

# 铁路线路计算机辅助设计技术开发研究

徐伟超

新疆铁道职业技术学院, 新疆 哈密 839000

**[摘要]**在铁路建设中既有线路的改建设计, 由于线路所处的区域不同, 改造过程限制条件较多, 在设计的方法中存在大量复杂的计算, 我们应用铁路线路设计的基本方法, 结合 C# 编程语言, 完成兰新线张掖-嘉峪关段中 15KM 实际线路的平、纵断面设计。在深入研究铁路选线知识和铁路建设程序特点的基础上, 结合铁路动态设计思想和基本计算方法, 进一步探讨了铁路动态设计基本方程。重点研究了铁路曲线模型的铁路静态设计方法, 并详细介绍了面向对象设计原理和方法, 设计了确定型铁路静态设计的优化迭代算法过程。为实现自动方案比选, 论文探讨了基于程序的铁路选线设计系统的线路多方案综合评价方法。论文运用面向对象技术进行铁路静态设计研究, 并结合研究方法, 采用 C# 开发工具研制并开发了铁路线路计算机辅助设计软件, 以实现动态设计人机交互功能。研究结果为我国铁路建设提供了基础性工作补充和完善; 通过实例计算验证了系统的可行性和有效性。

**[关键词]**铁路线路; 计算机; 设计; 技术

DOI: 10.33142/aem.v6i4.11549

中图分类号: U491.5

文献标识码: A

## Research and Development of Computers Aided Design Technology for Railway Lines

XU Weichao

Xinjiang Railway Vocational and Technical College, Hami, Xinjiang, 839000, China

**Abstract:** In the reconstruction design of existing railway lines in railway construction, due to the different regions where the lines are located, there are many limitations in the reconstruction process, and there are a lot of complex calculations in the design methods. We applied the basic methods of railway line design and combined with C # programming language to complete the horizontal and vertical section design of the actual 15KM line in the Zhangye Jiayuguan section of the Lanxin Line. On the basis of in-depth research on railway route selection knowledge and railway construction program characteristics, combined with railway dynamic design ideas and basic calculation methods, the basic equations of railway dynamic design are further explored. We focused on studying the static design method of railway curve models, and provided a detailed introduction to the principles and methods of object-oriented design. We also designed an optimization iterative algorithm process for deterministic railway precision design. In order to achieve automatic scheme comparison, this paper explores a comprehensive evaluation method for multiple railway line schemes in a program based railway line selection design system. The paper uses object-oriented technology to conduct research on railway static design, and combines research methods to develop a computer-aided design software for railway lines using C # development tools, in order to achieve dynamic design human-machine interaction functions. The research results provide fundamental work supplements and improvements for Chinese railway construction; The feasibility and effectiveness of the system were verified through instance calculations.

**Keywords:** railway lines; computers; design; technology

### 1 铁路线路大修的原因及必要性

铁路中的线路设备是保障铁路运输系统平稳和安全运行的基石。它对于乘客和铁路职员的生命和财产安全具有重要影响。线路设备经受着自然环境的冰雪冻融、雨水侵蚀、风沙磨耗以及人为破坏的考验, 同时还承受着列车频繁的荷载作用。这种压力导致基底下沉、钢轨厚度变薄, 道床厚度不足, 曲线也出现了波浪曲线。这些问题使得线路逐渐偏离原始设计, 增加了列车脱轨的风险。为了确保列车能够安全、高速、平稳地行驶, 我们必须经常进行维护和定期检修, 甚至进行大修或改线来解决地质问题引起的严重破损。这样可以保持铁路处于稳定和良好的状态, 符合线路规范要求, 并延长铁路的使用寿命。线路中道床引起的高低不平会导致列车剧烈震动。道床受到较大的动

态荷载影响时, 会加剧变形, 形成恶性循环。严重情况下, 列车会出现剧烈的沉浮振动, 甚至可能导致车轮脱轨。当两股钢轨因沉降不一致而形成三角坑时, 车轮有可能会脱轨, 增加了列车的危险因素。由于列车动荷载影响, 线路中钢轨可能会发生硬弯、扣件螺丝松动以及缓和曲线顺坡不良等问题, 导致轨道不平。这会增加车辆的摇摆, 加剧车轮和轨道的摩擦和碰撞, 从而影响行车的平稳度和旅客的舒适度。此外, 车轮和轨道之间的波形磨耗、接头病害(如磨耗不均匀接头、错牙接头和大轨缝接头)以及轨头的擦伤与剥离等问题也会导致短波不平, 进而引发车轮与轨道的激烈碰撞, 对列车运营安全构成威胁。因此, 为了保障铁路的安全运行, 我们需要不断进行维护、修复和改进线路设备, 以确保其符合规范要求, 并降低列车脱轨和事故的风险。

