

第八章 实验改进与创新技能

目录:

学习目标

前言

一、DIS 技术在中学化学实验教学中的现状

1. DIS 技术与上海“二期课改”的整合
2. 实验研究类论文发表情况
3. DIS 技术创新实验论文发表情况
4. DIS 技术的价值和意义
5. DIS 实验存在的问题
6. DIS 技术与化学教学整合的展望

二、基于 DIS 的实验改进与创新技能

1. DIS 技术简介
2. 朗威 DISLab v8.0 软件的安装
3. 朗威 DISLab v8.0 数据采集器连接
4. 朗威 DISLab v8.0 传感器介绍及使用注意事项
5. 朗威 DISLab v8.0 软件界面及操作

三、基于 DIS 的实验改进与创新实践

1. 传感器的校准练习
2. 基本传感器和软件的使用
3. 多传感器的创新拓展实验实践（选择其中 1-2 个完成实验或自行设计其他实验）

第八章 实验改进与创新技能

【学习目标】

1. 熟悉各类 DIS 传感器的校准、使用及配套软件的设置
2. 能运用DIS技术改进并完成传统的实验操作
3. 能基于DIS多传感器的并行检测对实验进行改进与创新，并通过图像和数据解释化学反应的原理

前言

实验创新是化学新课程改革的基本要求，也是教师专业主动发展的根本需求，更是实施和推进素质教育的理想追求。《普通高中化学课程标准（实验）》明确指出：“通过以化学实验为主的多种探究活动，使学生体验科学研究的过程，激发学习化学的兴趣，强化科学探究的意识，促进学习方式的转变，培养学生的创新精神和实践能力。”

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》指出：实验数字化信息应用对教育发展具有革命性影响，必须予以高度重视。将先进的信息技术运用到化学实验中，运用准确的数字来证明，使实验结论更加严谨将是今后化学实验设计和教学改进的一个趋势。教师只有进一步更新观念和转变方式，更好地处理好“观念与方法、形式与内容、课时与容量”等的关系，才能更好地促进教育观念的更新、学习方式的转变、学生经验的成长和个性的发展，以更好地彰显和发挥化学学科的特点和价值。

一、DIS 技术在中学化学实验教学中的现状

1. DIS 技术与上海“二期课改”的整合

21 世纪信息技术将会深刻地影响人的生活，包括人的生活内容、生活方式和生活习惯，培养学生的信息素养，把信息技术与学科课程整合起来，使信息技术作为资料的来源、交流的平台和认知的工具，将使课堂教学发生革命性的变化。学生接受信息的渠道更加拓展，视野更加开阔，用更简捷的方式了解和认识高新技术。可以预言，当信息技术与学科课程的整合取得突破之际，实施素质教育才得以真正的落实。

上海的二期课改与时俱进的提出了信息技术与课程的整合。对高中化学课程提出新的观念：化学课程要努力体现科学素养的培养；化学课程要有利于学生终身学习、终身发展；重视学习中的体验、感悟和亲身经历，重视探究式学习，提倡学习方式的多样化；努力体现社会性和时代性，坚持实现知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三维目标。基于 DIS 的上海高中物理实验教学就在“二期课改”提出的新课程理论的支持下迅速发展起来。

事实证明，学生在平时的生活和学习中，通过经验的积累和观察已经获得了一些规律性的东西，有验证这些规律的渴望，而在传统实验中，由于条件的限制或者知识的不全面，学生“求证”的愿望往往无法实现，DIS 技术正是为学生提供了这个条件和平台。从创新人才培养的角度看，优秀的科研学者和科学家必备的两种品质：一是创新，即对未知领域的探索和思考，使用 DIS 技术可以简化试验工序，为创新提供足够的空间；二是钻研，即对结论的步步求证直至获得真理，DIS 技术则为这个过程提供了载体。

从已有的研究和报道可以得出结论：DIS 技术与上海二期课改紧密结合，将充分发挥学生创新学习的能力，真正提高学生素质。DIS 技术不仅能将复杂实验简化，更重要的是一个载体和平台，能解决的不仅仅是实验的难点，更重要的是学生认知能力和创新能力培养上的难点。

2. 实验研究类论文发表情况

以 2013 年 1-11 期《化学教育》上发表的论文统计来看，实验研究类的 96 篇论文中根据研究的侧重点，可分为实验原理的反思、实验条件的探究、实验装置的改进、实验手段的更新、实验方案的创新五大类（见图 1）。

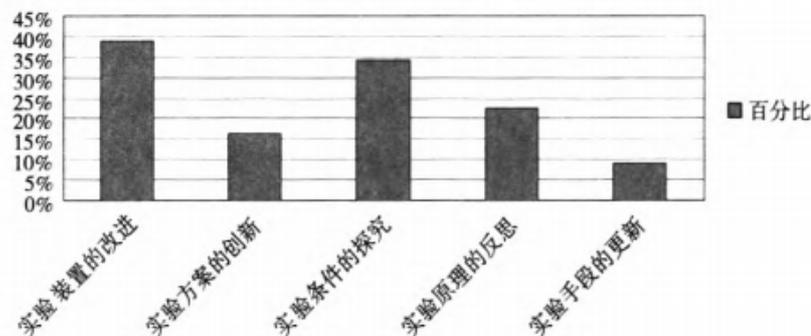


图 1 实验研究类论文的内容分布

从内容分布的比例可以看到，其中 58% (39 篇) 集中在实验装置的改进和方案创新的探究上。这其中基于 DIS 技术的实验改进与创新研究占仅 7 篇，约为实验创新改进方向论文的 1/3，文献中分别使用了 pH 传感器、电导率传感器、温度传感器、压强传感器、湿度传感器、色度传感器、O₂ 传感器、CO₂ 传感器。

3. DIS 技术创新实验论文发表情况

笔者统计了 2004 年至 2014 年期间，《化学教学》、《化学教育》、《中学化学教学参考》三种期刊中有关 DIS 技术在化学实验与化学教学整合方面的研究论文。从图 2 可以看出，3 种期刊从 2004—2014 年间发表有关手持技术与化学教学整合的文章共 51 篇，年均 4.6 篇。除 2007 年没有文章发表，2004 年和 2005 年发表的较少外，其他年份每年的论文数量有些波动，但总体上看，论文数量呈增长的趋势明显。伴随着 2007 年海南、广东、山东、宁夏 4 省区率先进入新课改，随后全国多个省区相继进入新课改，手持技术与化学教学整合的文章如雨后春笋般涌现，达到了研究的一个新高度。一方面，这种数量的变化与各手持技术公司加大了产品的宣传力度以及加强了与各高校的合作力度有关。另一方面是由于地区经济的发展，增加了对教育的投入，也为手持技术所需硬件设备及教师信息技术素养的培训提供了必要的保障。

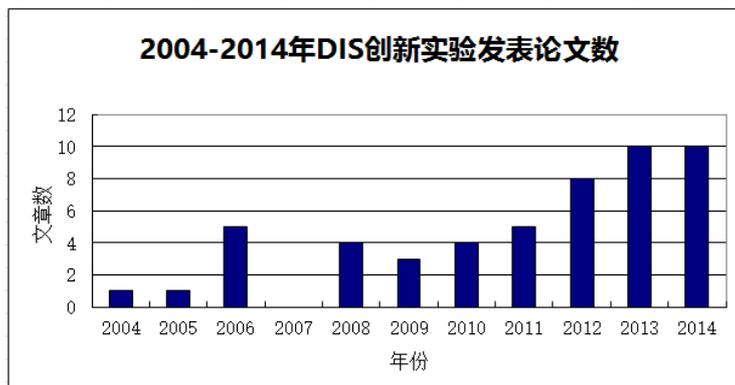


图 2 DIS 技术相关论文年代统计

4. DIS 技术的价值和意义

2015 年 5 月 25 日，由教育部和联合国教科文组织合作举办的国际教育信息化大会，在青岛闭幕。在为期三天的大会上，来自 90 多个国家的代表出席会议，围绕“信息技术与未

