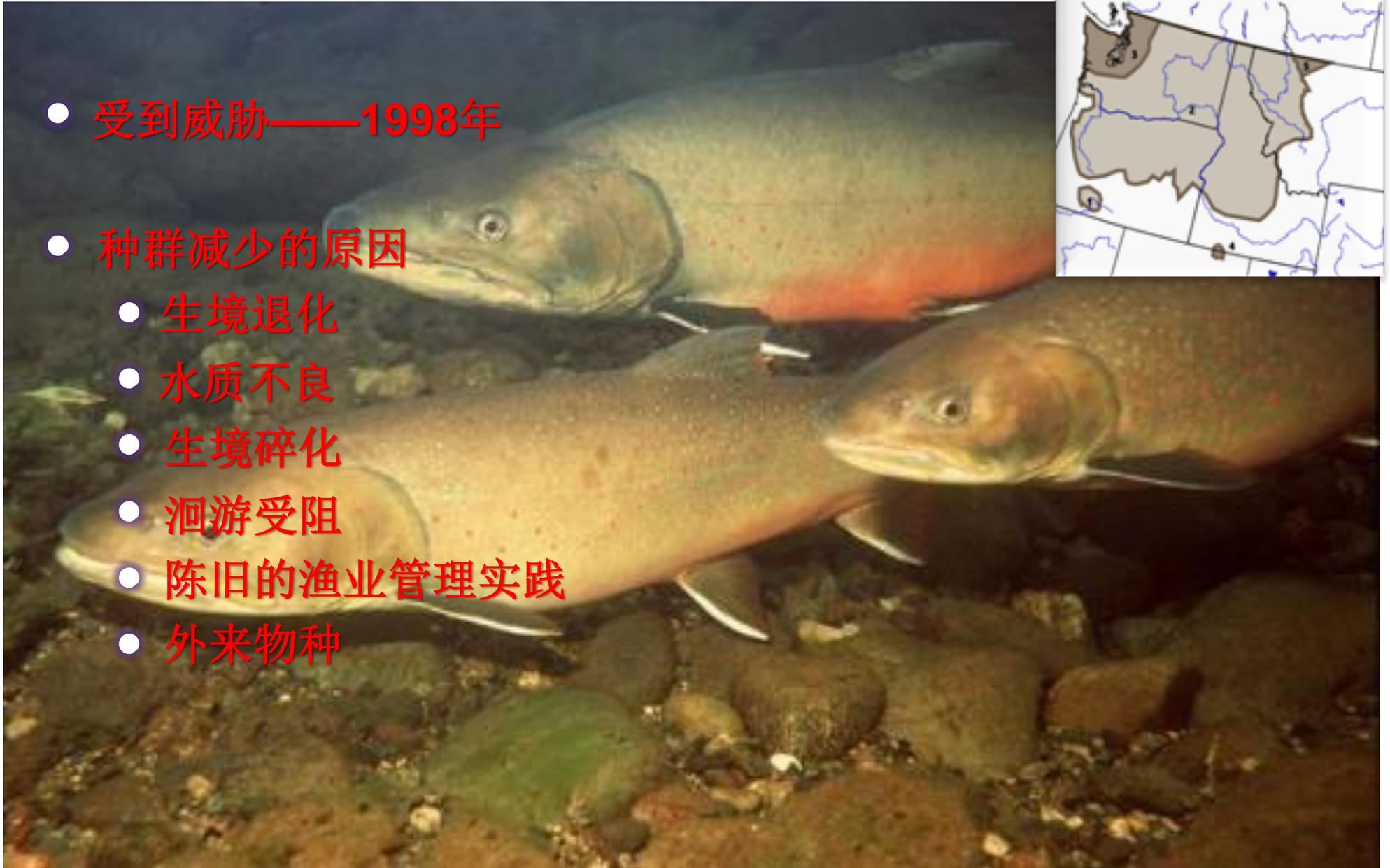
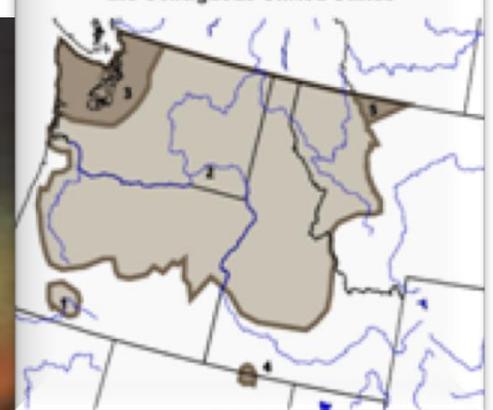
- 定居类
 - 在其产卵并哺育后代的支流（或附近）河流中完成整个生命周期
- 洄游类
 - 在支流中产卵，并在支流中哺育幼鱼（1-4年）
 - 洄游至湖、河或海水中，并在其中达到成熟期
- 生命周期
 - 8月至11月份，在水温逐渐降低的河水中产卵
 - 鱼卵孵化3至5个月
 - 鱼苗在基质中停留数周至数月；于4-5月份浮出
 - 在支流中生长1-4年，然后开始洄游
 - 4-7年时达到成熟期
 - 每年或隔年产卵
 - 寿命长达12年



