

啤酒酿造
技术译丛

Water

A Comprehensive Guide for Brewers

水

啤酒酿造用水 指南

[美] 约翰·帕尔默 科林·卡明斯基 著

杨江科 杨禹 主译

非外借



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位



啤酒酿造
技术译丛

水

啤酒酿造用水指南

[美] 约翰·帕尔默 科林·卡明斯基 著

杨江科 杨禹 主译

图书在版编目 (CIP) 数据

水：啤酒酿造用水指南 / (美) 约翰·帕尔默, (美) 科林·卡明斯基著; 杨江科, 杨禹主译. —北京: 中国轻工业出版社, 2019.4

(啤酒酿造技术译丛)

ISBN 978-7-5184-2237-1

I. ①啤… II. ①约… ②科… ③杨… ④杨… III. ①啤酒酿造—酿造用水 IV. ①TS262.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第261794号

版权声明

Water: a comprehensive guide for brewers © 2013, by Brewers Publications™, a division of the Brewers Association. www.Brewers Publications. com All rights reserved. Arranged through Sylvia Hayse Literary Agency, LLC, Bandon, Oregon, USA.

策划编辑: 江 娟 责任终审: 劳国强 整体设计: 锋尚设计
责任编辑: 江 娟 靳雅帅 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2019年4月第1版第1次印刷

开 本: 720×1000 1/16 印张: 14.5

字 数: 270千字

书 号: ISBN 978-7-5184-2237-1 定价: 80.00元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

170517K1X101ZYW

安益达—啤酒酿造技术译丛

翻译委员会

主任：马长伟（中国农业大学）

副主任：张 炜（安益达商贸有限公司）

杨江科（武汉轻工大学）

李知洪（安琪酵母股份有限公司）

崔云前（齐鲁工业大学）

杨 智（广东粤海永顺泰麦芽有限公司）

成 员：（按姓氏拼音顺序排列）

郭 凯（加拿大拉曼公司）

贾 巍（啤酒爱好者）

靳雅帅（中国轻工业出版社有限公司）

刘玲彦（安琪酵母股份有限公司）

许引虎（安琪酵母股份有限公司）

杨 平（中国农业科学院）

杨 禹（北京师范大学）

张宝龙（北京七叶香山餐饮有限公司）

庄仲荫（美国雅基玛酒花有限公司）

《水——啤酒酿造用水指南》

翻译委员会

主 译：杨江科（武汉轻工大学）

杨 禹（北京师范大学）

参 译：刘蒲临（武汉轻工大学）

总序

中国是世界上生产啤酒最多的国家，像很多行业一样，我国啤酒行业正在朝着既大又强转变，世界领先的管理技术指标不断在行业呈现，为我国啤酒产业进一步高质量发展奠定了良好基础。

啤酒是大众喜爱的低酒精度饮料，除了大型啤酒企业外，高规格的中小型啤酒企业和众多的“啤酒发烧友”也正在助力着行业的发展。这一切为能够更好地满足人们日益增长的物质及文化需求做出了贡献，也符合未来啤酒消费需求的发展方向。

啤酒酿造是技术与艺术的结合。在相关酿造理论的指导下，通过实践，不断总结，才能在啤酒酿造上越做越好。这套由美国BA（Brewers Association）出版社组织编写的啤酒酿造技术丛书，由《水》《酒花》《麦芽》和《酵母》四册组成，从历史文化、酿造原理、工艺技术、产业动态等多维度进行了深入介绍。《酒花》的作者是著名行业作家；《酵母》的作者是美国知名酵母公司White Labs的创始人兼CEO，联合作者曾多次获得美国国家酿大奖；《麦芽》的作者则在美国一家著名的“craft beer”啤酒厂负责生产；《水》的作者是美国国家酿老手。这套丛书的作者们从啤酒酿造的主要原料入手，知识深入到了整个酿造过程。丛书中没有过多介绍关于啤酒酿造方面的理论知识，而是为了满足酿酒师的实际需要，尽可能提供详尽的操作指南，对技术深度的把握应该说是恰到好处。

他山之石，可以攻玉。为了更好地满足啤酒行业对酿造知识日益增长的需求，由马长伟教授和酿酒师张炜先生负责（二位分别担任翻译委员会正、副主任）组织了由高等院校、科研

机构和行业企业的专业人员构成的翻译团队，除了食品和发酵工程外，还有大麦育种和水处理等专业的专家学者加入，保证了丛书的翻译质量。他们精心组织，认真工作，不辞辛苦，反复斟酌，把这样一套可读性强、适用范围广的专业科技丛书贡献给了行业，在此，我衷心感谢他们的付出和贡献，向他们致敬。

