

O'REILLY®

全彩印刷



Effective Modern C++ (中文版)

42招独家技巧助你改善C++11和C++14的高效率用法

中国电力出版社

Scott Meyers 著
高博 译

Effective Modern C++

(中文版)



Scott Meyers 著
高博 译

Beijing • Boston • Farnham • Sebastopol • Tokyo

O'REILLY®

O'Reilly Media, Inc. 授权中国电力出版社出版

中国电力出版社

Copyright © 2015 Scott Meyers. All rights reserved.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and China Electric Power Press, 2018.
Authorized translation of the English edition, 2015 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

英文原版由 O'Reilly Media, Inc. 出版 2015。

简体中文版由中国电力出版社出版 2018。英文原版的翻译得到 O'Reilly Media, Inc. 的授权。此简体中文版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc. 的许可。

版权所有，未得书面许可，本书的任何部分和全部不得以任何形式复制。

图书在版编目 (CIP) 数据

Effective Modern C++ / (美)斯科特·迈耶 (Scott Meyers) 著；高博译. —北京：中国电力出版社，2018.4

书名原文：Effective Modern C++

ISBN 978-7-5198-1774-9

I. ①E… II. ①斯… ②高… III. ①C++语言—程序设计 IV. ①TP312.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第037670号

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2017-1820号

出版发行：中国电力出版社

地 址：北京市东城区北京站西街19号（邮政编码100005）

网 址：<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑：刘 焜 (liuchi1030@163.com)

责任校对：朱丽芳

装帧设计：Ellie Volkhausen, 张 健

责任印制：杨晓东

印 刷：北京盛通印刷股份有限公司

版 次：2018年4月第一版

印 次：2018年4月北京第一次印刷

开 本：750毫米×980毫米 16开本

印 张：19

字 数：367千字

印 数：0001—3000册

定 价：99.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

对本书的赞誉

对 C++ 还有爱吗？理应如此！现代 C++（即 C++11/C++14）远不止是修修补补。考虑所有的新功能，这简直是一门语言的脱胎换骨。你在寻求指导和帮助吗？那么本书肯定就是你想找的。关于 C++，Scott Meyers 一直是精确、质量和惊喜的代名词。

——Gerhard Kreuzer

西门子股份公司研发工程师

精深专业人士很难寻觅。完美主义的传道授业——讲求策略和言简意赅的作者也是一人难求。当你发现两者体现在同一个人身上时，你知道你找到的会是一种享受。

《Effective Modern C++》是一位完美的技术作家高山仰止的成就。它在错综复杂、相互联系的话题之间游走，条分缕析地、意义明确地、井井有条地进行了阐明，而所有这些都在洗练的文笔中娓娓道来。你不太可能在《Effective Modern C++》中找到

技术错误，枯燥段落，甚至偷懒的词句。

——Andrei Alexandrescu 博士，

Facebook 研究科学家，《Modern C++ Design》作者

作为拥有超过 20 年 C++ 经验的人，为了充分利用现代 C++（既要习得最佳实践，又要避免各种陷阱），我强烈建议你阅读本书、彻底阅读本书，并经常参考它！当然，

我从本书中学到了很多新知识！

——Nevin Liber

DRW 交易集团公司高级软件工程师

C++ 的缔造者 Bjarne Stroustrup 如是说：“C++11 感觉像是一种新的语言。”

《Effective Modern C++》使得我们能够清楚地向日常使用 C++ 的软件工程师解释，如何从 C++11/C++14 的新特性和习惯用法中受益，并和他们产生共鸣。

Scott Meyers 出品，必属精品！

——Cassio Neri

FX 定量分析师，劳埃德银行集团

Scott 掌握了从复杂性中抽出容易理解的内核这个窍门。他的 Effective C++ 丛书有助于改善上一代 C++ 程序员的程序设计风格，而这本新书似乎定位于为使用现代 C++ 的人做同样的事情。