鳟鱼——哥伦比亚河保护物种片区

- 受到威胁——1998年
- 种群减少的原因
 - 生境退化
 - 水质不良
 - 生境碎化
 - 洄游受阻
 - 陈旧的渔业管理实践
 - 外来物种

当前美国本土欧鳟分布范围



本研究针对的问题

当前最低流量标准是否充分？

- 最低冬季恒流量
- 夏/秋季最大泄流量（灌溉）
- 水坝运行的波动率
- 栖息地综合适宜性指标

在调整后的调度规则中，是否应当考虑其他的生态功能？

- 生物触发因素——流量与温度？
- 水库条件



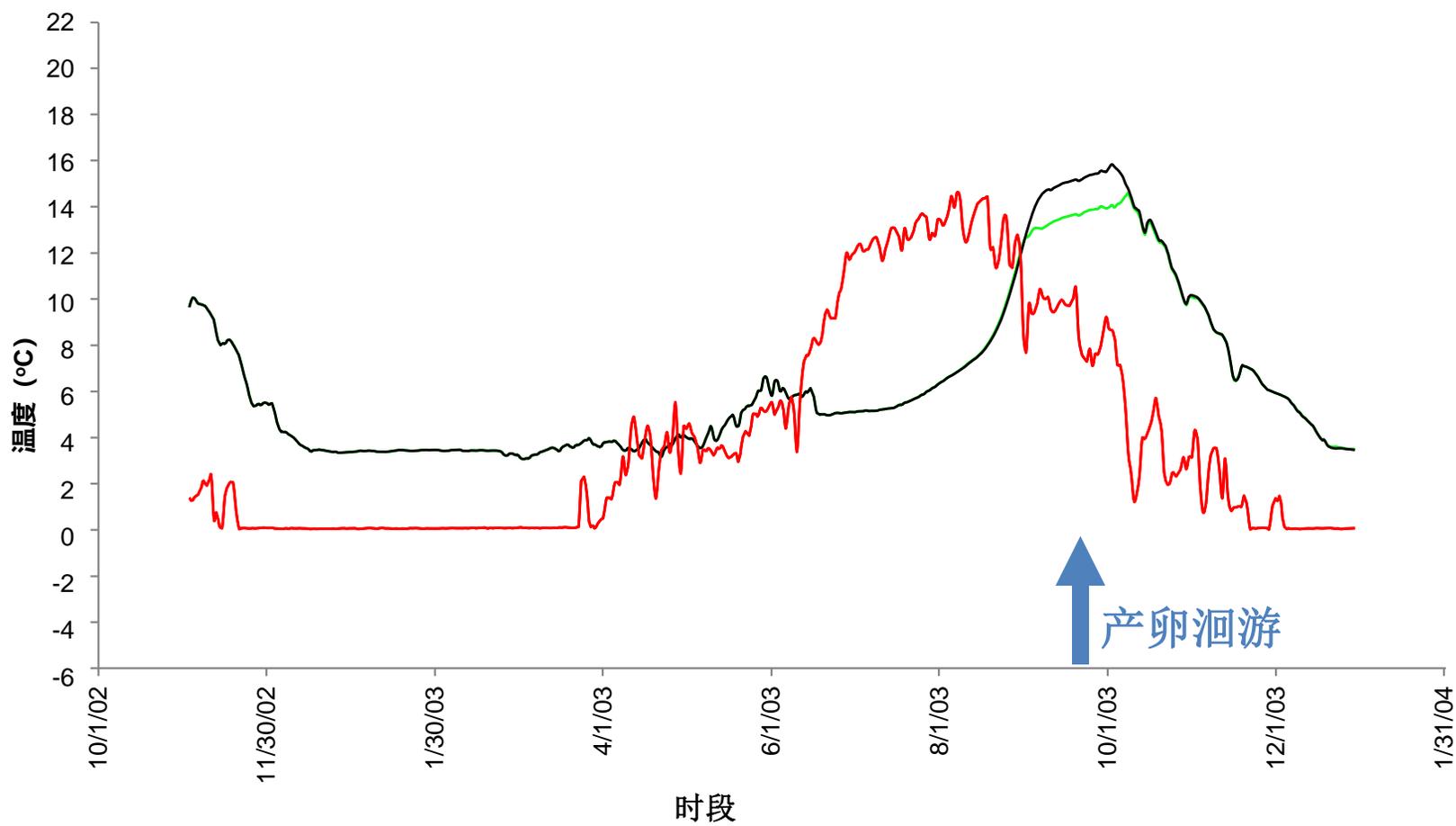
戴德伍德河流域



戴德伍德河流域，1930

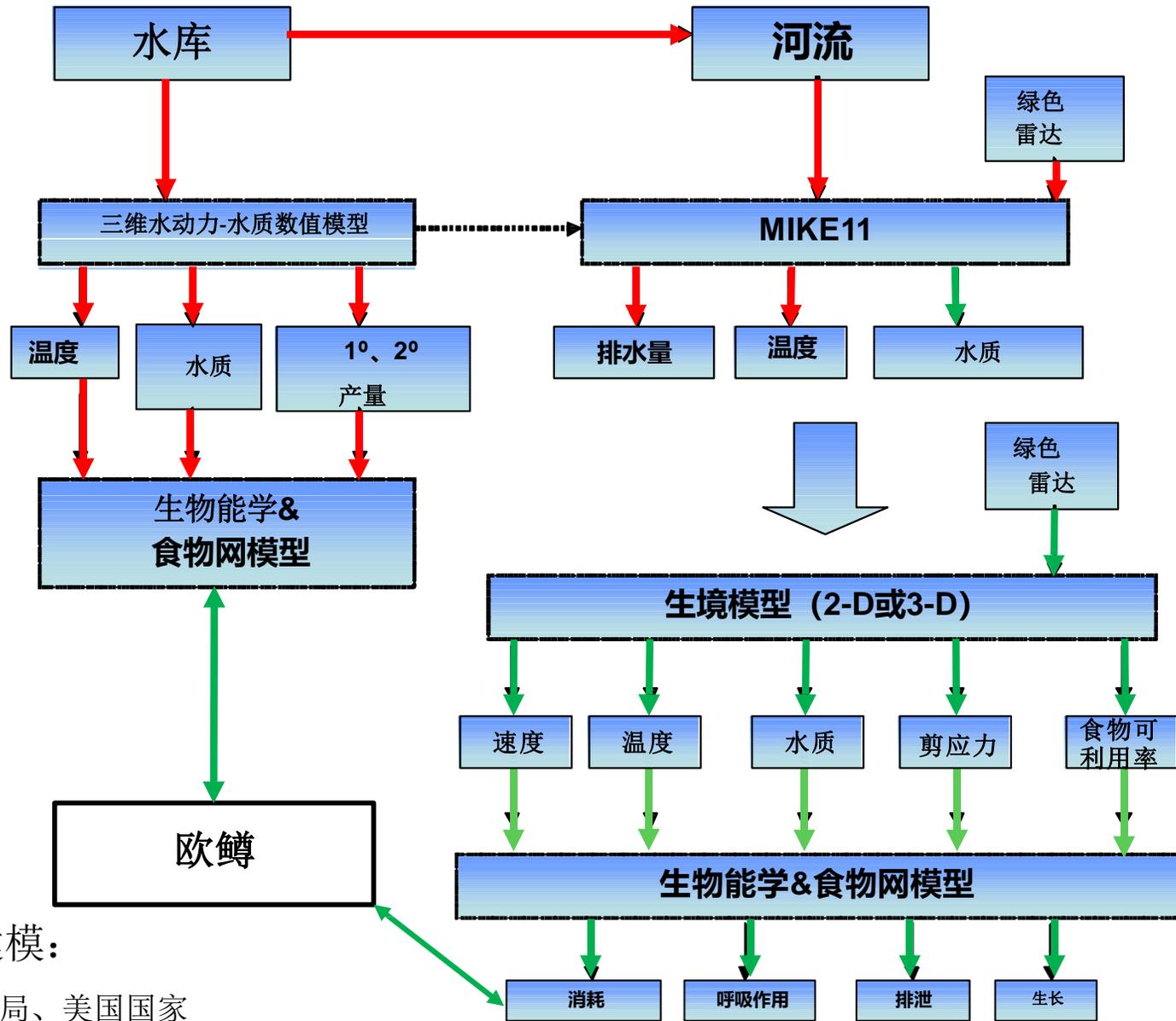


河流热状况



自然流量
冬季低流量
冬季高流量

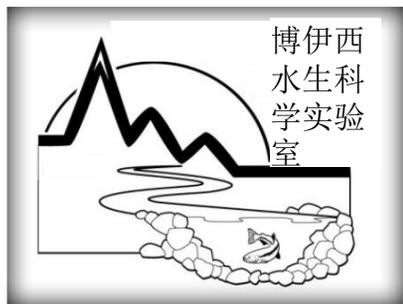
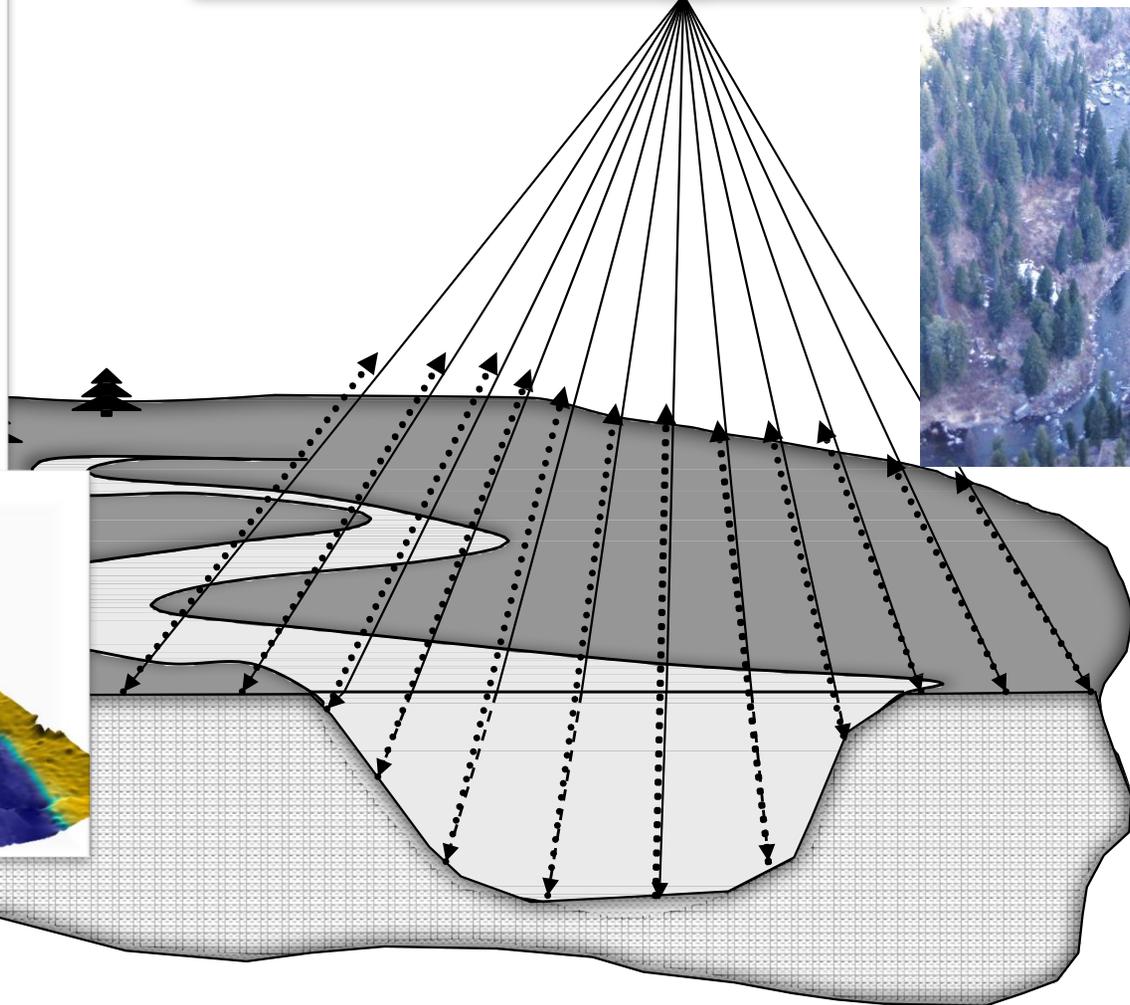
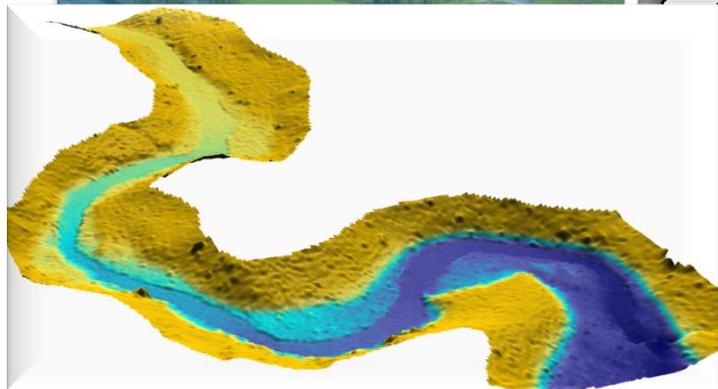
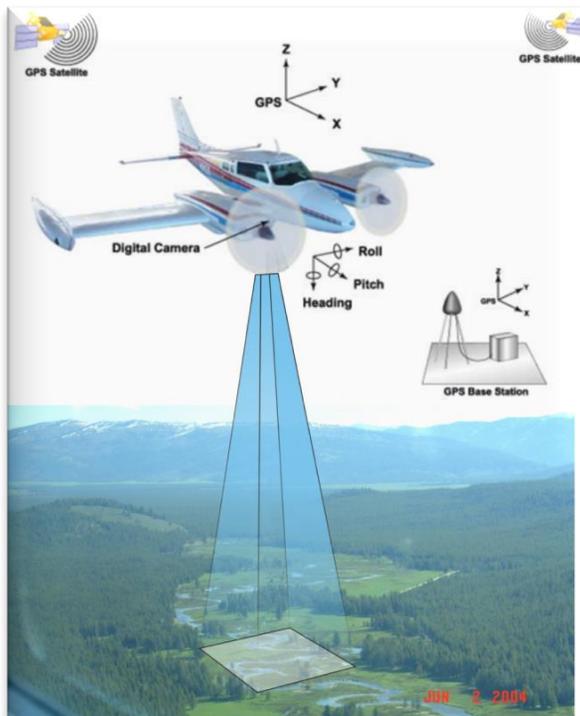
研究概述:



实时数据传输与建模:

美国垦务局、美国林业局、美国国家
航空航天局、丹麦水利研究所、
CWR (澳大利亚) PME、UI

实验性先进机载研究雷达



Wayne Wright (美国地质勘探局)、Jim McKean (美国林业局) 与Daniele Tonina (CER)

湖泊诊断系统

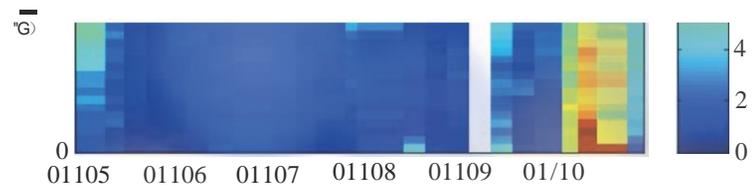
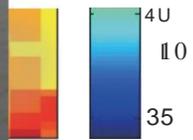
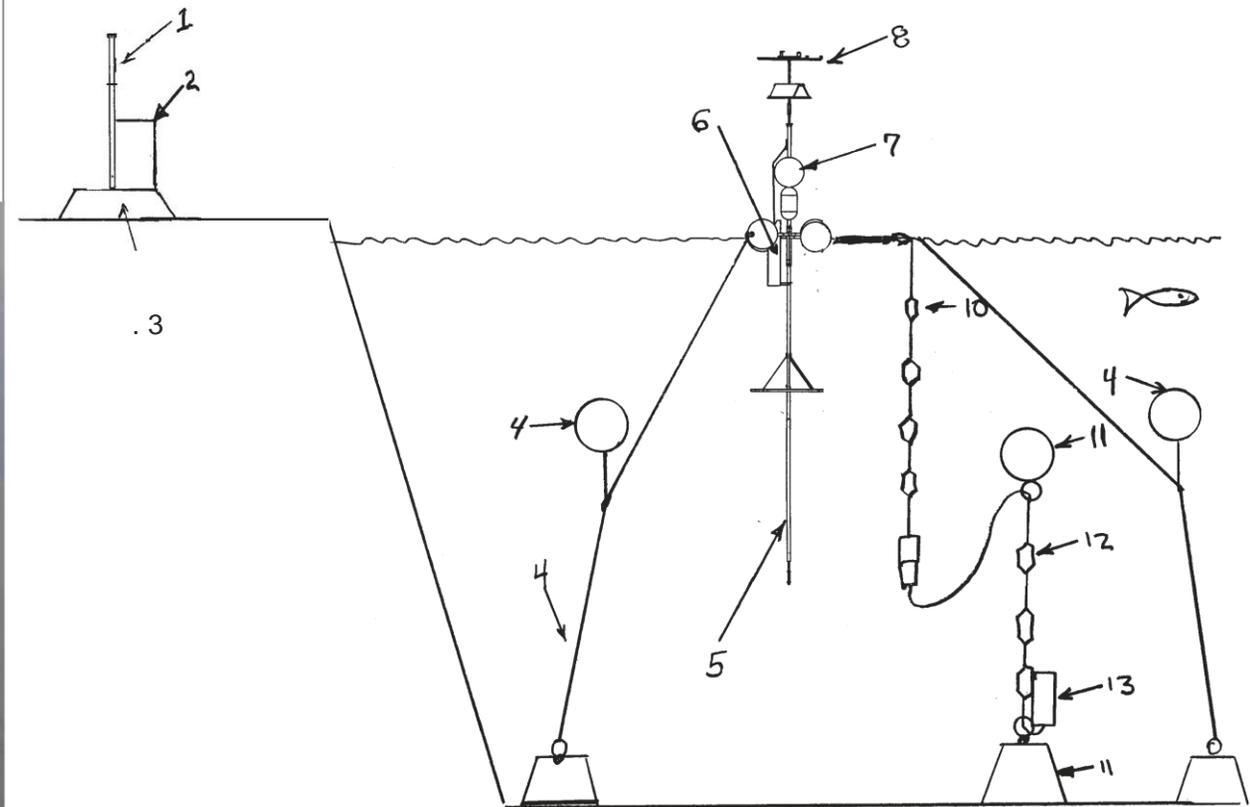
- 气象站
- 33个热敏电阻
- 7个溶氧传感器
- “夏季”与“冬季”参数，可在结冰条件下应用

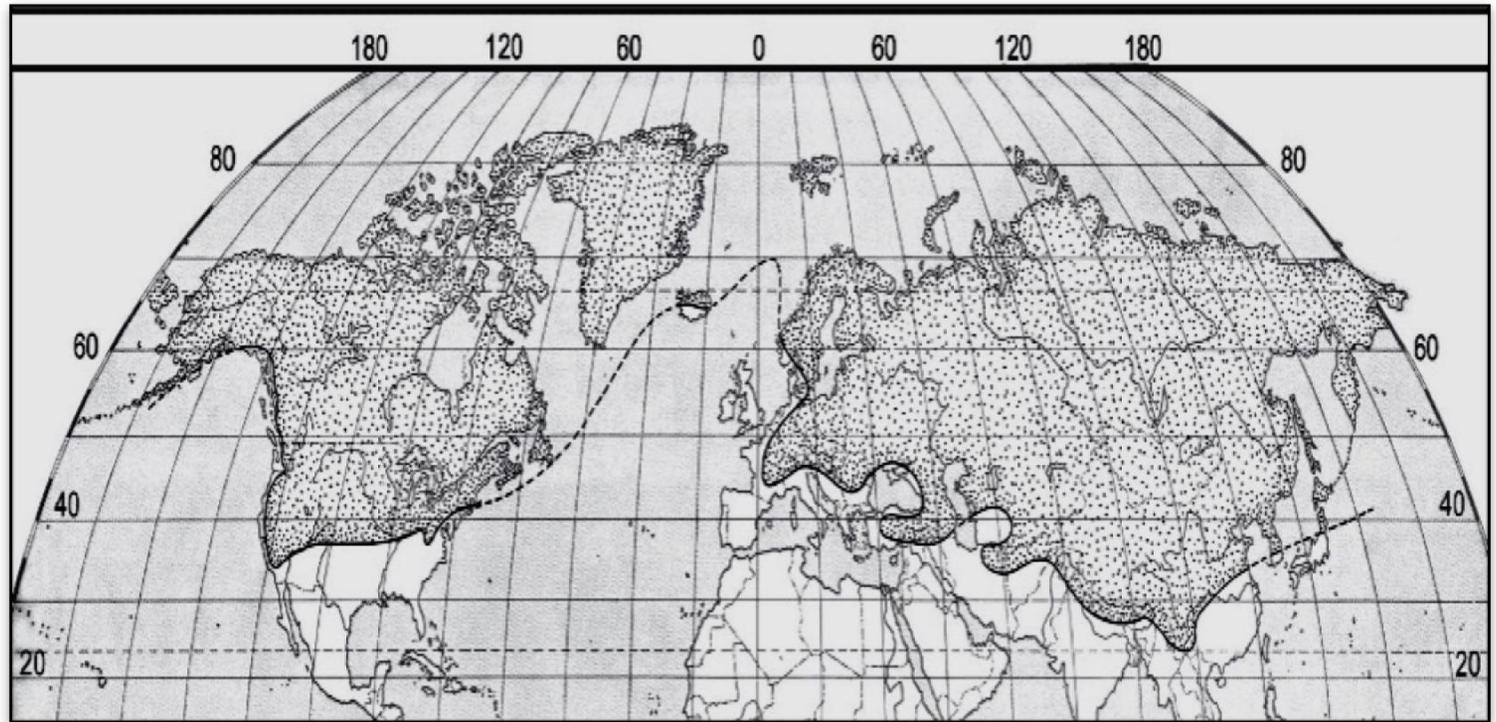


Tern



pH

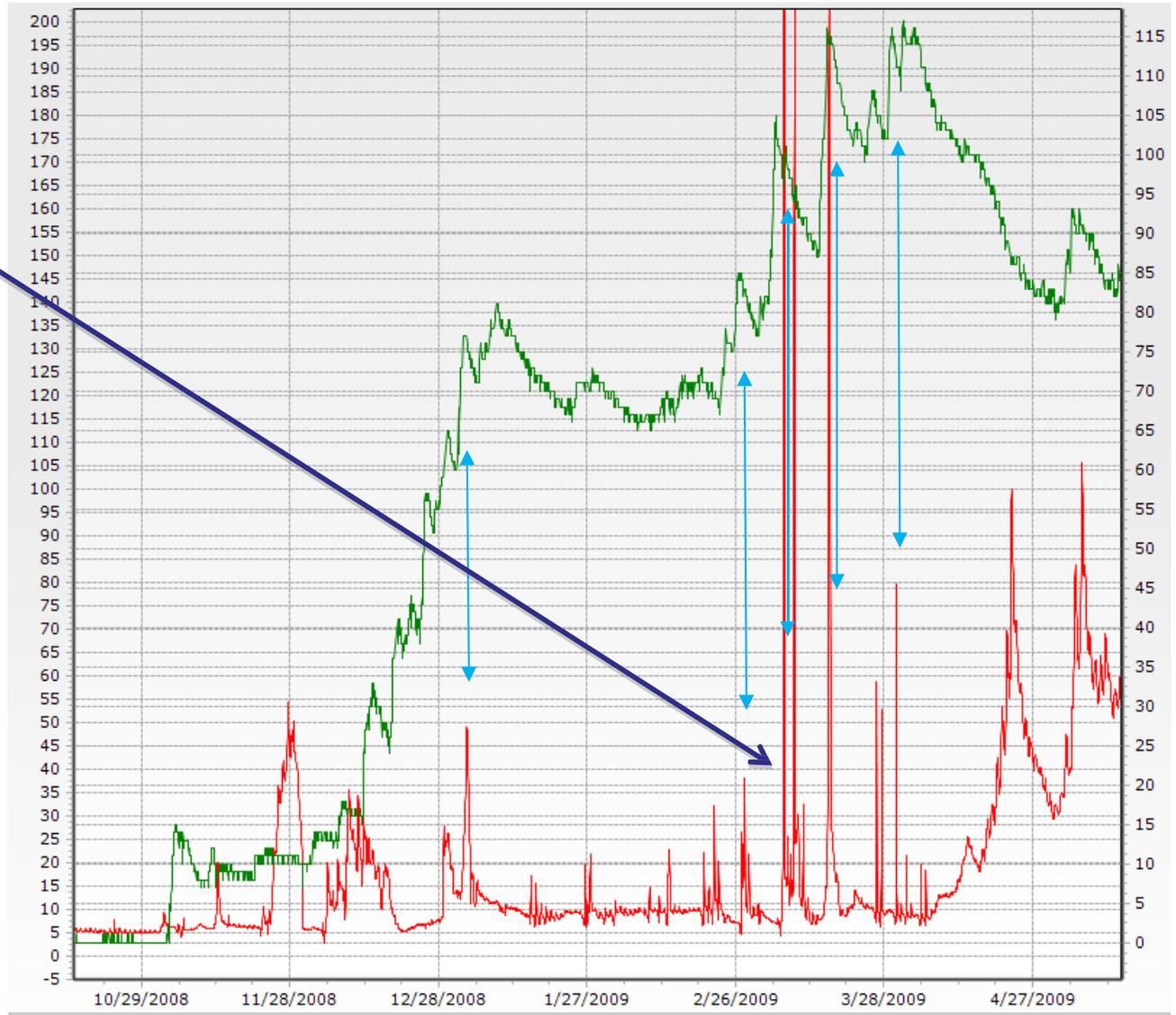




每年至少有一个月平均气温低于 0°C 的地区。
(Ettema, 2007)

