

Calf Notes.com

Calf Note #284 – 犊牛代乳粉用水的水质

引言

在犊牛营养中，水有时被当作一个事后才考虑的问题。尽管我曾在 Calf Notes [004](#)、[068](#)、[077](#)、[101](#)、[132](#)、[158](#)、[232](#) 和 [251](#) 中讨论过犊牛供水和水质的多个方面。现在是时候再次回到这个主题，看看近期关于犊牛代乳粉（CMR）用水水质的一些研究。

我们会花大量时间评估 CMR 中的蛋白质、脂肪、乳糖、矿物质、维生素以及其他成分，但真正进入犊牛体内的产品中，大部分其实是水。

以每天饲喂 6 L、固形物浓度为 13% 的 CMR 为例。这个混合物中约 87% 是水。不必纠结密度或比重造成的小差异，这意味着犊牛每天仅通过 CMR 就会摄入 5 L 以上的水。如果将液体饲喂量增加到 8 或 10 L/d，通过 CMR 摄入的水量也会按比例增加。而这还没有计算犊牛从水桶或饮水器中自由饮用的水。

因此，用于冲调 CMR 的水可能应该被视为日粮中的一种原料，而不仅仅是把代乳粉送入犊牛体内的载体。水中溶解或悬浮的任何物质——矿物质、盐类、细菌、大肠菌群、硝酸盐、硫酸盐、铁或其他污染物——也都会一起进入犊牛体内，而且每天往往达到数升。

这样说似乎很显然。真正不那么清楚的是：关于什么样的水才算适合幼龄奶牛犊牛的“好水”，我们拥有的试验资料其实非常少。那么，我们究竟知道些什么？

关于畜禽饮水质量，有许多现成的建议。我在本篇 Calf Note 的末尾列出了几篇资料。相关指南通常会给出总溶解固体（TDS）、硫酸盐、硝酸盐和亚硝酸盐、铁、锰、硬度、盐度以及微生物污染的建议限值。然而，这些限值中真正通过断奶前奶牛犊牛对照试验建立的非常少。就水质而言，大多数针对犊牛的建议都是从成年动物或其他物种外推而来的概括。不过，两项对照研究让我们对“水质”中“质量”的实际含义有了新的认识。

反渗透水与市政供水

Senevirathne 等（2018）从 2 日龄开始，对 24 头荷斯坦犊牛的水质进行了研究。犊牛被分配饮用市政供水或经反渗透（RO）处理的水。重要的是，各处理水既用于冲调 CMR，也作为自由饮水提供给犊牛。

在最初 5 周，犊牛每天两次饲喂 0.45 kg CMR 粉，并用 2.83 L 指定处理水冲调。因此，每天约有 5.7 L 用于配制 CMR 的水受到水质处理的影响，此外还包括犊牛自由饮用的水。

两种水的矿物质组成差异很大。市政供水的硬度约为 249 mg/L，而 RO 水仅为 17 mg/L。硫酸盐浓度分别约为 195 和 1.4 mg/L。钙分别为 40 和 5 mg/L，镁为 36 和 1

mg/L，铁为 0.17 和 0.04 mg/L。作者还指出，TDS 的差异会随测定方法而变化；按电导率估算，市政供水约为 387 mg/L，而 RO 水约为 13 mg/L。两种水源中均未检出 *E. coli*。

尽管水的组成存在如此大的差异，对犊牛生长的影响却很有限。体重、平均日增重、体尺生长和营养物质消化率在处理间相近。饲喂早期的部分阶段，RO 水组的饲料效率有所提高，但这一优势并未贯穿整个试验。

健康方面出现了一些有意思的反应。RO 水组犊牛的粪便评分有降低趋势——也就是说粪便更成形——但这种反应随周龄而变化。断奶前阶段，两组平均粪便评分并没有明显差异。断奶前，RO 水组犊牛的体温略低；在断奶期的部分阶段，其呼吸道评分也有所改善。不过总体而言，这并不是一个显示净化水能显著改善生长或健康的试验。

指标	市政供水	RO	SEM	<i>P</i>
自由饮水量, kg/d				
总体	3.85	3.66	0.36	0.01
断奶前	2.02	2.02	0.08	0.88
断奶后	6.58	6.60	0.10	0.96
开食料干物质采食量,				
总体	1,030.7	1,032.5	85.3	0.91
断奶前	258.1	271.2	29.2	0.68
断奶后	2,176.3	2,289.6	23.3	<0.01
总干物质采食量, g/d				
总体	1,501.6	1,507.5	83.5	0.72
断奶前	1,042.9	1,061.2	21.6	0.53
断奶后	2,176.3	2,289.6	23.3	<0.01
体重, kg				
第 0 周	43.07	44.19	1.24	0.52
第 6 周, 断奶	68.95	68.40	1.95	0.83
第 10 周	93.91	93.86	1.95	0.98
日增重, kg/d	0.70	0.72	0.03	0.68

