



# C++ 基础

## 第 10 章：泛型算法与 Lambda 表达式

主讲人 李伟

微软高级工程师

《C++ 模板元编程实战》作者





## 目录



### 1. 泛型算法



### 2. bind 与 lambda 表达式

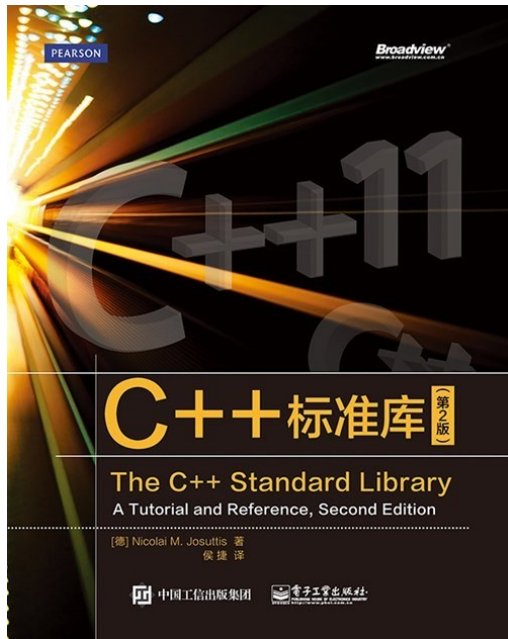


### 3. 泛型算法的改进—— ranges



## 泛型算法

- 泛型算法：可以支持多种类型的算法
  - 这里重点讨论 C++ 标准库中定义的算法
  - 为什么要引入泛型算法而不采用方法的形式
    - 内建数据类型不支持方法
    - 计算逻辑存在相似性，避免重复定义
  - 如何实现支持多种类型：使用迭代器作为算法与数据的桥梁
- 泛型算法通常来说都不复杂，但优化足够好
- 一些泛型算法与方法同名，实现功能类似，此时建议调用方法而非算法
  - `std::find` V.S. `std::map::find`





## 泛型算法（续 1）

- 泛型算法的分类
  - 读算法：给定迭代区间，读取其中的元素并进行计算
    - accumulate / find / count
  - 写算法：向一个迭代区间中写入元素
    - 单纯写操作：fill / fill\_n
    - 读 + 写操作：transpose / copy
    - 注意：写算法一定要保证目标区间足够大
  - 排序算法：改变输入序列中元素的顺序
    - sort / unique



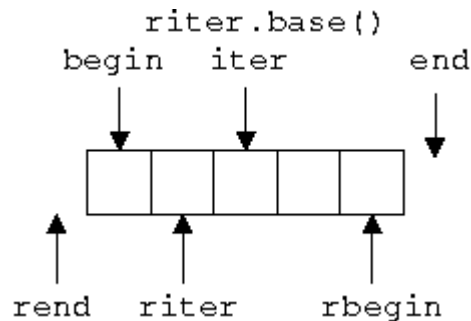
## 泛型算法（续 2）

- 泛型算法使用迭代器实现元素访问
- 迭代器的分类：
  - 输入迭代器：可读，可递增 — 典型应用为 find 算法
  - 输出迭代器：可写，可递增 — 典型应用为 copy 算法
  - 前向迭代器：可读写，可递增 — 典型应用为 replace 算法
  - 双向迭代器：可读写，可递增递减 — 典型应用为 reverse 算法
  - 随机访问迭代器：可读写，可增减一个整数 — 典型应用为 sort 算法
- 一些算法会根据迭代器类型的不同引入相应的优化：如 distance 算法



## 泛型算法（续 3）

- 一些特殊的迭代器
  - 插入迭代器： `back_insert_iterator` / `front_insert_iterator` / `insert_iterator`
  - 流迭代器： `istream_iterator` / `ostream_iterator`
  - 反向迭代器（图片选自 [www.cs.helsinki.fi](http://www.cs.helsinki.fi)）
  - 移动迭代器： `move_iterator`
- 迭代器与哨兵（Sentinel）
- 并发算法（C++17 / C++20）
  - `std::execution::seq`
  - `std::execution::par`
  - `std::execution::par_unseq`
  - `std::execution::unseq`





## bind 与 lambda 表达式

- 很多算法允许通过可调用对象自定义计算逻辑的细节
  - transform / copy\_if / sort...
- 如何定义可调用对象
  - 函数指针：概念直观，但定义位置受限
  - 类：功能强大，但书写麻烦
  - bind：基于已有的逻辑灵活适配，但描述复杂逻辑时语法可能会比较复杂难懂
  - lambda 表达式：小巧灵活，功能强大



## bind

- 早期的 bind 雏形： `std::bind1st` / `std::bind2nd`
  - 具有了 bind 的基本思想，但功能有限
- `std::bind` （ C++11 引入）： 用于修改可调对象的调用方式
  - 调用 `std::bind` 时，传入的参数会被复制，这可能会产生一些调用风险
  - 可以使用 `std::ref` 或 `std::cref` 避免复制的行为
- `std::bind_front` （ C++20 引入）： `std::bind` 的简化形式





## lambda 表达式

- lambda 表达式 ( <https://leanpub.com/cpplambda> ) :
  - 为了更灵活地实现可调用对象而引入
  - C++11 ~ C++20 持续更新
    - C++11 引入 lambda 表达式
    - C++14 支持初始化捕获、泛型 lambda
    - C++17 引入 constexpr lambda , \*this 捕获
    - C++20 引入 concepts , 模板 lambda
- lambda 表达式会被编译器翻译成类进行处理

BFILYPEK.COM

## C++ Lambda Story

Everything you need to know about  
**Lambda Expressions**  
in Modern C++!

From C++98 to C++20

(BF)

C++ Lambda

Bartłomiej Filipek



## lambda 表达式（续 1）

- lambda 表达式的基本组成部分
  - 参数与函数体
  - 返回类型
  - 捕获：针对函数体中使用的局部自动对象进行捕获
    - 值捕获、引用捕获与混合捕获
    - this 捕获
    - 初始化捕获（C++14）
    - \*this 捕获（C++17）
  - 说明符
    - mutable / constexpr (C++17) / consteval (C++20).....
  - 模板形参（C++20）



## lambda 表达式（续 2）

- lambda 表达式的深入应用
  - 即调用函数表达式（Immediately-Invoked Function Expression, IIFE）
  - 捕获时计算（C++14）
  - 使用 auto 避免复制（C++14）
  - Lifting（C++14）
  - 递归调用（C++14）



## 泛型算法的改进—— ranges

- 可以使用容器而非迭代器作为输入
  - 通过 `std::ranges::dangling` 避免返回无效的迭代器
- 从类型上区分迭代器与哨兵
- 引入映射概念，简化代码编写
- 引入 view ，灵活组织程序逻辑

感谢聆听 !  
Thanks for Listening

