

热式工业燃气表老化研究

这份简要的技术报告介绍了对工业燃气表（热式技术）定期检定活动中收集的大量数据样本进行深入统计分析的主要结果，以评估这些仪表随时间变化的性能表现。

作者（以首字母排序）：

Furio Cascetta, 意大利坎帕尼亚"L. Vanvitelli"大学工程系教授

邮箱: furio.cascetta@unicampania.it

Livio Valagussa, 意大利 2i Rete Gas SpA 分销公司网络数字化及法定计量负责人

邮箱: livio.valagussa@2iretegas.it

Piergiorgio Spazzini, 意大利都灵国家计量研究院 (INRiM)

邮箱: p.spazzini@inrim.it

简介

本报告的作者在流体测量仪器领域，特别是天然气计量领域，有着长期的研究和实验经验。二十多年来，他们在科学和法律计量领域尤为活跃，以各种身份参与了众多科学和技术活动。

这项计量研究的目的纯粹是为了科学研究。鉴于最近有关燃气表定期检定的规定即将生效，我们认为有必要对工业燃气表 ($\geq G10$) 在使用一段时间后的性能进行分析。特别是鉴于目前对新技术（即带有电子流量计，如超声波和热式流量计）与所谓的“传统”流量计（即基于体积的机械流量计）进行定期检定的周期不同。我们认为有必要对基于热式技术的新型静态燃气表的性能进行分析（在意大利，仍然没有大量采用超声波技术的工业燃气表样本），在为所有业内人士（监管机构、部级机构、研究机构、商会和企业管理部门）提供有益的文化、实验、技术和科学知识支持。换句话说，作者打算向（广义上的）“国家计量系统”提供一份定期检定活动的的数据，并对其代表性统计分析。以验证从技术角度来看，这一谨慎的检验周期（创新技术为 8 年，传统技术为 16 年）在今天是否仍然合理，或者从实验观察的证据来看，针对几年前引入的创新技术，是否应采取新的标准。

感谢 2i Rete Gas 分享这些见解，并感谢他们向作者提供了足够数量的同质工业燃气表（热式）在使用 8 年后进行定期检定的结果。

一般性分析

对数据的初步分析包括对仪表进行简单的数字评估，得出三个主要评估结果，即 "无法判定"（仪器关闭或失灵）、"合格"（误差在 "使用中 MPE "或 "使用中精度 "范围内： $[\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%]$ ），以及 "不合格"（误差超出范围 $[\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%]$ ）。

首次分析的结果令人鼓舞，从表 1 可以观察到，检定合格的设备数量占比很高（约 97%）。

	数量	占总体百分比 (%)
参与分析的气表	1582	100
检定不成功	41	2.59
检定合格	1534	96.37
检定不合格	7	0.44

表 1 总体结果(Overall Results)

特别要指出的是，不合格的仪表所占的百分比不到 0.5%；另一方面，无法校验的仪表所占的百分比明显较高（超过 2.5%），尽管这一数值可以被认为是生理性的，因为它涵盖了所有可能的故障情况（显示故障、电池电量不足等）。我们也不应忽视这样一个事实，后文将提到，即所有这些情况都可能是由于在运往计量实验室的途中出了问题。

数值分析

随后我们进行了更详细的分析。首先将所有校验结果合格的气表的校准结果与标准精度限值曲线一起绘制成图，结果表明在大多数情况下，曲线都在上述限值范围内。这表明初始精度限值曲线也应包括在图表中（即首次安装的精度限值曲线）。

由此得到图 1 所示的图表。在该图中，红线代表周期检定的精度限值曲线 $[\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%]$ ，绿线代表初始精度限值曲线 $[\pm 3.5\% \div \pm 2.0\%]$ 。可以看出，很多测量点都在初始精度限值曲线范围内。因此，有必要评估有多少仪器的曲线完全在初始精度限值曲线范围内。结果有 1260 台仪表（占所分析仪表中校验结果为正的仪表的 82.1%）属于这一类，从而显示出极佳的抗老化能力。

