

列车载荷

1. 什么是列车载荷？

列车载荷是列车在行驶过程中作用在铁轨上的动力载荷，其特点是载荷作用区域随时间和空间变化。

列车载荷作用在几何线上。列车载荷一般作用于轨道，在 GFE 中轨道在几何上可简化为一根线。轨道线的几何被创建后，需要创建轨道的截面属性，一般为工字梁截面。轨道线可以是直线、曲线或连续的折线，但不能是分离的两根线。轨道线可与轨道板、隧道或土体等几何进行绑定约束形成可分析的整体模型。

列车载荷设置好后，列车载荷本质上是加载到轨道线节点上的节点力，每个节点力的时程都有一个幅值函数，一系列节点时程实现对移动荷载的模拟。由于列车载荷本质上是节点载荷，因此加载列车载荷前需要先对轨道线划分网格。轨道线的网格划分越密理论上列车载荷越精确，但在显式动力学分析中同时也需要考虑精细网格对模型整体计算效率的影响。

实际列车轨道是两轮双轨道，因此 GFE 建模时应建双轨道线，每根轨道线的列车载荷大小约为列车重力的一半。若采用单根轨道线的简化建模，创建列车载荷时需注意将轮轨力乘以 2，或施加两个相同的列车载荷在这根线上。