我相信，这套译丛的出版一定会对国内啤酒行业的技术发展产生推动作用。

張五九

2019年3月

译者序

2016年年末，中国农业大学马长伟老师到我校讲学。期间马老师参观了我校的啤酒酿造实习实训基地。在相互交流的过程中，马老师提议我们合作翻译一本与啤酒酿造有关的英文著作，我欣然允诺。随后，翻译的筹备工作便紧锣密鼓地展开了。在这个过程中，随着更多同仁的加入，翻译计划也从最初的翻译一本书变成了更为宏大的计划——翻译“啤酒酿造技术译丛”（共4册）。根据分工，我们便承担了《水》的翻译工作。

好水酿好酒！这句耳熟能详的话原是形容我们的国粹——白酒的。其实，我和大家一样，最初接触啤酒是在读大学后。在学习和科研之余、三五好友聚会之时，啤酒一直是我们的首选饮品。啤酒的清爽、干冽使其成为佐餐的佳品。街头巷尾谈天说地之时，兴之所至，常常一饮而尽，酣畅淋漓！

但是，我真正去品、去感受啤酒的味道还是始于多年前。那时，我在法国南部留学。这是一个酒的国度，不仅葡萄酒品种繁多、风格多样，这里充足的阳光、蔚蓝的海水，闲适的加泰罗尼亚文化使啤酒也广受欢迎。欧洲大小品牌、品类各异、知名不知名的啤酒应有尽有。也因为这些品类繁多、风格各异的酒，我至今对法国鲁西永地区留有很美好的印象。欧洲人喝啤酒的习惯与国人不同。他们喝啤酒时更多是单饮，很少有佐餐。在单饮的过程中，每款啤酒的味道好坏、风格特征便被完全地展示出来了。入乡随俗，我便逐渐去了解这些啤酒的味道与风格。也理解了“好水酿好酒”同样适用于啤酒！

怎样才能获得好水呢？我们的这本译著便给出了完整的答案。本书首先介绍了啤酒酿造用水的演化历史，水的来源和成分；接着详细介绍了酿酒用水中的重要指标——剩余碱度，

剩余碱度与麦芽酸度和糖化醪的关系；最后，介绍了各种不同类型啤酒用水的特点以及啤酒厂各类用水的特征。本书的知识来源于啤酒酿造实践，在知识的讲解过程中也以指导实践为目标。它不仅介绍了水的成分，而且告诉我们怎样解读一份水质报告，以及源水的处理技术；它不仅介绍了剩余碱度的知识，而且告诉我们碱度的控制方法以及怎样根据不同啤酒风格调整酿造用水；它不仅介绍了啤酒厂工业用水的类型，更告诉我们啤酒厂的废水处理方法。全书内容详实，真正是一本关于啤酒酿造用水的经典！

将这本语言风格活泼的英文著作用中文完整地呈现出来，在学术上和语言风格上均准确表述原作者的意图，并非易事。为了将这本优秀的、也可能是唯一的关于啤酒酿造用水的专著早日呈现给大家，我们召集了武汉轻工大学和北京师范大学的两个团队共同翻译此书。本人翻译了本书的序言、致谢、第4章、第5章、第6章、第9章、附录一和附录二；我所在的武汉轻工大学的刘蒲临老师翻译了第1章、第7章、附录三和附录四；北京师范大学杨禹老师翻译了本书的第2章、第3章、第8章和第10章；全书由本人统稿，由马长伟老师校稿。在翻译过程中，武汉轻工大学韩正刚老师，研究生陈光军、彭小波、成静、上官芳和张奕昀等在资料的收集、整理等过程中做了大量的工作，在此一并致谢！

翻译的过程是艰辛的。尽管本书的主译人员均非鸿学巨儒，但均是具有严谨态度的学者。在翻译本书的过程中，译者真正做到了字斟句酌。本书初稿完成后，又经历了数次修改，数次统稿和校稿，并在济南召开了专题研讨会就翻译过程中所碰到的问题进行了交流。但宥于我们的学识，书中的错误在所难免，在此恳请大家批评指正！

