

极谱法透氧测试仪电流参数校准方法

曹远航¹ 张吉焱¹

(1.中国计量科学研究院 医学计量中心, 北京 100029)

摘要: 随着青少年近视率的不断攀升, 近视防控备受关注。接触镜作为屈光矫治和近视防控的重要技术手段, 近些年在眼科临床上的应用日益广泛。接触镜的透氧性能密切关系到佩戴者的眼部健康。极谱法透氧测试仪是测量接触镜材料透氧系数的重要仪器, 测量准确与否直接影响到接触镜的产品质量评价。由于其测量原理和接口的特殊性, 现有技术下难以进行校准。该文章分析了极谱法透氧测试仪的工作原理, 设计了极谱法透氧测试仪电流参数校准模块, 并通过引入设备自带电压源实现电流校准, 方便可行。校准实验和稳定性实验验证了电流参数校准模块的性能可靠, 实验结果表明: 设计的校准模块电流电阻引入的误差小于 0.1%, 温度电阻引入的误差小于 0.5%, 完全满足预期设计要求, 并能为极谱法透氧测试仪的计量校准提供解决方案和技术手段。

关键词 极谱法透氧测试仪; 接触镜; 透氧量; 透氧系数; 校准模块

中图分类号: TB97 **文献标识码:** A

Calibration Method for Current Parameters of Polarographic Oxygen Transmissibility Tester

CAO Yuanhang¹, Zhang Jiyang¹

(1.Center for Medical Metrology, Beijing, 100029, China)

Abstract: With the increasing prevalence of myopia among adolescents, the usage of contact lenses has seen a gradual rise. The oxygen permeability of contact lens materials plays a pivotal role in maintaining the ocular health of wearers. The polarographic method, commonly referred to as the polarographic approach, is a crucial instrument for assessing the oxygen permeability coefficient of contact lens materials. However, due to its specialized principles and interface, calibrating this instrument can be a challenging endeavor. This paper delves into the operational principles of the polarographic oxygen permeability testing instrument and introduces a calibration module for the current parameters in the polarographic oxygen permeability testing apparatus. This module incorporates the use of an internally integrated voltage source for current calibration. The performance of the standard module is validated through calibration experiments and stability tests. The experimental results reveal that the designed standard module introduces an error of less than 0.1% in current resistance and less than 0.5% in temperature resistance. It successfully meets the anticipated design requirements, offering a viable solution to the calibration challenges associated with polarographic oxygen permeability testing instruments.

1、前言

近视已逐渐演变为我国青少年普遍存在的健康问题^[1], 面对我国儿童和青少年的高近视率, 以及近视呈现年轻化和重度化的严峻形势, 2018年习近平总书记做出重要指示, 强调“全社会都要行动起来, 共同呵护好孩子的眼睛, 让他们拥有一个光明的未来”。一旦发现近视趋势, 即需进行相应的矫治措施。在眼科临床中, 近视矫治通常采取三种主要方法: 框架眼镜^[2]、接触镜^[3,4]以及屈光手术^[5]。这些方法各具特色, 适用人群各异。随着人们对视觉品质

和外观舒适性要求的不断提升,以及对青少年近视防控的重视,接触镜尤其是角膜塑形镜(俗称 OK 镜)的配戴率在眼科领域正呈现出持续增长的发展趋势。

接触镜相比框架眼镜具有配戴美观、视野宽阔、物像接近真实等特点,不仅广泛应用于近视、远视、散光等屈光不正的矫正与改善,而且在控制青少年近视、散光发展、治疗特殊眼科疾病等方面也发挥着特殊的功效与作用。然而,隐形眼镜的佩戴安全一直是一个备受关注的问题。其中,接触镜的透氧性能是保障佩戴者眼部健康和舒适的重要指标之一。由于接触镜是通过泪液层与人眼角膜前表面贴附使用的,而角膜上皮细胞是一类代谢极其活跃的细胞^[6],氧供要求很高^[7],只有在充分氧供的状态下,角膜才能保持稳定的水合状态,保证角膜透明性^[8],因此接触镜应具有一定的透氧性,以维持正常的眼生理循环。

极谱法测试仪是目前用于测量接触镜氧气透过量的重要仪器,其适用范围广,不仅可以测量软性亲水性接触镜,还可以测量硬性透气性接触镜^[9],应用领域也十分广泛,如:接触镜生产研发公司、制造企业、计量质检、注册检验等行业与部门。

由于极谱法测试仪的计量校准目前行业内没有统一标准,质量监管没有统一方法,导致仪器性能无法准确评价,仪器质量良莠不齐。随着接触镜的使用越来越多,无论是从规范接触镜的产品质量和计量监管,还是从有效验配、控制近视、保护消费者视力健康的角度,都急需解决接触镜极谱法测试仪的计量校准和量值溯源,以解决接触镜透氧性能准确测量的实际问题。

目前,极谱法透氧测试仪的校准存在一定的技术难题,这主要源于测试仪器本身的复杂性以及接触镜材料的特殊性。有效的校准模块对于确保测试仪器的准确性和可靠性至关重要,但在实际应用中却面临一系列挑战。因此,本文旨在探讨极谱法透氧测试仪的校准问题,分析其中的难点和挑战,提出可能的解决方案,为推动该领域的研究和发展提供有价值的参考。

2、极谱法透氧测试仪工作原理

2.1 透氧量和透氧系数

透氧系数是指在规定条件下受到单位压力差时透过接触镜材料单位厚度的氧气流量,是表征接触镜材料透氧性能的关键参数,其单位为 $10^{-11}(\text{cm}^3\text{O}_2 \cdot \text{cm})/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})$,常用 Dk 表示。透氧量是被测样品的氧气透过量,为其在规定条件下的透氧系数除以厚度,其单位为 $10^{-9}(\text{cm}^3\text{O}_2)/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})$,极谱法测试仪所测得的电流在一定条件下与镜片单位时间的透氧量成正比^[10]。

2.2 极谱法测试仪工作原理

极谱法透氧测试仪通过极谱探头,利用阴阳两个电极与通过接触镜的氧气分子反应,其中氧气分子与中心电极(阴极)接触,瞬间转化成4个氢离子形成电流^[11],如公式(1)所示。



由于电流的大小与透过的氧气分子的个数成正比,因此,通过测量产生的电流即可得到被测接触镜的透氧量,从而得到接触镜材料的透氧系数,极谱法透氧测试仪的极谱探头如图1所示,其中金色的圆形区域即为中心电极(阴极),为纯金材质,其面积即为有效的测试面积。