

HZ BOOKS
华章科技

网易CEO丁磊隆重推荐：本书系统深入地讲解了MySQL数据库中SQL编程的各种方法、技巧和最佳实践，推荐DBA和开发人员参阅！

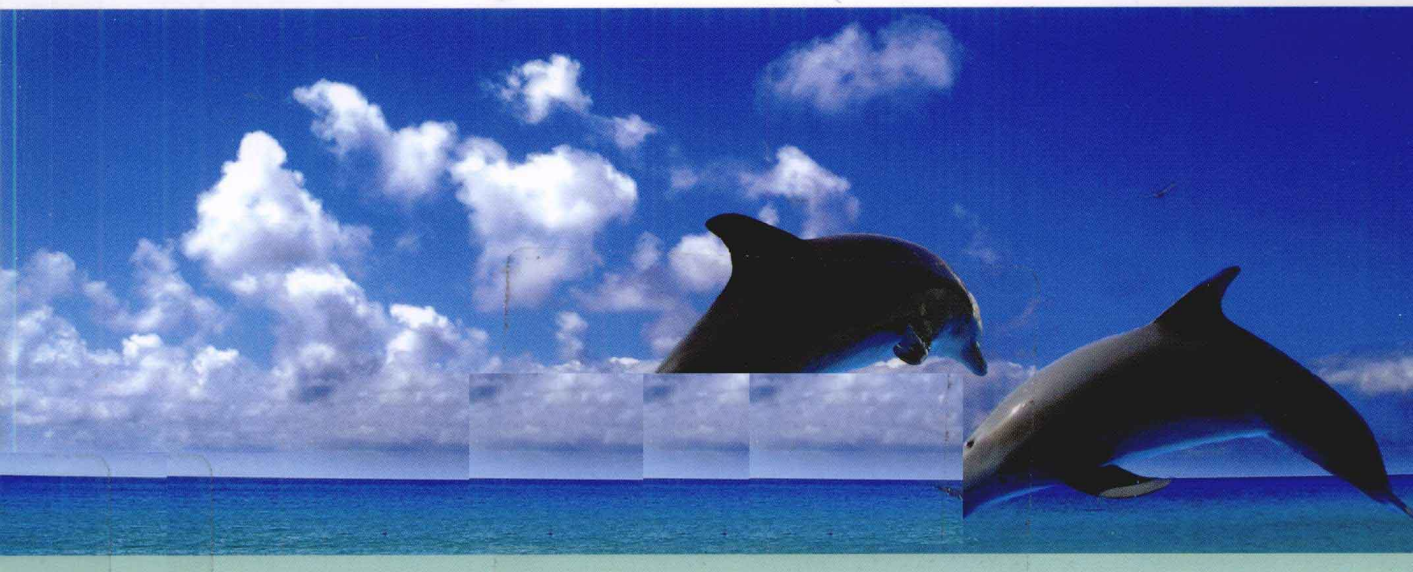
畅销书《MySQL技术内幕：InnoDB存储引擎》姊妹篇，揭示SQL编程的奥秘，演绎SQL编程之美

数据库
技术丛书

Inside MySQL: SQL Programming

MySQL技术内幕

SQL编程



姜承尧◎著



机械工业出版社
China Machine Press

数据库 技术丛书

Inside MySQL: SQL Programming

MySQL技术内幕

SQL编程

姜承尧◎著



机械工业出版社
China Machine Press

本书是畅销书《MySQL 技术内幕：InnoDB 存储引擎》的姊妹篇，深刻揭示了 MySQL 中 SQL 编程的精髓与奥秘，能为开发者和 DBA 们利用 SQL 语言解决各种与开发和管理相关的 MySQL 难题提供很好的指导和帮助。

