

混凝土楼板的振动限值

作者: 赖玟璇博士 | 2022年1月30日

建筑物及其使用者在日常活动中所经历的振荡运动称为楼板振动。这种振动通常是沿垂直方向上下移动，但也有可能出现水平方向的振动^[1]。建筑物的振动可能由多种因素引起，包括外部因素如工业、施工、交通运输活动以及内部因素。根据德国标准化学会 (German Institute for Standardization, DIN) 4150-3 标准，振动可分为短期振动和长期振动。短期振动是指发生频率不足导致结构磨损，并且不会在被评估的结构中引起共振的振动；而长期振动在 DIN 4150-3 中被定义为所有不属于短期振动定义范围内的振动。马来西亚环境局则认为，振动可分为连续振动、脉冲式振动如冲击或间歇性振动。连续振动的幅度随时间变化或保持恒定，而间歇性振动中每次事件的幅度可以是恒定的，也可以随时间变化^[2]。

为了测量振动，可以选择三种参数即加速度、速度和位移。通常，振动参数会按照国际标准化组织 (International Organization for Standardization, ISO) 标准以公制单位进行测量，如表 1 所列。事实上，无论考虑位移、速度还是加速度，振动的形式和周期都是相同的。主要的区别在于三种参数的振幅与时间曲线之间存在相位差，如图 1 所示^[3]。振动速度是最常用来测量振动水平的参数^[4]，通常称为峰值质点速度 (Peak Particle Velocity, PPV)。在材料中传播的应力波所产生的应力是与质点速度成正比。

表 1: 符合 ISO 要求的振动参数单位^[3]

参数	单位
速度	米/秒, 毫米/秒 (或 ms^{-1} , mms^{-1})
位移	米, 毫米, 微米
加速度	米每秒平方, 毫米每秒平方 (或 ms^{-2} , mms^{-2}) [注: 1 克 = 9.80665 米每秒平方]

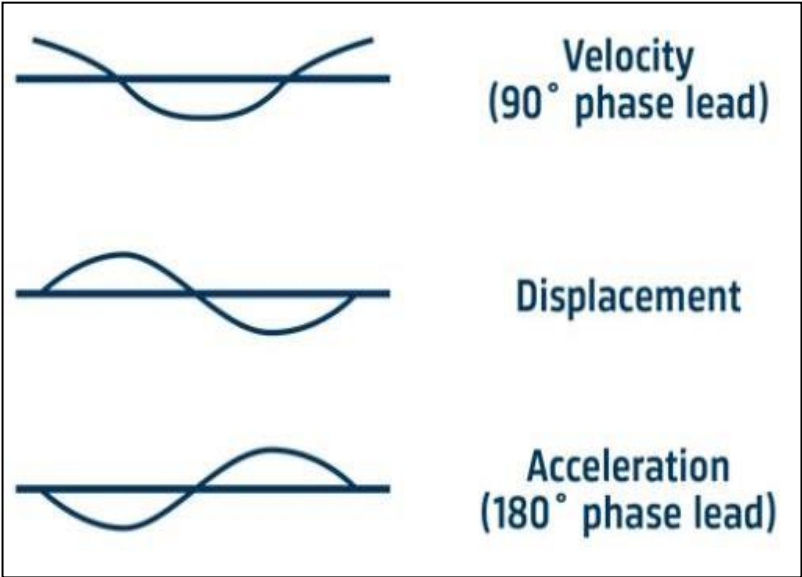


图 1: 速度、位移与加速度的振幅-时间曲线

一般来说，振动的标准和限值会因振动类型和建筑物类型而异。本文将主要依据 DIN 4150-3 标准，讨论工业与商业建筑。通过大量在建筑物基础上对振动速度的实测，得出了可用于评估短期结构振动的结果。按照 DIN 4150-3 进行评估时，以两个水平方向分量的峰值作为起点，同时，支撑在外墙上的最高楼层平面内测得的振动也对评估结果有显著贡献。此外，根据在建

筑物基础上进行的测量，依照本标准进行的评估是基于三个分量（x、y、z 方向）的未加权速度信号的最大绝对值来确定的。

下表 2 展示了针对不同类型建筑物，在最高楼层平面内的短期振动指导值。根据经验，若遵循这些数值，通常不会发生降低结构使用功能的损坏。此外，超过表 2 中的指导值并不一定会导致损坏。若仍然发生损坏，可能还有其他原因。然而，如果显著超出这些数值，则需要进一步研究^[5]。

表 2：评估短期振动对结构影响时的振动速度指导值^[5]

线号	建筑类型	最高楼层水平面振动速度指导值 v_i （毫米/秒），适用于所有频率
1	用于商业用途的建筑、工业建筑及类似设计的建筑	40
2	住宅及类似设计和/或用途的建筑	15
3	由于对振动特别敏感，无法归入第1和第2类且具有重要内在价值的结构（如受保护的历史建筑）	8

对于不同类型的建筑物，表 3 给出了在最高楼层测得两个水平方向分量的最大值作为长期振动的指导值。与短期振动相同，根据经验，若采用这些数值通常不会发生损坏。事实上，轻微超过表 3 中的数值并不一定会导致损坏。但如果显著超出，可能需要识别并评估由此产生的应力。此外，当建筑物受到谐波振动作用时，最大值可能出现在非最高楼层或基础部位。在这种情况下，也可以采用表 3 中列出的数值。

表 3：评估长期振动对结构影响时的振动速度指导值^[5]

线号	建筑类型	最高楼层水平面振动速度指导值 v_i （毫米/秒），适用于所有频率
1	用于商业用途的建筑、工业建筑及类似设计的建筑	10
2	住宅及类似设计和/或用途的建筑	5
3	由于对振动特别敏感，无法归入第1和第2类且具有重要内在价值的结构（如受保护的历史建筑）	2.5

综上所述，振动限值因振动类型和建筑类型而异。本文主要依据标准 DIN 4150-3 讨论了短期振动和长期振动。根据上述表 2 和表 3，可以得出的结论是对于工业和商业建筑的最高楼层水平面上，短期振动和长期振动的振动限值分别为 40 毫米/秒和 10 毫米/秒。因此，建议混凝土楼板的振动限值应遵循指导值，以防止意外损坏。

赖玟璇博士

首席执行官/ 创始人

IPM 环球集团

参考文献：

- [1] SteelConstruction.info, "Floor vibrations." Retrieved on 29th January 2022 from https://www.steelconstruction.info/Floor_vibrations
- [2] Guidelines for Environmental Vibration Limits and Control. (2021). Department of Environment Malaysia.
- [3] Brüel & Kjær, "Measuring Vibration: The Complete Guide." Retrieved on 29th Jan 2022 from <https://www.bksv.com/en/knowledge/blog/vibration/measuring-vibration>
- [4] A. Ansell and J. Silfwerbrand, "The vibration resistance of young and early-age concrete," Struct. Concr., vol. 4, no. 3, pp. 125–134, Sep. 2003
- [5] DIN 4150-3, Structural vibration part 3: Effects of vibration on structures, 1999.

**本中文译本仅供参考之用。如中文译本之文义与英文原文有歧义，概以英文原文为准。