来教育变革”主题深入交流，达成了广泛的共识，通过了成果文件《青岛宣言》。在《青岛宣言》中提出：信息技术可以改变学习途径并使之多元化，信息技术有助于提高教学和学习质量。《青岛宣言》同时还倡导：各个国家和相关组织要共同为教育信息化发展而努力。

如果把化学实验的发展进程划分为三个时代：第一个时代(实验 1.0 版本)，即传统实验时代，常规玻璃实验器皿占据实验的角，大剂量、大仪器、繁杂装置扮演重要角色；第二个时代(实验 2.0 版本)，即微型化、替代化实验时代，这一时期凡是能“看得见”的实验现象均被充分挖掘出来；第三个时代(实验 3.0 版本)，即数字信息化实验时代，它是一个“眼见为实”的时代，能将化学反应以及化学现象的本质等逐步地转化成为能够进行监测的直观、准确、实时的数字信号，有利于学生对化学反应本质规律的深入认知与研究，其意义和价值主要表现在：

(1) DIS 实验可以全方位提升化学实验资源、数据和后处理的整合能力。这表现在利用各类传感器迅速精准测定各类数据，变原先之不可视为可见，改原先之不宜碰为可触；利用数据接收器高效、实时、准确的获取可靠的数据；利用计算机图形处理能力对获得的数据、曲线、图形等进行曲线拟合、积分、求导等复杂操作。例如，中和反应的过程涉及溶液温度的变化和 pH 的变化，通过传统的用温度计测定温度和用 pH 计测定溶液的 pH 实验耗时长、数据测定误差大、后期数据处理复杂。如果是将温度传感器、pH 传感器、电导率传感器与数据采集器同时连接，经计算机数据处理，不仅可以通过图像直观的感受中和过程中三种物理量的实时变化和相互之间的关系，更可以通过计算机数据处理理解滴定突跃和滴定终点的实质，实验结果的科学性和准确性也大大提高。同时也可以让学生感受信息技术对学习的影响，为进一步学习打好基础。

(2) DIS 实验可以全面的提升学生的科学素养和实验的探究精神

高中阶段是人生承上启下的重大时期，DIS 实验将实验数据数字化，在真实实验的基础上实现了信息技术与化学实验教学的整合，使用该技术能够完成化学热力学、化学动力学、化学平衡、溶液平衡、酸碱滴定等数百个实验，这恰好很适合高中生的生理、心理需求，从而表现为强大的教育功能。

DIS 实验能激发学生学习的兴趣，是促进学生主动学习的一个有效方法，具有激欲功能；实验能呈现化学学习所必须的感性资料，提供学习情景，具有情景功能；实验能点出问题的起点，拨动学生思维；能点出问题的关键，拨正思维方向，具有点拨功能；实验能揭示现象的本质，解释问题的原因，具有释疑功能；实验还能训练学生的思维，培养观察、操作能力，具有能力训练功能；实验有助于体验、认识和运用科学方法，有助于开展科学态度教育，有利于培养学生团结协作、积极进取的科学探究精神，具有教育功能；实验过程本身作为一种科学实践过程，能为培养学生的科学素养和创新精神提供有效的渠道和宽广的空间，具有实践创新功能。

(3) DIS 实验可以多维度的改变原有的实验观念和传统的实验方法

①从定性到定量的转变。有人说当下的时代是一个“读图”的时代，图像直观、清晰的表征性能很好地帮助学生掌握和理解化学本质，传统中学化学实验可以观察到实验过程中出现的现象，但难以进行量化处理。而 DIS 实验通过数字传感技术，可以将采集到的实验过程完整数据，经由计算机配套软件处理后以表格和图像的形式呈现出来。如：在“浓硫酸的吸水性”实验中用相对湿度传感器进行对比实验，可分别测定有、无浓硫酸的密闭容器中空气的相对湿度变化曲线，将传统的定性实验进行量化改造。

②从表象到本质的转变。数字化实验在中学化学实验教学中的引入可以大大优化教学过程，让一些难理解的科学概念和原理，借助于 DIS 的直观演示和数据分析，达到快速突破化学教学难点的目的。如弱电解质稀释过程中导电性变化，是中学化学教学中的一个难点，教学中单一的理论探讨对学生无异于纸上谈兵。而应用数字化技术，用电导率传感器监测冰

醋酸中随着水的加入，溶液中电流的变化，从实验的数据可以直观看出：随着水的加入，冰醋酸的电流先增大后减小。数字化实验通过各种手段抛开化学研究过程中那些表面的、次要的、非本质的因素，将内在的、重要的、本质的东西表现出来，有利于激发学生的学习兴趣，并为感性认知内化为理性概念奠定了基础。

③从质疑到探究的转变。传统化学实验中常常会遇到实验结果和实验预期不一致的情况，引发学生对化学实验，甚至对化学教师的质疑，这就需要实验技术手段的优化和更新。如“乙醇分子结构的测定实验”是高中化学教材中定量实验之一，但很多化学教师也只是进行了理论探究或纯数据探究，根本不敢以真实实验来探究，因为实验结果常常和理论数据相距较大。通过 DIS 实验就会发现通过压强传感器测量密闭烧瓶中的压强变化，虽然测得的压强总体上呈增大的趋势，但局部却是时减时增，这说明了乙醇的挥发对本实验有着比较显著的影响，DIS 实验发掘出的这一教学“意外资源”可在一定程度上培养学生综合分析问题的能力，培养他们讨论、思考、沟通、展示的能力，把新课标的理念和目标落到实处。

(4) DIS 实验可以根本上改变传统化学教学的结构和模式

从化学实验 1.0 版本向化学实验 3.0 版本的跨越，不只是仪器和操作方法的改变，更多的是实验观念、设计思想的改变。在化学实验 1.0 和 2.0 时代，化学实验具有简单、易于操作等优点，但实验仪器和装置用途比较单一，实验结果需要依赖于人工读数和记录，实验者难以观测到快速变化的过程，不便于复杂化学问题的研究；而数字化实验通过高频率、高精度地数据采集和自动化测量，实时记录下转瞬即逝的实验的每一个过程，并能对动态的实验数据信息进行综合的、多维的分析。传统实验和数字化实验在构建学生的化学一学科认知系统上具有不同的模式（如图 3 所示）。数字化实验带给学生的不是“验证”而是“推理”，这大大开拓了师生的视野，激发了学生的积极性，可以从根本上改变传统化学教学的结构和模式，培养学生的创新精神和研究意识，提升学生的学习力。



图 3 传统实验和数字实验认知模型示意图

5. DIS 实验存在的问题

当然，就目前 DIS 技术在中学化学实验的改进与创新过程中也不可避免的存在一些问题：

(1) DIS 设备层面存在的问题

一方面，DIS 仪器的价格相对传统实验用品要高很多，这导致 DIS 设备大规模装备中学实验室目前存在相当的难度；另外一方面，各种传感器的保存、使用和保养大多需要一些特殊条件。如 pH 传感器探头在不使用时应浸泡在浓度为 3.3 mol/L 的 KCl 溶液中，在使用之前应在去离子水中浸泡数小时，为保证探头的灵敏性，还需要使用标准缓冲溶液进行校正以确保数据的精确。由于各种必需试剂的缺失、教师素养的不足，导致 pH 传感器探头前期处理不足，部分教师在使用 DIS 设备进行实验时，数据的重现性和稳定性不是很好，在测定相同溶液的 pH 时，不同厂家生产的探头测得的数据也可能存在一定的差距。