全书一共 10 章，全面探讨了 MySQL 中 SQL 编程的各种方法、技巧与最佳实践。第 1 章首先介绍了 SQL 编程的概念、数据库的应用类型以及 SQL 查询分析器，然后介绍了 SQL 编程的三个阶段，希望读者通过本书的学习能达到最后的融合阶段。第 2 章全面讲解了 MySQL 中的各种数据类型和与之相对应的各种编程问题。第 3 章深入探讨了逻辑查询与物理查询的原理与方法。第 4 章的主题是子查询，不仅讲解了各种常用的子查询方法及其优化，而且还讲解了 MariaDB 对子查询的优化。第 5 章首先详细地分析了 MySQL 中的各种联接及其内部的实现算法，以及 MariaDB 数据库中引入的 Hash Join，然后针对关于集合的各种操作给出了解决方案。第 6 章分享了聚合和旋转操作的方法与技巧，并对一些经典的常见问题给出了解决方案。第 7 章深入阐述了游标的使用，重点在于如何通过正确地使用游标来提高 SQL 编程的效率。第 8 章讲解了关于事务的各种编程技巧，同时对事务的分类进行了详细阐述。第 9 章详细分析了各种索引的内部实现，探讨了如何使用索引来提升查询效率。第 10 章介绍了分区的方法与技巧，阐明了如何通过分区来进行 SQL 编程。

无论你是开发人员还是 DBA，无论你是需要一本 SQL 查询手册还是希望系统深入地学习 SQL 编程，本书都会是不错的选择。

封底无防伪标均为盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目（CIP）数据

MySQL 技术内幕：SQL 编程 / 姜承尧著. —北京：机械工业出版社，2012.4

ISBN 978-7-111-37764-1

I. M… II. 姜… III. 关系数据库—数据库管理系统, MySQL IV. TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 043855 号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：余 洁

北京京师印务有限公司印刷

2012 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

186mm×240mm·20.25 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-37764-1

定价：69.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88378991；88361066

购书热线：(010) 68326294；88379649；68995259

投稿热线：(010) 88379604

读者信箱：hzjsj@hzbook.com

序

最初的 MySQL，只是一个底层的面向报表的存储引擎。历经若干年发展之后，今天的 MySQL 已成为世界上最流行的开源数据库。由于具备高性能、高可靠性和易用性等优点，它备受全球互联网企业的青睐。如今 MySQL 已在超过 20 个平台上运行，提供全方位的数据库支持、培训和咨询服务。

自我认识 David（本书作者）以来，他就致力于 MySQL 底层原理的研究，当大多数人还在苦恼于如何编写 SQL 语句时，他已经在剖析 MySQL 内部的运作机理。也许，数据库呈现在众人眼前的还是一个黑匣子，而在 David 眼里就犹如一块由数百齿轮结合在一起精妙运转的怀表。当得知他的下本书将介绍 SQL 编程时，我不禁欣喜若狂。正如 David 所言，SQL 是一门语言，也有其特有的语言艺术，只有深层次地挖掘语言内部的含义才能将想执行的操作描述得简洁高效。当我阅读此书并跟着作者的思路层层解析 SQL 编程时，经常会感叹，在数据库的许多细小操作上竟有如此多令人意想不到的亮点。如果说作者的上一本书——《MySQL 技术内幕：InnoDB 存储引擎》是面向 OLTP 的精华教程，那么本书将是 OLAP 的高阶宝典，它从编程的角度诠释了数据库语言的魅力，这恰恰是我们在实际生产环境中需要的。

在平时的工作中，David 时常会有新颖的想法，记得在固态硬盘发布之初，其虽然有着优越的性能，但是高额的价格使开发者在大规模存储前对其望而止步。而 David 提出了使用固态硬盘做第二缓冲池（Secondary Buffer Pool）的设想，如今已被新浪投入生产使用，可见其独到的眼光。

《MySQL 技术内幕：SQL 编程》到底是怎样的一本书？在这本书中，David 将会为你揭示关于 MySQL 不为人知的奥秘。相信读完此书，你对 MySQL 的 SQL 编程认识将达到一个新的水平。

