

全国物理化学计量技术委员会（MTC17）

蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液质量浓度-
折射率应用指南
编制说明

2026 年 09 月

一、任务来源

蔗糖、果糖、葡萄糖是制糖工业、食品工业、医药生产等领域最常见的糖类物质，折射率法因其快速、简便、样品用量少等优点，已成为测定糖类水溶液质量浓度的常用方法。目前国内尚无系统的蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液质量浓度-折射率数据应用指南，现有数据分散于各类文献和国际标准中，不同来源数据存在差异，尤其是葡萄糖和果糖水溶液的系统折射率数据较为缺乏，给实际测量工作带来不便，也影响了测量结果的准确性和一致性。为保障糖类水溶液折射率测量的量值溯源及数据应用的统一规范，满足各实验室对糖类水溶液质量浓度-折射率数据的计量需求以及政府管理和监督需要，急需制定本数据应用指南。《蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液质量浓度-折射率应用指南》起草任务由国家市场监督管理总局 2025 年下达（市监计量发[2025]45 号文），归口单位为全国物理化学计量技术委员会。起草单位为广西壮族自治区计量检测研究院。

二、目的意义

折射率是物质的重要光学常数，糖类水溶液的折射率与其质量浓度之间存在确定的函数关系。通过测量溶液的折射率来确定其质量浓度，是制糖、食品、医药等行业广泛采用的快速分析方法。在制糖工业中，折射率法（白利糖度法）是糖品质量控制的核心手段，贯穿于制糖生产的各个工序；在食品饮料行业，折光仪广泛用于果汁、饮料、蜂蜜、果酱等产品的糖度检测；在医药行业，葡萄糖注射液、果糖注射液等产品的浓度测定也常采用折射率法。此外，在化工、香精香料、临床检验等领域，折射率法也有着广泛的应用。

本应用指南的制定目的在于：建立统一、系统、可溯源的蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液质量浓度-折射率数据表及应用方法，规范折射率法测定糖类水溶液质量浓度的操作流程，明确测量条件、温度修正方法和不确定度评定要求。

本指南的制定具有重要意义：

- （1）为制糖工业、食品检测、医药生产等领域提供准确可靠的浓度测量依据，保障产品质量控制和贸易结算的量值准确；
- （2）系统收录蔗糖、葡萄糖、果糖三种糖类水溶液的质量浓度-折射率数据，填

补国内葡萄糖、果糖水溶液系统折射率数据的空白；

(3) 促进折射率测量仪器的量值溯源和性能评价，提高各实验室测量结果的一致性和可比性；

(4) 与国际先进标准接轨，为相关国际交流和贸易提供技术支撑。

三、 规范制定过程

2025年6月我院根据国家市场监督管理总局计量技术规范制定计划精神成立规范起草小组并开始前期调研工作。起草工作组系统查阅了国内外相关技术文献、标准和规范，重点调研了国际糖分析统一方法委员会（ICUMSA）SPS-3(2000)《折射率测定法和数据表-官方》、国际法制计量组织（OIML）R108、R124、R142等国际文件，以及JJG 820—1993《手持糖量（含量）计及手持折射仪检定规程》、《台式液体折射仪校准规范》《在线糖量（含量）计校准规范》等国内相关规范。同时对国内制糖、食品、医药等行业的折射率测量应用情况进行了调研，了解了各实验室对数据精度、浓度范围和使用便利性的实际需求。2025年12月开始对ICUMSA SPS-3(2000)中蔗糖、葡萄糖、果糖三种糖类水溶液的折射率公式和数据进行系统整理和比对验证，重点对三种糖类水溶液在不同浓度（0~85）g/100g和温度（15~30）℃下的折射率数据进行了计算和验证，确认了多项式公式系数的准确性和数据表的可靠性。由于糖类水溶液折射率数据涉及浓度范围广、温度修正复杂、不确定度评定环节多，该工作一直持续进行到2026年7月，期间屡次对规范的适用范围、数据表格式、浓度间隔、温度修正方案、不确定度评定方法等进行大规模修改，直到2026年8月基本确定各项内容并形成规范征求意见稿。