(2) 教师层面存在的问题

国内一些学者与化学教师也在积极地将 DIS 技术应用于现行化学新课程的部分探究实

验, 尝试用定量的手段探究传统以演示定性为主的化学实验。然而, 国内应用 DIS 技术进行化学实验探究的案例稍显有限, 即研究者在运用 DIS 技术进行相关实验案例的开发方面仍有待努力。同时, 对已有研究分析发现, DIS 技术在化学课堂教学上的应用较少, 这可能与教师观念与技术水平、学时安排及考试评价方式等因素有关。已有研究较多关心实验结果的数据化, 似乎很少提及学生在探究中的主体地位, 即在一定程度上忽略了如何引导学生利用 DIS 技术进行探究促进对某个化学概念或原理的深度理解。

(3) 学生层面存在的问题

在目前中学环境下, 中学生平时较少接触到 DIS 技术这类现代仪器。因此在教学中使用 DIS 技术, 往往会出现学生的注意力集中在仪器上, 而不是实验内容本身上。如在测定离子反应过程中的电导率变化时, 有的学生对磁力搅拌器的磁子十分感兴趣, 而忽视了实验本身的现象。

(4) 实验研究问题层面存在的问题

① 实验研究问题趋于简单

2004-2014 年期间发表的 DIS 技术在化学实验方面的实践探究文献中只有 7 篇文献研究的问题有些难度, 涉及到大学化学中的吸光度知识, 需将测得的数据进行转换, 由溶液的吸光度得到浓度的数值, 而其余文章在研究问题的选择上都是所测即所得, 也就是说用相应传感器测得的数据就是实验需要的结果, 不需进行额外的换算, 且从实验设计的步骤和操作上来说, 都相对简单。这样的处理对 DIS 技术的入门和教师的初次接触来说, 无疑是有益的, 但长期沉溺于这样简单问题的研究中, 不利于 DIS 技术研究水平的真正提高, 也不能最大限度地发挥 DIS 技术在化学实验中的优势作用。

② 实验研究方法单一化

2004-2014 年期间的 51 篇基于 DIS 技术的实验改进文献的研究课题中使用了诸如 pH 传感器、温度传感器、电导率传感器、色度计传感器、压强传感器、电流计传感器、氧气传感器、二氧化碳传感器、光强度传感器、湿度传感器、滴数传感器等, 种类多达 11 种, 但只有 2 篇文献的研究问题是采用传感器的联合使用, 其余文献的化学实验都是利用 1 种传感器进行单因素研究, 这反映出实验方法呈现简单化的趋势。DIS 技术的数据采集器有多个传感器接口, 支持多个传感器的同时使用, 进行这方面的研究可以拓展实验开发范围, 充分发挥 DIS 技术的功能。

③ 重复研究内容过多

从统计还可以看出, 虽然从实践层面研究 DIS 技术与化学教学整合的文献多达 40 篇, 但实践层面研究的思路存在很大的局限性, 如有 6 篇文章涉及 DIS 技术在弱电解质电离平衡中的应用, 有 4 篇文章涉及 DIS 技术在酸碱中和滴定中的应用, 与传统实验研究中侧重于实验的改进相似, 存在重复劳动, 没有真正从实验开发和设计的角度进行研究。

④ 增加实验复杂性、不可靠性

对实验的创新主要源于教与学的需要, 经济快速、操作简便、现象明显、成功率高是实验创新的目的所在。对于教材中的实验, 有无必要进行数字化实验设计, 应根据其在教材中所处的地位和现有实验效果来确定。如果滥用数字化实验来改进教材实验, 就可能造成实验成本升高、装置复杂、教学效果提升有限等方面的问题。如将 NO_2 溶于水的实验设计成图 4 所示的数字化探究实验势必会增加实验成本、使实验装置变得更复杂。

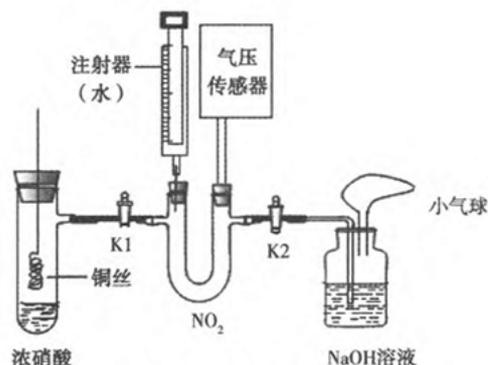


图 4 NO₂ 溶于水的数字化创新实验设计

6. DIS 技术与化学教学整合的展望

(1) 进一步深化、加强理论研究

2004-2014 年间,有关 DIS 技术与化学教学整合的研究成果,主要集中在实践研究层面,只有一小部分研究人员运用教育学、心理学相关理论从理论层面对 DIS 技术与化学教学整合进行研究。需进一步深化、加强理论研究为使用 DIS 技术的中学教师提供参考,结合学生认知发展的心理特点,更有效地利用 DIS 技术进行化学教学实践。

(2) 丰富传感器的种类,开展多种传感器的联合使用

DIS 技术传感器种类的丰富与否,极大地决定了化学复杂性实验开发的空間。在 2004-2014 年的 51 篇论文中用到了 pH 传感器、温度传感器、电导率传感器、压强传感器等。将来的研究中可使用浊度传感器、氯离子传感器、酸根离子传感器等或将物理中常用的电压传感器等引入到化学复杂性实验的研究中,以进一步扩展研究视野。

目前基于 DIS 技术的常规化学实验多数只使用 1 种传感器来表征化学变化过程,其实除了少数传感器不能同时使用外(电导率传感器与 pH 传感器或者电流传感器由于产生干扰不能同时使用),2 种或者 2 种以上传感器同时使用,能够更加直观地反映化学变化的过程。比如酸碱中和滴定过程中温度传感器和 pH 传感器的同时使用,镁与盐酸反应时压强传感器和 pH 传感器的同时使用等。

(3) 建立 DIS 技术应用的课题库或课程体系

DIS 技术应用于教学可以有效地培养和增强学生的信息素养能力、提高学生学习的兴趣,有效促进学生与学生以及学生与教师之间的交流等。DIS 技术作为一种新的实验手段,能够更好地帮助学生学习,拓展了学生学习的范围。为此建议使用 DIS 技术的中学教师有效建立相关 DIS 技术应用的课题库或课程体系,紧紧围绕激发学生对 DIS 实验的兴趣,培养学生动手操作能力、理论联系实际能力、应用规律解决问题能力,为学生的学习提供更好的帮助。

二、基于 DIS 的实验改进与创新技能

1. DIS 技术简介

数字化信息系统,简称“DIS (Digital Information System)”,是一种基于传感技术和计算机技术的自然科学实验研究平台。该系统主要由传感器(及其适配连接装置)、数据采集器和电脑及配套分析软件组成(见图 5),集数据测量、自动控制、数据记录、智能化数据分析和测量结果多模显示于一体。使用时,由各类传感器探测各类实验数据信息,并实时传输到数据采集器,数据采集器将有关信息转化为数字形式传输到计算机,自动或手动由电脑运行实验软件包,完成对实验过程和结果的实时显示、监控、记录、图像绘制、数据处理与分析。DIS 技术是一个完整的现代化的教学技术平台,是应用现代信息技术进行学习的一种新

的技术手段和方法。



图 5 DIS 系统组成示意图

下面以朗威 DISLab v8.0 为例，分别介绍软件的设置和硬件的使用。

2.朗威 DISLab v8.0 软件的安装

通过光驱或 usb 安装朗威 DISLab 软件，根据安装向导说明，选择安装路径后，安装程序将启动（见图 6）。根据提示完成安装后，弹出安装成功，如图 7。



图6 朗威DISLab v8.0安装界面



图7 朗威DISLab v8.0安装完成界面

运行朗威 DISLab v8.0 软件对计算机硬件的最低配置要求，见表 1。

表 1 安装朗威 DISLab v8.0 软件的计算机最低配置

配置名称	最低配置
CPU	Intel P3 1.6G 或赛扬1.7G

内存	1G
显示卡	SVGA, 16 位色, 800×600
硬盘	10G 剩余空间
光驱或USB	32 倍速以上光驱
其它设备	15 寸以上显示器、键盘、鼠标
操作系统	简体中文版Windows XP及以上

