

GB 175-2023《通用硅酸盐水泥》中水泥细度要求的变化与影响

杨茵 张洁

武汉市建设学校 湖北武汉 430051

摘要：水泥细度是评价水泥质量的重要指标，也是判定水泥是否合格的重要依据。本文阐述了水泥细度的定义、测定及细度对水泥性能的影响，通过对GB 175-2023《通用硅酸盐水泥》中细度要求变化的分析，探讨了变化背后的技术逻辑及其对行业发展的影响。

关键词：水泥细度；水泥性能；要求变化；技术逻辑

在水泥生产与应用领域，水泥细度是一个至关重要的概念，它深刻影响着水泥的各类性能以及混凝土的质量。水泥性能指标的每一次调整都深刻反映着行业技术的进步与应用理念的革新。在GB 175-2023《通用硅酸盐水泥》标准的修订中，关于水泥细度要求的变化尤为关键，它不仅体现了对水泥性能与混凝土质量关系认识的深化，更推动着行业从单一追求强度向兼顾耐久性、经济性与环保性的综合发展方向转变。

一、水泥细度的定义、测定及规定

水泥细度指的是水泥颗粒的粗细程度。常用的水泥细度测量方法有筛析法、比表面积法等。

筛析法是通过一定孔径的筛子来测定水泥中不能通过筛孔的颗粒含量，以此反映水泥的细度，用筛余百分率表示。筛余越小，颗粒越细。在我国现行标准中，常用 $80\mu\text{m}$ 方孔筛和 $45\mu\text{m}$ 方孔筛来检测水泥细度。水泥的粗颗粒含量在合理范围内，有助于保证水泥的基本性能。

比表面积法是通过测量单位质量水泥的总面积来反映水泥细度。勃氏法是比较表面积法中常用的一种，它基于气体透过原理，测量水泥的比表面积。比表面积法以每千克水泥总表面积表示，比表面积越大，颗粒越细。

在水泥细度的标准规定方面，不同国家和地区根据自身的工程需求和材料特性制定了相应的标准。以我国为例，通用硅酸盐水泥标准（GB 175-2023）对不同品种水泥的细度有明确要求。例如硅酸盐水泥，其比表面积应不小于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ 且不高于 $400\text{m}^2/\text{kg}$ ，普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥以 $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余表示，应不低于5%。这些标准规定是经过大量的实验研究和工

程实践总结出来的，旨在确保水泥的性能稳定，满足不同工程的需要。

二、水泥细度对水泥及混凝土性能的影响

水泥细度对水泥的水化硬化速度、水泥需水量、放热速度及强度都有影响。

（一）细度与水化反应速率的关系

从理论上来说，水泥细度越细，其比表面积越大，与水的接触面积也就越大，水化反应速率会显著加快。相关研究表明，当水泥的比表面积从 $300\text{m}^2/\text{kg}$ 增加到 $400\text{m}^2/\text{kg}$ 时，在水化反应的初期（1-3天），水化反应速率可提高约20%-30%。这是因为更细的颗粒能够更快地与水发生化学反应，生成水化产物，从而促进水泥石结构的形成。

（二）细度对水泥浆体凝聚结构的影响

水泥浆体凝聚结构的形成与水泥需水量和泌水性有关。当水泥分散在水中时，水泥颗粒的表面存在一个吸附水层和扩散水层。当固相粒子浓度足够时，在分子力的作用下，通过水膜相互联结形成凝聚结构。提高水泥细度，不仅可以使水泥颗粒均匀分散在浆体中，减弱其沉淀作用，还可加速形成凝聚结构，降低泌水性；另外，颗粒越细，吸附层需水量也越多。过细的颗粒会导致水泥需水量增加。工程中希望水泥浆体不仅流动性好，而又保水性好、泌水量少，同时具有比较密实的凝聚结构。但流动性好和需水量少是矛盾的，保水性好和结构密实也是矛盾的。

（三）水泥细度对混凝土强度的影响

水泥细度对混凝土早期强度的影响十分显著。这是因为在早期，较高的水化反应速率能够生成更多的水化产物，如水化硅酸钙凝胶等，这些产物填充在混凝土的

孔隙中，使混凝土结构更加致密，从而提高了早期强度。

在混凝土的后期强度方面，水泥细度同样起着重要作用。虽然随着时间的推移，细度较低的水泥也会逐渐完成水化反应，但细度较高的水泥在后期仍具有一定优势。一般来说，细度较高的水泥在后期能够持续进行水化反应，进一步填充混凝土内部的孔隙，提高混凝土的密实度和强度。需要注意的是随着细度增加，强度增加的幅度下降。当细度过高时，后期强度还会出现倒缩。