——Roger Orr

OR/2 有限公司，ISO C++ 标准委员会成员

《Effective Modern C++》是提高你的现代 C++ 技能的上佳工具。它不仅教会你如何使用、何时何地使用现代 C++，而且还是有效地使用。它还解释了背后的原因何在。

毫无疑问，Scott 清晰而有见地的文字分布在 42 个经过精心思考的条款上，使得程序员能够更好地理解这门语言。

——Bart Vandewoestyne

研发工程师，C++ 爱好者

我喜欢 C++，几十年来它一直是我在工作中使用的工具。而且，它的最新特性比我以前想像的更强大、更富有表现力。但是，所有这些选择都带来了一个问题：

“何时以及如何应用这些特性呢？”如以往一样，Scott 的 Effective C++ 丛书是这个问题的明确答案。

——Damien Watkins

CSIRO 计算软件工程师组长

这是一本关于过渡到现代 C++ 的上佳读物，新的 C++11/14 语言特性被和 C++98 参照着描述，主题条款很容易参读，并且在每个部分末尾都给出了总结性建议。

无论对于入门还是高级的 C++ 开发工程师，本书都既有娱乐性又有实用性。

——Rachel Cheng

F5 网络

如果你正在从 C++98/03 迁移至 C++11/14，则肯定需要 Scott 在《Effective Modern C++》中提供的极其实用而清晰的信息。如果你已经在撰写 C++11 代码，那么可能会通过 Scott 针对该语言的主要新功能的深入讨论来发现新功能的问题所在。无论你的情况属于哪一种，本书绝对值得你为阅读而付出的时间。

——Rob Stewart

Boost Steering 委员会成员 (boost.org)

O'Reilly Media, Inc.介绍

O'Reilly Media通过图书、杂志、在线服务、调查研究和会议等方式传播创新知识。自1978年开始，O'Reilly一直都是前沿发展的见证者和推动者。超级极客们正在开创着未来，而我们关注真正重要的技术趋势——通过放大那些“细微的信号”来刺激社会对新科技的应用。作为技术社区中活跃的参与者，O'Reilly的发展充满了对创新的倡导、创造和发扬光大。

O'Reilly为软件开发人员带来革命性的“动物书”；创建第一个商业网站（GNN）；组织了影响深远的开放源代码峰会，以至于开源软件运动以此命名；创立了Make杂志，从而成为DIY革命的主要先锋；公司一如既往地通过多种形式缔结信息与人的纽带。O'Reilly的会议和峰会集聚了众多超级极客和高瞻远瞩的商业领袖，共同描绘出开创创新产业的革命性思想。作为技术人士获取信息的选择，O'Reilly现在还将先锋专家的知识传递给普通的计算机用户。无论是通过书籍出版，在线服务或者面授课程，每一项O'Reilly的产品都反映了公司不可动摇的理念——信息是激发创新的力量。

业界评论

“O'Reilly Radar博客有口皆碑。”

——*Wired*

“O'Reilly凭借一系列（真希望当初我也想到了）非凡想法建立了数百万美元的业务。”

——*Business 2.0*

“O'Reilly Conference是聚集关键思想领袖的绝对典范。”

——*CRN*

“一本O'Reilly的书就代表一个有用、有前途、需要学习的主题。”

——*Irish Times*

“Tim是位特立独行的商人，他不光放眼于最长远、最广阔的视野并且切实地按照Yogi Berra的建议去做了：‘如果你在路上遇到岔路口，走小路（岔路）。’回顾过去Tim似乎每一次都选择了小路，而且有几次都是一闪即逝的机会，尽管大路也不错。”

——*Linux Journal*

推荐序

一份宏大的作品，能够带动一个领域的蓬勃发展。C++ 社群在相对沉寂数十年之后迎来新一波热潮，原因是，作为一门编程工具的最核心，C++ 的语言和标准库都出现巨大的扩展和强化。这一番大变革始自 2011，并分别在 2014、2017 持续进化。业界习惯性地将这些新版本统称为 Modern C++，用以区别“传统”C++。