2. 列车载荷施加

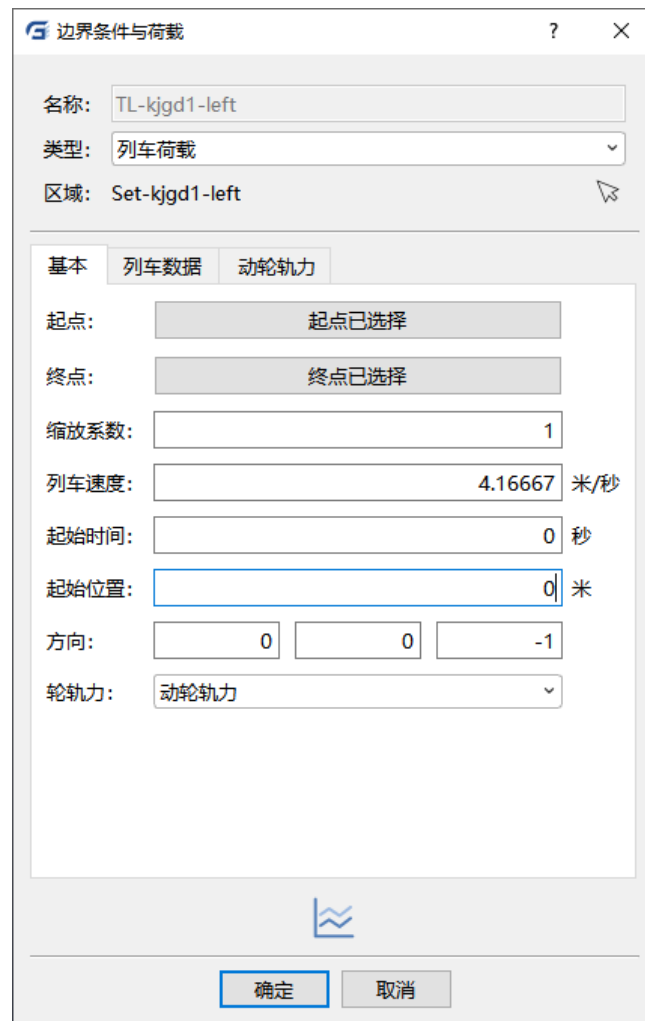


图 1 列车载荷设置

区域: 轨道线的几何集。

起点: 列车驶入轨道时起始点。

终点: 列车驶出轨道时终止点。

起点终点一般为轨道线的两 endpoint，决定了列车行驶的方向。

缩放系数: 列车载荷的缩放系数，默认为 1。

列车速度: 列车行驶速度，单位为 m/s。

起始时间: 列车开始行驶的时间点，即列车载荷开始施加的时间点，单位为 s。

起始位置: 在起始时刻，列车车头距离轨道起点的长度。

通过设置起始时间和起始位置可计算任意列车行驶阶段的列车载荷。

方向: 轨道所受列车轮轨力的方向，一般为重力方向。

轮轨力: 可选择静轮轨力或动轮轨力，静轮轨力为只考虑列车重力所引起的轮轨力，一般用于轨道绝对平顺的理想状态下列车的平稳运行；动轮轨力则还考虑了轨道不平顺对

列车载荷

列车颠簸的影响，因此相较于静轮轨力，动轮轨力曲线会显得高低不平，更能反映列车实际运行状态，对于实际的环境振动分析项目宜采用动轮轨力。

若轮轨力为静轮轨力，则在列车数据页面卡中，列车数据有两列，第一列为列车车厢各车轮的位置，第二列为车轮的轮轨力大小。如图 2、3 所示：

	长度 (米)	压力 (T)
1	0	180
2	2.1	180
3	10.3	180
4	2.1	180
5	3.5	180
6	2.1	180
7	10.3	180
8	2.1	180
9	3.5	180
10	2.1	180