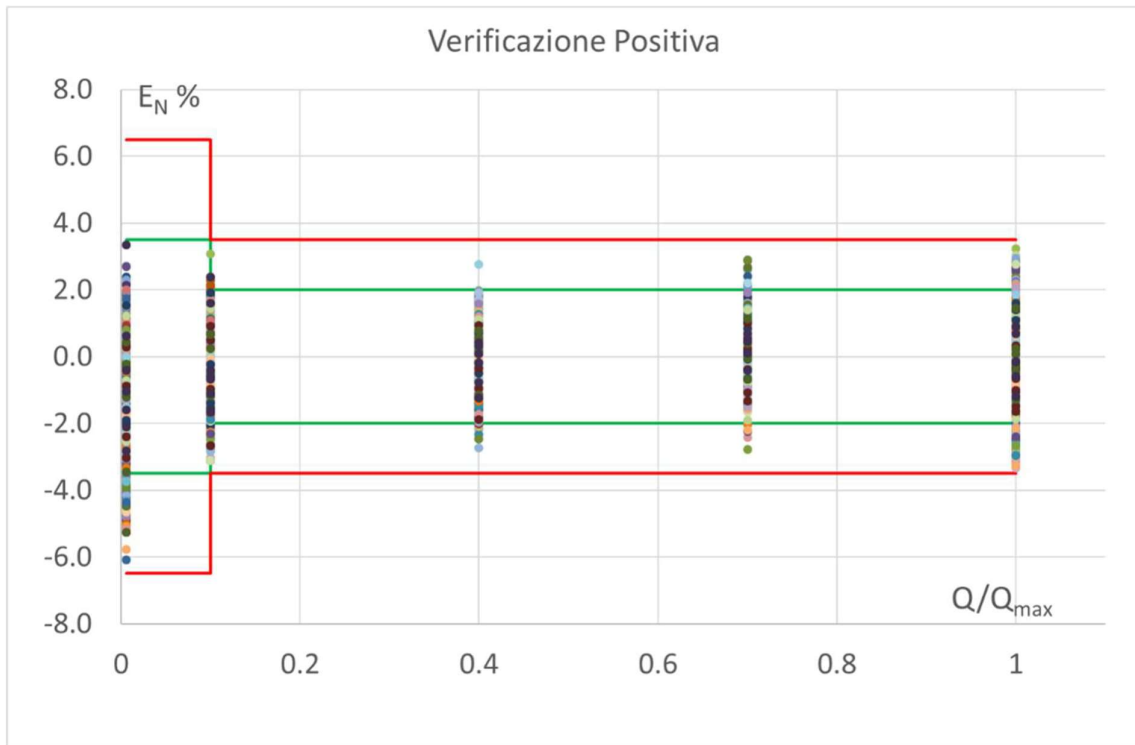


图 1- 合格仪表的精度曲线 (Response curves of meters with positive verification)