作为知名书系的最新作品，《Effective Modern C++》的佳质和佳评一如其早期同门作品《Effective C++》和《More Effective C++》。本书延续作者 Scott Meyers 的一贯风格和质量，其最大特质就是，不但告诉我们 How，更用巨大而精良的篇幅告诉我们 Why。作者穷追猛打讲究再三的劲儿，常让我筋疲力尽，痛并快乐地爬行于某个条款之际拍案而叹：“天啊，还有下一页！”

而我，是一个在 C++ 领域已经生活 25 年的老兵。

是的，我是一个在 C++ 领域生活了 25 年的老兵，这意味着我具备相当的 C++ 能力。尽管如此，面对这号称全新语言的 Modern C++，我时或也有力不能逮、掩卷长叹的焦躁，特别是面对 Rvalue Reference（右值引用）、Perfect Forwarding（完美转发）、Metaprogramming（元编程）、Type Deduction（类型推导）、Type Traits（型别特征）等艰涩主题的时候。然而正是在特别艰涩的主题上你可以领受本书的巨大价值：如果你想完善根基，本书是你的唯一选择。

这样一本好书引介到中国，需要一位好译者和一家好出版社。高博先生是非常用心的好译者，技术上和文字上学养俱佳。我和他结缘于多年前的 emails，因着他的用功和成果，深感此书所托得人。诚如各位所见，这是一本编排与细节俱皆上乘的出版物；我曾经亲

手编排超过 50 本书，完全知道这样的呈现需要多少细琐的步骤和细心的浇灌。本书的出版质量足以标示中国计算机图书的长足进步和精益求精。

侯捷

White Rock

译者序

Effective C++ 系列丛书对于 C++ 世界影响之深远，在每个 C++ 程序员的心中都已经清楚了。如果说任何一门语言的重要世代升级都可以分为研究阶段、试用阶段和成熟阶段的话，那么无疑对于 C++ 语言来说，Effective C++ 系列丛书增加了新成员或是推出了新版本，都意味着相应的语言世代进入了成熟阶段。C++11 是 C++ 语言的一个划时代的版本，C++11 及其后续版本被统称为“Modern C++”，即“现代 C++”，而《Effective Modern C++》的问世，也就标志着这一世代的 C++ 语言系列版本进入了成熟阶段。一方面，如果在 C++11 推出之际，人们会对现代 C++ 有着“怕还是不成熟吧”的猜疑甚至惊惧，尚可说是情有可原，那么，如果在本书推出以后还要以任何借口不去热情拥抱现代 C++，恐怕就难免落伍了；另一方面，尽管“C++ 的版本升级已经进入了快车道”^{注1}，在本书简体中文译本付梓之际，C++17 已被正式批准^{注2}，内含有若干像带模板实参型别推导的构造函数（Constructor Template Argument Deduction，简称 CTAD）这样令人兴奋的新特性，甚至 C++20 也已经在积极迅速地推进之中，但它们都属于同一世代，因此从现在开始学习和掌握现代 C++ 可谓恰逢其时。

现代 C++ 在语言方面所进行的大刀阔斧、釜底抽薪式的变革，无须赘言。但是这些变革背后，更重要的反而是其保持不变者，即所谓 C++ 语言的精神，或曰设计哲学。例如，由实际问题驱动，并立刻可用于解决实际问题。现代 C++ 中提供了并发 API，在语言层面上支持并发程序设计，结束了在各种体系结构和操作系统之上存在很多互不兼容的第三方并发库的乱局，就是这种设计哲学的体现。程序员应该能够自由地选择自己的程序

注 1： 见《程序员》杂志 2014 年 12 月刊，“C++ 之父 Bjarne Stroustrup 访谈录”。

注 2： 见 C++ 标准委员会主席 Herb Sutter 在 2017 年 9 月 6 日发表的博客文章《C++17 is formally approved》。