数据异常——河流测量仪

- 特雷尔溪示例





24.5 inHg ↑

汞柱英寸数

2°C



01/16/11 02:00 PM

TRAIL 1

特雷尔1



23.99 inHg ↓

汞柱英寸数

1°C



01/16/11 05:00 PM

TRAIL1

特雷尔1



23.99 inHg ↑

汞柱英寸数

0°C



01/16/11 09:00 PM

TRAIL 1

特雷尔1



23.99 inHg ↑

汞柱英寸数

1°C



01/17/11 12:00 AM

TRAIL1

特雷尔1



23.93 inHg ↓

汞柱英寸数

🌡️ 1°C



01/17/11 03:00 AM

TRAIL 1

特雷尔1



23.99 inHg ↑

汞柱英寸数

0°C



01/17/11 06:00 AM

TRAIL1

特雷尔1



23.93 inHg ↓

汞柱英寸数

🌡️ 0°C



01/17/11 09:00 AM

TRAIL 1

特雷尔1



23.99 inHg ↓

汞柱英寸数

🌡️ 2°C



01/17/11 03:00 PM

TRAIL 1

特雷尔1



24.11 inHg ↑

汞柱英寸数

🌡️ 2°C



01/17/11 06:00 PM

TRAIL1

特雷尔1

冰冻气温再次到来



24.17 inHg ↑

汞柱英寸数

0°C



01/18/11 01:00 AM

TRAIL 1

特雷尔1



24.23 inHg ↑

汞柱英寸数

🌡️ -3°C



01/18/11 09:00 AM

TRAIL 1

特雷尔1

寒冷温度达到稳定



24.17 inHg ↑

汞柱英寸数

🌡️ -7°C



01/19/11 09:00 AM

TRAIL 1

特雷尔1









小型河流十分敏感

地貌背景

弯度

河道护坡

河沙洲、河岛

相对水深

速度

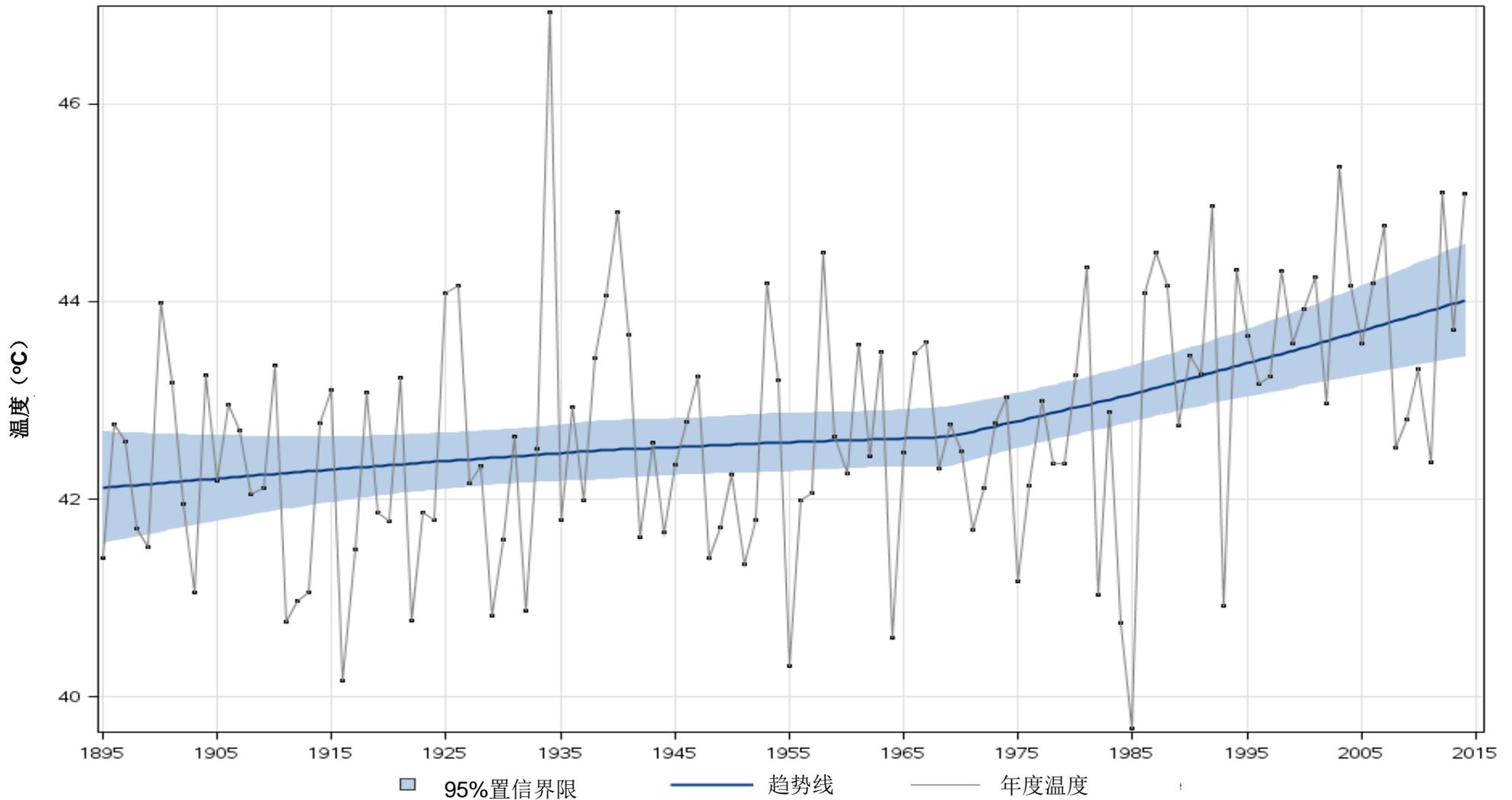
宽/深比

LWD内容

冰坝/雪崩



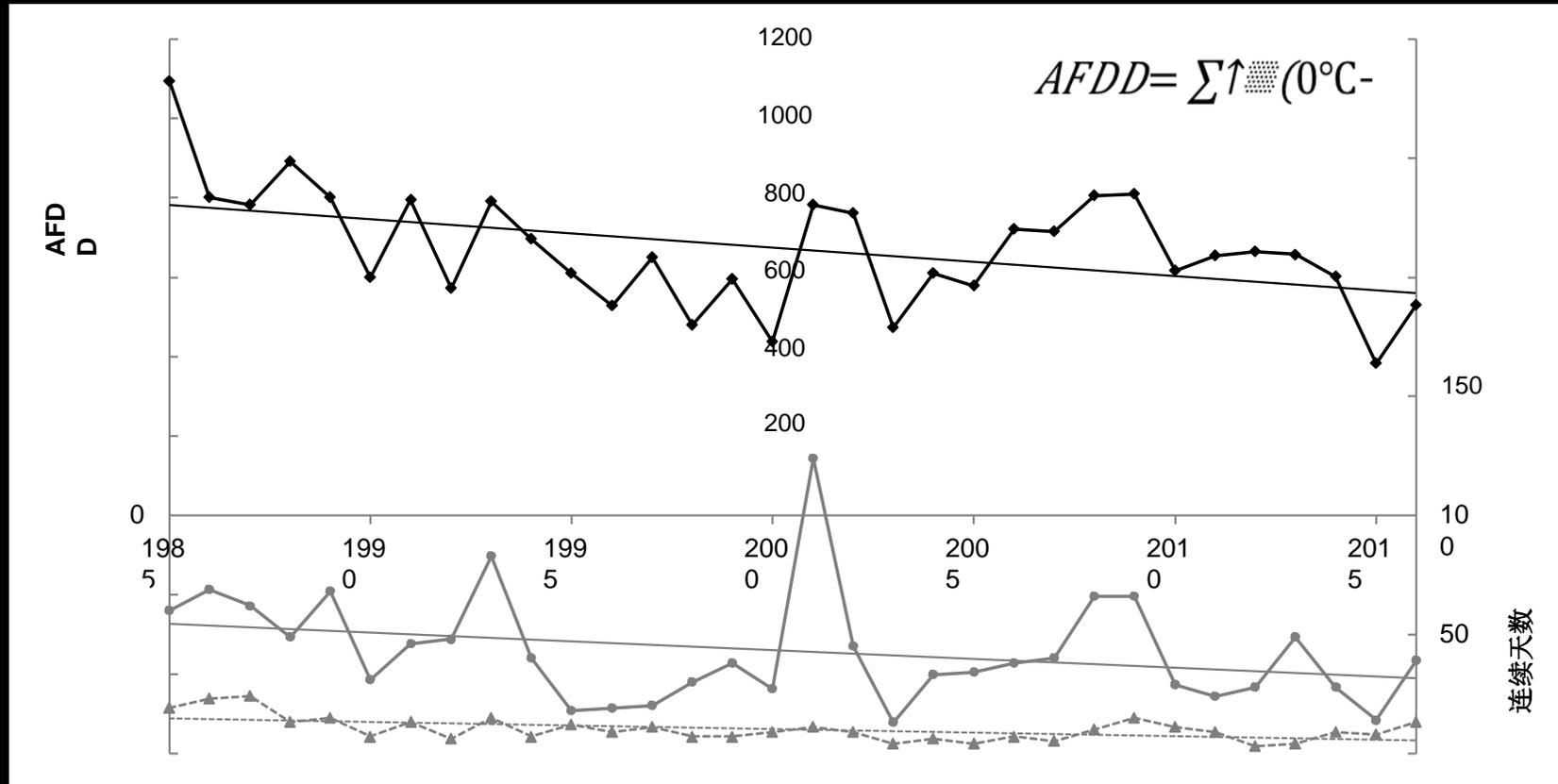
爱达荷年平均温度



国家海洋和大气局推导出爱达荷州气温的A) 年度和B) 冬季区域时间序列。需要注意的是其中温度以华氏度表示。上述图表展示了三种颜色编码的时间序列。灰线表示年度（或季度）温度值。蓝线表示整体趋势，消除了温度的年际变化。浅蓝色阴影区域代表这一趋势的95%置信区间。平滑温度使用LOESS局部估算散点图方法进行构建。

<https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/state-temps/>

累积冰冻温度天数



- 30年中有270 天温度低于AFDD （每年7 天）
- 使用 $T_{ave} < 0^\circ\text{C}$ 计算，连续天数低于24天
- 使用 $T_{max} < 0^\circ\text{C}$ 计算，连续天数低于12天



!!!?