## 2 铁路线路大修的主要内容

该设计路段采用 60kg/m 无缝线路，混凝土枕木和碎石道床来满足维修周期要求。在线路大修中，需要对线路平纵断面进行全面整治，同时对线路平面设计。直线部分的设计主要依据全站仪测量结果来消除高低不平顺，轨距不平顺等问题。而对于既有曲线的大修拨距计算，通常采用偏角法、简易法、坐标法或绳正法等方法进行计算和核对。其中绳正法具有精度高、拟合性好等优点，可以重新设计曲线正矢来计算拨道量的大小。简易法适用于新线维修，而坐标法则是现在铁路维修中所广泛使用的，可以利用里程桩进行计算和多次数据对比，得出最佳方案。偏角法则根据工程测量的方便而定。在线路纵断面大修设计中，我们可以根据测出的既有道床高程和既有路肩高程来设计轨道起道量。

## 3 既有线路勘测和设计的一般过程

### 3.1 里程测量

里程测量是设计线路的基础，测量精度关系到设计线路的准确度，使用零距小车推算并与既有线的里程和基础桩、桥和隧道的里程坐标与长度等数值、车站等建筑物的方向和占地面积核对。非曲线段测设一般沿左侧的单股钢轨测设，曲线路段沿曲线中心测设，测设分两组，两组误差不得大于或等于  $1/2000$ ，否则要立刻重新测设曲线正矢，非曲线路段的线路必须每 50 米标记百米标的标记，曲线路段每 20 米设置加标点标记，隧道中间位置和长度、车站中心点位置、桥涵中心和尺寸、路基的防护设施与加固工程起点和终点，线路中路堑的最低点和路堤的最高点的高程、地形变化较大的点等特别的建筑构造物和地区的地貌都一定要设置加标点标记，在地形考察图等绘制资料里标注清楚，百米桩点与加标的记点和里程为了防止被钢轨磨损应标在左侧单股钢轨的外腰部，不易被车轮擦去，并方便施工查阅。

### 3.2 设置外移桩

测设和施工周期比较长，在这时间内，线路要受到列车和人对路线的改变，因此设置外移桩就很重要，外移桩规定要安放在左侧的钢轨之间的中心线上，作为施工控制线型的数据采集点和控制点。修建二线时，测设在二线的左侧，每直线段的外移桩应该设 2 个及以上，长直线段必须每 400 到 500 设置一个，曲线测量路段的置镜点设置要设置在靠近道床无道砟处，还要垂直于曲线法向，向外移动的距离取值为二点五米与三米之间，直线段除了特殊路段外，各测点的外移距离都应该相等。

### 3.3 线路调绘

对线路两侧 20 到 30m 以内的电力线、信号机、各类轨道、桥梁等能够影响线路维修的地标与建筑物，进行测绘，记录在手册中，作为设计依据。

### 3.4 曲线平面大修设计

我们通过测量得到数据在室内利用绳正法、简易法、坐标法、偏角法算出拨距进行对比并结合实际情况作出设计曲线拟合好，拨道量最小的方法。在曲线比较圆顺的，

维修较少的曲线上，简易法的效果最好，当简易法计算后发现曲线出现鹅头时，我们可以采用绳正法计算拨距，再用梯形修正进行拨距修正，避免曲线拨量过大无法拨顺的施工困难，维修里程较大时用坐标法进行修正。一般曲线拨量为正向外拨曲线拨量为正向内拨。

## 4 构造软件界面

### 4.1 软件设计目标

紧密结合工程实际，满足铁路线路设计要求，模拟手工设计，符合设计习惯。采用数据库技术进行数据管理与交换，以确保数据传递的准确性。系统采用面向对象设计，具有可扩展性和参数化设计，增强系统的可维护性。提供集成化环境，重构用户界面以简化操作，易于学习和使用，在多窗口环境下实现交互式数据处理。具备灵活的图形和表格绘制功能，创建“在线式”线路设计规范的管理模式，并提供强大的帮助环境。