（四）细度对混凝土耐久性的影响

水泥细度与混凝土耐久性存在着紧密的联系。当水泥细度较高时，其比表面积增大，水泥颗粒与水的接触面积增加，水化反应能够更迅速且充分地进行。这使得混凝土内部能够更快地形成较为致密的结构，从而增强了混凝土抵抗外界侵蚀的能力。然而，并非水泥细度越高越好。如果水泥细度过高，虽然早期能加快水化反应形成致密结构，但后期可能会因为水化热集中释放，导致混凝土内部产生温度裂缝，反而降低了混凝土的耐久性。

综上所述，虽然提高水泥能加快水化反应速率，提高早期强度，但过细的水泥也会带来一些问题，比如需水量增加会导致混凝土拌合物工作性变差；硬化后收缩明显，增加开裂风险；粉末过细会显著增加电耗，降低产量，提高成本等。因此，在实际工程应用中需要综合考虑水泥细度、水化反应速率以及成本等多方面因素，找到一个最佳平衡点，以充分发挥水泥的性能优势，确保工程质量。

三、新旧标准中水泥细度要求的核心差异

（一）GB 175-2007版标准的细度指标框架

2007版标准细度是选择性指标，对水泥细度的要求呈现“分类限定”特点，主要围绕下限控制和单一维度展开：

硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥：以“比表面积”表示，要求不小于 $300\text{ m}^2/\text{kg}$ 。

矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥及复合硅酸盐水泥：以“筛余”表示，要求 $80\text{ }\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于10%或 $45\text{ }\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于30%。

仅设定下限以保证水泥的早期强度和水化活性，核心是避免颗粒过粗影响性能。

这一时期的标准导向侧重于“确保基本性能”，但对细度的过度或不足未形成有效约束。

由于国家标准对于水泥的细度上限没有作规定，导致实际工程中采用的水泥比表面积越来越偏大，水泥比表面积已高达 $400\text{ m}^2/\text{kg}$ ， $80\text{ }\mu\text{m}$ 筛余量大多都小于3%，甚至没有筛余。

（二）GB 175-2023版标准的突破性调整

2023版标准在延续科学性的基础上，针对实践中暴露的问题进行了系统性优化，细度是强制性指标，核心变化体现在“区间化控制”和“指标统一”：

硅酸盐水泥以比表面积表示，应不低于 $300\text{ m}^2/\text{kg}$ 且不高于 $400\text{ m}^2/\text{kg}$ 。普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥以 $45\text{ }\mu\text{m}$ 方孔筛筛余表示，应不低于5%。

首次增设比表面积上限和筛余下限，既保障水泥细度，又避免过细，导致需水量增大、收缩加剧及能耗上升。此次调整标志着标准从“单一指标控制”向“性能区间管理”的转变，更贴合工程实际需求。

标准的调整指导我们在工程实践中不要孤立追求高比表面积，要追求合理的颗粒分布。

四、细度指标调整背后的技术逻辑与行业价值

（一）从“越细越好”到“合理细度”：破解强度与耐久性的矛盾

2023版为硅酸盐水泥比表面积设置 $400\text{ m}^2/\text{kg}$ 上限，直指行业长期存在的“过度粉磨”问题。过细的水泥颗粒虽能通过增加水化反应面积提升早期强度，但会引发连锁负面效应，导致：

1. 混凝土工作性下降：细颗粒需水量显著增加，导致混凝土流动性降低、易出现泌水离析；
2. 体积稳定性恶化：水化收缩和干燥收缩加剧，使混凝土开裂风险上升，直接影响结构耐久性；
3. 能耗与成本攀升：粉磨细度每提高 $100\text{ m}^2/\text{kg}$ ，电耗增加约15-20%，不符合“双碳”目标下的绿色发展要求。

这一调整推动行业从“强度优先”转向“强度-耐久性-经济性”的平衡。

（二）筛余下限的设置：以标准规范倒逼质量提升

普通硅酸盐水泥等品种的 $45\text{ }\mu\text{m}$ 筛余下限（ $\geq 5\%$ ），看似放宽了“细度要求”，实则通过与“组分要求”的联动，构建了更严格的质量管控体系：