(

片冰与底冰

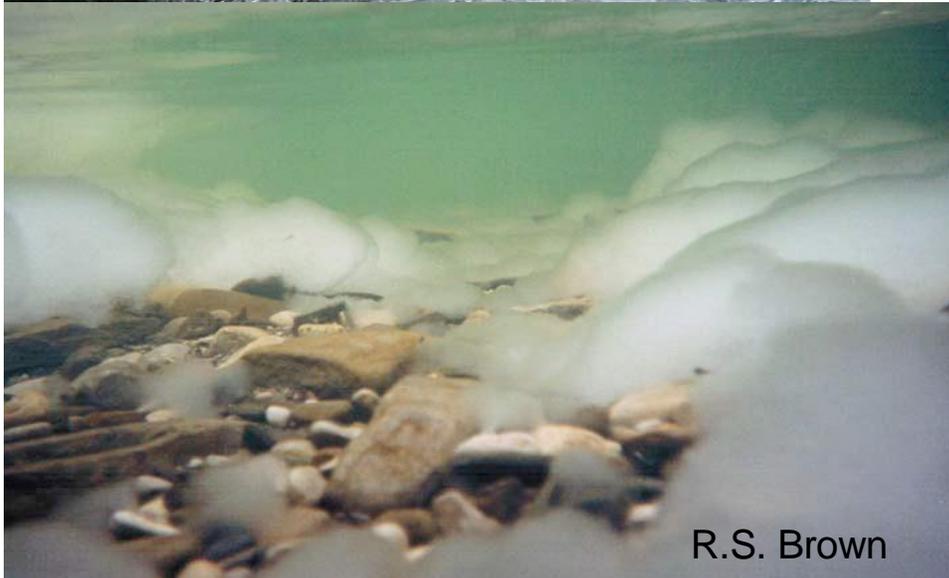


由温度 $< 0^{\circ}\text{C}$ 的过冷水形成
0.1-1毫米的冰晶或无定性冰

晶粒开始增长（雪、灰尘等）

通过絮凝与其他过程形成底冰

不利于鱼类和大型无脊椎动物

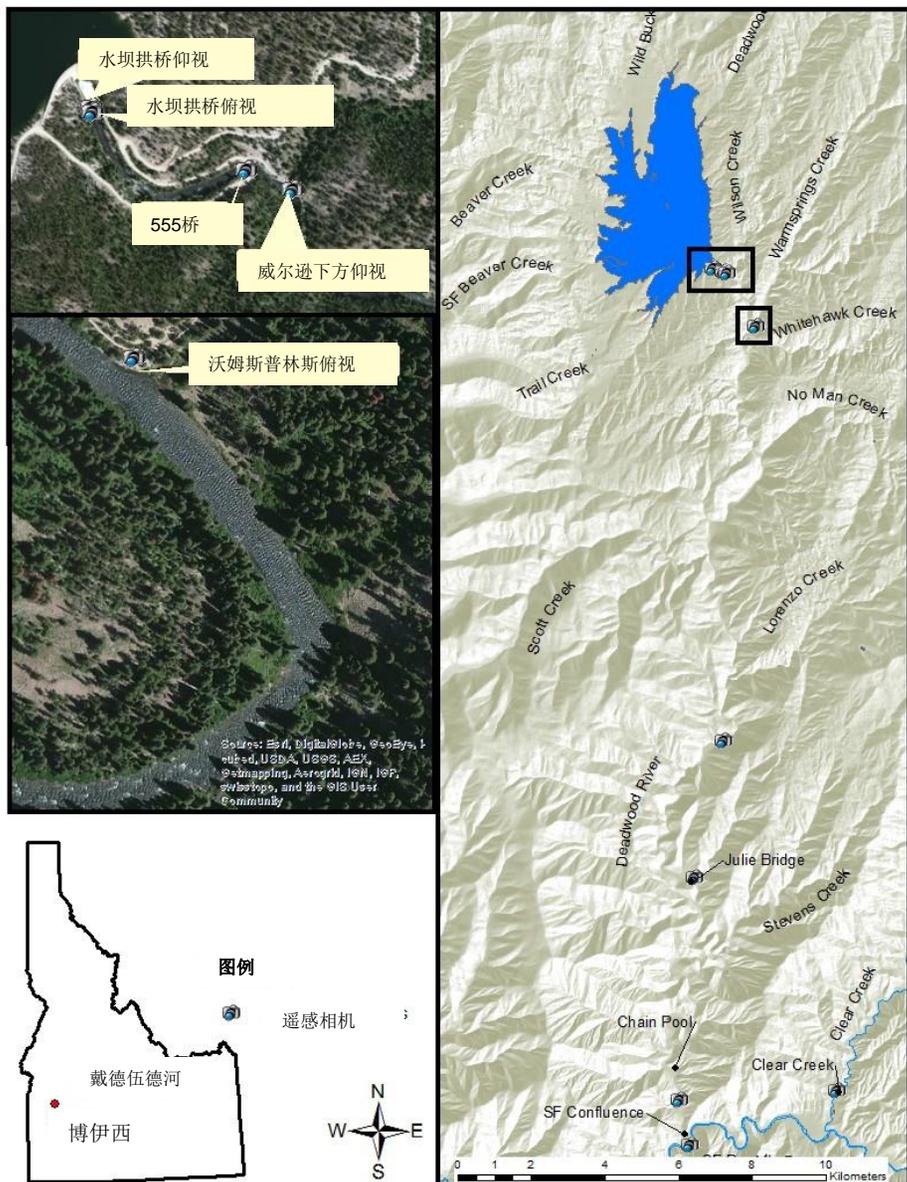


美国垦务局冬冰监测

遥感相机

航空勘测

针对性实地调查

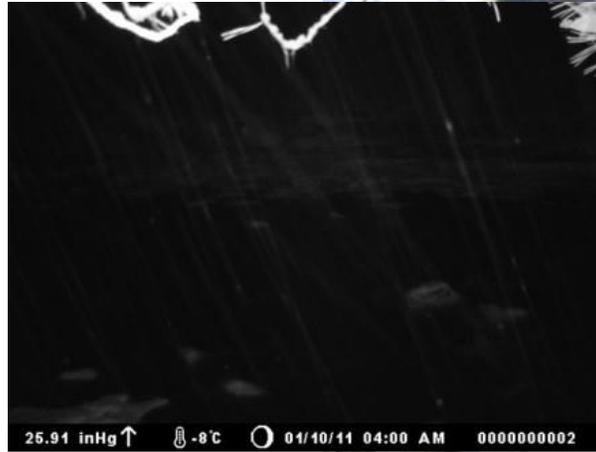




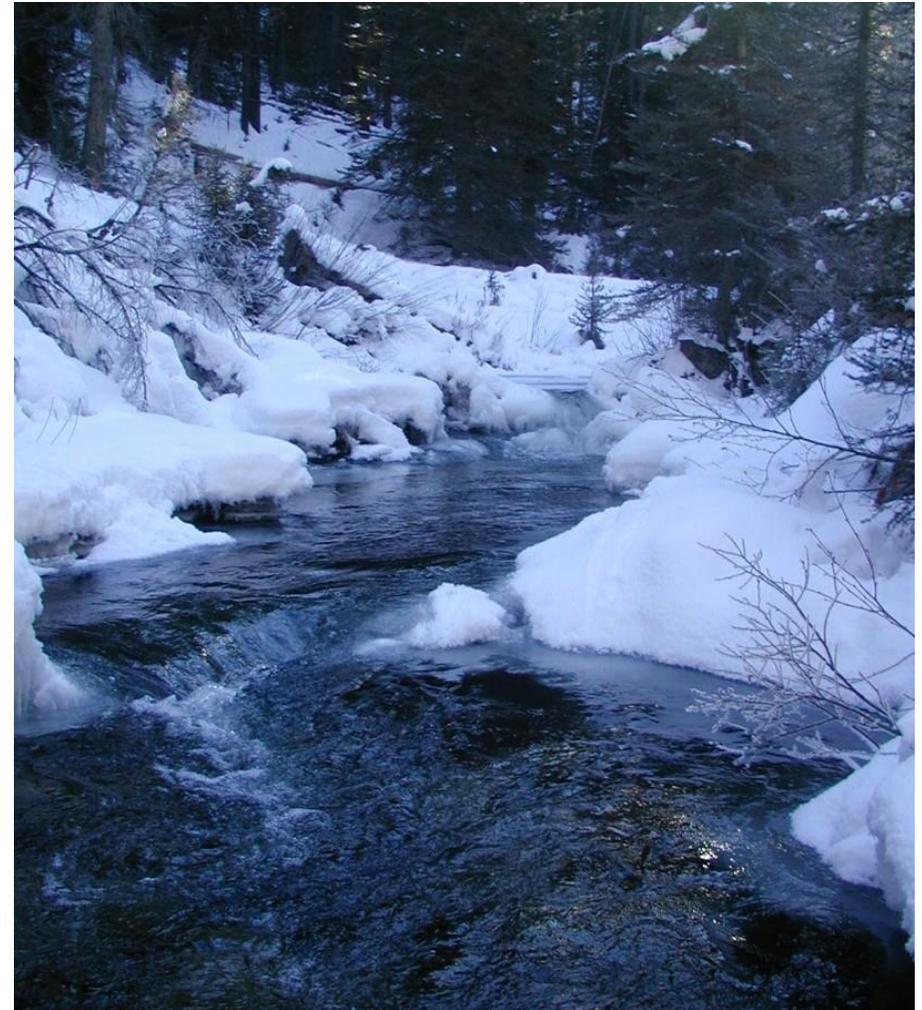
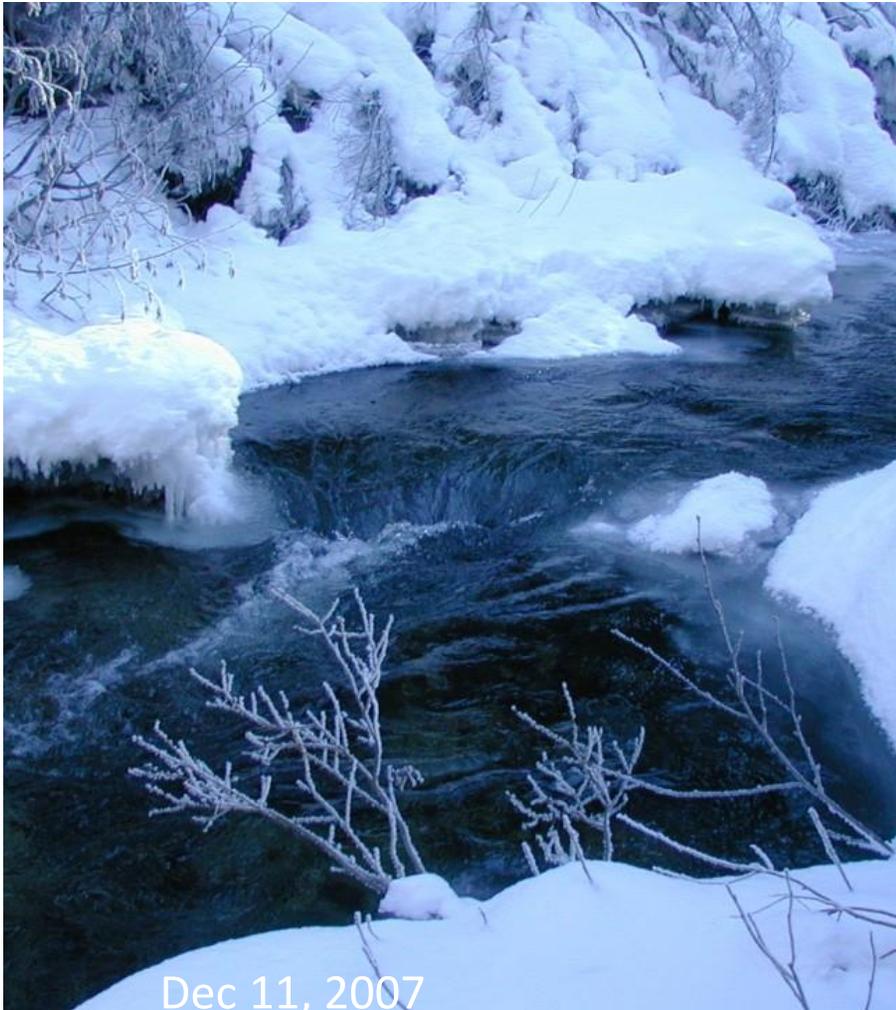
低湍流——水池因热冰增长而封闭



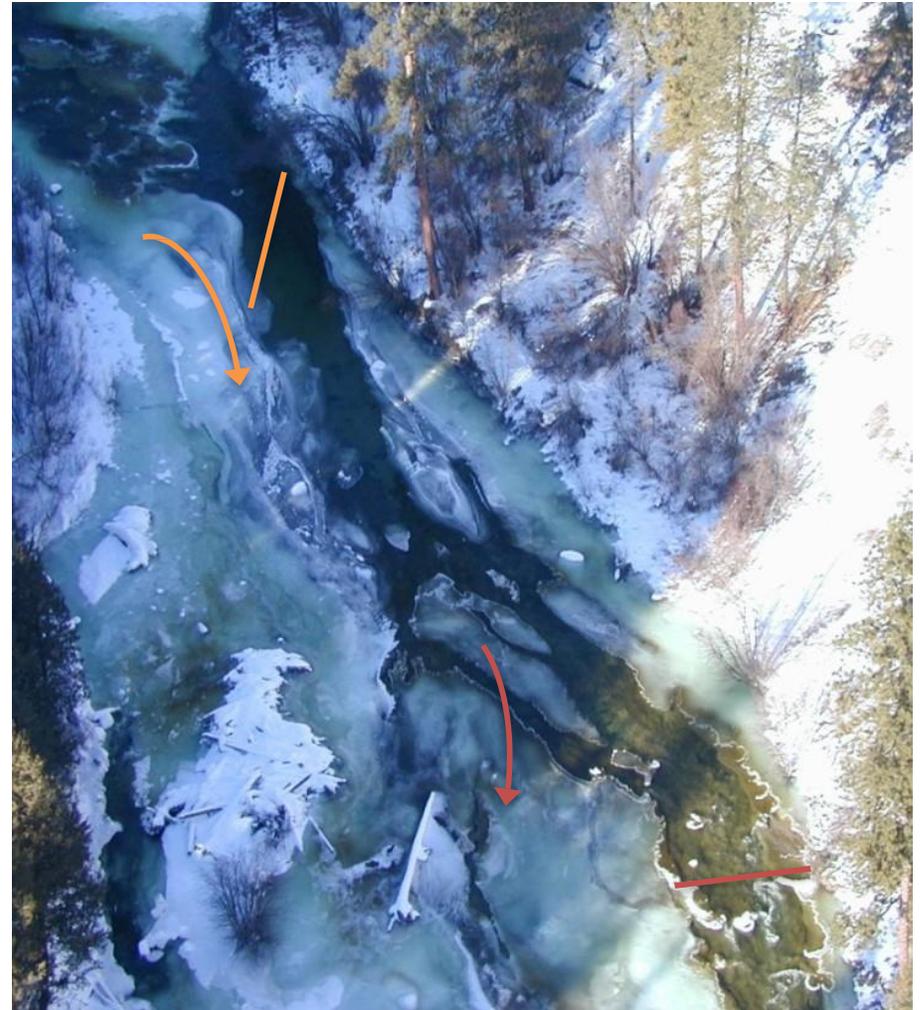
高湍流——急流因空中结晶、热膨胀、应变而冻结



陡峭溪流流段形成了控制流体力学的 底冰冰坝



2007年底冰冰坝导致出现二级冰通道流并可能形成河岛



水池对水坝泄洪进行响应



2011年达到 -16°C 且在流量为50 cfs 从未冻结



2014年在 -4°C 流量为2 cfs时冻结

冰情研究

区域冰情将随着生态后果而日益多变

- 冰覆盖层为变化的环境条件提供恢复力
- 大量冰对河流形态造成影响
- **LWD**的位置可促进冰覆盖层的形成
- 模拟小型溪流的冰情需要开展更多研究——
当前模型并不充分