下一步是对实验结果进行更详细的分析。特别是，针对每个测试流量，分析了与通过验证的仪器相关的 EN % 统计分布情况；分析结果如图 2 至图 6 所示。

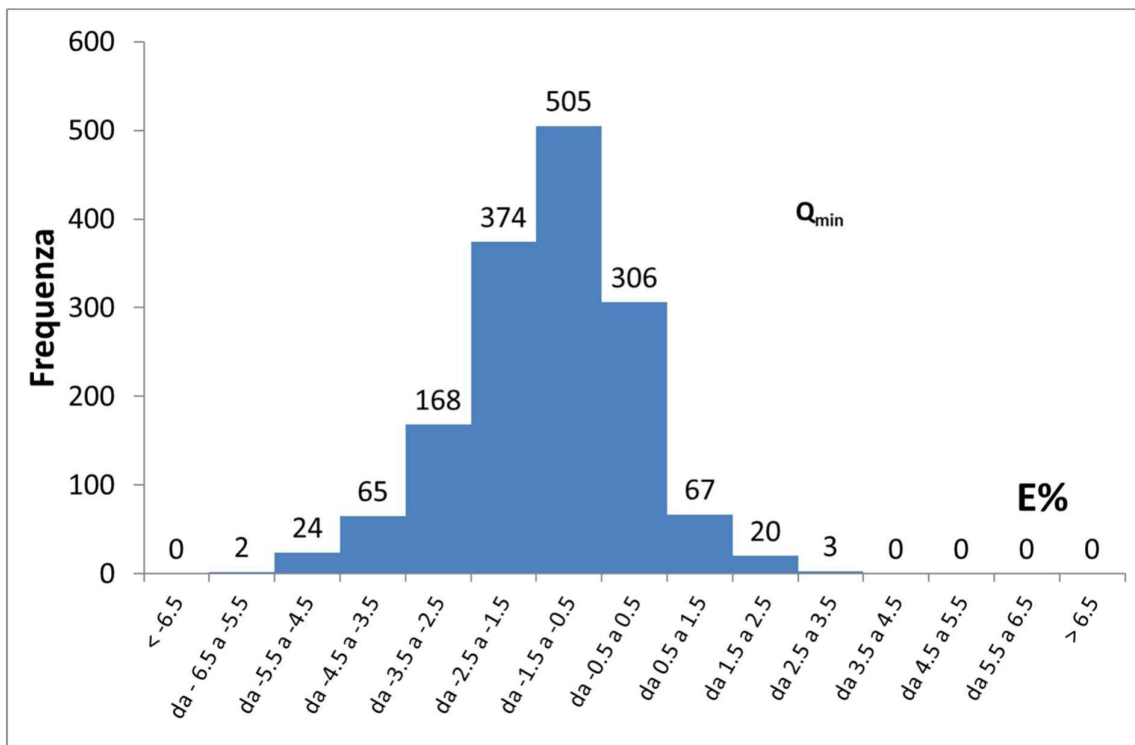


图 2- 在流量 Qmin 下，百分比偏差 EN% 的频率。

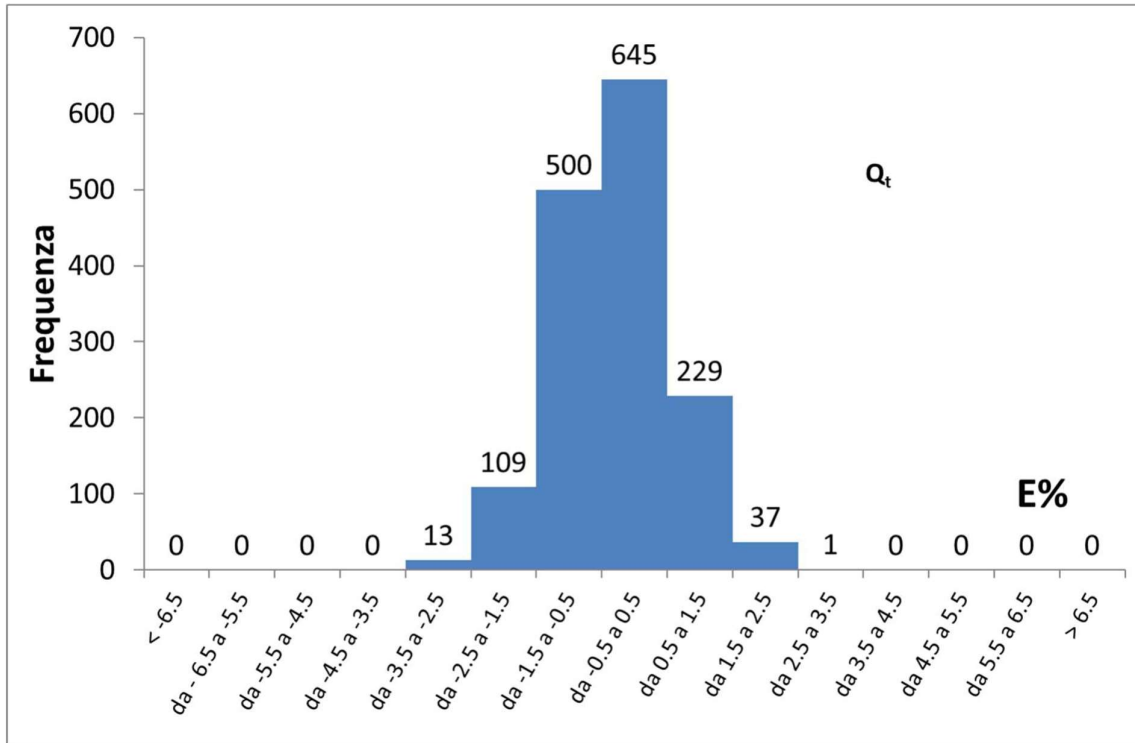


图 3 - 在流量 Q_t 下，百分比偏差 EN% 的频率。

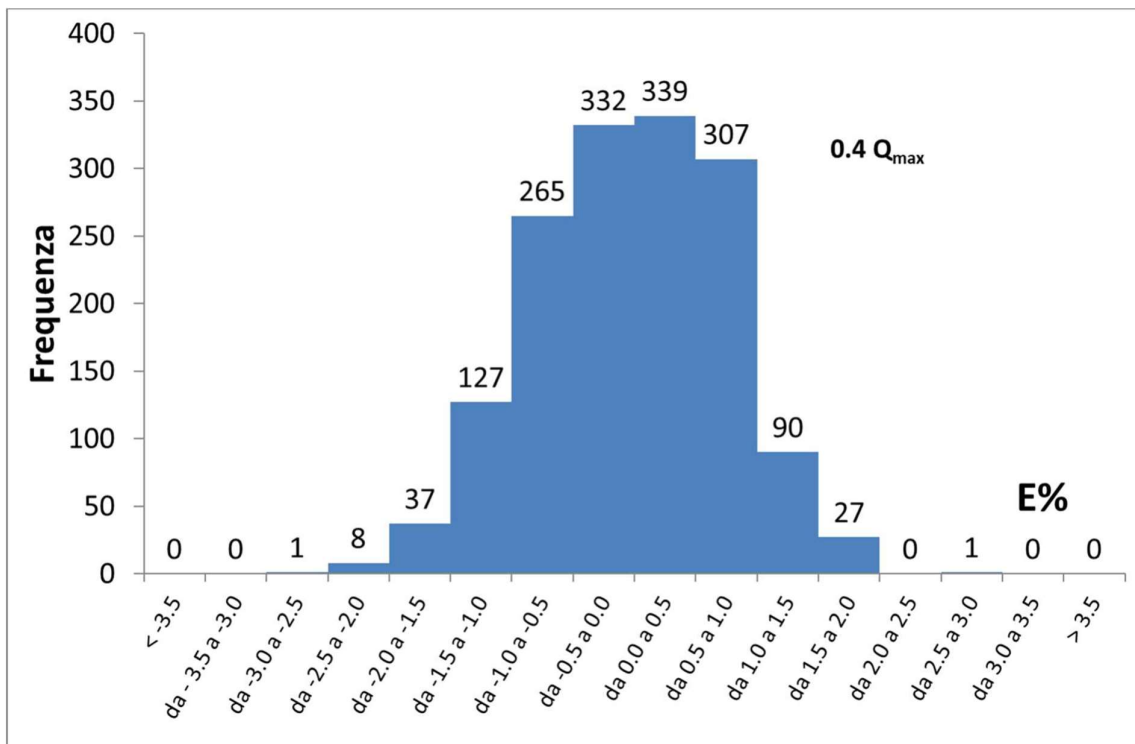


图 4 - 在流量 $0.4Q_{max}$ 下，百分比偏差 EN% 的频率

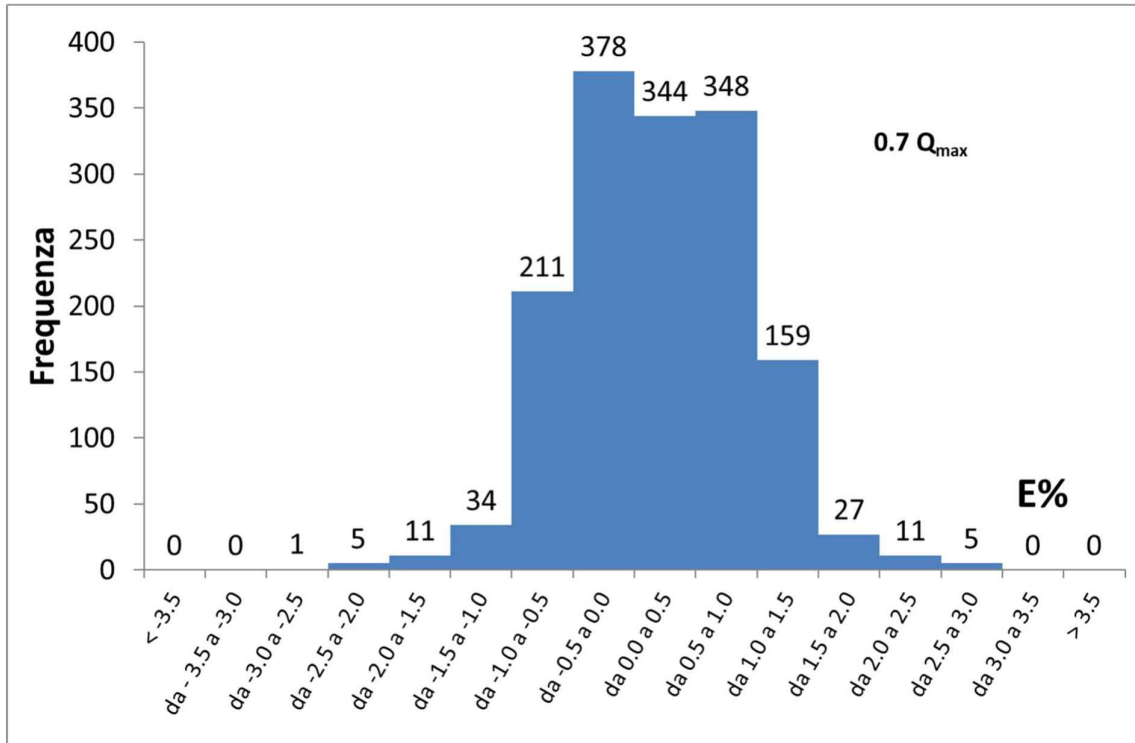


图 5 - 在流量 $0.7Q_{max}$ 下，百分比偏差 EN% 的频率

