

论文预审意见回复

评阅人 1#

1. 在 2.2 节中，作者建立的连续弹性地基梁解析模型为什么没有考虑道床板与支撑层的脱空问题？在路基沉降过程中，也可能引起道床板与支撑层的脱空。如果出现这种情况，作者建立的模型适用性如何？请在文中适当位置补充说明。

答：2.2 节中建立了两种弹性地基梁模型，其中连续弹性地基梁解析模型未考虑接触失效问题，原因在于考虑脱空后解析解的获取将非常困难，为此建立了可以考虑脱空的半解析模型，并采用逐次逼近法进行求解。对于沿纵向变化相对平缓的路基不均匀沉降，即沉降幅值/波长比较小时，无砟轨道结构与下部路基能保持良好的跟随性，在求解路基不均匀沉降引起的轨面几何变形特征时，叠合梁解析模型和半解析模型均可满足要求；而当路基不均匀沉降纵向差异性很强时（沉降幅值/波长比值大），解析模型因无法考虑层间脱空而不再适用，半解析模型则可以反映该现象，从而得到更准确的计算结果。模型的对比分析见图 2-25 和 2-26，适用性描述见文章 P42 图 2-26 下方第一段。

2. 在静力映射模型中，是否考虑不将道床板与支撑层看成叠合梁（个人觉得应是复合梁）？以便综合考虑道床板与支撑层的脱空情况。

答：已根据审稿人建议将静态映射关系模型中的道床板与支撑层“叠合梁”改为“复合梁”。模型中未考虑道床板与支撑层间脱空的原因在于，双块式轨道道床板和支撑层材料相同，且现浇工艺使得混凝土轨道结构整体性极强，为简化解析模型的计算，认为道床板与支撑层在沉降和自重效应影响下不易发生脱离，故将道床板与支撑层视为复合梁。

3. 在 2.3 节建立的考虑路基沉降的列车-轨道-路基耦合动力学模型中，为什么不再将道床板与支撑层看作叠合梁？这与前面静力模型不一致。作者在这方面如何考虑的？应给出理由。

答：2.3 节中，车辆—双块式轨道—路基耦合动力学模型中同样将道床板与支撑层视为复合梁，见图 2-19。2.2.1 节中的双块式无砟轨道静力学模型仅是为了介绍不考虑脱空的连续弹性地基梁解析模型的建模过程，实际上，在后续的计算中（静力学映射关系计算和动力学计算），为便于与板式轨道作对比，各无砟轨道统一采用考虑局部脱空的半解析模型进行模拟，模型中考察了道床板与路基表层之间潜在的脱空行为，如图 2-19 所示。相关说明已补充至 3.1.1 节第一段。

4. 在考虑路基沉降的列车-轨道-路基耦合动力学模型中，因边界效应等问题，计算长度是如何选取的？三类无砟轨道的计算长度是否一致？

答：动力学计算时，为消除边界效应同时保证计算效率，经过试算将三类无砟轨道的计算长度均取为 200m。相关说明已补充至 4.1 节第一段。

5. 在映射关系模型的验证中，如图 2-24 所示，距离沉降槽谷底越远，为何计算与实测结果差异越大？如若如此，很难说明理论模型的合理性与准确性。请给出合理的解释。

答：图 2-24 中的实测曲线为轨检车测得的路基不均匀沉降区段的轨道不平顺数据，是路基不均匀沉降与轨道随机不平顺综合形成的。一方面，在靠近沉降波谷的位置，由于路基沉降量相对于轨道随机不平顺更明显，所以轨面几何变形主要受沉降的主导呈现出近似余弦曲线的波形，而在远离沉降槽谷底位置，路基不均匀沉降量很小，轨面几何形态主要体现了线路上存在的随机不平顺，因而与模拟所得的余弦型曲线有一定程度的偏离。另一方面，实际中路基沉降的分布具有多样性和随机性，作者这里旨在说明利用余弦型曲线表征典型的路基不均匀沉降是合理的，由于工程中很难获取短区间内的路基不均匀沉降曲线，在有限的条件下进行的这一对比误差是可接受的，一定程度上验证了模型的可靠性。

6. 在动力学模型验证过程中，建议对比有无脱空两种工况。无脱空时验证模型的正确性，有脱空时证明新模型的改进效果。

答：已根据评阅人建议补充了无脱空工况下的对比，见图 2-27。在不考虑脱空的情况下本文模型与 VICT 模型的唯一区别即考察了轨道结构的自重，这对于轮轨动力相互作用影响甚微，由图可见，两种模型获得的相同工况下的轮轨垂向力和车体振动加速度几乎完全一致，验证了本文模型的正确性。