Andy Tranmer. andyt@uidaho.edu

Rob Ettema: rettema@colostate.edu

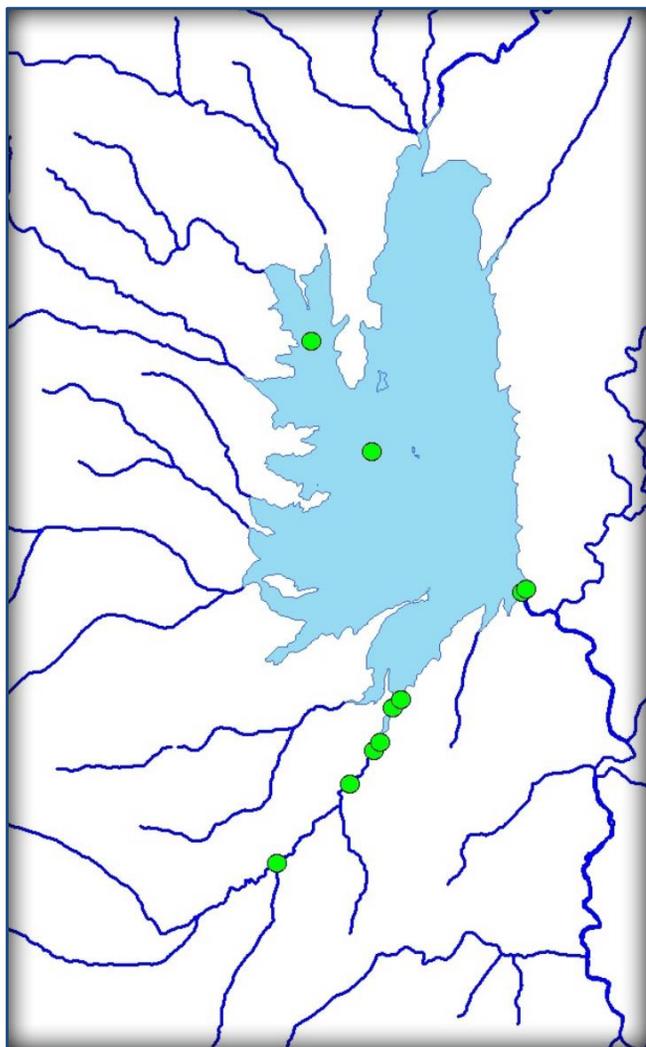


水库采样、标记并追踪

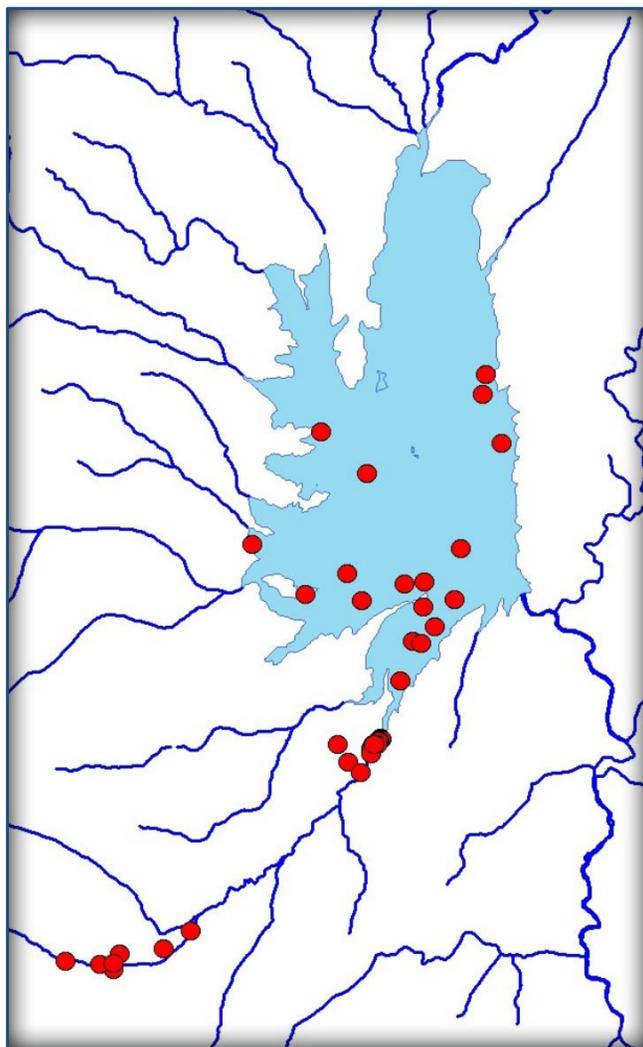




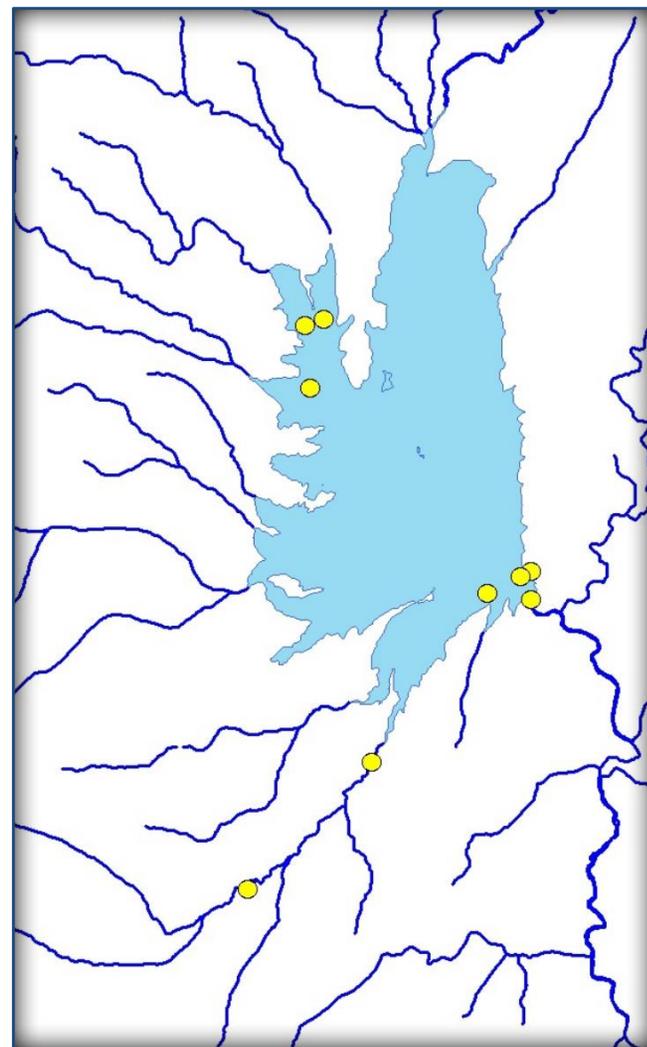
鱼12: 2006



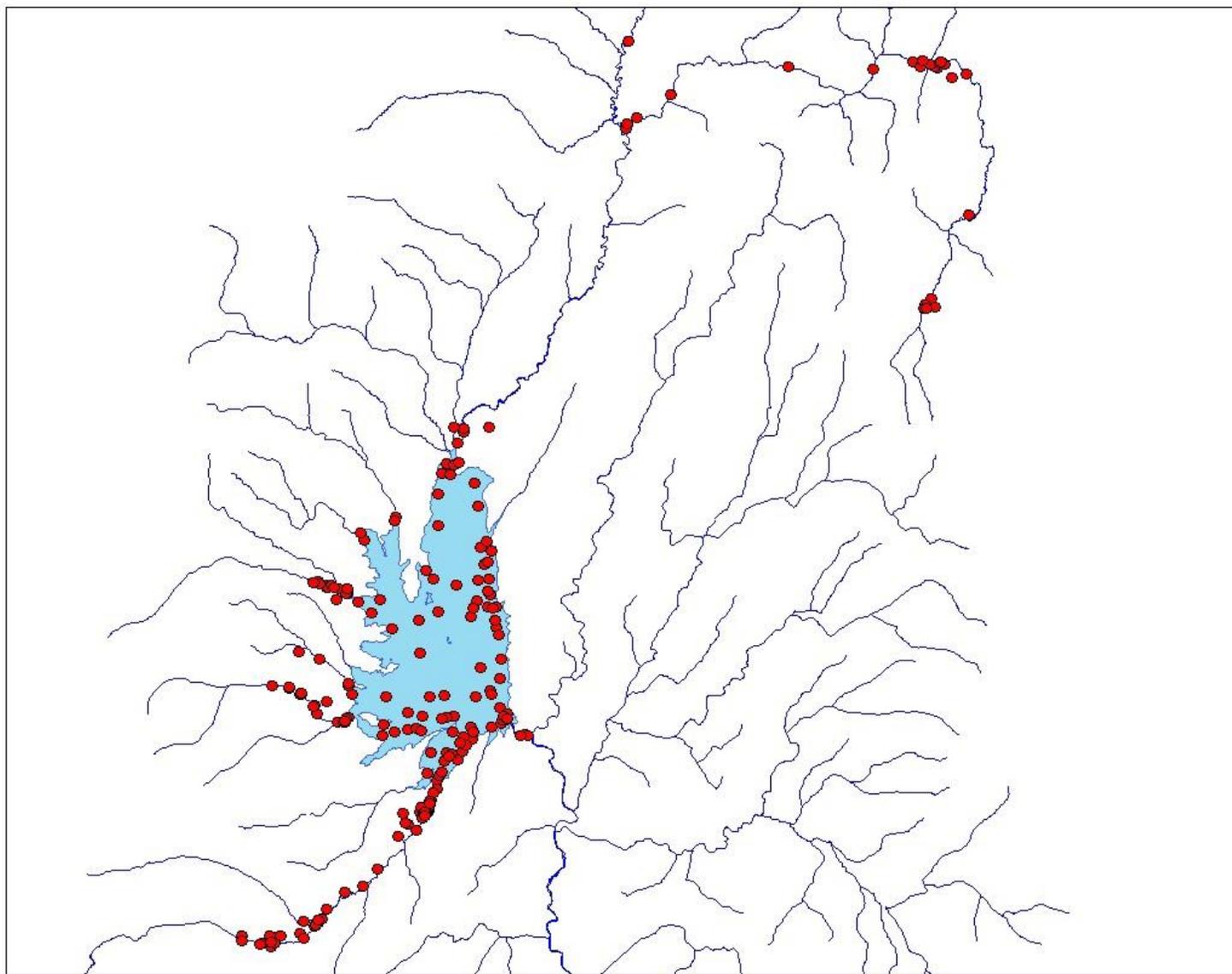
2007



2008



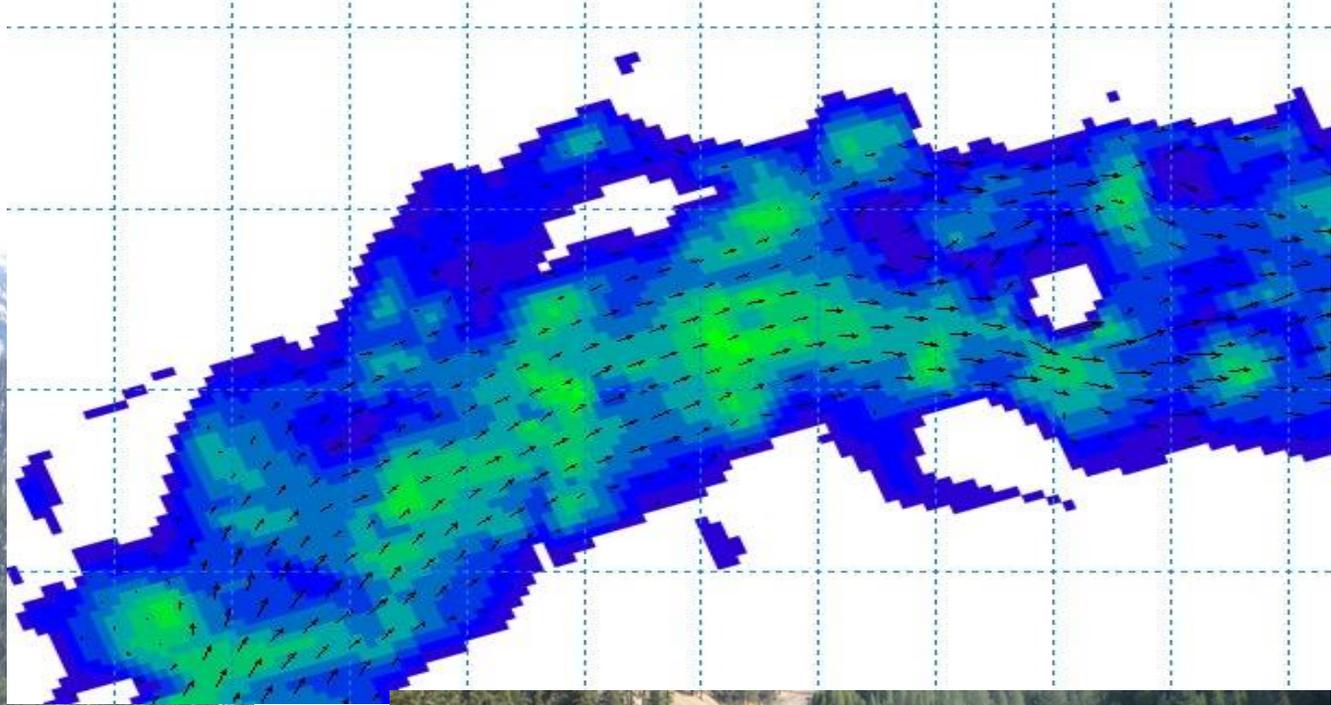
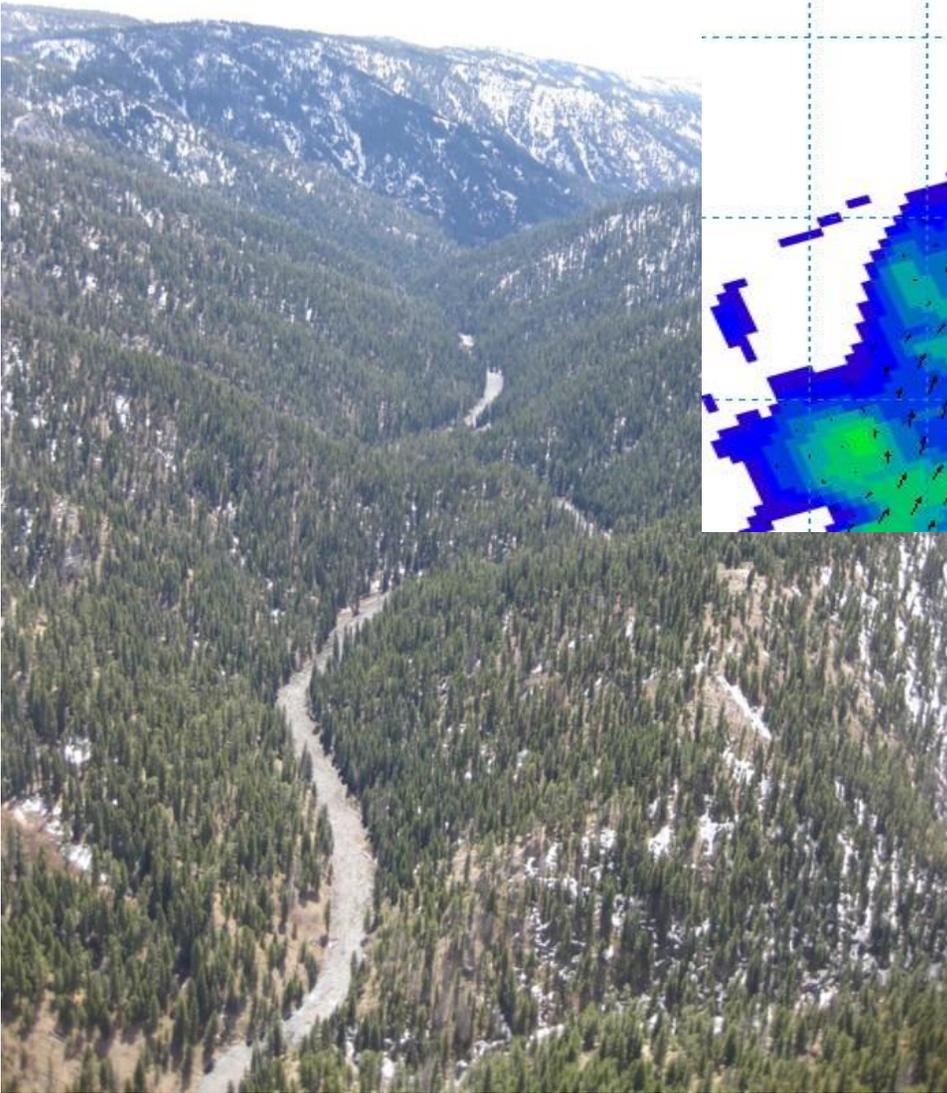
欧鱒年运动图示