1. 防止“偷工减料”：新标准实施前，在国内的水泥市场上，生产厂商为了片面追求经济效益，改变了水泥中熟料的组成比例，水泥中混合材（如矿渣、粉煤灰）掺量过高，为使水泥符合凝结时间、强度的要求将

水泥颗粒磨细到远超过下限值的细度；或者将原本强度等级不合格的水泥进一步磨细，也使得实际生产的水泥细度远超过规定的下限值。45 μm 筛余 5% 下限的规定使得水泥不能磨得过细，遏制了企业通过多掺混合材降低成本的行为。

2. 保障胶凝活性：下限指标间接确保了水泥中具有足够的活性矿物组分，为混凝土提供稳定的后期强度和耐久性基础；

3. 统一检验标准：废除 80 μm 筛余选项，统一采用 45 μm 筛余，减少企业通过指标选择规避质量责任的空间，提升标准的执行刚性。

（三）“用户思维”导向：从水泥生产到混凝土应用的协同优化

标准修订的深层逻辑是强化产业链协同。混凝土作为水泥的主要应用场景，除了拌合物需要有良好的工作性以外，较高的强度和优越的耐久性也是必不可少的。其中强度的要求包括两个方面，早期强度和中长期强度。从工程应用上讲，结构的早期强度和耐久性存在着矛盾，甚至于早期强度和中长期强度也存在着一定程度上的矛盾。许多工程实例和研究结果显示，过高的早期强度往往和裂缝的过早产生和后期强度的倒缩有着一定的联系。因此如何在早期强度和中期性能这两者之间寻找一个平衡点是个至关重要的问题。

五、标准演进对行业发展的深远影响

GB 175-2023 版关于细度要求的修订，不仅是技术指标的调整，更是行业发展理念的革新：

1. 质量维度：推动水泥产品从“合格产品”向“优质产品”升级，促进企业建立全流程质量管控体系；

2. 技术维度：加速粉磨装备、工艺及水泥性能调控技术的创新，提升行业整体技术水平；水泥细度标准的修订历程也是水泥粉末技术的演进历程，是一部围绕“节能、降耗、提质”核心目标的工业发展史。目前及未来一段时间，水泥粉磨技术格局呈现以下特点：

多元化并存：没有一种技术是“万能”的。球磨机、立磨终粉磨、辊压机联合粉磨三者根据投资成本、原料特性、产品品种和市场要求等因素，形成了并存的局面。

目标精细化：粉磨的目标不再仅仅是“磨细”，而是追求优化的颗粒级配。认识到水泥性能不仅由比表面积决定，更由 3-32 μm 颗粒的分布决定。粉磨技术开始服务于“定制化”水泥产品的生产。

系统智能化：通过 PLC、DCS 等自动控制系统，对粉磨过程中的风量、压力、电流、温度等上千个参数进行实时监控与自动调节，保证系统始终在最佳工况下运行，实现稳定、高产、低耗。

装备大型化与高效化：磨机规格不断扩大，单机产能显著提高；同时，高效节能的选粉机、减速机等配套设备也在持续迭代更新。

3. 绿色维度：通过控制过度粉磨降低能耗，助力水泥行业实现“碳达峰、碳中和”目标；

4. 应用维度：为下游混凝土行业提供性能更稳定、适配性更强的原材料，推动建筑工程质量从“基础保障”向“长寿化、高性能化”迈进。

结束语

水泥细度指标的演变，是 GB 175 标准与时俱进、服务行业发展的缩影。从 2007 版的“下限控制”到 2023 版的“区间管理”，标准制定者以科学数据为依据，以工程需求为导向，构建了更具系统性和前瞻性的技术框架。这一调整不仅将引导水泥行业向“高质量、低能耗、可持续”转型，更将为我国建筑工程的安全耐久性和绿色发展奠定坚实基础。未来，随着材料科学与工程技术的进步，GB 175 标准必将持续优化，推动水泥-混凝土产业链迈向更高水平的协同创新。

参考文献

- [1] 《胶凝材料》侯云芬主编. 中国电力出版社, 2012 年 8 月第一版
- [2] 中华人民共和国国家标准 GB 175-2023 《通用硅酸盐水泥》
- [3] 《水泥细度对混凝土早期性能的影响》重庆大学本科学生毕业设计（论文）学生：高阳，指导教师：贾兴文.