前 言

为什么要写这本书

多年来，我一直在和各种不同的数据库打交道，见证了 MySQL 从一个小型的关系型数据库发展成为各大互联网企业的核心数据库系统的过程，期间参与了一些大大小小的项目开发工作，并成功地帮助开发人员构建了一些可靠的、健壮的应用程序。在这个过程中我积累了一些经验，正是这些不断累积的经验赋予了我灵感，于是有了本书。这本书实际上反映了这些年来我做了哪些事情，汇集了很多同行每天可能会遇到的一些问题，并给出了解决方案。

本书是“MySQL 技术内幕”系列的第二本书，我将其命名为“SQL 编程”而非“SQL 查询”，因为我想让更多的开发人员和 DBA 意识到 SQL 也是一门语言，与我们平时接触的 C 语言等编程语言并没有什么不同。正因如此，我们也要追求 SQL 的编程之美。

然而与其他语言不同的是，SQL 语言不仅是面向过程的语言，更多的时候，通过 SQL 语言提供的面向集合的思想可以解决数据库中遇到的很多问题。当然，SQL 语言本身也提供了面向过程的方法，但是如果使用不当，会在数据库性能方面遭遇梦魇。SQL 编程需要掌握的知识远比想象中多，只有掌握各种知识，综合运用面向过程和面向集合的思想，才能真正解决所遇到的问题。不要迷信网上的任何“神话”，不要被自己或他人的经验所左右。我一直坚信，只有理解了数据库内部运行的原理，才能承自然之道，“乘天地之正，而御六气之辩”，做到真正的“无招胜有招”。

另一方面，MySQL 数据库目前大多被用于互联网的联机事务处理应用中，给大部分用户造成 MySQL 数据库不能执行复杂 SQL 查询的错觉。本书将列举各种复杂的查询，使用户了解 MySQL 数据库处理复杂查询的执行过程。此外，由于 MySQL 数据库的不断发展，其

分支版本已经开始支持 Hash Join。相信随着时间的推移以及 MySQL 数据库本身的不断发展，MySQL 数据库同样会在联机分析处理应用中占有一席之地。大家需要做好这方面的准备，这也是本书将提供给你的。

最后，希望这本书可以引领开发人员及 DBA 从不同的角度来看待 SQL 语言和数据库的开发工作。倘若这本书能解决你在实际生产环境中遇到的问题，我会非常荣幸。

读者对象

- 数据库管理员
- 数据库开发人员
- 数据库架构设计师
- 各类应用程序开发人员

如何阅读本书

书中的示例一共用到三个数据库文件：一个是 employees 数据库，该数据库是 MySQL 数据库官方提供的示例数据库，主要用来模拟公司员工的数据，用户可以通过官网下载 (<http://dev.mysql.com/doc/index-other.html>)；另一个是 dbt3 数据库，是通过 Database Test Suite 程序生成的，该数据库较大，主要用来展示一些复杂的查询；还有一个 tpcc 数据库，是一个模拟 TPC-C 测试的数据库，用户可以从 <http://code.google.com/p/david-mysql-tools/> 下载。

本书一共有 10 章，每章都像一本迷你书，可以单独成册。用户可以有选择地阅读，但是推荐根据本书的组织方式进行阅读，这样会更具有条理性。

第 1 章 SQL 编程

主要介绍了 MySQL 数据库的发展历史和什么是 SQL 编程。希望读者能通过该章了解 MySQL 的深厚历史背景，并且知道它已经不再是一个小型关系型数据库系统。此外，还重点强调了 SQL 编程的三个阶段，希望读者可以通过本书的学习达到最后的融合阶段。

第 2 章 数据类型

详细介绍了 MySQL 数据库中的各种数据类型和与之相应的各种 SQL 编程问题。数据类型是 SQL 编程的基石。每一位 MySQL 数据库应用的开发人员都应该好好阅读本章。