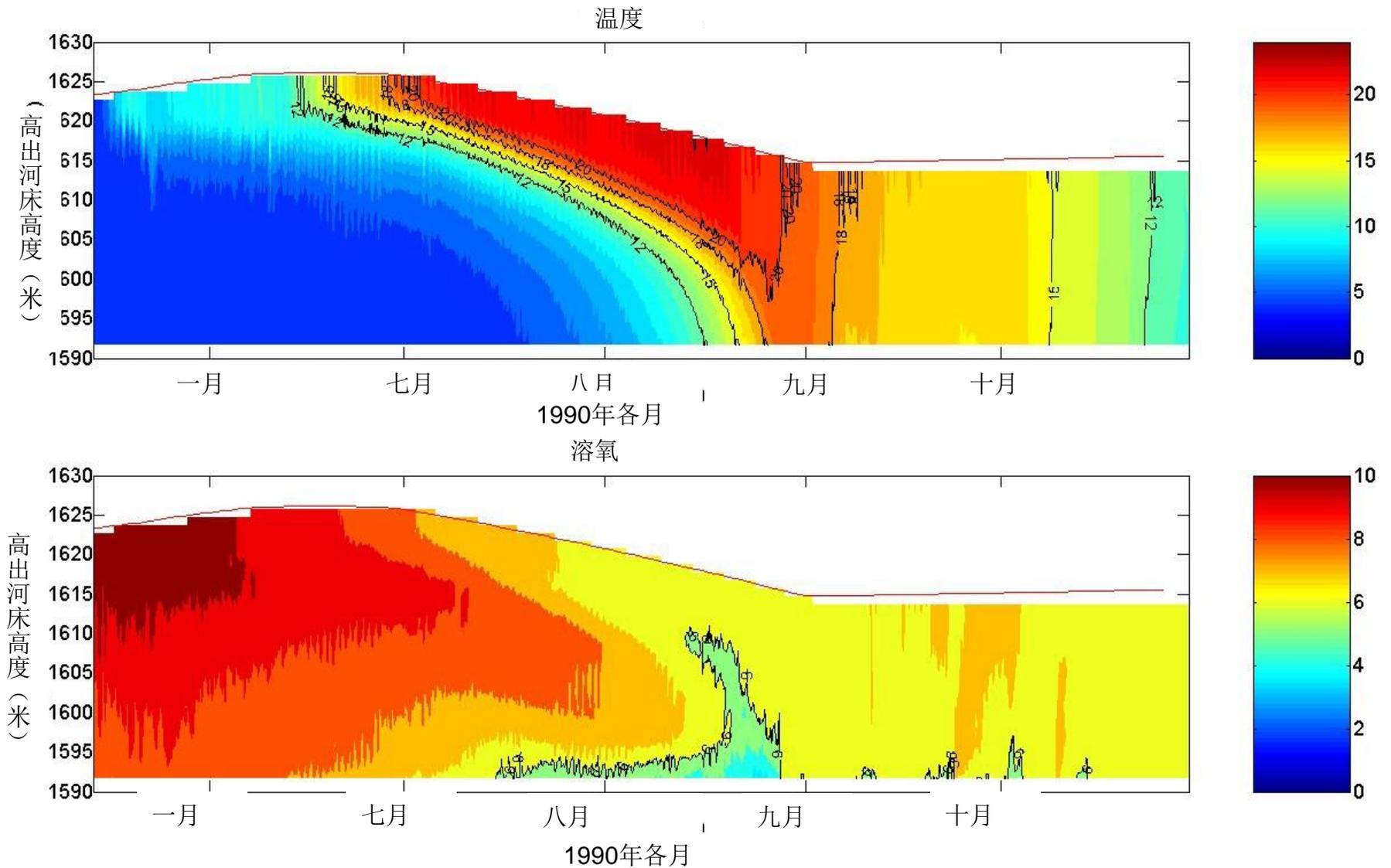
对迁徙的削减影响



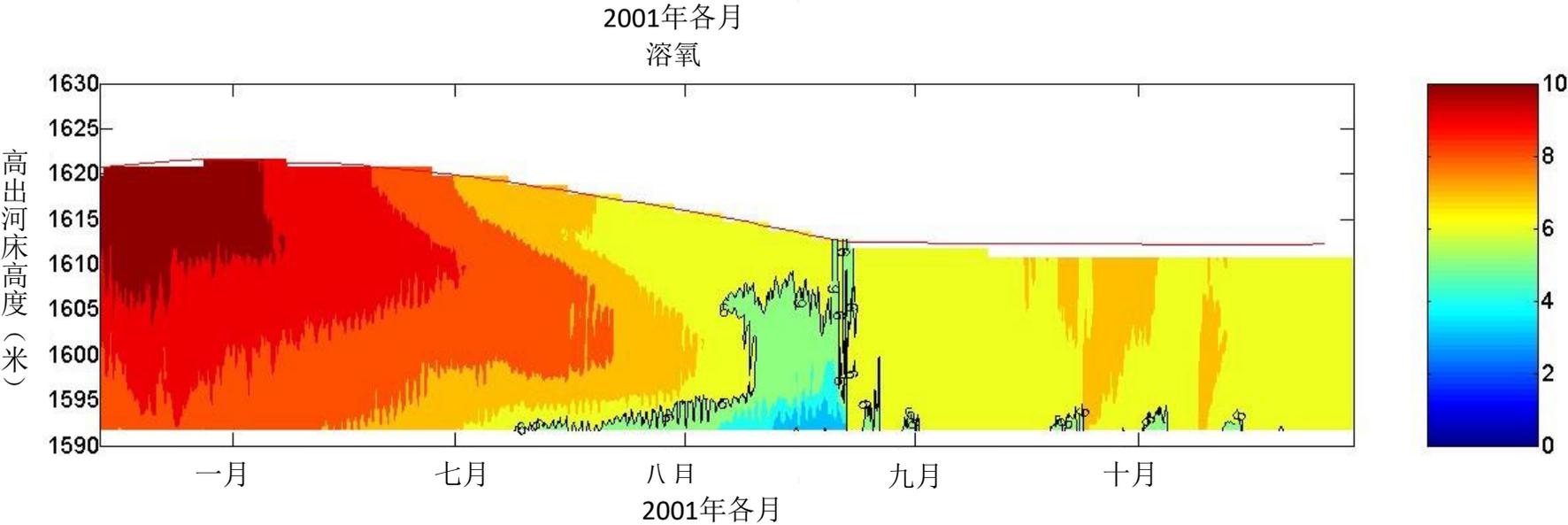
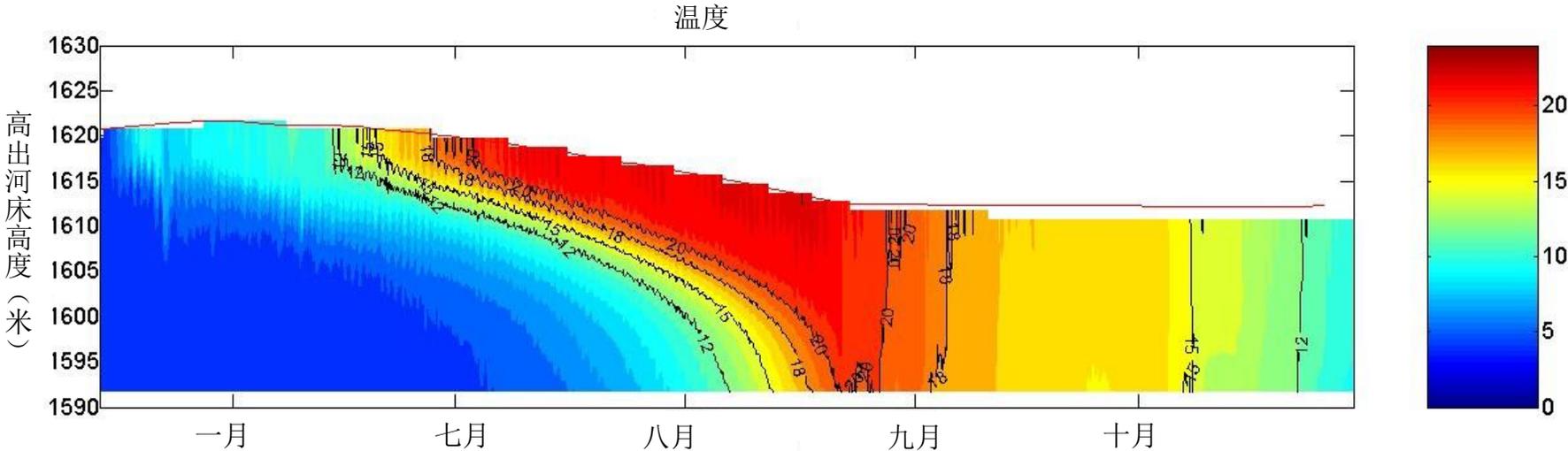
部分排水条件下河流中存在的潜在迁徙障碍



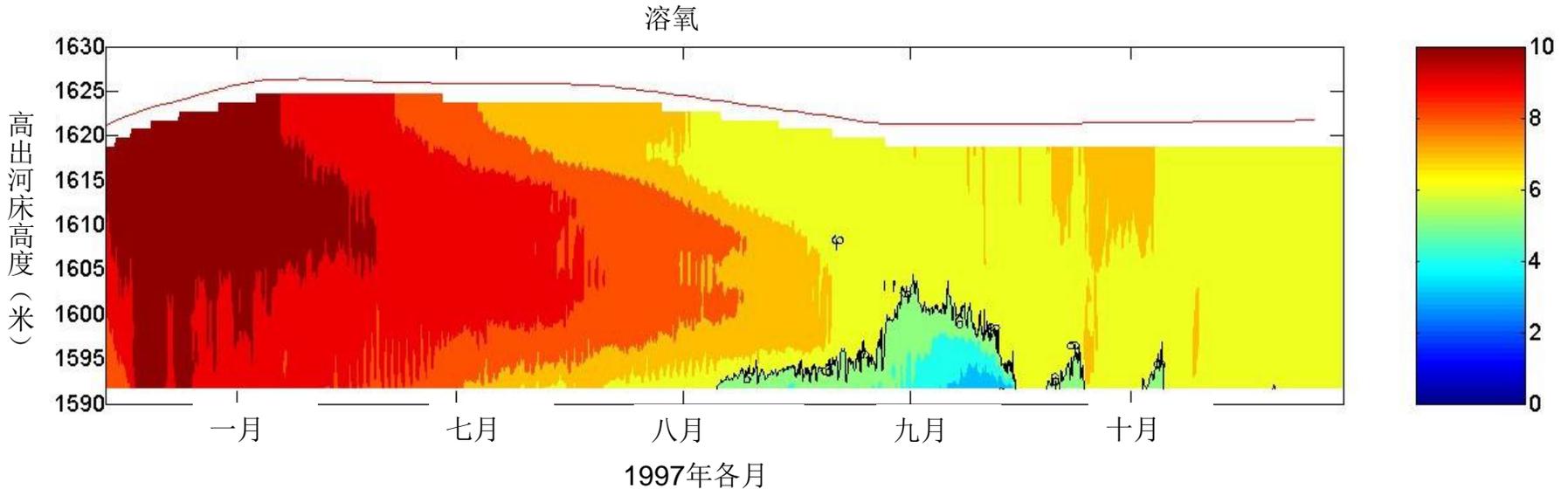
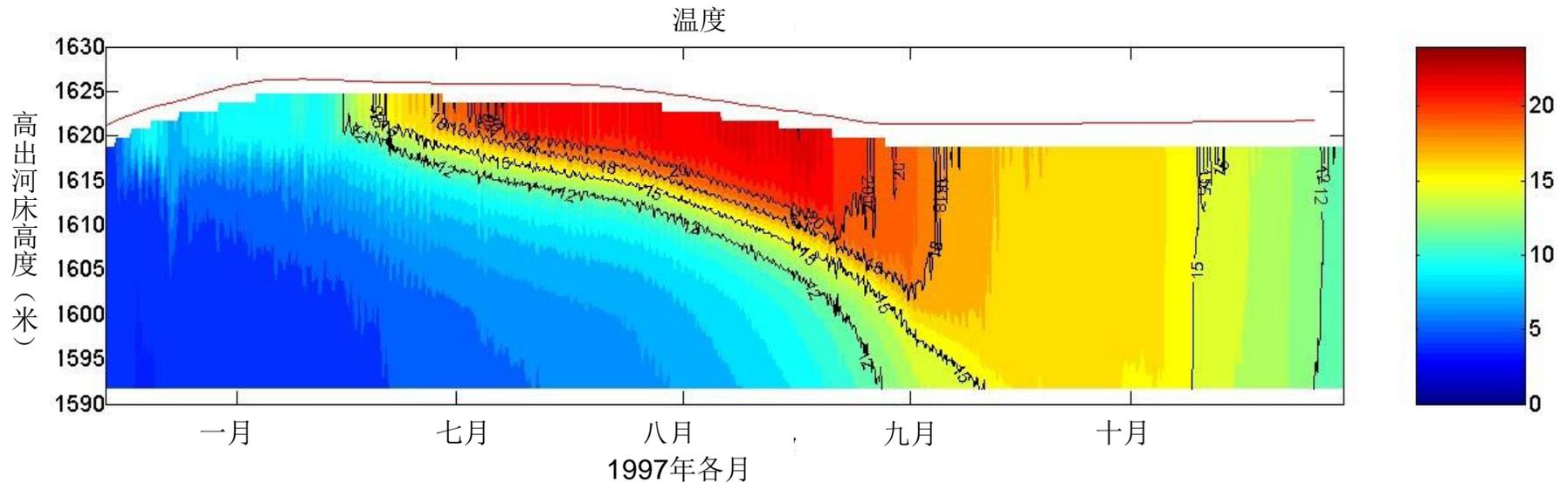
水库：大型挤压空间