7. 在第五章的结论中，建议重点对比分析考虑映射关系与否的差异，评价映射关系研究的重要性，同时应强调通过该论文研究有助于丰富不同波长类型的控制标准。

答：已根据审稿人意见在第 5 章结论中补充强调了本章研究内容对丰富不同波长类型下路基不均匀沉降控制标准的意义。另外，本章旨在针对不同的车辆-无砟轨道耦合系统，提出基于动力性能指标的路基沉降控制标准，映射关系为静力学分析，其结果仅作为动力学计算的初始条件，可提高计算效率，故此处未作重点考虑。

8. 在第六章中，研究长期沉降发展时，是否应该考虑路基沉降幅值发展过程中波长范围的演变规律？当沉降幅值发展到影响波长范围时，高速车辆-轨道-路基耦合动力相应的演变特征如何？

答：第 6 章在研究长期路基沉降发展时，考虑了沉降波长的演变。例如，P108 描述了图 6-6 中路基不均匀沉降波长的演化规律，整体上沉降范围在长期列车荷载作用下明显扩大，而沉降中心区的脱空范围由最初的 5.6m 逐渐缩小至 3.6m；相应的，图 6-11~图 6-15 给出了沉降范围演化过程中系统耦合动力特性的演变特征，P112 第一段指出，随着路基不均匀沉降范围的扩大，轮轨垂向力略有减弱，轮轨力波动区间逐渐向两侧扩展，车体加速度幅值也随着列车荷载作用次数的增加逐渐降低，表明列车运行瞬时舒适度得到了一定程度的改善，但沉降范围的扩大引发了更长线路区间内的车体振动。

评阅人 2#

1. 英文题目已根据中文进行修改。
2. 英文摘要已补充完善，见修改稿。
3. P20：第二行，重复文字已删除。
4. 式（2-5）等号右边已修改。
5. P29：“图 2-15”字体已修改。
6. P30：有限元模型边界条件已补充，加载方式见图 2-17 下方段落。
7. P31：第 3 行“纵向位移”修改为“垂向位移”。
8. P38：式（2-59）上方文字已修改。
9. P41：倒数第 10 行，已补充“和”字。
10. 表 3-1 和表 3-2 中扣件垂向刚度单位笔误，已更正为“N/m”。
11. P73：最后一行已更正为“20mm/20m”。
12. P85：倒数第 2 行前的标题符号已删除。
13. P101：倒数第 6 行“塑形”已更正为“塑性”。
14. 参考文献格式错误已按照规范修改。

评阅人 3#

1. P13：表 1-2 前面段落，已修改为“与文献[145]相同”。
2. P14：已按照评阅人意见修改不恰当用词。
3. P16：已去掉“演变为动态不平顺”。
4. 式（2-5）中， w_1 和 w_2 分别为沉降区和非沉降区梁的挠度，已补充至公式下方。
5. 图 2-12 中， m_1 、 m_2 、 m_3 的定义已补充至式（2-22）下方段落。
6. P33：已删去 2.3.2 节第一段第一句。
7. 式（2-59）系数取值已补充，见 P38。

8. 文中“CRTS-I”和“CRTS-II”已去掉连字符。
9. 文中“扣件力”已改为“扣件附加力”。
10. P66, 文字错误已修改。
11. P68~P69, 计算结果已核实, 相关解释见 P67 和 P69 标红部分。
12. 论文第 4 章特征分析中, 为展示车体前后两转向架的振动情况, 选取质心处车体加速度进行描述, 已在文章相应位置标明; 第 5 章评价时所采用的车体加速度最大值已改选为心盘位置, 相关图文已作出修改, 见 5.2.2 节及 5.5 节。
13. P85, 标记错误已修改。
14. P88, 已补充修改相关表述, 见 P87~P88。
15. P96, 现阶段, 国内针对高速铁路路基沉降的监测多集中于路基的施工和静置阶段, 对线路运营期间路基不均匀沉降的监测较少, 实测或预测线路中路基不均匀沉降的波长也存在一定困难。本文提出的不同波长等级下路基沉降的控制标准参考了当前轨道随机不平顺的控制方法, 即按照波长确定幅值限值。现有规范中对于路基工后沉降以 20m 沉降波长为界, 规定 20m 以下波长工后沉降不超过 15mm, 20m 以上较均匀的最大工后沉降量为 30mm。本文的研究有助于丰富规范中路基沉降控制的波长类型, 例如对于严重沉降路段采取针对性测量后, 可依据对应波长的沉降控制阈值进行调整, 一定程度上能指导养护维修作业。另一方面, 本文的研究侧重于明确路基沉降对系统动力性能的影响规律, 主要研究结论仍处在理论阶段, 与工程实际的结合还需进一步的研究和大量现场实测数据的验证。
16. P102, “瞬态车辆-轨道耦合系统动力响应”已修改为“车辆-轨道耦合系统瞬态动力响应”。
17. P108, “相比初始不均匀沉降区域沉降范围由 10m 扩大至近 30m”已修改为“相比初始不均匀沉降区域沉降范围明显扩大”。