解释这项研究时还有一个重要限制。反渗透同时改变了水的许多特性。钙、镁、硫酸盐、硬度、TDS、铁、钠、氯以及其他成分都发生了变化。

因此，我们不能从这项试验得出结论说 195 mg/L 的硫酸盐有害、249 mg/L 的硬度过高，或某一种矿物质造成了健康方面的轻微差异。事实上，一般不会把该市政供水视为严重污染的畜禽饮水。

这项研究告诉我们，改变总体水质可能会影响犊牛。但它**并没有**为任何一种矿物质确定阈值。

纯化水与自来水

Carvalho 等（2026）最近发表了一项特别有意思的研究。30 头荷斯坦犊牛被分配使用市政自来水或纯化水。同样，指定处理水既用于配制 CMR，也作为自由饮水提供。

犊牛每天饲喂 6 L、固形物浓度 14% 的代乳液，约在 7 周龄开始逐步断奶。在这一浓度下，犊牛每天摄入的 CMR 中有 5 L 以上是水。因此，即使还没有走到水桶旁，犊牛每天已经大量接触试验所指定的水源。

从化学指标看，两种水之间的差异小得令人意外。自来水的平均电导率约为 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，纯化水为 358 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。硝酸盐浓度分别平均为 1.67 和 0.97 mg/L，统计学上没有差异。亚硝酸盐浓度也很低。

最大的差异似乎在微生物方面。整个试验期间，纯化水中未检测到细菌生长。相比之下，自来水中的细菌计数变化很大：有些样品未检出细菌生长，而另一些样品高达 7,200 CFU/100 mL。自来水中的总大肠菌群平均约为 854 CFU/mL，而纯化水中未检出。

生长反应同样并不突出。代乳液采食量、开食料采食量和总干物质采食量均未受到显著影响。第 3 周时，纯化水组犊牛的平均日增重较高，饲料效率在这一阶段也有所改善，但最终体重没有显著差异。

健康结果可能更值得关注。所有犊牛在试验期间都曾出现腹泻。不过，纯化水组犊牛平均有 25.9 d 出现腹泻，而自来水组为 31.7 d，约减少 18%。纯化水组需要抗生素治疗的天数也有减少趋势——约为 10 d，而自来水组约 14 d。并非所有健康指标都支持纯化水；事实上，纯化水组出现咳嗽的天数更多。因此，即使这项研究也没有给出一个完全清晰一致的生物学故事。

尽管如此，腹泻天数的减少仍值得注意，因为两种水的化学组成相对接近，而微生物质量差异明显。这提示，至少在本试验条件下，微生物质量可能比矿物质浓度更重要。

不过，同样需要谨慎解释。纯化处理改变了水的不止一种特性，而且同一种水既用于配制 CMR 又作为自由饮水，因此我们无法判断这种益处主要来自进入代乳液的更洁净的水、来自更洁净的自由饮水，还是两者共同作用。

田间数据又如何？

Kamal 等（2024）对埃及 132 个曾出现犊牛健康问题的牛场水样进行了评价。检测指标包括 TDS、硬度、氯化物、硝酸盐、硫酸盐、总细菌计数和大肠菌群。多种水污染物浓度升高与腹泻、呼吸道疾病、精神沉郁、猝死和死亡率增加有关。硝酸盐、TDS、硫酸盐和微生物污染均属于与不良结局相关的变量。

这些结果支持了“水质差可能导致犊牛健康问题”这一观点。不过，这是一项观察性田间研究，涉及已经存在疾病问题的奶牛场、肉牛场和混合型牛场。水质指标也与牛场卫生和管理因素相关。因此，该研究只能识别相关性，不能证明某一特定浓度的硝酸盐、硫酸盐、细菌或 TDS 导致了疾病。

那么，什么才是犊牛的“好水”？

这正是科学令人沮丧的地方。

我们有各种畜禽饮水质量指南，其中规定了被认为可接受、临界或可能有害的浓度。这些指南很有用。但是，真正通过犊牛对照试验证明下列关系的研究却少得惊人，例如：

- 200 mg/L 的硫酸盐可以接受，而 500 mg/L 会降低生产性能；
- 某一特定铁浓度会增加腹泻；
- 某一特定硬度会降低开食料采食量；
- 某一明确的 TDS 浓度会对 CMR 饲喂犊牛产生不利影响；或
- 某一特定细菌计数会使犊牛发病率出现可测量的增加。