四、 规范制定的主要技术依据及原则

4.1 依据

本应用指南在编制过程中主要参考了以下技术文件：

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》；

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》；

JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》；

国际糖分析统一方法委员会规范和标准 SPS-3(2000)《折射率测定法和数据表-官方》（ICUMSA: Specification and Standard SPS-3(2000) Refractometry and Tables-Official）；

OIML R108 Edition 1993(e) 《测量果汁中糖量的折光仪》(Refractometers for the measurement of the sugar content of fruit juices);

OIML R124 Edition 1997(e) 《测量葡萄汁中糖量的折光仪》(Refractometers for the measurement of the sugar content of grape must);

OIML R142 Edition 2008 《自动折射计：验证方法》(Automated refractometers: Methods and means of verification)。

4.2 原则

(1) 架构

根据 JJF 1071—2010 《国家计量校准规范编写规则》的要求，结合数据应用指南的特点，本规范架构上包括封面、扉页、目录、引言、范围、引用文件、术语和计量单位、测量仪器、计算公式、测量、不确定度、测量用表及附录等部分。

(2) 适用范围确定原则

本指南适用范围的确定综合考虑了以下因素：一是制糖、食品、医药等行业常见糖类水溶液的浓度区间，0~85 g/100g 覆盖了绝大多数实际应用场景，低于 0%和高于 85%的情况在实际应用中较为少见，且高浓度溶液的配制和测量难度较大；二是与国际通用标准 ICUMSA SPS-3(2000)保持一致，以 20℃为参考温度、钠 D 谱线 589.3 nm 为测量波长基准，便于国际比对和数据交流；三是参考温度和波长的选择符合大多数实验室的恒温条件和仪器配置，具有广泛的适用性。

(3) 数据表编制原则

数据表是本指南的核心内容，其编制遵循以下原则：一是数据来源以 ICUMSA SPS-3(2000)为基础，蔗糖数据直接采用国际公认值，葡萄糖和果糖数据参考国内外权威文献并经实验验证；二是浓度间隔确定为 0.1%，该间隔既能满足大多数实验室的测量精度需求，又避免表格过于庞大；三是误差限值根据实验数据的标准偏差确定，低浓度区间(0~65)g/100g 数据可靠性高，误差限值较严($\pm 3 \times 10^{-6}$)，高浓度区间(80g/100g 以上)配制和测量难度大，误差限值适当放宽($\pm 2 \times 10^{-5} \sim \pm 3 \times 10^{-4}$)；四是温度修正表覆盖 (15~40)℃范围，温度间隔 1℃，符合国内实验室的环境温度条件。

(4) 温度修正原则

由于糖类水溶液的折射率受温度影响显著，本指南规定查表时折射率应为 20.0℃下的测量值。温度修正方法参考 ICUMSA SPS-3(2000)，采用修正值表的方式，仪器在

温度 T 时的测量值加上表中相应温度和浓度对应的值即可修正至 20.0°C 。该方法简单直观，便于操作人员使用。蔗糖水溶液在 $(15\sim 40)^{\circ}\text{C}$ 范围内有完善的温度修正数据，葡萄糖和果糖水溶液的温度修正可参照蔗糖的温度系数进行估算或通过多项式公式计算。

(5) 不确定度评定原则

不确定度评定遵循 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》的要求进行评定，对于测量范围之外的质量分数和温度，基本多项式已被外推，因此不确定度更大。

(6) 量值溯源原则

蔗糖、葡萄糖、果糖水溶液溯源至国家有证蔗糖标准物质；折射率量值可通过有证折射率标准物质进行溯源；仪器校准可采用液体折射率标准物质或蔗糖水溶液标准物质进行。

五、 主要技术内容的说明

本应用指南制定组通过查阅相关技术文献和标准等资料、对糖类水溶液折射率测量方法及数据应用情况进行调研，经充分讨论后制定了本应用指南。技术规范主要内容包括范围、引用文件、术语和计量单位、测量仪器、蔗糖、葡萄糖、果糖水溶液质量浓度与折射率的计算公式、测量、不确定度、蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液质量浓度-折射率测量用表及附录共九个部分。

5.1 规范的适用范围

本应用指南适用于蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液（以下统称糖类水溶液）质量浓度与折射率在 20°C 下 $(0\sim 85)\text{ g}/100\text{ g}$ 范围内，通过查表法由折射率计算其质量浓度。