3.朗威 DISLab v8.0 数据采集器连接

朗威 DISLab 数据采集器是传感器与计算机之间重要的连接设备，具备传感器识别、数据转换、数据同步及数据上传的功能，数据采集器分为四通道采集器和单通道采集器。

(1) 四通道数据采集器



图 8 四通道数据采集器

朗威 DISLab 四通道数据采集器是目前的主流产品形态，包含主机、有线接口和无线接口三个基本模块。可通过接插 USB 通讯线，实现与计算机的实时通讯并借助计算机给采集器供电。有线接口设有四个传感器连线插口（图 8），也可更换无线接口进行无线数据传输。更换接口，可令采集器在有线采集和无线采集两种工作状态下切换。

(2) 单通道数据采集器

朗威 DISLab 单通道数据采集器是针对单传感器实验而推出的简化版采集器，按照与传感器的通讯方式，分为有线和无线两种类型。单通道有线数据采集器（简称：单通道数据采集器）从采集电路上引出一根传感器连线，用于接插传感器，采集器上设有一个 Micro USB 插口，通过 USB 数据线与计算机通讯；单通道无线数据采集器（简称：无线接收器）仅为一个带 A 型 USB 插头的蓝牙无线接收装置，使用时直接插入计算机，即可与接插了无线发射模块的传感器或具有无线通讯功能的智能实验仪器通讯，见图 9。



图 9 单通道有线采集器（左）、单通道无线采集器（右）

4.朗威 DISLab v8.0 传感器介绍及使用注意事项

朗威DISLab传感器可按学科划分为物理、化学、生物和地理等多种类别，部分传感器可多学科通用，见表2。

表 2 朗威 DISLab V8.0 系列传感器参数及性能简表

编号	名称	测量范围	分度
----	----	------	----

1	力传感器A/B	-20N~+20N/-50N~+50N	0.01N/0.1N
2	微力传感器	-2N~+2N	0.001N
3	力/倾角传感器	-20N~+20N/-180°~+180°	0.001N/0.1°
4	分体式位移传感器	0cm~200cm	1mm
5	一体式位移传感器	0.15m~6m	1mm
6	小量程位移传感器	0mm~50mm	0.1mm
7	光电门传感器	/	2μS
8	加速度传感器	-50~+50m/s ²	0.01m/s ²
9	旋转运动传感器	130 转/ 秒	0.2°
10	温度传感器A/B	-20℃ ~+130℃ /-50℃ ~+200℃	0.1℃
11	快速温度传感器	-20℃ ~+130℃	0.1℃
12	高温传感器	0℃ ~1200℃	1℃
13	红外温度传感器	-20℃ ~+200℃	0.1℃
14	压强传感器A/B	0 kPa ~300 kPa/0 kPa ~700 kPa	0.1 kPa
15	相对压强传感器	-20kPa~+20kPa	0.01 kPa
16	声波传感器	20Hz~20kHz	1Hz
17	声级传感器	20 dB ~120dB	0.1dB
18	光照度传感器	0 lx ~ 10000lx	2 lx
19	双量程光照度传感器	0 lx ~ 5000lx 5000lx ~ 50000lx	1 lx 10 lx
20	相对光照度分布传感器	60mm	12 点/毫米
21	电流传感器A/B	-2A~+2A/-200mA~+200mA	0.01A/0.1mA
22	多量程电流传感器	-2A~+2A/-200mA~+200mA/-20mA~+20mA	0.01A/1mA/0.1mA
23	微电流传感器	-1μA~+1μA	0.01μA
24	电压传感器A/B/C	-20V~+20V/-200mV~+200mV/-600mV~+600mV	0.01V/0.1mV/0.1mV
25	多量程电压传感器	-20V~+20V/-2V~+2V /-0.2V~+0.2V	0.01V/0.001V/0.1mV
26	频率传感器	1Hz~1mHz	1Hz
27	静电传感器	-100nC~+100nC	1nC
28	静电计	-100nC~+100nC	1nC
29	磁感应强度传感器A/B	-15mT~+15mT/-100mT~+100mT	0.01 mT/0.1 mT

30	电子罗盘传感器	0°~359°	1°
31	G-M 传感器	0~40000次脉冲/分	1 次/分
32	pH 传感器	0~14	0.01
33	电导率传感器	0 mS/cm~20mS/cm	0.001 mS/cm
34	色度传感器	透光率: 0~100%	0.1%
35	浊度传感器	0 NTU~400NTU	0.1 NTU
36	氧化还原传感器	-500mV~+1200mV	1mV
37	二氧化硫传感器	0 ppm ~ 20ppm	0.01 ppm
38	气态酒精传感器	0mg/L ~ 2mg/L	0.01mg/L
39	氧气传感器	0 ~ 100%	0.1%
40	二氧化碳传感器A/B	0ppm ~ 5000ppm/0 ppm ~ 50000ppm	1 ppm/10 ppm
41	相对湿度传感器	0 ~ 100%	0.1%
42	溶解氧传感器	0 mg/L ~ 20mg/L	0.01 mg/L
43	溶解二氧化碳传感器	4.4 ppm ~ 1800ppm	0.1 ppm
44	心电图传感器	-5mV ~ +5mV	/
45	呼吸率传感器	/	1 次/分钟
46	心率传感器	0次/分钟 ~ 200次/ 分钟	1 次/分钟
47	GPS 传感器	经度: E 0~180°/ W 0~180°; 纬度: S 0~90°/N 0~90°	0.00001°
48	流速传感器	0m/s~4m/s	0.01m/s
49	风速传感器	0.3m/s~45m/s	0.1m/s
50	盐度传感器	0~10ppt	0.001ppt
51	声音传感器	20dB ~ 120dB	0.1dB
52	二氧化碳传感器C	0ppm ~ 5000ppm	1ppm
53	表面温度传感器	-50℃ ~ +130℃	0.1℃
54	土壤温度传感器	-40℃ ~ +60℃	0.1℃
55	土壤湿度传感器	0 ~ 100%	0.1%

传感器可配合数据采集器、计算机进行实验数据的采集,该应用模式是数字化实验教学的基本形态。此外,传感器还可以接插数据显示模块脱机使用,接插无线发射模块配合移动平台使用。

(1) 传感器无线发射模块

朗威 DISLab 传感器无线发射模块是实现“传感器-采集器”无线传输(图 10),或为各种移动平台提供无采集器使用支持的重要设备。该模块可直接或通过转接模块接插在传感器上,以蓝牙方式向无线采集器或移动平台实时传输测量数据。在无遮挡物情况下,通讯距离为 3-5m。



图10 传感器与无线发射模块

(2) 传感器数据显示模块

朗威 DISLab 传感器数据显示模块是实现传感器脱机使用的创新设备。该模块可直接或通过转接模块接插在传感器上，实时显示并 4Hz 的频率存储传感器的测量数据（图 11）。实验结束后，可以通过有线连接的方式，将最后一次储存数据上传至计算机。



图 11 声级传感器与传感器数据显示模块连接

5. 朗威 DISLab v8.0 软件界面及操作

朗威 DISLab v8.0 软件按功能划分，主要包括三类软件：辅助软件、专用软件和通用软件。

(1) 辅助软件

朗威 DISLab v8.0 的辅助软件目前包括传感器校准软件和数据导入软件两大类。其中，数据导入软件主要用于将朗威传感器数据显示模块中的测量数据上传至计算机，当数据显示模块与计算机连接成功后，软件自动识别并显示模块最后一次记录的数据（最大储存量为 150 万组），单击“下载数据”可弹出数据浏览窗口显示实验数据；也可单击“数据导出”可对数据显示模块中存储数据导入到计算机中。下面主要介绍传感器校准及对应校准软件的使用方法。

