

# 从 WELMEC 导则 7.2 谈衡器软件测评

□陈杭杭 钟瑞麟

中国计量科学研究院

**【摘要】** WELMEC 导则7.2 是受欧盟相关法令管理的计量器具的软件测评指南。本文介绍了导则7.2 的主要内容和衡器适用情况，分析了导则存在的问题，报告了WLEMEC 软件相关导则可能发生的修订。

**【关键词】** WELMEC 导则；衡器软件测评；软件测试；软件评价；衡器型式评价

文献标识码：A 文章编号：1003-1870 (2025) 05-0007-05

## Discussion on Weighing Instrument Software Testing and Evaluation from WELMEC Guide 7.2

**【Abstract】** WELMEC Guide 7.2 is a software testing and evaluation guide for measuring instruments governed by relevant EU laws. This paper introduces the main contents of Guide 7.2 and the scope of application of weighing instruments, analyzes the problems in the Guide, and reports the possible revision of relevant guidelines of WLEMEC software.

**【Keywords】** WLEMEC Guide; weighing instrument software testing and evaluation; software testing; software evaluation; weighing instrument type evaluation

### 引言

随着信息技术的发展，软件在计量器具中的重要作用日益凸显。计量器具测量结果的正确性、稳定性和不被操纵性，很大程度上已经取决于计量器具的软件<sup>[1]</sup>。自上世纪90年代以来，由欧盟成员国和欧洲自由贸易联盟（EFTA）成员国组成的欧洲法制计量合作组织（WELMEC），围绕受强制管理的计量器具软件要求进行了广泛研讨，在此基础上先后制定了WELMEC 导则2.3、2.5 和7.1，明确了计量器具软件要求和测评程序<sup>[2,3]</sup>。经过20年的版本更迭，WELMEC 导则7.2《软件导则（欧盟计量器具指令2014/32/EU）》成为目前WELMEC 软件相关导则的核心<sup>[4]</sup>。

2024年11月27日，WELMEC 在线上召开了第三届“法制计量数字化研讨会”。WELMEC 导则7.2的主起草人、德国联邦物理技术研究院（PTB）的马可·埃舍（Marko Esche）博士在会上作了题为《“重铸”WELMEC 软件导则》的报告，对7.x 系列导则即

将迎来的结构性调整进行了说明。笔者在线上参与了此次会议。

### 1 欧盟计量器具指令、OIML 国际建议和 WELMEC 导则的关系

欧盟非自动衡器指令（2014/32/EU）和计量器具指令（2014/31/EU）是欧盟的两项法规，分别规定了非自动衡器和其他受法制管理的计量器具，如电能表、水表、加油机、燃气表，自动分检衡器、连续和非连续累计自动衡器、重力式自动装料衡器等在欧盟市场投放和使用时必须满足的基本要求，具有强制性。两项指令也分别被称为NAWID 指令和MID 指令。

OIML 国际建议是由国际法制计量组织（OIML）针对计量器具通用技术和计量要求制定的推荐性文件，经各国法制计量行政主管部门批准或转化后作为技术标准使用。在欧盟范围内，这些技术文件（如OIML R51、R61、R107等）及其转化标准（如EN45501）不具有强制性，但被广泛认可为计量器具

符合MID或NAWID指令的充分条件，对于制造商和认证机构理解和执行欧盟相关指令具有指导意义。

WELMEC导则是由WELMEC制定的技术指南，是对欧盟相关指令和技术标准的解释和补充。导则一方面为欧盟制造商设计、开发计量器具提供可行性技术方案，另一方面为欧盟认证机构提供具体的合格评定程序和测试方法，被视为欧盟计量器具指令的“技术翻译”和“实施工具”。

总之，WELMEC导则与欧盟法规、技术标准等共同确保了包括衡器在内的各类计量器具在欧盟市场的合规性和可靠性。

由于OIML国际建议和相关技术标准的修订周期较长，其中对于软件的要求已经相对滞后，目前德国、捷克等国已把WELMEC导则7.2（以下简称导则7.2）列为了本国计量器具型式评价的附加技术要求（Additional National Requirement）。