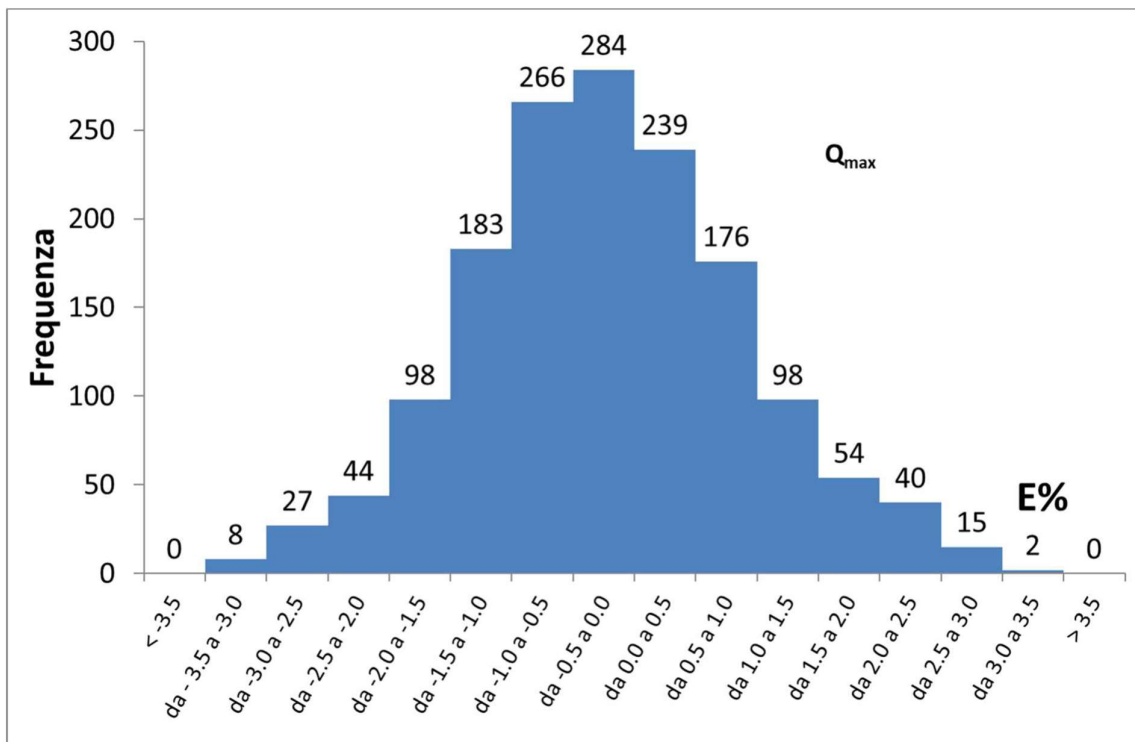


图 6 - 在流量 Q_{max} 下，百分比偏差 EN% 的频率

从图中可以看出，几乎在所有情况下得到的结果都是对称分布，非常接近高斯曲线（流速为 0.4 Qmax 和 0.7 Qmax 的情况除外，它们的分布不对称）。从这些图表中，我们还可以观察到符合初始精度的数据占主导地位。

随后，根据“使用状态”对仪器的性能进行了分析，即根据拆卸时检测到的累加器上记录的数值（标记或显示读数）。首先应该指出的是，原始样本中的所有 1582 台仪器都能记录到这一数据；这一事实表明，在拆卸时，每台仪器都能提供一个指示值，由此可以推断，无法进行验证的仪器在拆卸后出现了某种故障，拆卸之前，均能正常工作。然后，根据测得的累加器数值，将气体流量计分为六组，每组的一致性大致相同。六组的一般数据见表 2。