令人欣慰的是，本书即将付梓。我们希望本书对酿酒专业领域的教师和学生，对正在从事或有志于从事啤酒酿造的从业人员和技术人员，对广大啤酒爱好者均能有所裨益。

杨江科

于武汉常青花园

2019年3月

致谢

没有对时间的管理，就不能写书。首先，要感谢我们的家人。在我们热切地投入本书的写作过程中时，我们错过了许多和他们在一起的美好时光。几年前，当我们开始这次“航行”时，我们希望并致力于收集全世界啤酒酿造用水的知识于一隅，并在此过程中开拓酿造业的最后一片领地。然而，我们发现酿造用水比想象的更为深邃，也更为宽广。无论我们走到哪里，都会被水浮在表面。我们担心会失去深度、流于肤浅。但是，在众多朋友的帮助下，我们相信已经为酿酒师们汇编了一本有用的书。

我们俩都在20世纪90年代初开始从事酿酒工作。我们都受到了一个人的鼓励，并通过他的著作去了解更多关于酿造用水的知识。这个人就是A. J. 德朗格。据我们所知，他是将水化学带出 $2+2=4$ 的窠臼，并向我们介绍碳酸盐系统、溶解度常数和毫当量等知识的第一人。他第一个告诫我们照搬著名的酿造用水的配方是一种舍本逐末、不切实际的作法。他的工作使我们能够在酿酒生涯中始终追寻水的科学本质，并引领我们逐渐成长。在写作本书的过程中，当我们被困在某个话题上或者意识到有一大片未知领域没被提及时，德朗格总是我们可以求助的人。事实上，就在本书截稿前一个星期，我们还不知道如何计算磷酸添加量对酿造水中溶解钙的影响。德朗格编制了一个电子表格，并为我们绘制了磷酸添加量与酿造水中溶解钙之间的关系曲线。该表格被收录在附录B中。我们相信，德朗格是自保罗·库尔巴哈于1953年引入剩余碱度概念以来帮助酿酒师理解酿造用水贡献最多的人。

我们需要对马丁·布伦加德为本书所提供的专业知识和智

慧致以诚挚的谢意。马丁是一位水资源工程学会会员，自1999年以来一直指导酿酒师使用酿造用水。马丁在本书内容的技术审查中发挥了重要作用。他总是让本书的知识与酿酒厂实际相结合并做到可用。

约翰要感谢布瑞斯麦芽及配料有限公司 (Biess Malting and Ingredients) 的鲍勃·汉森和丹·比斯在测试蒸馏水的pH和麦汁酸度中付出的辛勤劳动。由于我们对部分数据感到困惑，重新设计并开展了新的实验，因此这项工作花费了近4年的时间。同样，感谢凯·特勒斯特，一位精酿科学家，慷慨地分享他的工作以及在测定麦芽酸度和预测醪液pH的方法。如果没有他们的帮助，第5章的大部分内容都不可能完成。

科林要感谢吉尔·桑切斯、伊恩·沃德、布赖恩·亨特、迈克尔·刘易斯博士和查尔斯·班福思博士。在他与酿造用水进行艰难对话时，他们总是能提供酿造化学方面的良好建议。他还要感谢酿酒大师协会北加利福尼亚州分会提供详尽的咨询和技术讲座。它们成就了他的酿酒生涯。

我们感谢巨石 (Stone) 酿酒公司，新比利时 (New Belgium) 酿酒公司，康胜 (Coors) 酿酒公司，Golden酒厂，布鲁瑞 (Bruery) 酒厂，Eagle Rock酒厂，Golden Road酒厂，Firestone Walker 酿酒公司，Moon light酒厂，贝尔斯 (Bell's) 酒厂，Founders酒厂，Anheuser-Busch - Fairfield酒厂以及内华达山脉 (Sierra Nevada) 酿酒公司等。当我们在整理关于酿造用水的选择及实践方面的知识过程中，他们不厌其烦接待并回答了我们大量的电话问询及个人访问。同时，我们还要感谢在过去给予我们帮助的众多酿酒师们。他们或解答我们的疑问或邀请我们在会议上做报告。

最后，我们要向在酿酒厂负责水处理工作的人士推荐《纳尔科水手册》(NALCO Water Handbook)。这部1000余页的书籍是关于水处理方面的百科全书。它可能并不特别地指明了啤酒厂用水，但它涵盖了一切。