图 2 静轮轨力下列车数据

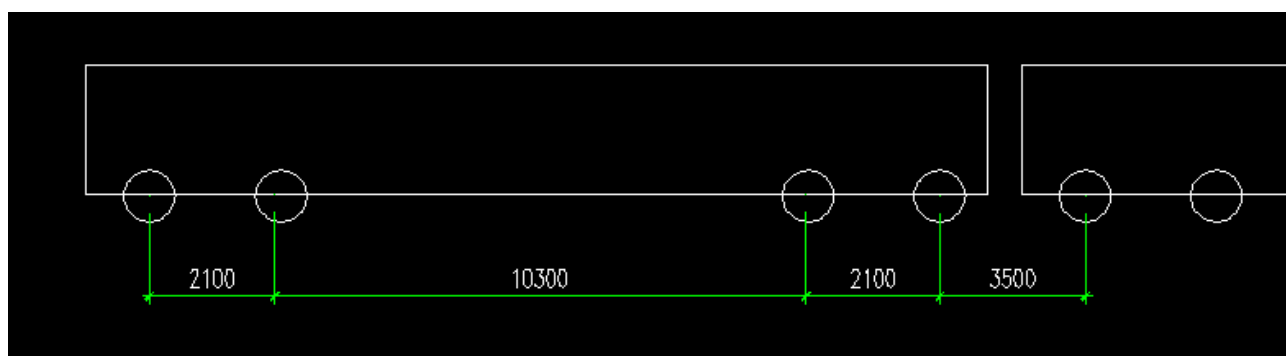


图 3 车厢车轮位置示意图

若轮轨力为动轮轨力，则列车数据仅有长度一列数据，为列车车厢各车轮的位置，同时动轮轨力页面卡将会被激活，以供用户设置车轮动轮轨力。

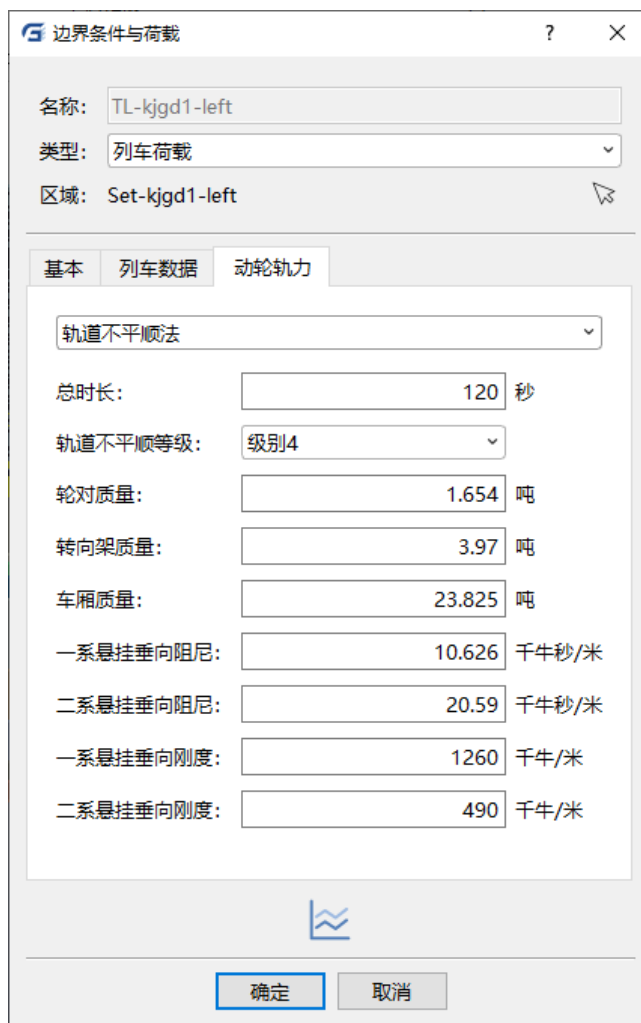


图 4 动轮轨力设置

在动轮轨力页面卡中，有三种计算动轮轨力的方法，分别为直接输入法、轨道不平顺法和轨道实测加速度法。

直接输入法：

可直接输入随时间变化的单轮轮轨力，如图 5 所示。设置完成后，列车所有车轮都将采用该动轮轨力曲线数据计算轨道节点载荷。



图 5 直接输入法动轮轨力设置

轨道实测加速度法：

采用轨道实测加速度法需要输入轮对质量、转向架质量、车厢质量等，还需输入车厢一、二系悬挂的垂向阻尼和刚度，如图 6 所示，其中轨道实测加速度法车厢力学简化模型如图 7 所示。

加速度：车厢车轮所受到的加速度激励，一般采用轨道上某一固定测点的实测加速度值近似代替。加速度数据文件为包含一系列加速度数据的文本文件。

时间间隔：加速度文件中加速度数据间的时间间隔。

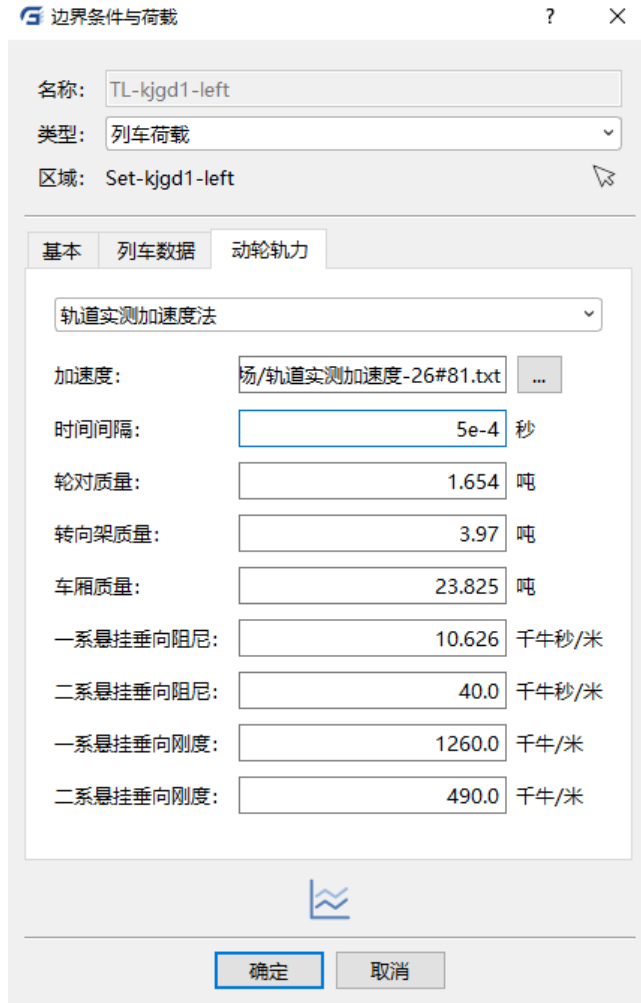


图 6 轨道实测加速度法动轮轨力设置

轨道实测加速度法

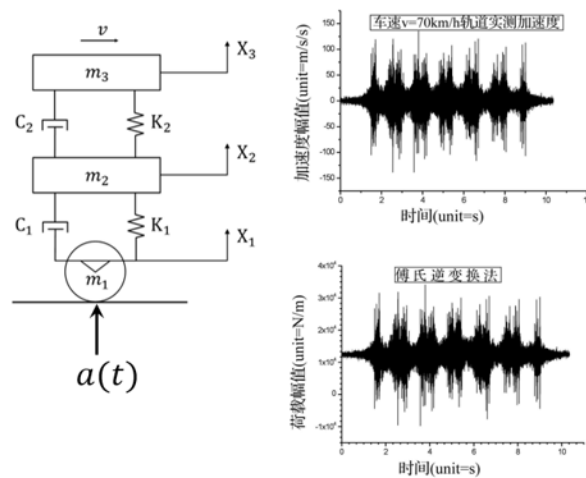


图 7 轨道实测加速度法力学简化模型

轨道不平顺法:

与轨道实测加速度法类似，需要输入轮对质量、转向架质量、车厢质量等，还需输入车厢一、二系悬挂的垂向阻尼和刚度，如图 8 所示，其中轨道不平顺法车厢力学简化模型如图 9 所示。此外，轨道不平顺法还需输入总时长和轨道不平顺等级。

总时长：内部生成加速度时程曲线的总时长，应填列车完全经过轨道所需的时间(可通过载荷预览的方式确定列车完全经过轨道所需的时间，所填总时长可以大于所需时间但不应小于该值)。

轨道不平顺等级：数字越小则轨道越不平顺。

The screenshot shows a software dialog box titled "边界条件与荷载" (Boundary Conditions and Loads). The "动轮轨力" (Dynamic Wheel-Rail Force) tab is active. The "轨道不平顺法" (Track Irregularity Method) is selected. The following parameters are set:

参数名称	输入值	单位
总时长	120	秒
轨道不平顺等级	级别4	
轮对质量	1.654	吨
转向架质量	3.97	吨
车厢质量	23.825	吨
一系悬挂垂向阻尼	10.626	千牛秒/米
二系悬挂垂向阻尼	20.59	千牛秒/米
一系悬挂垂向刚度	1260	千牛/米
二系悬挂垂向刚度	490	千牛/米

图 8 轨道不平顺法动轮轨力设置

轨道不平顺数定方法

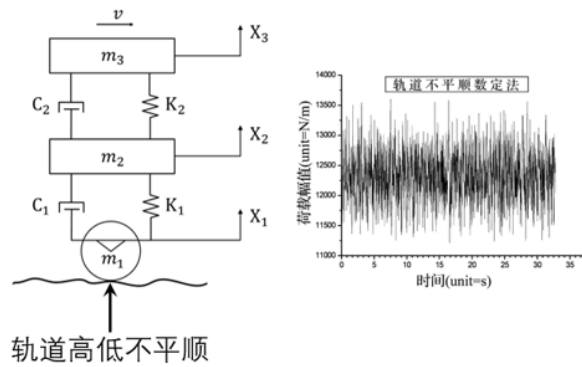



图 9 轨道不平顺法力学简化模型

3.列车载荷预览

设置完成后，点可对列车载荷进行预览，其中左侧数字列表为轨道节点号，如图 10 所示。

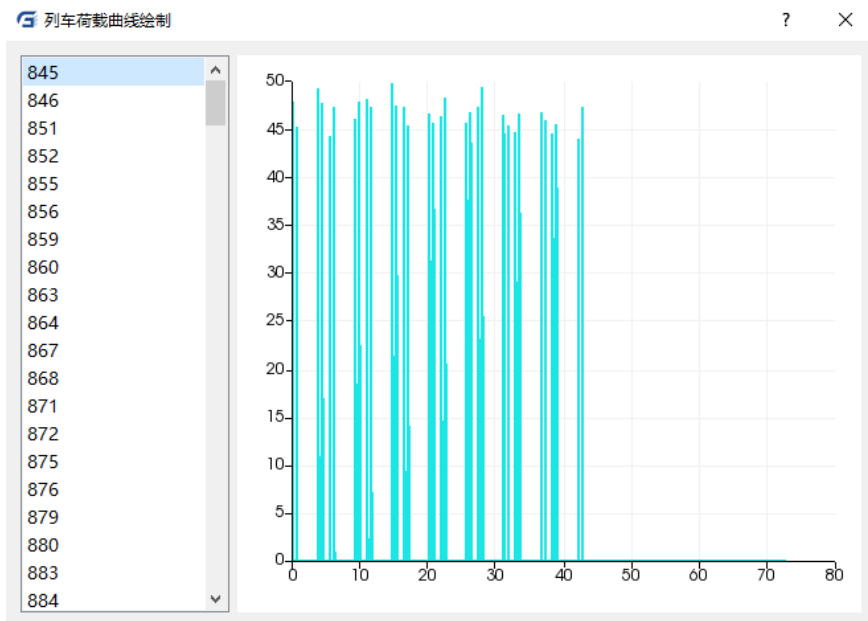


图 10 列车载荷预览