校准，是指在规定的条件下，为消除仪器的测量误差而进行的操作。由于传感器随着实验使用或受环境温湿度的影响，原本相对准确的敏感器件也将呈现出误差，所以需要在实验之前对其进行校准。鉴于朗威 DISLab“软件硬件一体化”的结构特性，传感器的校准需要有软件支持，故专门开发了传感器校准软件。

传感器校准软件的主要服务对象是生化类传感器：pH、溶解氧、色度、浊度等。因每种传感器校准要求不同，故校准软件也是以类似专用软件的形式呈现的，各传感器的校准界面、校准方法均有不同。下面主要介绍化学探究实验中常用的 pH、色度传感器的校准方法，其他传感器的校准方法基本相同，可参阅帮助说明。需要指出的是，各类传感器的校准只能在数据采集器第一通道进行。

① pH 传感器校准

在标准状况下（25℃）配制 pH 值为 4.00、6.86、9.18 三种 pH 标准缓冲溶液（各试剂商店均有销售）。将 pH 传感器接入数据采集器第一通道，传感器电极按操作规程分别插入

pH 为 6.86、9.18、4.00 的标准缓冲溶液中，待显示窗口示数稳定后，单击下一步即可完成操作（图 12）。



图 12 pH 传感器的校准

需要指出的是，如果溶液环境不是标准状况，标准缓冲溶液的 pH 值会出现偏差，需要根据标准缓冲试剂外包装上的说明书进行修正，将试剂说明书上的修正值（见表 3）填写在软件中标准值一栏中即可。

表3 标准缓冲溶液的pH值与温度关系对应表

温度℃	0.05mol/L 邻苯二甲酸氢钾 pH=4.00	0.025mol/L 混合磷酸盐 pH=6.86	0.01mol/L 硼砂 pH=9.18
15	4.00	6.90	9.28
20	4.00	6.88	9.23
25	4.00	6.86	9.18
30	4.01	6.85	9.14

②色度传感器校准

将色度传感器接入数据采集器第一通道，分别将盛有色度为 0% 的标准黑体（不透明的物块）和盛有色度为 100% 蒸馏水的比色皿按操作规程放入传感器中，待显示示数稳定后，单击下一步即可完成操作，见图 13。

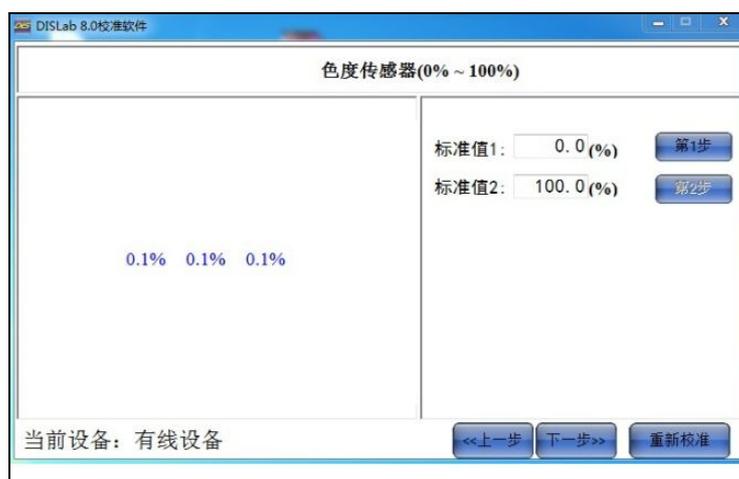


图 13 色度传感器的校准

(2) 专用软件

朗威 DISLab 专用软件可以理解为“面向对象”的软件。这里所谓的“对象”，指的是具体

的实验。与通用软件针对传感器选择和功能模块的调用所提供的自主性和随机性的架构不同，专用软件按照具体的实验要求，对传感器的选择和功能模块的调用进行了限定，并预设了相应的实验操作步骤及先后顺序。

在软件主界面中选择生化专用软件，并在打开的专用软件中选择需要进行的实验操作，见图 14。

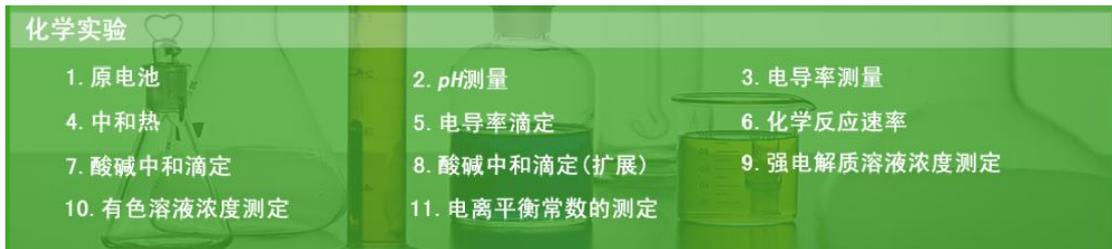


图 14 朗威生化专用软件

专用软件界面根据不同的实验需要记录、显示的数据包含的内容各不相同，图 15 分别为原电池电流测定、pH 测定、酸碱中和滴定的专用软件界面。可以看出，各软件界面通常由实验名称栏、数据显示区域、表格区域、绘图区域、按钮工具和辅助按钮组成，也可能只包含其中一部分。另外，专用软件在设计之初，就根据具体实验要求设定了使用传感器和处理实验数据的流程和规范，并且具有对不符合流程、规范的操作进行提示的功能。

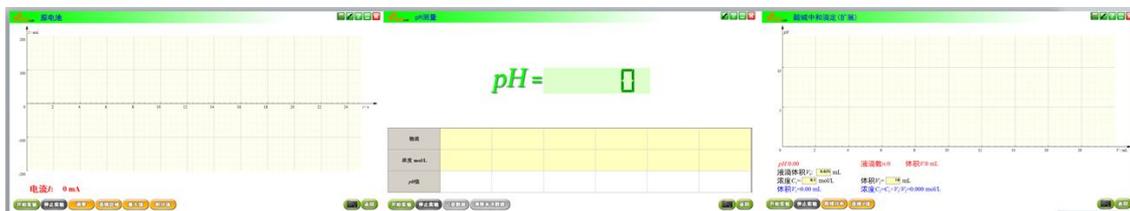


图 15 原电池电流测定、pH 测定、酸碱中和滴定专用软件界面

(3) 通用软件

朗威 DISLab 通用软件可以理解为是一种“面向过程”的软件。这里所谓的“过程”，指的是围绕着实验操作而进行的传感器的选择和软件各功能模块的调用等一系列操作。通用软件保证和支持了用户拥有针对传感器的选择和软件功能模块调用的充分的自主性、随机性，对过程的发生顺序没有严格限制，尤其没有按照具体的实验制定相应的使用规程。之所以被称为“通用软件”，其通用性就在于：软件中的功能模块可被用来支持各种实验，而教师和学生也可以根据特定的实验需求随时使用其中的全部或部分功能，其初始界面见图 16。

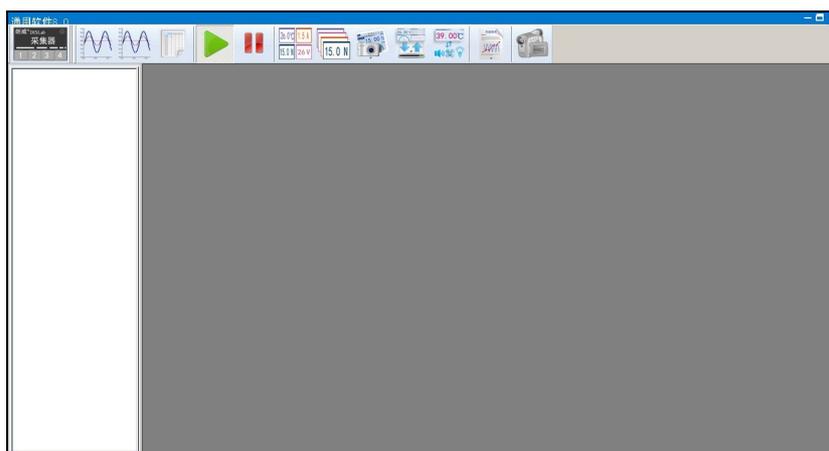


图 16 通用软件初始界面

朗威 DISLab 通用软件由几十个基本功能模块构成，这些模块的独立或组合使用，即构成了实验操作的过程。其主要模块包括：传感器窗口、数据记录和计算表格窗口、图线设置和分析窗口、数据存储和调用以及辅助工具等。主要功能包括：传感器即插即用、自动识别、并行采集、组合显示、智能坐标、数据计算、图线分析（拟合、求导、积分）、数据（含图线）保存等，下面对其中主要功能和设置进行介绍。