大多数数值建议来自更广泛的畜牧业文献、成年牛研究、毒理学考量、人类饮用水标准、田间观察或专业判断，而不是在幼龄奶牛犊牛中进行的剂量-反应试验。

本文讨论的两项对照研究并没有解决这个问题。两项试验比较的都是相对复杂的水处理。反渗透和纯化会同时改变多个成分。两项试验都不能告诉我们某一种具体矿物质在什么浓度下开始具有生物学意义。

实际意义

缺乏精确的试验阈值，并不意味着水质不重要。恰恰相反。

一头每天饲喂 6 L、固形物浓度约 13% 的 CMR 犊牛，仅通过 CMR 本身就会摄入 5 L 以上的水。液体饲喂量更大的犊牛摄入的水更多。此外，犊牛从很小的日龄起就应该自由饮水，这又增加了一个暴露来源。

因此，质量可疑的水绝不是犊牛饲喂方案中一个无关紧要的成分。按重量计算，它可能是犊牛每天摄入量最大的原料之一。

如果能够获得市政饮用水，它是一个合理的起点。不过 Carvalho 的研究表明，即使市政供水的微生物质量也可能发生变化。使用水井或其他自备水源的牛场，应定期检测水的化学和微生物质量，尤其是在出现犊牛腹泻、采食量低、原因不明的健康问题或 CMR 饲喂表现不稳定时。

细菌或大肠菌群计数偏高尤其值得关注，因为最新的对照研究提示，降低微生物污染可能缩短腹泻持续时间。用于冲调 CMR 的水应在实际配制代乳液的位置进行检测，而不应只检测井口水。管道、软管、储水罐、混合设备以及供水系统的其他部件，都可能在水源到犊牛之间改变水质。

矿物质分析同样有用，尤其应关注硝酸盐、硫酸盐、铁、盐度/TDS 以及异常硬度。不过，数值限值应该被理解为指导值，而不是已经在断奶前犊牛中精确验证的生物学阈值。

最后，也不能想当然地认为处理水一定会改善犊牛性能。反渗透能够产生矿物质含量很低的水，但有限的犊牛研究并未证明所有使用硬水或中等矿化水的牛场，安装 RO 系统后都会获得生长改善。是否进行水处理，应根据实际水源的检测结果以及需要纠正的具体问题来决定。

总结

水在犊牛营养中值得得到更多关注。一头每天摄入 6 L CMR 的犊牛，仅通过代乳液就可能摄入 5 L 以上的水，此外还有自由饮水。因此，水质对犊牛的影响远不止来自水桶里的饮水。

受控研究仍然少得令人吃惊。Senevirathne 等（2018）发现，用反渗透水替代市政供水后，健康和饲料效率出现了一些小幅改善，但总体生长并未改善。Carvalho 等（2026）发现，纯化水减少了腹泻天数，并有减少抗生素治疗的趋势，而且两种处理间最大的差异似乎是微生物方面，而不是矿物质方面。

综合这些研究，可以得出一个简单结论：好水很可能很重要，尤其对犊牛健康而言。不幸的是，能够明确告诉我们“好”究竟意味着什么的犊牛专门研究仍然少得惊人。

在获得更好的剂量-反应数据之前，最稳妥的做法是：在实际可行时提供达到饮用水质量的水；对自备水源定期监测微生物和化学污染；纠正明显的问题；并避免把一般性的畜禽饮水指南理解为已经通过试验为幼龄奶牛犊牛确定的营养要求。

科普文章

[水对犊牛生长的价值（Denkavit）](#)

[断奶前犊牛饲喂，第 3 部分：水（俄亥俄州立大学）](#)

[水：奶牛犊牛一种关键但被低估的营养物质（威斯康星大学）](#)

[犊牛饮水（AHDB）](#)

参考文献

- Carvalho, N. I., I. C. R. Oliveira, A. F. Toledo, R. D. F. Barboza, J. G. Dantas, M. J. Prado, E. D. Marino, P. H. C. Ribeiro, and C. M. M. Bittar. 2026. Effect of water quality on performance and health of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 109:503–512. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26524>.
- Kamal, M. A., M. A. Khalf, Z. A. M. Ahmed, J. A. Eljakee, R. A. Alhotan, M. A. A. Al-Badwi, E. O. Hussein, B. Galik, and A. A. Saleh. 2024. Effect of water quality on causes of calf mortality in cattle-farm-associated epidemics. *Arch. Anim. Breed.* 67:25–35. <https://doi.org/10.5194/aab-67-25-2024>.
- Senevirathne, N. D., J. L. Anderson, and M. Rovai. 2018. Growth performance and health of dairy calves given water treated with a reverse osmosis system compared with municipal city water. *J. Dairy Sci.* 101:8890–8901. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14800>.

Jim Quigley 博士（2026年9月7日）
© 2026 Calf Notes Consulting, LLC
Calf Notes.com (<https://calfnotes.com>)