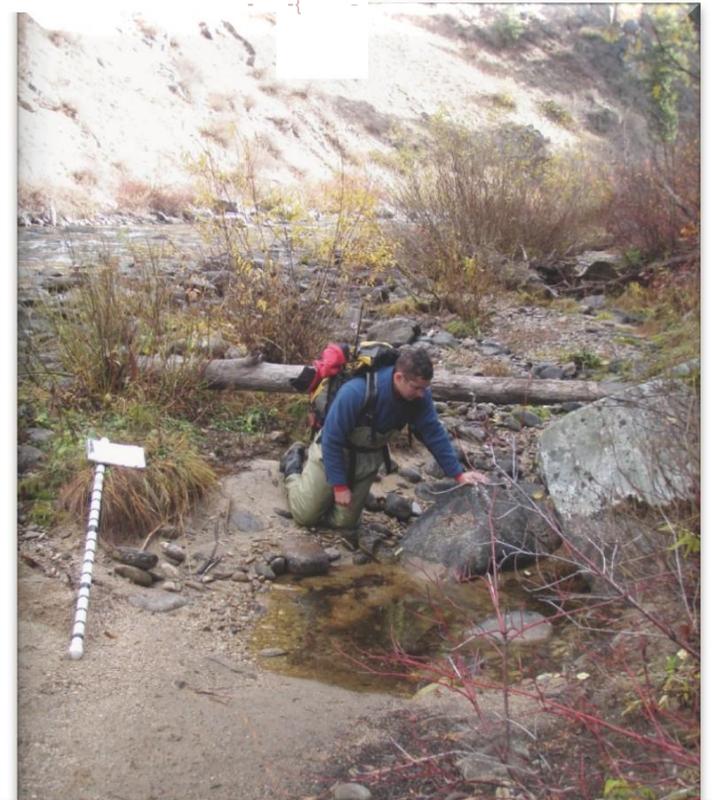
2001——干燥BIOP



1997——潮湿BIOP



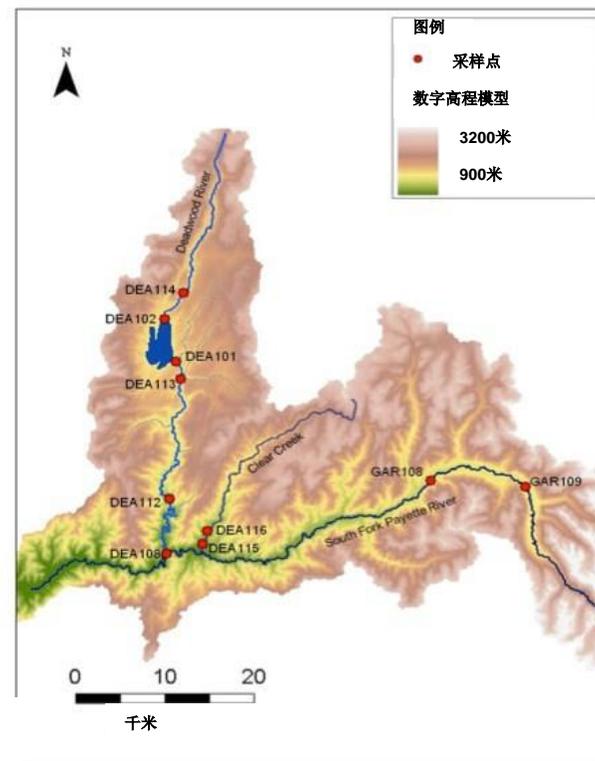
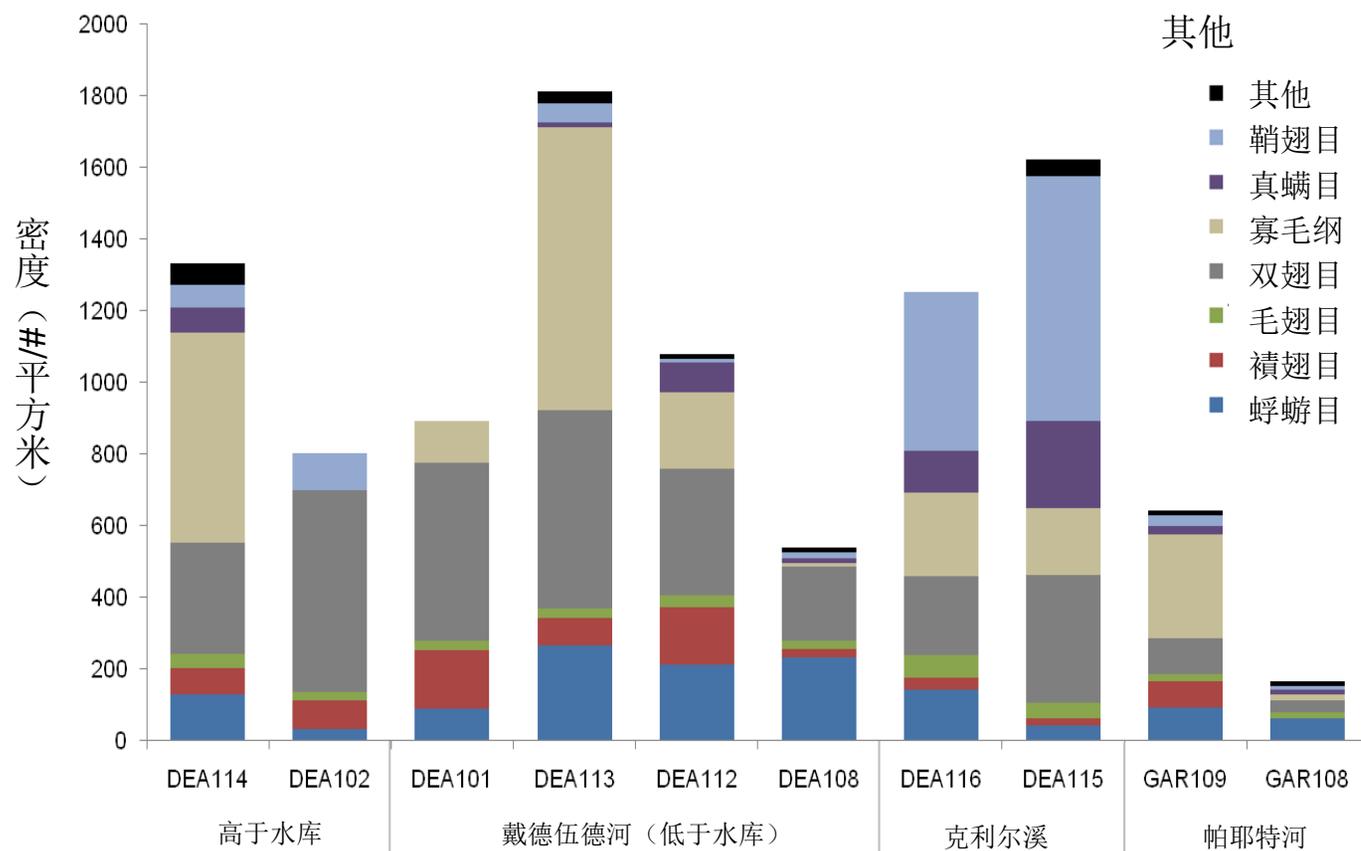
水库爬坡速度：搁浅池