第 3 章 查询处理

深入探讨了逻辑查询与物理查询。逻辑查询帮助读者理解数据库应该得到怎样的结果；物理查询是 MySQL 数据库通过分析表的结构，选择最小成本的执行计划来处理 SQL 语句，但是无论怎样，最终的结果应该和逻辑查询一样。

第4章 子查询

子查询是被很多开发人员和 DBA 诟病的一个方面。如何正确地理解 MySQL 子查询的执行方式并实现对其优化，是本章最重要的任务。本章的最后还讲解了 MySQL 分支版本 MariaDB 对子查询的优化。在 MariaDB 数据库中，子查询再也不是什么难题了。

第5章 联接与集合操作

联接和集合是关系数据库中常见的操作，该章详细而深入地介绍了 MySQL 数据库中的各种联接及其内部的实现算法，同时也介绍了 MariaDB 数据库中引入的 Hash Join，弥补了 MySQL 数据库在 OLAP 应用中的短板。本章最后针对集合的各种操作给出了解决方案。

第6章 聚合和旋转操作

聚合与旋转在报表系统中非常常见，本章主要讲解了 MySQL 数据库对上述两种操作的处理方法，以及一些常见问题的解决方案。

第7章 游标

游标是面向过程的编程方式，这与前几章介绍的面向集合的编程方式不同。虽然在大多数情况下游标处理的性能较低，但是只要在正确的场合使用，游标也会使 SQL 编程的效率得到极大提升。

第8章 事务编程

全面讲解了 MySQL 数据库中关于事务的各种编程技巧，同时也对事物的分类进行了详细的介绍。本章主要面向以 InnoDB 存储引擎为核心的应用编程。

第9章 索引

一般来说，索引可以提高 SQL 语句的执行速度，但是并非所有情况都是如此。本章详细分析了各种索引的内部实现，以及哪种情况下使用索引可以带来效率的提升。这对 SQL 编程来说非常重要。

第10章 分区

分区是设计表时需要考虑的重要问题之一。正确和有效地分区会对 SQL 编程带来巨大的影响。本章告诉读者应该如何分区，以及如何通过分区来进行 SQL 编程。

勘误和支持

由于作者的水平有限，编写时间仓促，书中难免会出现一些错误或不准确的地方，恳请读者批评指正。为此，特意创建了一个在线支持与应急方案的微博：<http://weibo.com/insidemysql>。你可以将书中的错误以及遇到的任何问题在此微博与我交流，我将尽力在线上为你提供最满意的解答。如果你有更多的宝贵意见，也欢迎发送邮件至邮箱 jiangchengyao@gmail.com，期待能够得到你的真挚反馈。

致谢

感谢我的老板丁磊（网易 CEO）在工作上给予我的指导和帮助，同时还要感谢他支持和鼓励我利用业余时间完成这本书的写作，这也充分体现了网易开放、分享的企业文化。

感谢网易研究院的所有同事们，能与一群才华出众的人一起工作让我感到非常荣幸与自豪，同时通过不断地与他人交流，使我个人在数据库方面得到了极大的提升并有所领悟。

感谢机械工业出版社华章公司的编辑杨福川和姜影，他们在这一年的时间中始终支持我的写作，正是他们的鼓励和帮助引导我顺利完成全部书稿。

谨以此书献给我最亲爱的家人，以及众多热爱 MySQL 数据库的朋友们！

姜承尧 (David Jiang)

2012 年 3 月于中国杭州

目 录

序
前 言

第 1 章 SQL 编程 /1

- 1.1 MySQL 数据库 /2
 - 1.1.1 MySQL 数据库历史 /2
 - 1.1.2 MySQL 数据库的分支版本 /4
- 1.2 SQL 编程 /5
- 1.3 数据库的应用类型 /7
 - 1.3.1 OLTP/7
 - 1.3.2 OLAP/8
 - 1.3.3 OLTP 与 OLAP 的比较 /9
 - 1.3.4 MySQL 存储引擎及其面向的数据库应用 /10
- 1.4 图形化的 SQL 查询分析器 /12
 - 1.4.1 MySQL Workbench/12
 - 1.4.2 Toad for MySQL/12
 - 1.4.3 iMySQL-Front/13
- 1.5 小结 /15