①工具栏图标与功能



图 17 通用软件工具栏

图17从左往右依次为：

- 采集器工作状态

显示采集器是否正常工作，当计算机无法与数据采集器通讯时，该图标即变成灰色。当接入传感器时图标下方相应通道的颜色会变为绿色。

- 组合图线 1、2

选中后可显示各类传感器采集获得数据的变化曲线，包括各类自定义变量。

- 表格数据

选中后可以自行以表格形式记录采集数据，也可自定义变量后转化为对应数据。

- 启动采集与停止采集

用于控制四路数据通道开始与停止数据采集，其功能相互激活，一般默认为开启。

- 窗口排列

有“平铺窗口图标”和“层叠窗口图标”两种窗口排列方式。

- 保存图像

用于将当前的软件窗口以图像文件（默认*.jpg 格式）的形式保存到计算机。单击该图标，可通过弹出的窗口选择保存路径并确定文件名。

- 保存实验设置、调出实验设置

“保存实验设置”用于保存实验过程中的设置，便于以后进行同类实验时调用。“保存实验设置”的内容包括：传感器采集频率，组合图线添加的图线、增加的变量、图线的设置等。

- 回控设置

用于打开回控系统软件界面。

- 实验报告

用于实验报告的编写、发送和接收。

- 实验录制

用于通过外置或内置摄像头进行实验操作的录制。

- 光电门设置

光电门传感器接入数据采集器后，会在软件工具栏出现光电门图标，单击光电门图标，打开如图 18 所示窗口（接入光电门传感器时自动弹出）。设置方法对所有光电门传感器均有效。使用之前，选择挡光片的类型。有四种可选：“I 型”、“U 型”、“单摆”和“计数”。化学实验中通常选用“计数”，可用于酸碱滴定实验中加入滴定液的滴数计量。



图 18 光电门传感器设置

②传感器数据窗口

采集器连接传感器后，即在软件窗口（右侧）显示当前的传感器测量值和单位，并同时显示该传感器所属的数据通道序号、类别、测量范围。为满足复杂实验中同时测量的需求，采集器可以同时接入四只传感器，但控制面板（左侧）每次只能控制或设置当前选中的窗口（图 19）。



图 19 传感器数据显示窗口

③传感器数据窗口控制面板功能

- 显示方式

显示方式位于控制面板上方，根据不同需求，将测量数据显示方式设成“指针”、“数字”、“曲线（示波）”三种形式，如图 20 所示。

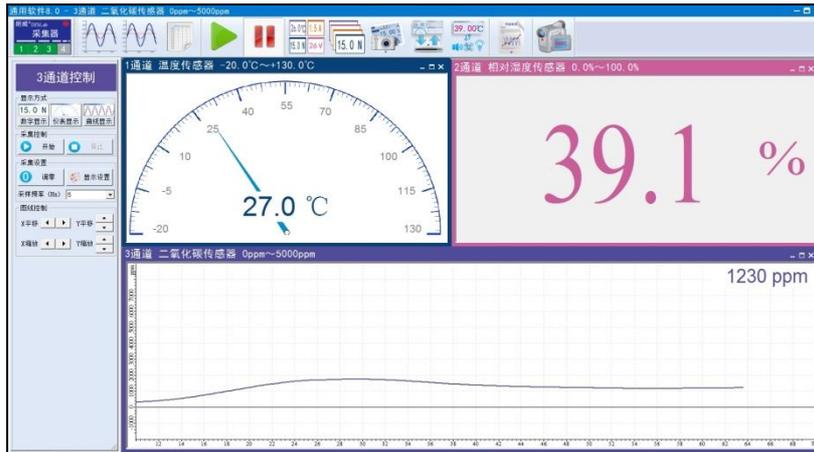


图 20 传感器的“指针”、“数字”、“曲线”显示方式

- 采集控制

采集控制分为“开始”与“停止”两个按钮。当窗口为示波显示时，单击“开始”后，时间从零计时。为了实验的准确性和时间的连续性，本软件没有“暂停”功能。

- 调零

所有传感器出厂前均已校准。但由于电子元器件性能随温度、湿度变化的原因，可能出现传感器零点漂移现象。因此，软件中设置了“调零”功能。单击“调零”，传感器的示数即为零。“调零”功能是对传感器单点校准，关闭软件或重新插拔传感器后，传感器数据仍将保留在传感器中。

- 显示设置

用于传感器数据窗口数字或示波显示时，对数字或图线的颜色进行调整。

- 采样频率

数据采集器采用非连续采集数据的方式，即每隔一定时间采集一次数据，所以需要根据被测量值信号频率的高低，对采集器的采样频率进行调整。停止采集以后，采样频率才可进行调整（图21），软件中所设置的频率值如下（单位Hz）：20K（仅适用于声传感器）、5K、1K、500、200、100、50、20、10、5、2、1、0.5、0.2、0.1。

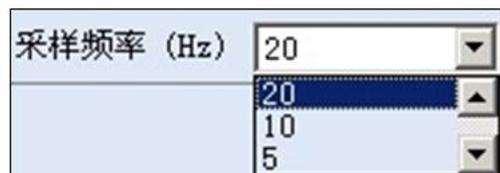


图 21 采样频率调节

每种传感器接入后，软件都设置了默认的采样频率，能够满足常规实验。若实验需要，请按照“采样频率等于被测信号频率的 10 倍左右”的原则进行调整。

- 图线控制

“图线控制”在示波显示方式下使用。可实现对图线四个方向平移及纵横坐标轴的缩放。本功能也可通过光标拖动坐标轴来实现，本文不对此详细介绍。

- 鼠标右键功能

示波显示下，在传感器窗口中，单击鼠标右键，窗口中弹出如图 22 所示菜单。其中，“显示图线中的数据点”用于显示按实际采样频率采集到的数据点；“鼠标显示坐标值”功能则能够让随时获得图线上的某一个点对应的实验数据；“坐标设置”用于设置坐标系的显示上下限和坐标值（图 23），方便数据的观察。

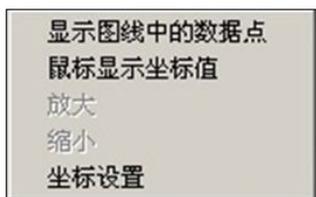


图 22 鼠标右键功能菜单



图 23 图线坐标设置窗口

④表格数据

单击工具栏中的“计算表格”图标，可打开如图 24 所示的表格数据窗口。表格左起第一列为次序列，第二列为实验数据列，实验数据列最多为四列。

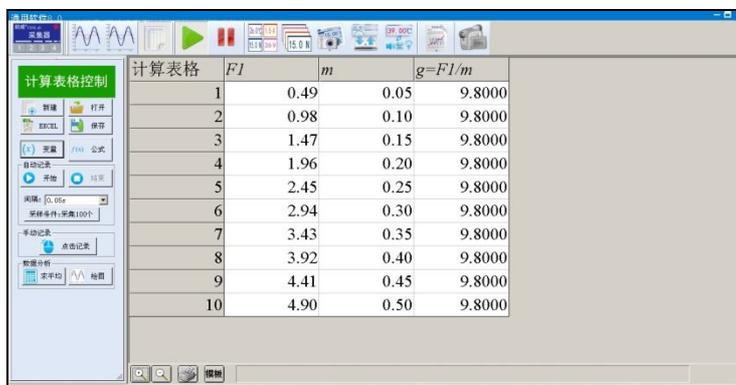


图 24 计算表格窗口

实验数据列首行显示该列实验数据的系统默认代码，便于代入表达式进行运算。系统默认代码的命名规则为“测量值英文缩略+ 通道序列号”，图中 F1 指力传感器测量数据，m 为变量数值。测量值的英文缩略及单位均按照国际标准设定，见下表 4。