适用范围的确定主要基于以下考虑：

(1) $0\sim 85\text{ g}/100\text{ g}$ 的浓度范围覆盖了制糖、食品、医药等行业常见糖类水溶液的浓度区间，具有广泛的适用性。

(2) 以 20°C 为参考温度，与国际通用标准（ICUMSA SPS-3）保持一致，便于国际比对和数据交流，也符合大多数实验室的恒温条件；

(3) 以钠 D 谱线（ $\lambda=589.3\text{ nm}$ ）为测量波长基准，是目前折射率测量中最常用的标准波长，绝大多数折光仪均采用该波长，具有广泛的仪器适用性。

5.2 引用文件

本规范引用了 ICUMSA SPS-3(2000)、OIML R108、OIML R124、OIML R142 等国

际文件。这些文件为糖类水溶液折射率测量提供了国际公认的技术依据和数据参考。其中，ICUMSA SPS-3(2000)是蔗糖折射率数据的主要来源，OIML 系列文件为折光仪的计量性能和验证方法提供了规范。

凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用于本规范。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

5.3 术语与计量单位

本规范定义了折射率和白利糖度两个核心术语：

（1）折射率：介质的[绝对]折射率等于真空中的光速与介质中的光速之比，符号 n ，计量单位一。在液体折射率测量中，常用钠 D 谱线（钠黄线 589.3 nm）相对于标准状态下（温度 20.0℃，气压 101.325 kPa，相对湿度 50%）空气的折射率作为标准折射率。

（2）白利糖度：20℃下每 100 g 水溶液中溶解蔗糖的质量分数，符号°Bx 或%，计量单位一。白利糖度是制糖工业中常用的浓度表示方法，与蔗糖水溶液的折射率存在对应关系。

术语定义参考了 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 ICUMSA SPS-3(2000)的相关规定，确保术语的规范性和一致性

5.4 测量仪器

糖类水溶液质量浓度-折射率的测量仪器主要有以下两类：

（1）折射仪（又称折光仪）：有台式和便携式两种，利用全反射临界角的原理，测定透明、半透明液体或固体的折射率。其折射率测量范围通常为 1.3~1.7，绝对误差可控制在 10^{-5} ~ 10^{-4} 量级，是实验室和现场测量中最常用的仪器。

（2）V 棱镜折射仪：利用立式精密测角仪采用 V 棱镜法测量折射率的一种仪器，其折射率测量范围通常为 1.3~1.7，绝对误差可控制到 10^{-5} 量级，适用于高精度测量和量值传递。

测量前，应按照仪器使用说明对折射仪进行校准或核查。可采用水、标准折射率液或已知质量浓度的蔗糖标准溶液进行校准或核查。对于直接显示糖质量分数的折射仪，宜采用蔗糖标准溶液进行校准或核查。

5.5 计算公式

本当蔗糖水溶液、葡萄糖水溶液、果糖水溶液的质量浓度在（0~85）%范围内，

溶液温度在(15~30)℃范围内,测量波长为589.3 nm时,其相对标况下空气的折射率可用多项式公式进行计算。公式系数针对蔗糖、葡萄糖、果糖三种溶液分别给出,为查表法提供了理论计算依据和数据验证手段。

计算公式的建立参考了ICUMSA SPS-3(2000)中的多项式模型,并结合了三种糖类水溶液的实验数据进行拟合和验证。公式形式简洁,计算精度高,可用于非表列点的折射率计算和数据验证。

5.6 测量

测量部分规定了糖类水溶液折射率测量的操作要求,主要包括以下内容:

(1) 仪器校准:测量前应对折射仪进行校准或核查,确保仪器处于正常工作状态;

(2) 样品制备:样品应充分混合均匀,保证测量棱镜表面清洁,取适量样品置于测量棱镜表面,使样品与棱镜充分接触,避免气泡等因素影响测量结果;

(3) 防蒸发措施:测量过程中应尽量避免水分蒸发,特别是采用少量样品或单滴样品测量时,应缩短操作时间并采取适当的防蒸发措施;

(4) 测量条件:折射率测量应注明测量温度和测量波长。本规范规定的质量浓度-折射率数据以钠D谱线,波长 $\lambda=589.3\text{ nm}$ 为基准。采用其他波长进行测量时,应按照相应的色散关系进行修正;