## 2 导则7.2概述

导则7.2作为WELMEC软件相关导则的核心，规定了所有受欧盟MID指令管理的计量器具的软件要求，以及这些计量器具在型式评价阶段所需的软件测试和核查程序<sup>[4]</sup>。非自动衡器的软件要求对应WELMEC导则7.5，但这一导则的文本大部分是对导则7.2和EN45501的交叉引用。因此，非自动衡器的软件测试和核查也可以遵照导则7.2执行<sup>[5]</sup>。

### 2.1 计量器具按软件分类

导则7.2按软件的灵活性和开放程度将计量器具分为P类和U类。其中，P类器具又称“采用专用设备的器具”，这类器具采用嵌入式IT系统，软件运行环境和嵌入式程序本身被认为无法通过简单的软件工具改变，软件开放程度较低。U类器具又称“采用通用设备的器具”，基于通用计算机或其他通用

设备，往往带有操作系统，用户可通过操作界面执行除计量功能外的其他功能，软件开放程度较高。如果计量器具无法同时满足导则对P类仪器的规定，则统一视为U类仪器。

由于较高的软件灵活性和开放性往往也意味着更高的风险，导则7.2对U类器具的软件保护措施要求比P类严苛，软件测试和核查程序也更复杂。

### 2.2 风险等级

由于各类软件面临的风险程度不同，导则7.2从软件防护等级、软件核查等级、软件（型式）符合性等级三个维度，将计量器具划分为B~F六个风险等级，并规定了各个风险等级计量器具应采取的软件保护措施和测试/核查程序。原则上，风险等级E及以上的计量器具，或需要提供与法制要求有关的一部分源代码供型式评价机构检查。

需要注意的是，WELMEC导则7.2并没有明确风险等级的划分依据，不同种类计量器具对应的风险等级由各计量专业技术委员会/工作组讨论决定。风险等级并不代表其抵御风险或攻击的能力，只是作为测试深度的依据。

以自动衡器为例，WELMEC导则7.2规定的风险等级如下表所示。可以看出，连续累计自动衡器（皮带秤）和非连续累计自动衡器（累计料斗秤）对应风险等级C。其余种类的自动衡器P类对应风险等级B，U类对应风险等级C。这是因为皮带秤和累计料斗秤的测量结果是在较长时间内累计得到的，如果衡器出现问题，测量结果无法复现，所以风险等级高于其他类型的自动衡器<sup>[4]</sup>。此外，WELMEC导则7.2对于上述自动衡器还有一些装置特定要求（扩展要求，Extension I6）。

表 自动衡器风险等级划分

衡器种类	按软件分类	风险等级
自动分检衡器（R51）、重力式自动装料衡器（R61）、自动轨道衡（R106）	P类	B级
	U类	C级
非连续累计自动衡器（R107）、连续累计自动衡器（R50）	P类和U类	C级

非自动衡器的风险划分与上述原则略有不同。根据WELMEC导则7.5，嵌入式的非自动衡器对应风险等级B，其他类型的非自动衡器对应风险等级C。

根据导则7.2，风险等级为B~D的计量器具，软件测评依据的主要是制造商提供的技术文档，无需对源代码本身进行检查。型式评价人员一方面需

要按照导则要求，检查技术文档对软件功能和保护措施的描述的完整性、有效性，还需要结合测试样机对部分软件功能进行实际的测试（抽查），从而验证文档描述内容的正确性<sup>[4]</sup>。由于所有类型的衡器风险等级在B和C之间，导则7.2认为，对于这类计量器具基于技术文档检查和“黑盒测试”程序已经具有足够的测试深度，由软件测评导致的计量器具新产品型式评价成本的增加也能被控制在合理区间。

### 2.3 软件要求

导则7.2对软件的要求大致可分为基本要求和扩展要求。其中，基本要求包括对技术文档、软件标识、保护措施和测量结果展示的要求，适用于所有带软件的计量器具。扩展要求包括对操作系统（Extension O）、数据存储（Extension L）、数据传输（Extension T）、软件分割（Extension S）、软件下载（Extension D）和特定计量器具（Extension I）的要求，适用于具有相应软、硬件配置的计量器具。

无论是基本要求还是扩展要求，其核心目的都是为了保护法制计量相关软件、装置特定参数和测量结果这三大要素不受“非法影响”。导则7.2中的“非法影响”既包括物理干扰（如电磁干扰、振动和温度变化）、人员误操作等非主观因素造成的影响，也包括未经授权对上述要素进行主观操纵或蓄意篡改的影响。