设计风格，而语言应该为该风格提供完备的支持。现代 C++ 引入了 lambda 表达式、返回型尾语句语法等语言特性，提供了对函数式程序设计风格的支持，使得从 Haskell 甚至 LISP 开始学习程序设计者也能在 C++ 世界中如鱼得水。不对型别系统开隐式的天窗。现代 C++ 对于型别系统的改造是最彻底的，这也是现代 C++ 的最高明之处。不存在的代码才是不会出错的代码，很多原先需要显式写出的型别，现在都可以使用 auto 来指定，甚至略去不写。但是 C++ 并没有因此变成一种弱型别语言，静态型别检查仍然是代码在编译时就保证正确性的法宝。C++ 借助于型别推导机制来判定哪里应该使用什么型别，但是型别一旦判定，就固定下来。换言之，C++ 中未显式指定的型别并不是“动态型别”而只是“待定型别”，这种思想的来源是传统世代的模板。不为用不到的语言特性付出额外代价。现代 C++ 中非常细心地引入了所谓的右值引用，实际上就是一种“人工右值”，尽可能地复用已经在内存中存在的值，以一次仅包含若干指针赋值的“移动”操作代替“先复制，再析构”这样两次甚至更多次代价高昂且有内存分配异常风险的操作。现代 C++ 中还允许显式删除不使用的函数，从而在目标代码中完全不生成这些函数而不是通过访问层级机制等事后措施来阻断对业已生成的函数的访问，因为在后一种情况下内存足迹已至。可以说，每一个现代 C++ 引入的新语言特性，都让现代 C++ 变得“更加现代”的同时，也变得“更加 C++”。核心语言特性，从 noexcept、constexpr 和 “=default” 这样的声明饰词，到充分利用多核 CPU 流水线尺寸的 `std::hardware_destructive_interference_size` 和 `std::hardware_constructive_interference_size` 常量^{注3}，在被任何应用程序开发者使用之前首先会在标准模板库（Standard Template Library）中被彻底地使用。

C++ 语言之难，主要还是在于众多语言特性之间的综合交叉。尤其对于新的语言特性，掌握其本身往往并不很难，而要考虑到它与众多业已存在的语言特性之发生的相互作用，就不容易了。例如，统一初始化的大括号语法应该说不难理解，使用起来也很直观，但是将这种形式的字面量用作实参传递给函数的时候，却会造成完美转发的失败。再例如移动语义的引入使得标准模板库有机会实施一些优化，这样做的结果是只要符合一定条件的遗留代码在不作任何改动的前提下只要使用支持现代 C++ 的编译器重新编译一遍就能获得更佳性能。但是移动语义同样也影响到了 C++98 中经典而简洁的“大三律”，在撰写构造和析构函数时需要考虑的规则就更加复杂多变。举个类比，就好比在研究院里刚刚学完一套复杂的数学工具，内含数以百计的定理和公式，马上就要综合运用它们来解决现实的物理实验问题，甚至需要对这些定理和公式本身在深刻理解的基础上得出新的推论和公式，这样的难度可想而知。这就是本书最大的价值所在：Scott Meyers 就

注3： 该语言特性在 C++17 中被引入，意义在于首次从语言层面关注了比内存更加低级的硬件特性，以更好地支持并发程序设计。更多细节参见：<http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/docs/papers/2016/p0154r1.html>。

是一名全球公认的“学霸”，他已经在吃透了标准并做了大量的实验基础之上，将自己的心经托出，这样所有的研发同仁都可以不必再从头去读标准文本（毕竟那是厚达 1700 多页的大部头），甚至也可以不必去读那些事无巨细、逐点讲解语言特性的现代 C++ 教科书——本书不仅重点突出，而且案例丰富。一言以蔽之，本书的重点不在于讲解语言特性“是什么”，而在于讲解它们“如何高效运用”以及“背后的思想”，并且极尽深入浅出之能事，相信了解“Scott Meyers 风格”的读者一定会再次大呼过瘾！