第 2 章 数据类型 /16

- 2.1 类型属性 /17
 - 2.1.1 UNSIGNED/17
 - 2.1.2 ZEROFILL/20
- 2.2 SQL_MODE 设置 /21
- 2.3 日期和时间类型 /26
 - 2.3.1 DATETIME 和 DATE/26
 - 2.3.2 TIMESTAMP/28
 - 2.3.3 YEAR 和 TIME/30
 - 2.3.4 与日期和时间相关的函数 /31
- 2.4 关于日期的经典 SQL 编程问题 /34
 - 2.4.1 生日问题 /34
 - 2.4.2 重叠问题 /37
 - 2.4.3 星期数的问题 /48
- 2.5 数字类型 /53
 - 2.5.1 整型 /53
 - 2.5.2 浮点型（非精确类型） /54
 - 2.5.3 高精度类型 /54
 - 2.5.4 位类型 /55
- 2.6 关于数字的经典 SQL 编程问题 /56
 - 2.6.1 数字辅助表 /56
 - 2.6.2 连续范围问题 /58
- 2.7 字符类型 /60
 - 2.7.1 字符集 /60
 - 2.7.2 排序规则 /64
 - 2.7.3 CHAR 和 VARCHAR/68
 - 2.7.4 BINARY 和 VARBINARY/70
 - 2.7.5 BLOB 和 TEXT/72
 - 2.7.6 ENUM 和 SET 类型 /73
- 2.8 小结 /75

第 3 章 查询处理 /76

- 3.1 逻辑查询处理 /77

- 3.1.1 执行笛卡儿积 /79
- 3.1.2 应用 ON 过滤器 /80
- 3.1.3 添加外部行 /83
- 3.1.4 应用 WHERE 过滤器 /84
- 3.1.5 分组 /85
- 3.1.6 应用 ROLLUP 或 CUBE/86
- 3.1.7 应用 HAVING 过滤器 /86
- 3.1.8 处理 SELECT 列表 /87
- 3.1.9 应用 DISTINCT 子句 /87
- 3.1.10 应用 ORDER BY 子句 /88
- 3.1.11 LIMIT 子句 /92
- 3.2 物理查询处理 /93
- 3.3 小结 /95

第 4 章 子查询 /96

- 4.1 子查询概述 /97
 - 4.1.1 子查询的优点和限制 /97
 - 4.1.2 使用子查询进行比较 /97
 - 4.1.3 使用 ANY、IN 和 SOME 进行子查询 /98
 - 4.1.4 使用 ALL 进行子查询 /99
- 4.2 独立子查询 /99
- 4.3 相关子查询 /105
- 4.4 EXISTS 谓词 /109
 - 4.4.1 EXISTS /109
 - 4.4.2 NOT EXISTS/111
- 4.5 派生表 /113
- 4.6 子查询可以解决的经典问题 /114
 - 4.6.1 行号 /114
 - 4.6.2 分区 /118
 - 4.6.3 最小缺失值问题 /121
 - 4.6.4 缺失范围和连续范围 /122
- 4.7 MariaDB 对 SEMI JOIN 的优化 /126
 - 4.7.1 概述 /126

- 4.7.2 Table Pullout 优化 /127
- 4.7.3 Duplicate Weedout 优化 /128
- 4.7.4 Materialization 优化 /129
- 4.8 小结 /130