表4 测量值英文缩略及单位

测量值	电流	电压	微电	温度	压强	力	时间	位移	磁	pH
缩略	I	U	I	T	P	F	t	S	B	pH
单位	A	V	μA	℃	kPa	N	s	m	mT	/

测量值	加速度	声级	电导率	光照度	色度	浊度	氧气	湿度	盐度	溶解氧	溶解CO ₂
-----	-----	----	-----	-----	----	----	----	----	----	-----	-------------------

缩略	a	SI	K	L	T	TU	O2	RH	C	DO	DCO 2
单位	m/s ²	dB	mS/cm	lx	%	NTU	%	%	ppt	mg/L	ppm

测量值	氧化还原	呼吸率	二氧化碳	二氧化硫	旋转运动	水流速/风速	气压	电子罗盘
缩略	ORP	RR	CO2	SO2	R	V	P	Az
单位	mV	C/min	ppm	ppm	rad	m/s	hPa	°

下面就数据表格中的几项重要操作做进一步介绍：

● 记录

用手动和自动两种方式将实验数据记入表格。手动记录是通过单击“点击记录”按钮，可将当前数据以数据列的形式记入表格中（光电门传感器除外）。

使用自动记录时，首先选取自动记录数据的时间间隔，可单击“间隔”窗口中的下拉条（范围 0.001~60s）进行选择，然后单击“开始”，即可按照此间隔将数据自动记录到表格内，同时记录各个数据对应的时刻（代码为 t）。单击“结束”，即可结束记录。使用自动记录功能时，可以通过预设采样条件来控制结束记录数据，单击“采样条件”按钮，在“采样条件设置”（图 25）中可设置为“按时间”、“按采样数”进行采样。设置成功后，单击“开始”将自动记录数据，并且在表格下方蓝色的进度条中观察记录数据的进度，当满足设置条件后停止记录。采样条件设置的内容在软件关闭后将被保留，直到重新设置后才会更新。软件的初始设置为“不启用采样条件”。



图 25 采样条件设置窗口

需要注意的是：使用自动记录时，采集器的采样频率应高于设定的自动记录频率。如采集器采样频率为默认的 5Hz 时，自动记录的时间间隔应大于 0.2 秒。

● 添加自定义公式

公式设置有两种方式：一是直接选取系统公式库中的预定义公式，二是使用自定义公式。从图 26 可以看出，朗威 DIS 软件自带的预定义公式还是以物理学中的公式为主，因此在化学实验使用时，经常需要进行自定义公式。

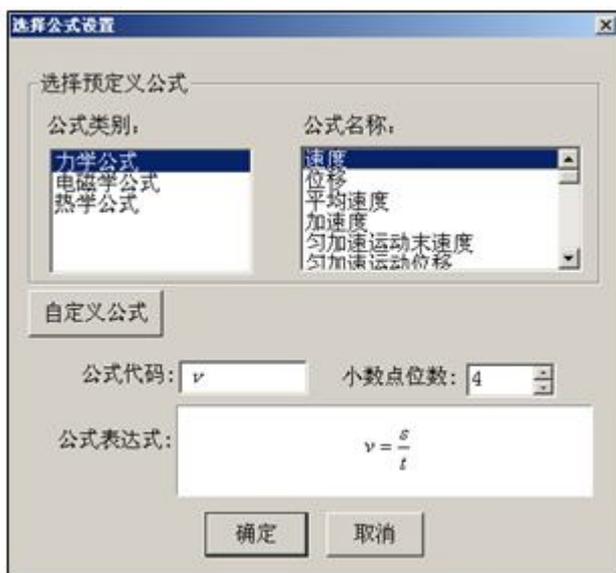


图 26 公式的设置

自定义公式的操作：单击图 26 中“自定义公式”，在公式代码框中输入测量值代码，在公式表达式栏内输入表达式（不必输入=）。表达式由数据、运算符、函数、实验数据和变量的代码组成。运算符有：+（加）、-（减）、*（乘）、/（除）、^（乘方）等；特殊数值如“ π ”可以用 pi 代表（精确到 3.1415926）；表达式支持的函数见表 5，使用函数时，要用括号将函数名后的参数括起来，如： $\sin(x)$ ， $\lg(y)$ 。

表 5 软件支持的数学函数

函数	正弦	余弦	正切	余切	常用对数	自然对数	e^x
代码	sin	cos	tan	atan	lg	ln	exp

如果要对已输入的公式进行更改，可以双击表格中公式表达式所在的单元格，在公式表达式一栏中对原公式进行修改。

⑤ 组合图线

单击“组合图线”可打开组合图线窗口（可同时打开两组组合图线窗口）。该功能提供数据（含计算表格内数据）的描点、绘图、分析和处理功能。本软件共含两个组合图线分析窗口，可以分别进行设置，用于显示不同的物理量组合，两个窗口使用方法完全相同。

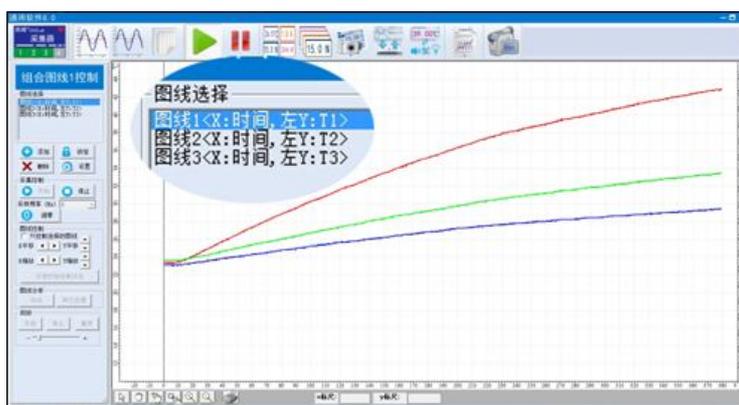


图 27 组合图线分析

如图 27 所示，右侧为图线显示窗口，左侧是组合图线控制面板。控制面板包含以下功能：

- 添加新图像

单击“添加”按钮，出现如图 28 所示窗口，用于设定图线参数并新增图线。x、y 轴所代

表的物理量可以在对应栏下选取。y 轴坐标设置与传感器量程一致，为避免因量程差异造成曲线变化幅度不明显，特设立两个纵轴坐标标度，选择“左 y 轴”曲线将以左侧纵轴为基准；选择“右 y 轴”曲线将以右侧纵轴为基准。



图 28 添加图线

其中，“以 x 轴镜像”常用于力的相互作用实验。通过取该数据的相反值，绘出一条与原图线以 x 轴呈上下对称的图线。“只画离散点”绘出按设置采集频率采集到的数据点构成的图线。上述设置均是传感器采集到的数据，若实验还要对传感器采集到的数据进行系列运算，并将运算结果显示在坐标系中，则需要“增加变量”，增加和设置变量的方法与表格数据自定义公式类似（图 29），增加自定义变量后，就可以在图 28 的“左 y 轴”或“右 y 轴”选项中选择新增加的变量，并在组合图像中绘制相关图像。



