

图 7 振动台实测加速度波形及频谱

Fig. 7 Measured acceleration records and amplitude spectrum for the shaking table test

显著. 同时,积分位移与实测位移频率大小相同,只是幅值稍有差异,除了积分位移的振幅略有衰减外,两个频谱基本一致. 与加速度频谱对比,可看出位移谱准确地记录了振动低频区的能量分布. 综上所述,所提方案得到的结果是高质量的. 在时域上,波形与实测位移相似,相位滞后小;在频域上,最大程度地保留了位移信号的有效频谱分量.

3.3 叠加噪声正弦信号测试

在列车运行过程中,通过对综合检测车采集到的构架加速度进行频谱分析,发现干扰部分为宽频带干扰,频率范围为 0.5 ~ 45.0 Hz,但幅值较小. 采用同 3.2 节相同的振动信号驱动试验台,并在实验中模拟添加 0 ~ 50 Hz 的宽频低幅值白噪声信号以及初始存在的倍频干扰情况,采集的加速度时程曲线和 FFT 之后的幅值谱如图 9(a)和(b)所示,从频谱图中可以看出加速度信号有明显的噪声干扰的存在. 对上述加速度信号采用本文的方法积分位移与实测位移对比图和 2 ~ 3 s 的局部放大图以及误差图如图 9(c)(d)(e)所示. 与 3.2 相比,可以明显看出,由于噪声的存在,积分位移结果与实测位移结果部分幅值存在差异,但误差整体上能保持在 0.1 以下,证明滤波与去噪声效

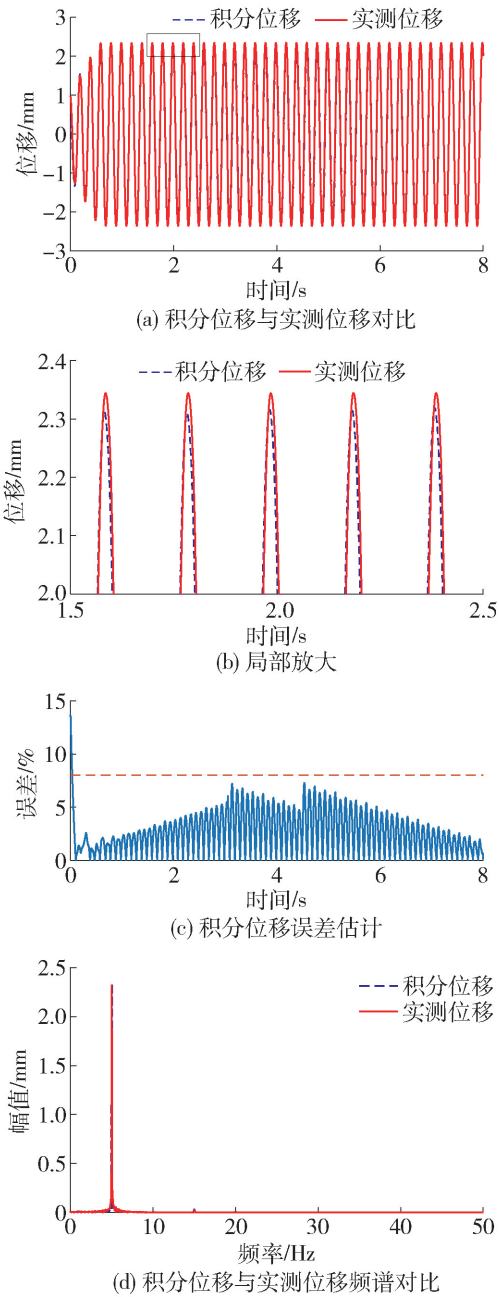


图 8 积分位移与实测位移对比与误差
Fig. 8 Comparison of integral displacement and measured displacement, and the errors

果满足要求.

3.4 实验结果验证

通过振动台实验对多组加速度数据积分位移和测量位移作对比,为了避免未知初始状态引起的积分误差,对所有数据均采用开始后 0.5 s 的数据进行分析,得到误差图的最大值如表 1 所示,通过对多组给定激励条件的实验数据分析得知:大于 1 Hz 的数据频谱与给定激励频率满足要求. 通过对复杂信号实测位移结果进行时域和频域分