(5) 温度修正:采用附录A、附录C和附录D进行质量浓度查表时,折射率应为参考温度20.0℃下的测量值。当测量温度偏离20.0℃时,应将测量结果修正至20.0℃。蔗糖水溶液在(15~40)℃范围内可按照附录B给出的温度修正值进行修正;

(6) 内插计算:经温度修正后的折射率值,可根据相应糖类水溶液的质量浓度-折射率表确定其质量浓度。当测得的折射率位于表中两个相邻折射率值之间时,可采用线性内插法确定相应的质量浓度。

5.7 不确定度

5.8 测量用表

糖类水溶液质量浓度-折射率表是本应用指南的核心内容,共收录了四种常用表格:

(1) 表A:钠光源下蔗糖水溶液质量浓度-折射率表(20℃),浓度范围(0~85)

g/100g, 间隔 0.1g/100g。其中 (0~65) g/100g 范围内折射率误差为 $\pm 3 \times 10^{-6}$, 65%~85% 范围内折射率误差为 $\pm 2 \times 10^{-5}$ 。表 A 数据主要参考 ICUMSA SPS-3(2000), 并结合国内实验数据进行了验证。

(2) 表 B: (15~40) °C 钠光源下蔗糖水溶液质量分数-折射率修正表, 温度间隔 1°C, 浓度范围 (0~85)g/100g, 间隔 5 g/100g, 用于将不同温度下的测量值修正至 20.0°C。仪器在温度 T 时的测量值应当加上表中相应温度和浓度对应的值, 以修正到参考温度 20.0°C 下的值。

(3) 表 C: 钠光源下葡萄糖水溶液质量浓度-折射率表 (20°C), 浓度范围 0~85g/100g, 间隔 0.1g/100g。其中 (0~79) g/100g 范围内折射率误差为 $\pm 3 \times 10^{-6}$, (80~85) g/100g 范围内折射率误差为 $\pm 3 \times 10^{-4}$ 。表 C 填补了国内葡萄糖水溶液系统折射率数据的空白。

(4) 表 D: 钠光源下果糖水溶液质量浓度-折射率表 (20°C), 浓度范围 (0~85) g/100g, 间隔 0.1g/100g。其中 (0~65) g/100g 范围内折射率误差为 $\pm 3 \times 10^{-6}$, (65~80) g/100g 范围内折射率误差为 $\pm 2 \times 10^{-5}$, (80~85) g/100g 范围内折射率误差为 $\pm 3 \times 10^{-4}$ 。表 D 填补了国内果糖水溶液系统折射率数据的空白。

数据表的编制参考了 ICUMSA SPS-3(2000)的数据格式和精度要求, 结合国内实际需求确定了浓度间隔和误差限值。0.1g/100g 的浓度间隔能够满足大多数实验室的测量精度需求, 同时避免表格过于庞大。高浓度区间 (80 g/100g 以上) 误差限值适当放宽, 主要考虑到高浓度溶液的配制和测量难度较大, 数据可靠性相对降低。

5.9 附录

本规范包含五个附录:

附录 A: 蔗糖水溶液质量浓度-折射率表 (20°C), 即表 A 的完整数据;

附录 B: (15~40) °C 蔗糖水溶液质量分数-折射率修正表, 即表 B 的完整数据;

附录 C: 葡萄糖水溶液质量浓度-折射率表 (20°C), 即表 C 的完整数据;

附录 D: 果糖水溶液质量浓度-折射率表 (20°C), 即表 D 的完整数据;

附录 E: 不确定度评定, 详细说明了糖类水溶液折射率测量不确定度的评定方法和过程。

六、总结

《蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液质量浓度-折射率数据应用指南》是在充分参考

ICUMSA、OIML 等国际先进标准和规范的基础上，结合国内制糖、食品、医药等行业的实际需求，经过数据收集、整理、分析和验证后制定的。与国内现有相关规范相比，本指南聚焦于糖类水溶液质量浓度-折射率数据本身的系统性和规范性，与仪器校准规范形成互补，共同构建糖类折射率测量的量值溯源体系，具有广泛的适用性和指导意义。

《蔗糖、果糖、葡萄糖水溶液质量浓度-折射率数据应用指南》起草小组

2026 年 8 月