图 29 增加变量设置

- 删除

用于删除已有的图线。首先在图线选择窗口中选中该图线，单击“删除”，即可完成操作。

- 设置

对已有图线的颜色、线型、显示方式等参数进行重新设置。操作方法与“添加”相同。

- 锁定

选中某一图线，单击“锁定”，可将该图线作为参照保留坐标系在图线选择窗口内。改变实验条件重复实验后，可将新获得的图线与参照图线进行比较，总结实验条件改变对实验结果的影响。选择已锁定曲线单击“解锁”，即可解除对图线的锁定。

- 图线分析

图线分析分“拟合”与“其它处理”两大功能，“拟合”包括九种函数关系（图 30）；“其它处理”包括求导、积分、平均值、绘制包络线、最大值、最小值、删除选择数据、恢复删除的数据十项功能（图 31）。

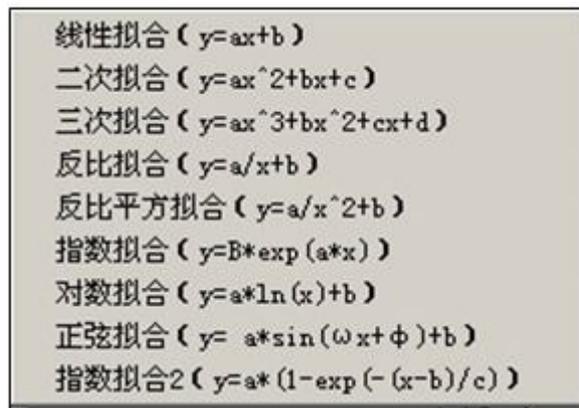


图 30 各类图线拟合函数



图 31 其他处理方法

需要指出的是：使用“拟合”与“其他处理”中的“求导”和“积分”，均要先在实验图线中选择有效区域作为研究对象。方法是：单击坐标系下方的“选择区域”按钮，可借助与光标随动的竖线选中该有效区域（图 32）。得到拟合图线的同时，控制面板内图线选择窗口还将给出该拟合图线的方程；求导则以图像形式显示导函数的曲线；积分则直接给出积分值的大小，这为进一步探究实验图线的规律提供依据。

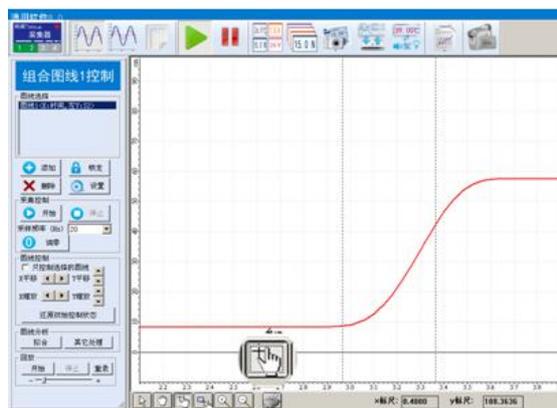


图32 选定有效区域图示

三、基于 DIS 的实验改进与创新实践

【实践任务】

1. 熟悉各类 DIS 传感器的校准、使用及配套软件的设置
2. 基于多传感器的使用对实验进行改进或创新

【第一部分】传感器的校准练习

实验内容	朗威 DIS 仪器	其他仪器	试剂
pH 传感器校准	数据采集器、pH 传感器	铁架台、铁夹、滤纸、50ml 烧杯 3 个、废液缸	标准缓冲溶液：
			0.05mol/L 邻苯二甲酸氢钾, pH=4.00
			0.025mol/L 混合磷酸盐, pH=6.86
			0.01mol/L 硼砂 pH=9.18

【第二部分】基本传感器和软件的使用

实验内容	朗威 DIS 仪器	传统仪器	试剂
溶液 pH 值的测定	数据采集器、pH 传感器	铁架台、铁夹、滤纸、50ml 烧杯 6 个、洗瓶	蒸馏水、0.2mol/L HCl、0.2mol/L HAc、0.2mol/L NaHCO ₃ 、0.2mol/L 氨水、0.2mol/L NaOH
酒精灯火焰温度测定	数据采集器、高温传感器	铁架台、铁夹、酒精灯、火柴、升降台	—
中和热的测定	数据采集器、温度传感器、中和热测定器	铁架台、铁夹、50ml 量筒	蒸馏水、1.00mol/L HCl、1.05mol/L NaOH
电导率滴定及滴定曲线一阶导数的应用	数据采集器、电导率传感器、滴定台、滴定装置	铁架台、铁夹、磁力搅拌器（配 1cm 磁子）、100ml 烧杯、10ml 移液管、洗耳球	0.2mol/L 氨水、未知浓度的 HAc（0.2mol/L）
原电池电量测定及电流图像积分的应用	数据采集器、电流传感器 B、原电池实验器	铁架台、铁夹、导线（配导线夹）、滤纸、计时器	蒸馏水、铜片、锌片、Mg 条、0.2mol/L 盐酸。
化学反应速率的影响因素	数据采集器、相对压强传感器（连接单孔橡皮塞）、Y 型管	铁架台、铁夹、试管架、10ml 量筒	碳酸钙固体、3mol/L 盐酸、3mol/L 醋酸。

【第三部分】多传感器的创新拓展实验实践（完成 1-2 个）

实验内容	朗威 DIS 仪器	传统仪器	试剂
温度对 HAc 电离平衡、电离平衡常数的影响	数据采集器、温度传感器、pH 传感器	铁架台、铁夹、酒精灯、三脚架、石棉网、100ml 烧杯	蒸馏水、0.2mol/L HAc
离子反应实质（硫酸与氢氧化钡）	数据采集器、电导率传感器、pH 传感器、滴定台、滴定装置	铁架台、铁夹、磁力搅拌器（配 1cm 磁子）、100ml 烧杯、10ml 移液管、	0.02mol/L 硫酸、0.02mol/L 氢氧化钡

		洗耳球	
混合碱的测定 1	数据采集器、pH 传感器、滴定台、滴定装置	铁架台、铁夹、磁力搅拌器（配 1cm 磁子）、100ml 烧杯、10ml 移液管、洗耳球、10ml 量筒	0.2mol/L 盐酸、待测混合碱溶液 1（0.1mol/L 氢氧化钠与 0.1mol/L 碳酸钠混合溶液）
混合碱的测定 2	数据采集器、pH 传感器、滴定台、滴定装置	铁架台、铁夹、磁力搅拌器（配 1cm 磁子）、100ml 烧杯、10ml 移液管、洗耳球、10ml 量筒	0.2mol/L 盐酸、待测混合碱溶液 2（0.1mol/L 碳酸钠与 0.1mol/L 碳酸氢钠混合溶液）

【综合实践一】 温度对 HAc 电离平衡、电离平衡常数的影响

【要求】

- 1、“组合图像”中添加“T-pH”图像，并完成实验
- 2、“数据表格”中添加自定义公式： $c(\text{H}^+)$ 、 K_a

【提示 1】 指数运算符号： \wedge ，例： $c(\text{H}^+) = 10^{(-\text{pH})}$

【提示 2】 K_a 的简化运算公式： $K_a = c(\text{H}^+)^2 / [c(\text{HAc}) - c(\text{H}^+)]$

【综合实践二】 离子反应实质探究（硫酸与氢氧化钡）

【要求】

- 1、光电门+pH+电导率传感器
- 2、“组合图像”中添加“V-pH”、“V-电导率”图像
- 3、“数据表格”中添加自定义公式： $V = 0.025 * \text{滴数}$ （光电门传感器代号）

【提示】 光电门传感器选择“计数”

【思考】 综合考察两个图像可以得出什么结论？

【综合实践三、四】 混合碱的测定

【要求】

- 1、“组合图像”中添加“V-pH”
- 2、“数据表格”中添加自定义公式： $V = 0.025 * \text{滴数}$ （光电门传感器代号）
- 3、利用一阶导数确定滴定终点并讨论混合碱成分及浓度

【提示】 光电门传感器选择“计数”

【思考】 若对一阶导数图像再次求导，怎样从所得的二阶导数图像中确定滴定终点？