除原则性说明外，导则7.2还对每项要求的注意事项（如适用范围、补充解释和例外情况等）、所需支撑文件、软件测试和核查方法等进行了阐述，并针对不同风险等级提供了可供计量器具制造商参考的符合MID要求的技术解决方案。

### 2.4 软件测试和核查步骤

导则7.2第12章给出了各类计量器具对应的软件测试报告模板和核查表。软件测评人员只要根据计量器具类型和所采用的软硬件配置，就可以判断出计量器具对应的风险等级、基本要求和扩展要求，并挑选出相应的软件测试报告模板和核查表。随后，测评人员可以对照核查表和导则正文中的软件测试核查程序，逐项进行测试/检查。

## 3 导则7.2存在的问题

尽管德国、捷克等欧盟成员国已把导则7.2列为了本国计量器具型式评价要求的一部分，但现行导则（2023版）仍存在一些问题。

首先，导则7.2自1996年制定发布以来就经历了频繁的修订，仅2015年到2023年间的修订就有5次之多，这给欧盟的计量器具利益相关方都造成了不便：制造商在软件设计过程中往往感到无所适从，型式评价机构培训测评人员的速度赶不上导则的更新。这也可能导致了WELMEC软件导则在欧盟以外的国家接受度并不高。

其次，导则7.2的部分要求和技术方案是相关的，这使得导则尽管修订频繁，但其部分技术内容仍滞后于信息技术发展水平。例如，一些计量器具（包括电子计价秤）采用的先进技术（如人工智能、机器学习算法）和外设（如云计算设备、云存储设备）已经超出了导则规定的范围。

第三，导则7.2的部分内容（如名词术语）和OIML国际文件（如OIML D31《软件控制的计量器具基本要求》）、OIML国际建议（如OIML R76《非自动衡器》）以及欧盟技术标准（如EN45501）不协调，这增加了导则7.2在衡器型式评价、OIML测试和OIML国际互认中的使用难度，不利于开展传统型式评价的人员理解和应用。

此外，导则7.2并未给出明确的风险等级划分依据，部分计量器具的软件测试要求缺乏应对实际风险的针对性。

## 4 WELMEC 7.x 系列导则面临的修订

据导则7.2的主起草人、PTB的马可·埃舍博士在WELMEC第三届“法制计量数字化研讨会”上的介绍，针对上述部分问题，WELMEC软件工作组（WG7）正在对相关文件进行系统性修订。新的7.x系列导则计划于2025年起发布，整体布局和相互关系如图1所示。

首先，导则7.2将延续其在7.x系列中的核心地位，其中与技术手段相关的内容将被删除。例如，现行版本中的“可接受的解决方案”部分将被整体剥离出去。这将使导则7.2的内容仅限于原则性要求，从而不至于限制先进技术在计量器具中的应用。