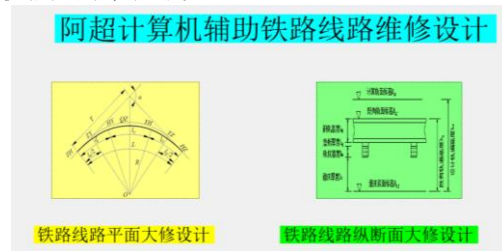


图 1 软件界面图

### 4.2 系统功能及总体结构

系统从已实现的功能的角度来描述，以满足工程要求和系统使用要求为基础，具备以下功能：（1）数据处理：包括输入、浏览和查错等功能，用于处理原始数据。（2）设计、绘图和制表：提供平面设计、纵断面设计和横断面设计功能。通过人机交互环境，可以进行人工修改。系统能够根据设计结果计算土石方工程的数量，并支持生成工程设计图纸和相关表格的制作与输出功能。

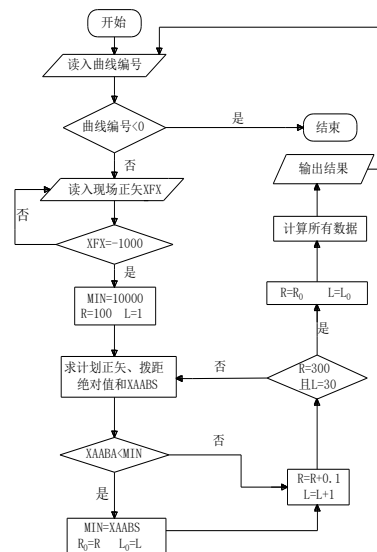


图 2 软件流程图以及操作界面

## 5 关键技术

### 5.1 数据管理

铁路线路的平面、纵断面和横断面设计需要处理大量数据，这给数据的输入和管理带来一定困难。受各方面条件限制，目前该软件只实现了手工数据输入方式，但系统预留其他数据接口。为了快速、方便、准确地传递数据，系统采用 excel 表格存储数据。通过软件界面实现结构设计和操作两方面内容。

### 5.2 设计自动化

铁路线路的平面、纵断面和横断面设计均采用相应的优化方法，实现自动化设计。例如，平面设计采用自有向寻查法逐步寻优，纵断面采用最小二乘法进行设计优化，横断面根据用户定义的设计规则实现自动求解。

## 6 计算成果

### 6.1 绳正法半径与缓和曲线对比

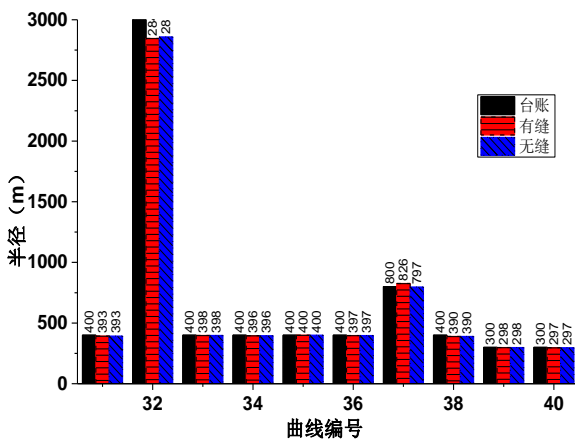


图3 绳正法半径对比图

从图3中，可以看到32号曲线和37号曲线普通、无缝和台账相比较其他曲线相差较大，但是其他曲线和台账几乎都平齐，这说明曲线用 excel 优化的半径比较好。从图中看出32号曲线的半径最大，40号曲线的半径最小。