累加器数值	数量	未检验成功	验证不合格（组内百分比%）	验证合格
低于 38000	261	0.00	0.38	99.62
38000 到 70000	290	3.79	0.34	95.86
70000 到 100000	291	2.41	0.69	96.91
100000 到 130000	277	1.81	0.00	98.19
130000 到 180000	264	3.79	0.76	95.45
高于 180000	199	4.02	0.50	95.48

表 6 -累加分数校验结果

可以看出，累加器的数值对结果的总体分布没有明显影响，至少从这些数据中无法发现因使用仪器的多寡而产生的“老化效应”。另一方面，考虑到所分析的测量技术（静态）不涉及移动部件，也不会因使用时间的长短而产生磨损，这一结果并不特别令人吃惊。

结论

得益于 2i Rete Gas 公司向作者提供的数据库，我们得以对运行 8 年后的验证结果进行统计研究。该数据库由采用热式测量技术的工业用燃气表 (G25) 的同质样本组成。

所有统计分析结果均显示，这些仪表在首次安装八年后的反应非常令人信服。绝大多数仪器（约 97%）都符合所谓的使用中精度限值（ $\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%$ ）；相当大比例的仪器（超过 80%）甚至符合初始精度限值（ $\pm 3.5\% \div \pm 2.0\%$ ）。

综上所述，可以充分证明所测试的热式技术实际上对运行时间的影响并不敏感，从而证实了热式技术的典型性能。这证实了技术文献中广泛记载的静态测量技术的典型性能。

ⁱ 测试仪器的部件显然无法避免因测量流体中存在磨蚀性或腐蚀性物质等原因造成的老化。不过，这种影响在分析中并不明显，最多只是检测出了与使用有关的磨损。