第 5 章 联接与集合操作 /132

- 5.1 联接查询 /133
 - 5.1.1 新旧查询语法 /133
 - 5.1.2 CROSS JOIN/134
 - 5.1.3 INNER JOIN/137
 - 5.1.4 OUTER JOIN/138
 - 5.1.5 NATURAL JOIN/141
 - 5.1.6 STRAIGHT_JOIN/141
- 5.2 其他联接分类 /142
 - 5.2.1 SELF JOIN/143
 - 5.2.2 NONEQUI JOIN/144
 - 5.2.3 SEMI JOIN 和 ANTI SEMI JOIN/145
- 5.3 多表联接 /146
- 5.4 滑动订单问题 /148
- 5.5 联接算法 /150
 - 5.5.1 Simple Nested-Loops Join 算法 /150
 - 5.5.2 Block Nested-Loops Join 算法 /155
 - 5.5.3 Batched Key Access Join 算法 /158
 - 5.5.4 Classic Hash Join 算法 /161
- 5.6 集合操作 /163
 - 5.6.1 集合操作的概述 /163
 - 5.6.2 UNION DISTINCT 和 UNION ALL/165
 - 5.6.3 EXCEPT/167
 - 5.6.4 INTERSECT/170
- 5.7 小结 /171

第 6 章 聚合和旋转操作 /172

- 6.1 聚合 /173

- 6.1.1 聚合函数 /173
- 6.1.2 聚合的算法 /174
- 6.2 附加属性聚合 /176
- 6.3 连续聚合 /178
 - 6.3.1 累积聚合 /179
 - 6.3.2 滑动聚合 /183
 - 6.3.3 年初至今聚合 /184
- 6.4 Pivoting/185
 - 6.4.1 开放架构 /185
 - 6.4.2 关系除法 /187
 - 6.4.3 格式化聚合数据 /189
- 6.5 Unpivoting/191
- 6.6 CUBE 和 ROLLUP/193
 - 6.6.1 ROLLUP/193
 - 6.6.2 CUBE/196
- 6.7 小结 /197

第 7 章 游标 /198

- 7.1 面向集合与面向过程的开发 /199
- 7.2 游标的使用 /199
- 7.3 游标的开销 /200
- 7.4 使用游标解决问题 /202
 - 7.4.1 游标的性能分析 /202
 - 7.4.2 连续聚合 /203
 - 7.4.3 最大会话数 /206
- 7.5 小结 /210

第 8 章 事务编程 /211

- 8.1 事务概述 /212
- 8.2 事务的分类 /214
- 8.3 事务控制语句 /219
- 8.4 隐式提交的 SQL 语句 /224
- 8.5 事务的隔离级别 /225

- 8.6 分布式事务编程 /229
- 8.7 不好的事务编程习惯 /234
 - 8.7.1 在循环中提交 /234
 - 8.7.2 使用自动提交 /236
 - 8.7.3 使用自动回滚 /236
- 8.8 长事务 /239
- 8.9 小结 /240

第 9 章 索引 /242

- 9.1 缓冲池、顺序读取与随机读取 /243
- 9.2 数据结构与算法 /246
 - 9.2.1 二分查找法 /246
 - 9.2.2 二叉查找树和平衡二叉树 /247
- 9.3 B+ 树 /249
 - 9.3.1 B+ 树的插入操作 /250
 - 9.3.2 B+ 树的删除操作 /252
- 9.4 B+ 树索引 /253
 - 9.4.1 InnoDB B+ 树索引 /254
 - 9.4.2 MyISAM B+ 树索引 /256
- 9.5 Cardinality/256
 - 9.5.1 什么是 Cardinality/256
 - 9.5.2 InnoDB 存储引擎怎样统计 Cardinality/257
- 9.6 B+ 树索引的使用 /259
 - 9.6.1 不同应用中 B+ 树索引的使用 /259
 - 9.6.2 联合索引 /260
 - 9.6.3 覆盖索引 /262
 - 9.6.4 优化器选择不使用索引的情况 /263
 - 9.6.5 INDEX HINT/265
- 9.7 Multi-Range Read/267
- 9.8 Index Condition Pushdown/269
- 9.9 T 树索引 /271
 - 9.9.1 T 树概述 /271
 - 9.9.2 T 树的查找、插入和删除操作 /272