2017 年 12 月，我作为出品人参加了在北京举办的 C++ Summit 大会^{注 4}。期间我和 C++ 标准委员会成员 Michael Spertus 和 Michael Wong 交流时问他们：Effective C++ 系列丛书对于 C++ 标准委员会来说，意味着什么？他们稍作思考后回答：Effective C++ 系列丛书就像是标准的问题发现者和描述者，在 Effective C++ 系列丛书中提到的解决问题的技术和技巧，往往会在新版本的标准中以语言特性的引入或更新，或者库实现更新的形式予以吸纳。这个视角果然不同寻常！仔细想来，《Effective Modern C++》中的大量条款的确可以看作是对于该系列丛书旧有成员中的条款更新。行业的推动力，在于大量的一线工作者和理论研究者的共同努力和相互促进，C++ 语言在这方面确实可称典范。

本人从 1998 年开始接触 C++ 语言，至今二十年矣。时至今日，首次阅读 Effective C++ 时带来的心灵震撼仍历历如昨——世上竟有如此神作，把一门复杂而厚重的程序设计语言条分缕析、娓娓道来，把一本技术参考书写得比小说还可读耐看。这当然除了原作功力之外，也离不开它的译者侯捷先生。余生也幸，争取到了《Effective Modern C++》的翻译机会，披星戴月、呕心沥血两年有余，三易其稿，方得将成果献诸中国读者。感谢侯捷先生拨冗作推荐序，感谢杭州好友凌杰、上海好友李建忠和林应、北京好友何万青、深圳好友刘海平和伦敦好友吴天明审阅稿件并给予大量无价的意见。最后，家人在我译书过程中体谅照顾甚多，希望本书的出版，能给你们带来快乐。

高博

上海，阅读隧道

新浪微博：但以理_高博

注 4：会议官网：<http://cpp-summit.org>。

献给爱犬 Darla,
非凡的黑色拉布拉多寻回犬

目录

出版商声明.....	1
致谢.....	3
绪论.....	7
第1章 型别推导	15
条款1: 理解模板型别推导.....	15
条款2: 理解auto型别推导.....	23
条款3: 理解decltype.....	28
条款4: 掌握查看型别推导结果的方法.....	35
第2章 auto	41
条款5: 优先选用auto, 而非显式型别声明.....	41
条款6: 当auto推导的型别不符合要求时, 使用带显式型别的初始化物习惯用法.....	46
第3章 转向现代C++	52
条款7: 在创建对象时注意区分()和{}.....	52
条款8: 优先选用nullptr, 而非0或NULL.....	61
条款9: 优先选用别名声明, 而非typedef.....	64
条款10: 优先选用限定作用域的枚举型别, 而非不限作用域的枚举型别.....	68
条款11: 优先选用删除函数, 而非private未定义函数.....	74
条款12: 为意在改写的函数添加override声明.....	79
条款13: 优先选用const_iterator, 而非iterator.....	85

条款14: 只要函数不会发射异常, 就为其加上noexcept声明	89
条款15: 只要有可能使用constexpr, 就使用它	95
条款16: 保证const成员函数的线程安全性	101
条款17: 理解特种成员函数的生成机制	106
第4章 智能指针	113
条款18: 使用std::unique_ptr管理具备专属所有权的资源	115
条款19: 使用std::shared_ptr管理具备共享所有权的资源	120
条款20: 对于类似std::shared_ptr但有可能空悬的指针使用std::weak_ptr	129
条款21: 优先选用std::make_unique和std::make_shared, 而非直接使用new	133
条款22: 使用Pimpl习惯用法时, 将特殊成员函数的定义放到实现文件中	141
第5章 右值引用、移动语义和完美转发	150
条款23: 理解std::move和std::forward	151
条款24: 区分万能引用和右值引用	156
条款25: 针对右值引用实施std::move, 针对万能引用实施std::forward	161
条款26: 避免依万能引用型别进行重载	169
条款27: 熟悉依万能引用型别进行重载的替代方案	175
条款28: 理解引用折叠	187
条款29: 假定移动操作不存在、成本高、未使用	193
条款30: 熟悉完美转发的失败情形	196
第6章 lambda表达式	204
条款31: 避免默认捕获模式	205
条款32: 使用初始化捕获将对象移入闭包	212
条款33: 对auto&&型别的形参使用decltype, 以std::forward之	217
条款34: 优先选用lambda式, 而非std::bind	220
第7章 并发API	228
条款35: 优先选用基于任务而非基于线程的程序设计	228
条款36: 如果异步是必要的, 则指定std::launch::async	232
条款37: 使std::thread型别对象在所有路径皆不可联结	236