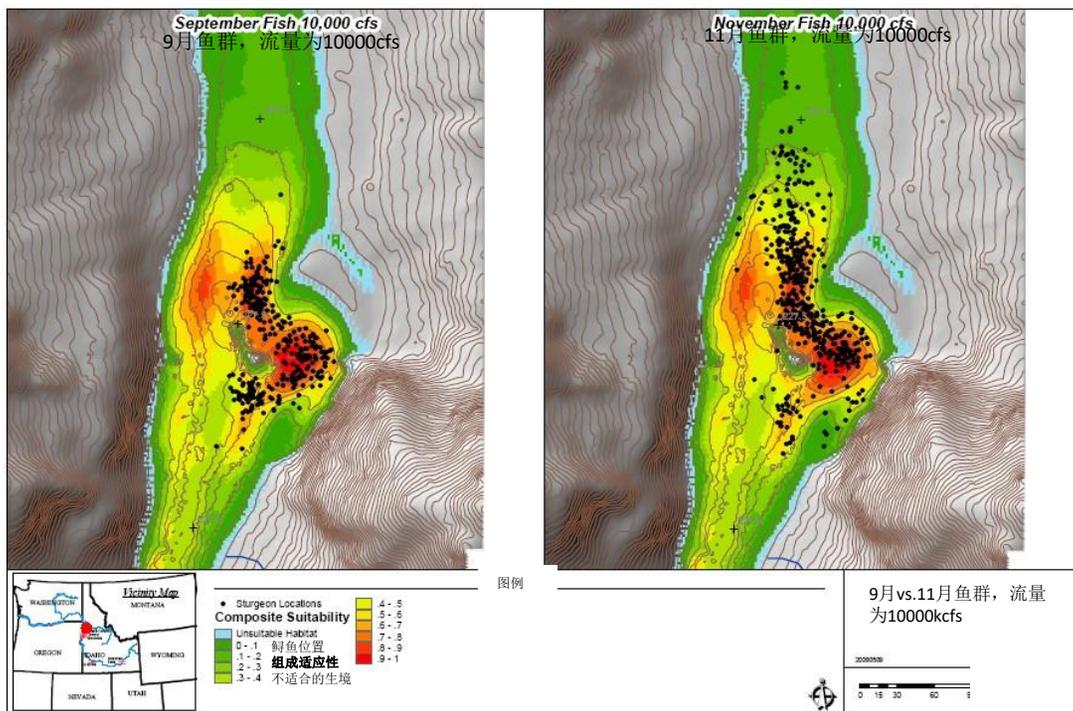
各个采样点中的大型无脊椎动物种群类似

食物网基础不受当前大坝运行的影响

大型无脊椎动物的构成

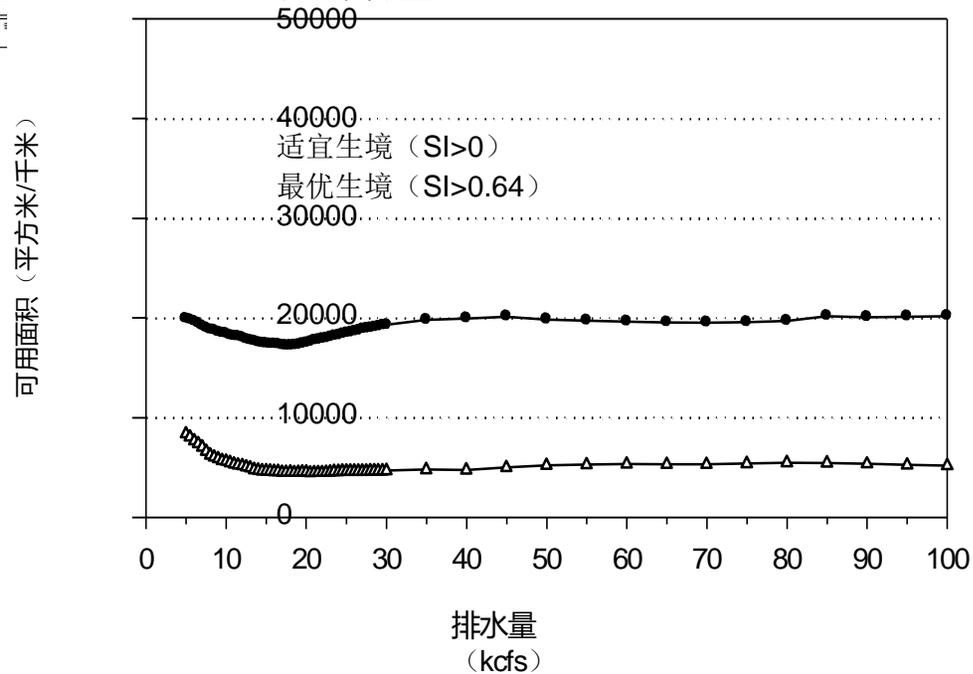


生境结果

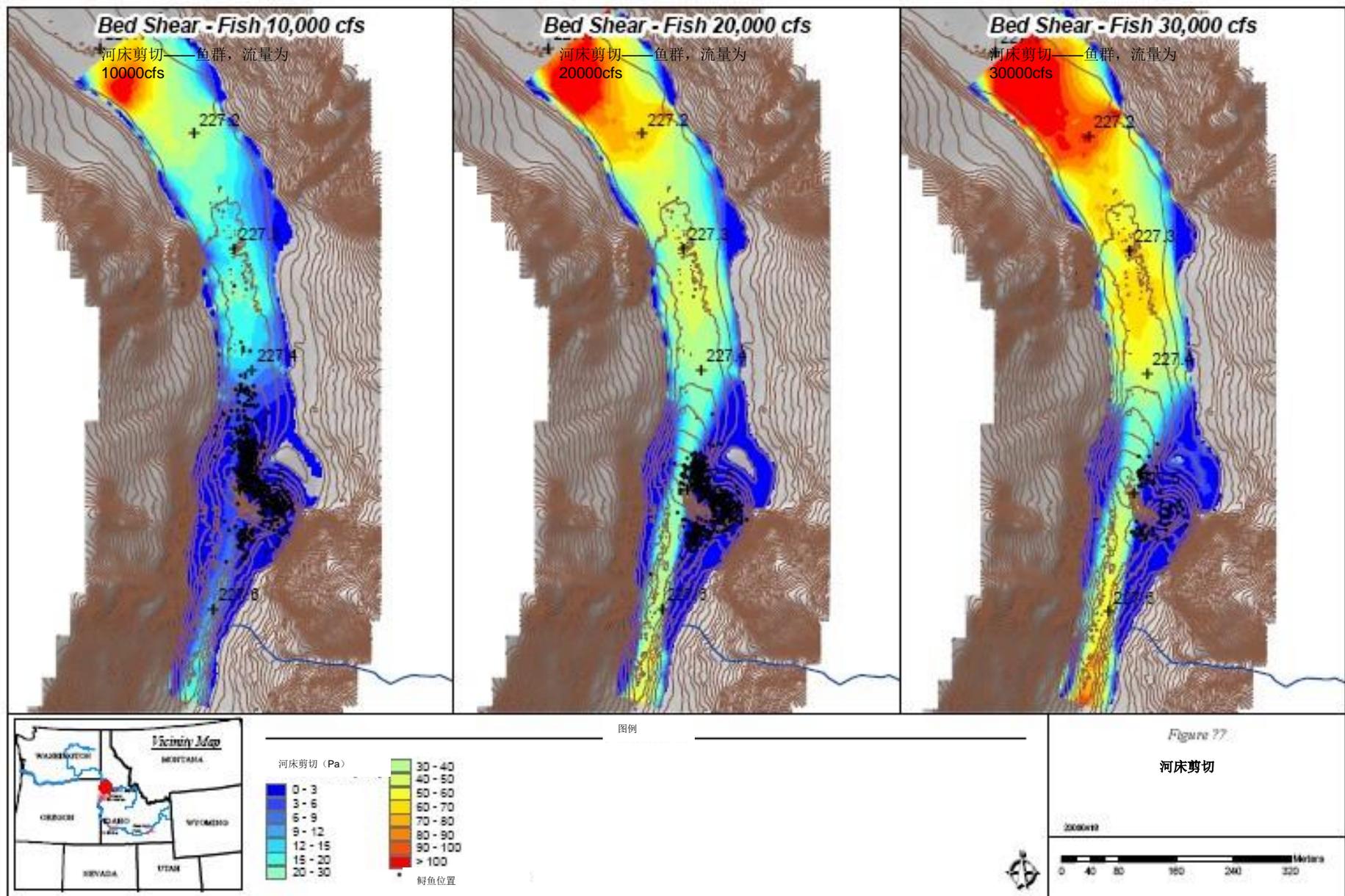


整个研究区域的空间和时间栖息地信息。

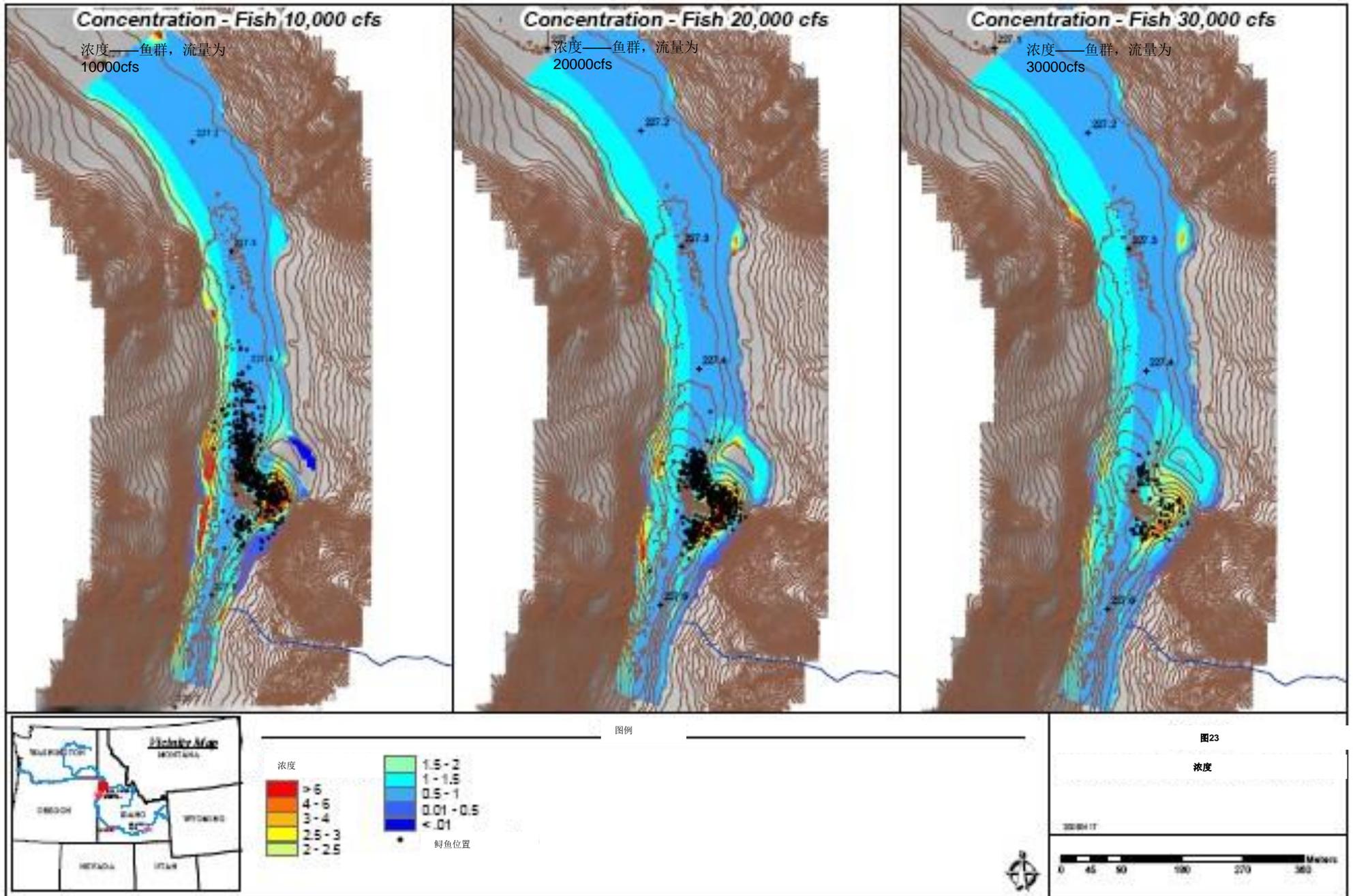
白鲟幼鱼



河床剪切

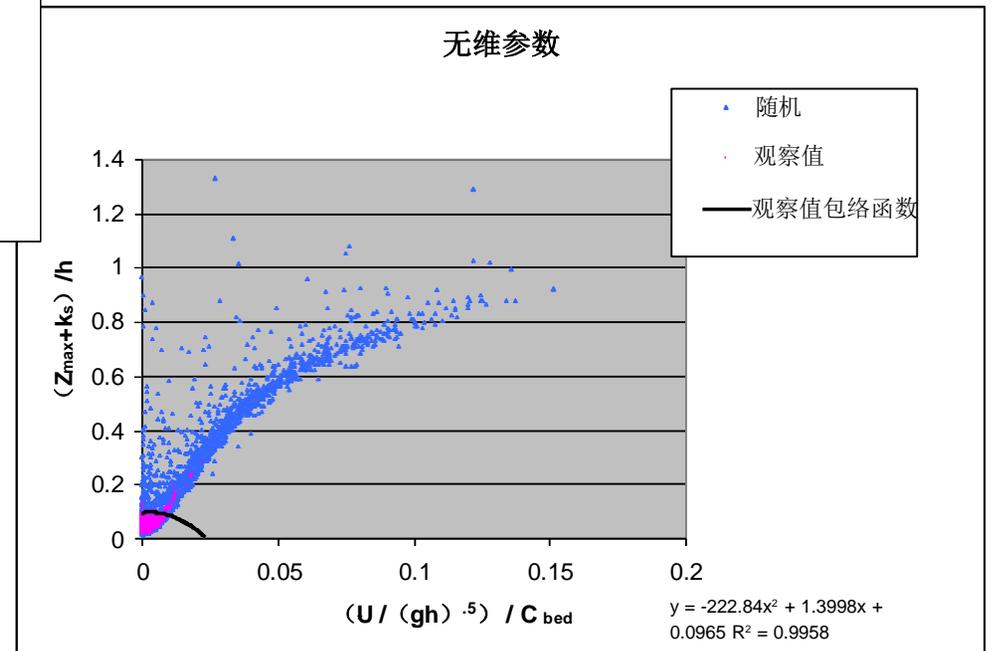
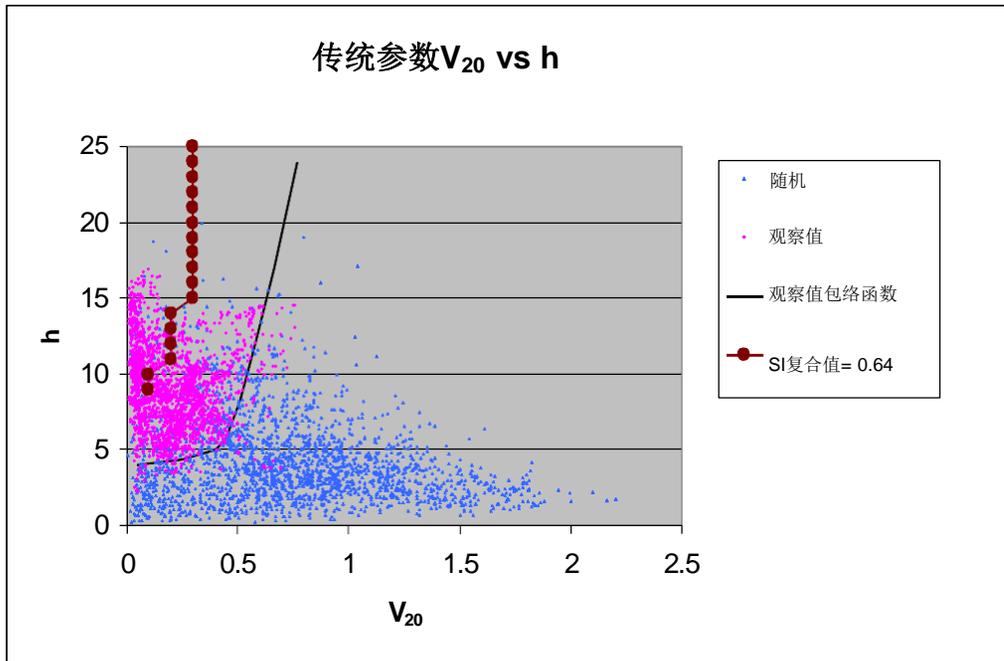


模拟食物



参数分类

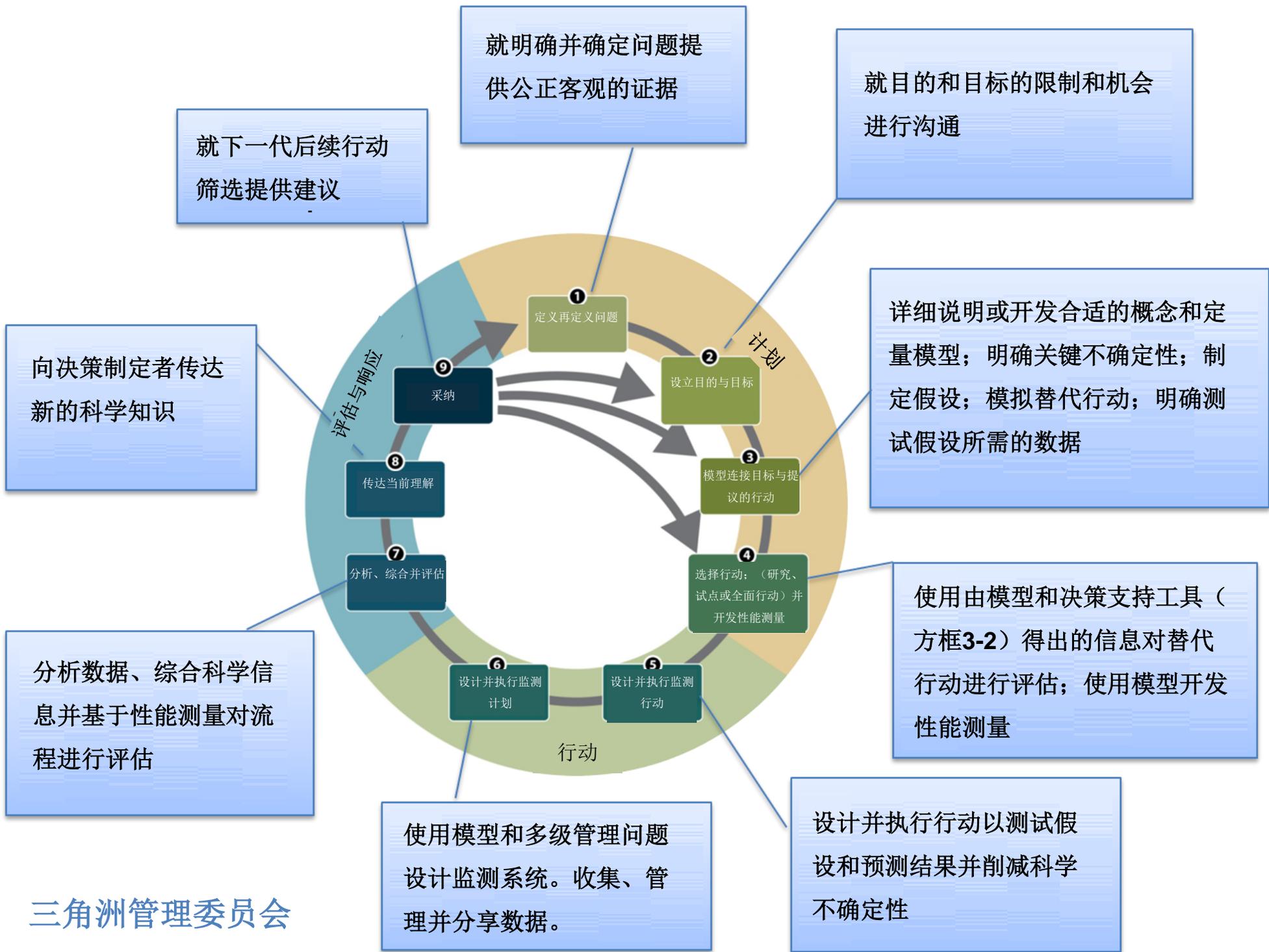
一个用来区分使用的生境和可使用生境的阈值。采用包络函数来定义阈值



经过系统分析提出的部分建议 ‘水库运行的更大灵活性’

1. 通过减少冬季最低基流量来节约更多水量
 - 以及更多年际调节库容
2. 能够形成更稳定的冬冰覆盖层
3. 河流在冬季形成自然山洪（对爬坡速度构成影响）
4. 减少在秋季迁移至水库沿岸平地时因鸟类/熊捕食造成的鱼类损失
5. 维持从支流向水库的迁移路径
6. 增加在秋季输送至河流的养分
7. 将河流温度恢复到自然状态
 - [春季温度过低，夏季末和秋季温度过高]





三角洲管理委员会

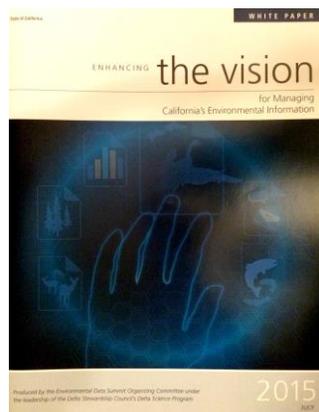
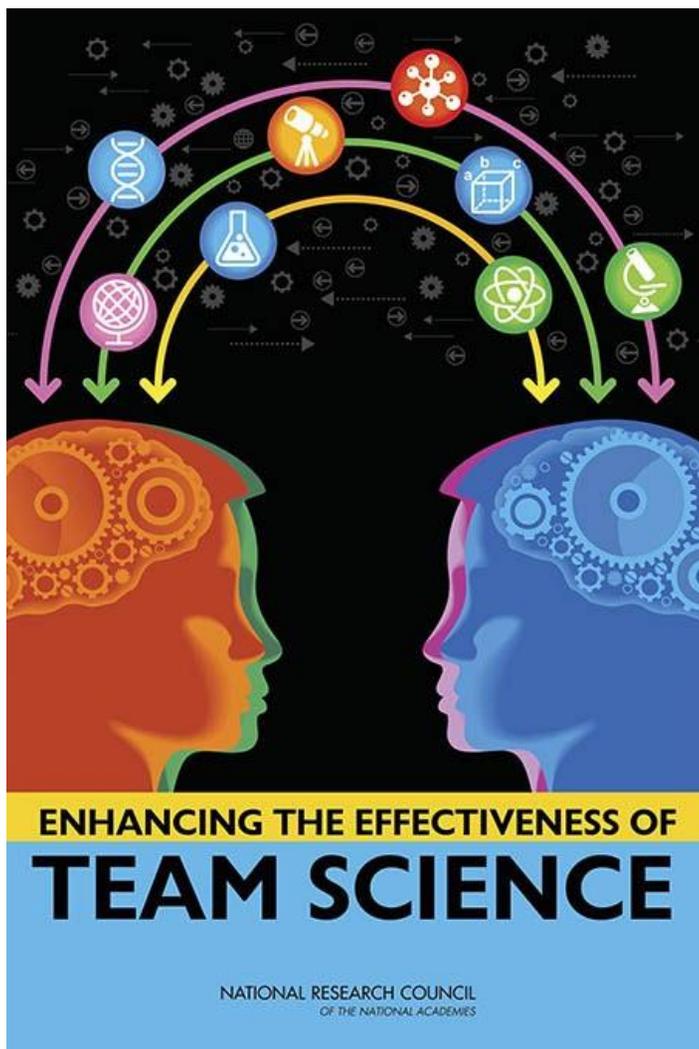
工具改变我们彼此之间的互动方式以及我们的表现和思考方式。

Wilson Miner

www.wilsonminer.com



设立合作实验室——基于问题的实验室



NCSA



国家研究委员会，2015年5月

我们处于不断变化的时代中，学习者将继承世界，而知识者则将为一个不复存在的世界做好完美准备。

Alastair Smith

为了达到预期效果，我们需要执行结合持续监测和分析的适应性管理解决方案。这一点困难重重——流域之间的思想交流将加速知识的发现及有效性。国际水利与环境工程学会能够将您与世界相连。

感谢您的倾听。

Kai.Wang@iahr.org Christopher.George@iahr.org
pgoodwin@umces.edu

马里兰大学环境科学中心成立于1925年，是一所致力于科研与研究生教育的独立大学
“利用科学的力量改变社会理解和管理环境的方式”



国家与国际领袖



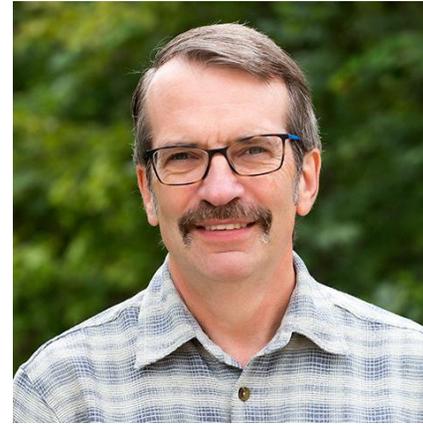
Peter Goodwin 博士



国际水利与环境工程学会



Margaret Palmer 博士



Eric Davidson 博士



Russell Hill 博士