- 9.9.3 T 树的旋转 /273
- 9.10 哈希索引 /276
 - 9.10.1 散列表 /276
 - 9.10.2 InnoDB 存储引擎中的散列算法 /278
 - 9.10.3 自适应哈希索引 /278
- 9.11 小结 /279

第 10 章 分区 /280

- 10.1 分区概述 /281
- 10.2 分区类型 /283
 - 10.2.1 RANGE 分区 /283
 - 10.2.2 LIST 分区 /289
 - 10.2.3 HASH 分区 /291
 - 10.2.4 KEY 分区 /293
 - 10.2.5 COLUMNS 分区 /293
- 10.3 子分区 /295
- 10.4 分区中的 NULL 值 /298
- 10.5 分区和性能 /301
- 10.6 在表和分区间交换数据 /305
- 10.7 小结 /307

第 1 章

SQL 编程

- 1.1 MySQL 数据库
- 1.2 SQL 编程
- 1.3 数据库的应用类型
- 1.4 图形化的 SQL 查询分析器
- 1.5 小结

SQL 是一种编程语言，用来解决关系数据库中的相关问题。SQL 编程就是通过 SQL 语句来解决特定问题的一种编程方式。本章将介绍 MySQL 数据库中与 SQL 编程相关的基础知识，帮助 SQL 用户更好地理解 MySQL 数据库、数据库应用类型，以及与 SQL 编程相关的特定问题。

1.1 MySQL 数据库

1.1.1 MySQL 数据库历史

毫无疑问，目前 MySQL 已经成为最为流行的开源关系数据库系统，并且一步一步地占领了原有商业数据库的市场。可以看到 Google、Facebook、Yahoo、网易、久游等大公司都在使用 MySQL 数据库，甚至将其作为核心应用的数据库系统。而 MySQL 数据库也不再仅仅应用于 Web 项目，其扮演的角色更为丰富。在网络游戏领域中，大部分的后台数据库都采用 MySQL 数据库，如大家比较熟悉的劲舞团、魔兽世界、Second Life 等。很少能看到有哪个网络游戏数据库不是采用 MySQL 数据库的。此外，MySQL 数据库已成功应用于中国外汇交易中心、中国移动、国家电网等许多项目中。越来越多的企业级项目应用“见证”了 MySQL 数据库的飞速发展，并预示着 MySQL 数据库本身正在逐渐完善并走向成熟。以前会有人诟病 MySQL 为什么没有视图，没有存储过程，没有触发器，没有事件调度器。而现在，MySQL 还没有什么呢？经历了 MySQL 5.0 和 5.1 的发展，如今 MySQL 数据库迎来了重要的 5.5 版本。在了解 MySQL 5.5 带给我们的新特性之前，我们先来看看 MySQL 的发展历程。简单来说，MySQL 数据库的发展可以概括为三个阶段：

- ❑ 初期开源数据库阶段。
- ❑ Sun MySQL 阶段。
- ❑ Oracle MySQL 阶段。

很多人以为 MySQL 是最近 15 年内才出现的数据库，其实 MySQL 数据库的历史可以追溯到 1979 年，那时 Bill Gates 退学没多久，微软公司也才刚刚起步，而 Larry 的 Oracle 公司也才成立不久。那时有一个天才程序员 Monty Widenius 为一个名为 TcX 的小公司打工，并且用 BASIC 设计了一个报表工具，使其可以在 4MHz 主频和 16KB 内存的计算机上运行。没过多久，Monty 又将此工具用 C 语言进行了重写并移植到了 UNIX 平台。当时，这只是一个很底层的且仅面向报表的存储引擎，名叫 Unireg。

虽然 TcX 这个小公司资源有限，但 Monty 天赋极高，面对资源有限的不利条件，反而更能发挥他的潜能。Monty 总是力图写出最高效的代码，并因此养成了习惯。与 Monty 在一起的还有一些别的同事，很少有人能坚持把那些代码持续写到 20 年后，而 Monty 却做到了。

1990 年，TcX 公司的客户中开始有人要求为他的 API 提供 SQL 支持。当时有人提议直