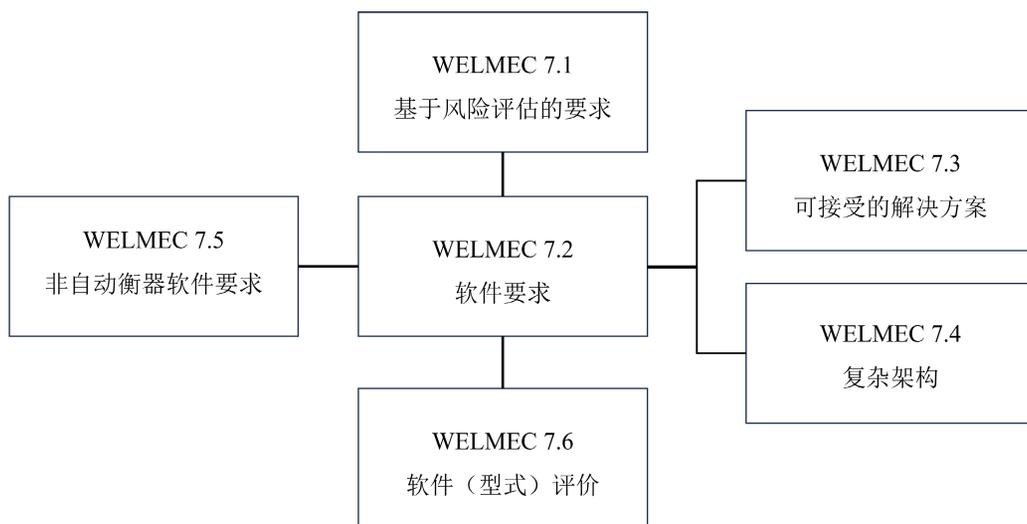


图1 未来WELMEC 7.x系列导则布局和相互关系

其次，导则7.2将不再按软、硬件配置对计量器具进行分类，而是根据导则7.1《基于风险评估的要求》，将计量器具分解为各个“要素”(main asset)，通过评估每个“要素”抵御各类风险的能力，对软件做出符合性判定<sup>[6]</sup>。“要素”这一概念援引自ISO/IEC 27005:2011《信息技术—安全技术—信息安全风险控制》，是指任何对系统有价值的、需要被保护的部分。“要素”也可以是计量器具的某种特性，不一定具有物理实体。

对于受强制管理的计量器具来说，“要素”主要包括法制计量相关软件、法制计量相关参数、测量结果和相关数据、测量结果指示、测量结果记录等。换言之，未来的软件评估将以这些“要素”作为测试和核查的对象，而不再把计量器具分为P类和U类，也无需按照“扩展要求”对诸如操作系统、用户接口、通信接口等实际存在的“软硬件部件”进行评价。这是导则7.2第一次引入“要素”的概念，也意味着“基于风险的评估方法”即将在型式评价中得到应用。这一修订的目的主要是为了适应欧盟MID和NAWID指令未来可能发生的变化。

此外，WELMEC软件工作组(WG 7)提出了“动态导则”的概念，将与技术相关的部分制定为不受修订频率限制的单独文件。这些文件将长期面向计量器具制造商和型式评价机构征集符合指令和风险评估要求的技术方案，从而促进新兴技术在计量器

具中的应用。未来的导则7.3和7.4都将属于“动态导则”，其内容分别对应“可接受的解决方案”和“复杂架构要求”。

新的导则7.1《基于风险评估的要求》内容将与现行的2011版WELMEC 7.6保持一致。但从其编号变化可以看出，这一导则的地位有了本质提升，将作为7.x系列的前置文件使用。

新的导则7.6主要针对采用了新技术的计量器具，特别是导则7.3无法覆盖的计量器具。这项导则也主要采取“基于风险的评估方法”，分要素对软件保护措施的有效性展开评估。

上述系列导则颁布后，软件核查程序将如图2所示。从图上可以看出，若计量器具不属于复杂系统，风险等级低于D，且对各要素的保护措施均采用了导则7.3中的方案，则该计量器具的软件核查只需要参照导则7.2和7.3，否则需要参照导则7.4和7.6。对于特定种类的计量器具，如非自动衡器，还应根据装置特定要求进行补充测评。

总之，此次系统性修订的主要目的是消除导则7.2对技术的限制，从而延长导则本身的使用寿命，同时不至于阻碍新兴技术在计量器具中的应用。此外，为了适应欧盟相关指令的潜在变化，导则7.2首次采用了“基于风险的评估方法”，按计量器具各个“要素”可能面临的风险和抵御风险的能力进行评估。