序言

我从事酿酒快40年了，其间买过许多书。它们中有布里格斯的《麦芽和制麦》(*Malt and Malting*)，尼夫的《酒花》(*Hops*)，怀特和赞那谢菲的《酵母：啤酒酿造菌种指南》(*Yeast, the Practical Guide to Beer Fermentation*)以及杰克逊的《用水及废水化学》(*Applied Water and Spentwater Chemistry*)。这些书中均包含了啤酒酿造主要原料的有价值的信息。前三本书是专为酿酒师所写的，但第四本却不是。“酿酒”这个词甚至都没在该书的索引中出现。其他几本以“水”命名的书和关于酵母的书（尽管酿酒在书中都有提及）的情况也大致如此。我也有许多关于水的书，但没有一本是关于酿造用水的。你也一样。现在你终于捧上了一本关于酿造用水的书。一旦我的副本打印出来，我也会将它捧在手上，并在关于酵母、酒花和麦芽的书籍之后给它预留了位置。

为什么要花如此长的时间才能出版一本关于啤酒酿造用水的书？道理很简单：很难！凭我的经验。我多次尝试写一本关于这个主题的书，但却发现它错综复杂。有时我觉得自己在与九头蛇搏斗，每次割下一颗头，另两颗却又长出来了。我敢肯定，如果你在会议上或其他地方碰到约翰或者科林，问他们中的任何一位，是否任务比他们原来认为的更令人畏惧。他们会回答：“是的！”

还有读者的问题。我不知道40年前有多少人会对本书感兴趣，但现在需求强劲。我经常被问及“什么时候出版有关啤酒酿造用水的书？”我相信这是由于技术的进步，饮酒者的品味和精酿师的技艺均有显著的提高。这些技术主要包括计算机、反渗透系统、pH计和互联网等。除互联网外，前3项技术在40年前就已经确立了。它们虽然不是什么新技术，但性能却有巨

大提升，而价格却又大幅下降。此处，我们暂且搁置反渗透度系统和pH计的话题，先评论互联网及上网所用计算机的影响。

40年前，关于酿造用水的前沿知识仅能在几本与酿酒有关的教材的少数章节中找到，且均语焉不详。但这足以激发酿酒师们的兴趣，他们开始思考这个问题，进行分析和试验，并通过互联网进行交流（在与这些作者见面的几年前我就在网络熟悉他们了）。由于这些讨论是在公共媒体上进行的，这引起了其他人的关注。他们逐渐感兴趣，并也开始了试验和计算。如果没有互联网，我认为活动的水平不会像现在这样高。随着交流网络的建立和更多人的关注，关于酿造用水的文章开始出现在《酿造技术》(*Brewing techniques*)、《新酿酒师》(*The New Brewer*)和《酿酒》(*Cerevesia*)等杂志以及各种网站上。这些都归功于计算机工程领域的工作。尽管关于水的话题所涉及的化学和数学知识异常复杂，但他们可以隐藏在一个精心设计的电子表格或计算机程序后面。对普通用户而言，如果用户界面做得好，使用起来应该相当简单。我见过十几个相关的程序，其中有三个今天仍在频繁使用。有相当数量与水有关的讨论出现在一些参与者众多的网络论坛中。在美国贝尔维尤市举行的2012年家酿师大会的大厅中同样站满了讨论酿造用水的人们。换言之，意识到水可能对啤酒产生作用以及对它的这种潜力的兴趣似乎比过去更为广泛。但即便如此，并不是每个人都在参与。这本书会引领更多的人进入这一话题。如果你还没有为之所动，请和我们待在一起，听我们探讨啤酒和水之间的关系，看看这本书怎样对你造成冲击。

随着酿酒师在职业上的进步，他们对麦芽、酒花和酵母的理解日益深入，但与水有关的知识却相形见绌。造成此种状况的原因可能来自新酿酒师们所面临的现实情况。他们有来自世界各地、品类繁多的麦芽、酒花和酵母可供选择。例如，为酿制一款经典的波西米亚风格的比尔森啤酒通常会采用捷克共和国出产的酒花和麦芽。酵母可以是本地获取的。但该酵母最初应源自捷克共和国的菌株。相反，人们显然不会从比尔森或者捷克布杰约维采市进口酿酒用水。现实迫使大多数酿酒师必

须采用啤酒厂能够比较方便获得的水源（虽然部分家酿师从附近的健康食品商店或超市购买酿造用水，我也见到一个经营者用卡车运水）。考虑到酿酒师不得不在几十种酒花、麦芽和酵母品种中做出选择，而实际上在水供应方面几乎没有选择，因此在开始酿造啤酒时新酿酒师们自然会将注意力集中在前三种啤酒原料上而不会过多地考虑水。发达国家的市政供水尽管不是酿造啤酒的理想原料，但人们可以用它来生产许多还过得去的啤酒。许多酿酒师在他们的整个酿造生涯中所做的正是如此。