条款38: 对变化多端的线程句柄析构函数行为保持关注	243
条款39: 考虑针对一次性事件通信使用以void为模板型别实参的期值	247
条款40: 对并发使用std::atomic, 对特种内存使用volatile	254
第8章 微调	263
条款41: 针对可复制的形参, 在移动成本低并且一定会被复制的前提下, 考虑将其按值传递	263
条款42: 考虑置入而非插入	273

出版商声明

代码示例的使用

这本书是为了帮助你完成工作。一般来说，如果本书提供了示例代码，则可以在你的程序和文档中使用它。除非你直接复制本书的大部分代码，否则无需联系我们获得许可。例如，进行程序设计时使用本书中几个代码块的程序不需要获得许可。销售或分发 O'Reilly 书籍中的示例 CD-ROM 则需要获得许可。通过引用本书并引用示例代码来回答问题不需要获得许可。将本书中的大量示例代码合并到产品文档中则需要获得许可。

我们赞赏但不要求声明来源。如果声明，则请包括标题、作者、出版商和 ISBN。如：“Effective Modern C++ by Scott Meyers(O'Reilly). Copyright 2015 Scott Meyers, 978-1-491-90399-5”。

如果你担心对代码示例的使用超出了合理使用范围或上述许可范围，请随时联系我们：permissions@oreilly.com。

Safari® Books Online

Safari® Books Online 是个按需提供的数字图书馆，以全球领先的技术和商业作者的书籍和视频形式提供专业内容。

技术专业人员、软件开发人员、网页设计师，以及业务和创意专业人员使用 Safari® Books Online 作为研究、解惑、学习和认证培训的主要资源。

Safari® Books Online 为企业、政府、教育机构和个人提供了一系列的产品组合和定价。

订阅者可以在一个快捷搜索的数据库中访问多家出版社提供的成千上万种图书、培训视频和正式出版前手稿，如 O'Reilly Media、Prentice Hall Professional、Addison-Wesley Professional、Microsoft Press、Sams、Que、Peachpit Press、Focal Press、Cisco Press、John Wiley & Sons、Syngress、Morgan Kaufmann、IBM Redbooks、Packt、Adobe Press、FT Press、Apress、Manning、New Riders、McGraw-Hill、Jones & Bartlett、Course Technology 以及其他数百家出版公司。关于 Safari Books Online 的更多信息，请访问我们的在线网站。

如何联系我们

关于本书的评论和问题可以发给出版商：

美国：

O'Reilly Media, Inc.
1005 Gravenstein Highway North
Sebastopol, CA 95472

中国：

北京市西城区西直门南大街 2 号成铭大厦 C 座 807 室 (100035)
奥莱利技术咨询 (北京) 有限公司

要评论或询问有关本书的技术问题，请发送电子邮件到 bookquestions@oreilly.com。

有关我们的书籍、课程、会议和新闻的更多信息，请访问我们的网站 <http://www.oreilly.com>。

在 Facebook 上找到我们：<http://facebook.com/oreilly>。

在 Twitter 上关注我们：<http://twitter.com/oreillymedia>。

在 YouTube 上观看我们的视频：<http://www.youtube.com/oreillymedia>。