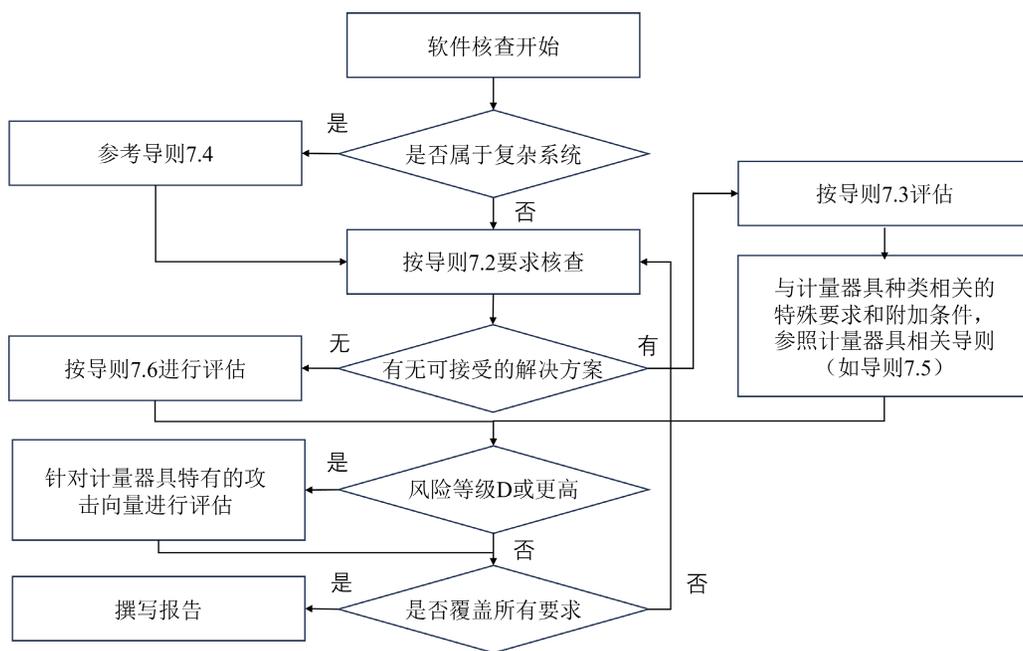


图2 计量器具软件核查程序

## 5 总结与展望

WELMEC 作为由欧盟和EFTA 成员国组成的合作组织，通过制定导则文件，对许多区域和国际标准做出了解释和补充，在一定程度上统一了欧盟各国法制计量监管机构、技术机构和计量器具制造商等相关方对相关法规或标准的解读。此外，一些导则文件（如WELMEC 7.x 系列导则）在技术理念方面已领先于相应的技术标准，对于国际组织和各国的法制计量监管机构应对新兴技术发展带来的风险，持续保护消费者利益有一定的参考借鉴作用。

由于WELMEC 导则7.x 是对所有受法制管理计量器具的软件的基本要求，属于软件方面的“通则”，对于不同类型的计量器具缺乏针对性，因此WELMEC 软件工作组（WG 7）也建议其他专业工作组（如衡器工作组WG 2、非水流量计（加油机）工作组WG 10 等）针对领域内不同种类、不同使用场合的计量器具，在风险等级划分、风险类型识别、风险防范和应对措施等方面制定特殊要求。这不但需要传统计量器具型式评价人员和具有信息技术专业背景的人员通力合作，同时也需要考虑计量器具制造商采用新技术的需求。

最后，由于软件往往“看不见摸不着”，对应的

测试和检查程序相比硬件测试更为抽象，软件测评人员即使参考了同样的技术标准，也有可能做出不同甚至相反的评价结论。因此，除了需要在文件制定过程中广泛征求意见，还应在文件实施前，针对不同种类的计量器具进行类似于“国际比对”的活动，从而尽可能统一评价人员对文件条款的理解，完善文件中对原则性要求的解释和补充，从而减少评价人员主观性造成的影响。

## 参考文献

- [1] Software in Legal Metrology, Ulrich Grottker, Roman Schwarz. OIML Bulletin, Volume 49, 2, April 2003.
- [2] Role of WELMEC in regional cooperation, Wilfried Schulz, 17th IMEKO World Congress, June 22–27, 2003, Dubrovnik, Croatia.
- [3] Experience gained from a comparative examination of measuring instrument software, Tanasko Tasic, Dieter Richter, Ulrich Grottker, Paul Kok, Christoph Rahm, OIML Bulletin, Volume 44, 2, April 2008.
- [4] WELMEC Guide 7.2: 2023 Software Guide (Measuring Instruments Directive 2014/31/EU). WELMEC e.V., <https://www.welmec.org/guides-and-publica->

tions/guides.

[5] WELMEC Guide 7.5: 2020 Software in NAW-Is (Non-automatic Weighing Instruments Directive 2014/31/EU). WELMEC e.V., <https://www.welmec.org/guides-and-publications/guides>.

[6] WELMEC Guide 7.6: 2011 Software Risk Assessment for Measuring Instruments. WELMEC e.V., <https://www.welmec.org/guides-and-publications/>

guides.

### 作者简介

陈杭杭，硕士，中国计量科学研究院力学与声学计量研究所质量室工程师。

钟瑞麟，博士，中国计量科学研究院力学与声学计量研究所副研究员。