由于饮用水似乎并不会像酒花、麦芽和发酵产物那样直接有助于产生味道或香味，所以初学者可能会认为水不过是其他啤酒成分味道的载体而已。当然，水中的氯和氯胺是例外。即使是毫无经验的酿酒师，也普遍意识到水中的这些化学物质必须处理。但仍有很多的初学者，在酿造可供饮用的啤酒时毫不顾及它们。本书可以使这些酿酒师受益良多。

其他酿酒师，包括一些非常优秀的酿酒师，对待他们的酿造用水的态度就像葡萄酒酿酒师对待风土条件一样。他们下意识地接受了这些水的特性，并只酿造与之相匹配的啤酒。显然，如果你只酿造一种啤酒而不是多款风味各异的啤酒，这样做确实要容易得多。正如在一份典型的关于水的报告里所呈现出的那样，本书将分章节讲述水资源以及水的各个组分。这些将对酿酒师大有裨益。同时，书中还讲述了水对糖化醪pH的影响，并讨论了酒厂中非酿造环节（如清洗、冷却、稀释、蒸汽发生等）的用水情况。

在离开风土条件话题前，我们注意到，无论对错，风土条件经常被作为酿酒的主因。例如，爱尔兰世涛啤酒和波西米亚的比尔森啤酒间的风格迥异。尽管当地的酒花、麦芽和酵母明显与此相关，但常识告诉我们水也和它有很大关系。因此，我们应该指出，坚持风土理念并不意味着应该对酿造用水漠不关心。慕尼黑黑啤酒与慕尼黑淡拉格啤酒均用慕尼黑的水酿造，均被赋予了这种水的特性。不同之处在于，前者采用未处理的水，而后者则进行了除去碳酸盐的处理。

酿酒师随着经验和知识的积累以及与其他酿酒师交流的增加，希望成为一名能够酿造出优秀的啤酒而不是坐享其成的酿酒师的愿望日渐强烈，他的注意力最终必将转向水。优秀的啤酒不能在不太在意水的情况下产生。在这里，我们发现了在通往更好地了解酿造用水的道路上的第一个主要障碍，也正如我们在本文开篇中提及的那样，关于酿造用水的信息难于获取。这些信息大都零散地分布于各处。如果酿酒师想真正理解酿造用水，他需要从众多资源中收集相关信息。从无机化学、物理化学、定性分析甚至生物化学类教科书中收集一系列的文章；从与水化学、水分析和水处理有关的专业文章中；从酿酒类教材中与水相关、语焉不详的章节中；从科技期刊的论文、学术会议会刊和一些网站中获取。除了少数专门的论文和网站外，这些资源中没有一个完全是关于酿造用水的，其中一些还晦涩难懂。搜寻与酿酒用水相关的知识犹如大海捞针，而本书的作者竟利索地找到了这些针。除了从文献中拾菁集粹，作者还吸收了经验丰富的酿酒师的知识，吸收了解决复杂的计算和实验的软件开发师的知识。有了如此广泛的信息来源，本书要么能回答你酿酒中的问题，要么能让你找到答案。我见过互联网上有很多这样的疑问：“我做的啤酒虽好，但似乎缺少点什么。我想应该是酿造用水。那我可以去哪里学习如何通过调整水来改善酿造呢？”很明显，本书即是答案。

仅仅收集所有相关信息并把它们一股脑地堆在酿酒师面前是不够的，他们会完全被吓倒而不会从中受益。与麦芽、酒花和酵母的比较有助于我们理解酿造用水的特质。如果酿酒师发现麦汁中含有太多的蛋白质，或酵母菌株产太多的双乙酰，或酒花品种香叶醇含量太低，他通常会挑选不同的原料或者增减含有所需要特质的原料的用量。而水却完全不同。酿酒师不能轻易获得不同来源的水。但是，水是可以改变的。事实上，如果想酿造优秀的啤酒，酿酒师就必须跳出风土学校的窠臼。如果某种离子过多，那么该部分就必须除去；如果某些离子缺乏，则必须相应地增加。做到这一点需要应用化学的知识。有点反常的是，酿酒师往往被相对简单的水化学所吓倒，而不是

被麦芽、酒花和酵母更复杂的化学和生物化学知识吓倒。在我看来，这种不适感源于这样一个事实，即活性物质的化学成分极其复杂，只需有限的定性的理解就足够了。通常的酿酒师并没有实际应用化学知识来改善麦芽、酒花或酵母的性能。相反，为调整酿造用水，酿酒师必须应用他所知道的化学知识进行定量工作。这意味着他必须计算。比较容易解释和理解在酿造白酒中碳酸氢盐离子可从酸性糖化醪成分中吸收氢离子（定性），而解释和理解如何计算碳酸氢钠的用量（定量）以消除酸的影响则比较难。

有关水中碳酸-碳酸氢盐-碳酸盐体系的计算是酿造水化学的核心。它们需要用到诸如戴维斯扩展理论和德拜-休克尔离子互吸理论。如果你不熟悉这一点，你可能会像大多数读者一样感到害怕。别担心！使用本书你不需要了解德拜-休克尔离子互吸理论，更别说戴维斯扩展理论了。本书已经为你解决了科学中令人生畏的数学部分，并将之简化成了易于使用的图表。在我看来，这正是本书真正闪光的地方之一。它使得这一主题中最难但非常重要的部分更易于被那些没有科学或工程知识背景的人接受。而少数想知道戴维斯-德拜-休克尔方程和其他奥秘的人可在互联网搜索到它们。

通过改进现有的水来提高啤酒质量的酿酒师可朝着两个目标努力：一是技术的，一是感官的。技术上的目标是确立合适的糖化醪液pH。可以说，书的真正目的是达到这一目标，其余的都是支撑材料。这可能有点夸张。但是合适的醪液pH确实极其重要。感官的目标则是一个关于风味的问题。合适的醪液pH对于最佳的风味是必要的，但来源于水的矿物质对啤酒的风味也有着直接影响。众所周知，氯离子通常赋予酒体甜度和圆润度，硫酸根离子则与酒花的苦味具有协同效应。适当的醪液pH和良好的风味都要求相关物质在酒中以适当的浓度存在。

反渗透水是几乎绝对纯净的水。当使用它作为水源时，我们只需要向其中添加所需要的盐分就可以方便地得到所需要的离子浓度；在遇到两种离子时，仅需要分开添加两种盐并保持固定的相对比例；除了确保反渗透系统正常运行外，无需对反渗透水进

行任何分析或试验。通俗地说，反渗透水是一张空白的纸。

反渗透水的通行对酿造习惯和商业酿造来说是革命性的。不论可用的水有多难处理，现在都可以转化成空白的纸。反渗透技术不仅能使以前不可能的地方酿造出好的啤酒，而且使酿酒师与水的关系更为简单。诸如“只需在每加仑（1美式加仑 $\approx 3.79\text{L}$ ）的反渗透水中添加1g氯化钙即可”此类的建议确实非常简单易行，且多数情况下均可酿出好的啤酒。当然，为了获得优质的啤酒你要做的不仅仅是添加一些氯化钙，这本书将会告诉你怎么做。

我们在技术上的最后一项进步是便宜的pH计。你会发现本书中很多地方都在讨论pH。碳酸盐和磷酸盐离子的平衡取决于pH和制麦、糖化以及发酵过程中由酶催化的复杂化学反应的每一步骤。众所周知，酶的性能取决于温度，但也取决于pH。这就是为什么设置醪液pH是至关重要的（如果你这样做的话，酿造过程中其他部分的pH也会保持在适当的范围内）。预测醪液的pH是异常复杂的，麦芽特性的自然变化使得精确预测变得困难。pH计正为此而来。和温度计一样，pH计给酿酒师提供了醪液情况的直接反馈，它的信息也和温度信息一样重要。如果温度出现偏离，酿酒师会提高或降低热量；同理，如果pH出现偏离，酿酒师就增加或减少酸。当我们说适当的水处理是决定啤酒好坏的一个主要因素时，我们同样认为pH是决定发酵罐中生成物质量的一个主要因素。

总之，你基本上有3种方式来处理酿造用水：可以直接用它来酿酒；可以通过添加缺失的金属离子或除去多余的离子来改变它；或者从反渗透水开始，从头配制酿酒所需要的水。我希望这篇序文能带给你一些新的观念，引导你去阅读这本书，感受书中内容的博大，并了解它对酿造的主要贡献。一旦沉浸在书中，你一定会喜欢阅读它，就像我乐于为约翰和科林写这篇序文一样。

A. J. 德朗格

美国弗吉尼亚州麦克利恩镇

2013年5月