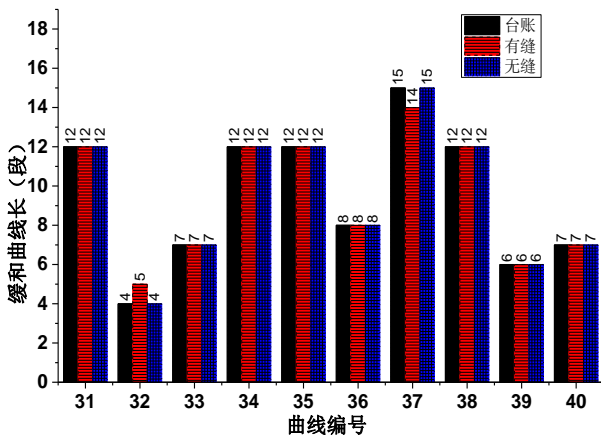


图4 绳正法缓和曲线对比图

从图4中，无缝线路缓和曲线和台账相同，普通线路看到除了32号和37号曲线与台账相差1以外，其他缓和曲线数据一样。

总的来说缓和曲线和圆曲线半径的数据都相差不大，普通线路没有约束条件，优化比无缝线路更好。所以个别数据缓和曲线长度不相等。

### 6.2 无缝线路曲率对比

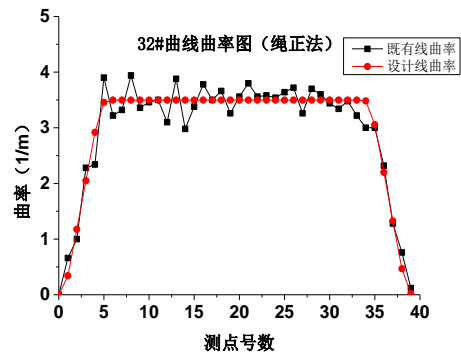
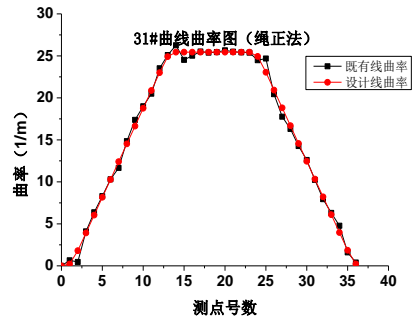
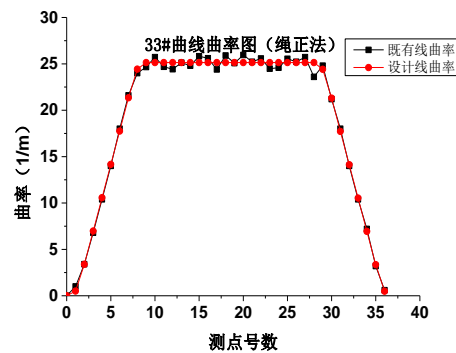


图5 绳正法曲率对比图

图5中，31号曲线曲率最大值为25左右，zh和hz点曲率为0，既有线路曲率和设计线曲率拟合比较好并且原曲线上波动幅度比较小，说明原线路圆顺比较好，线路受损害程度比较轻。32号曲线缓和曲线两者拟合比较好，在圆曲线段既有线路曲率波动比较大，可能曲线受损比较严重，曲率峰值比较小，设计线峰值约为3.5，曲线行车比较舒适。



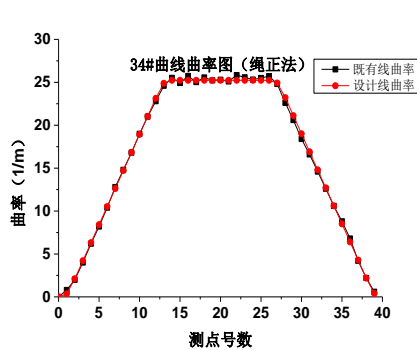


图6 绳正法曲率对比图

图6中, 33号曲线曲率最大值约为25, 设计线缓和曲线的和既有缓和曲线曲率重合说明设计线与既有线的正矢递变率一样的, 圆曲线曲率上下波动比较明显但是基本上曲率大小相差不大, 34号曲线设计线曲率最大值约为25, 缓和曲线的长度要比圆曲线长, 相比较33号曲线圆曲线的波动比较小, 缓和曲线段的斜率比33号曲线小, 设计线曲率和既有线曲率的重叠性高。

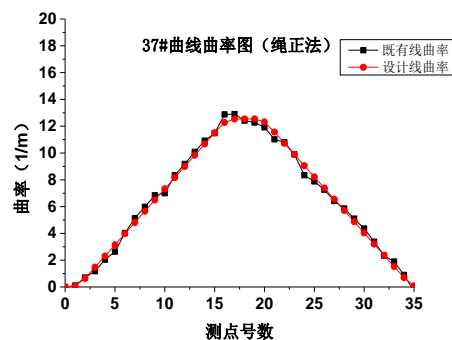


图8 绳正法曲率对比图

图8中, 37号曲线既有线曲率最大值约为15, 圆曲线长度大于25m, 而且最大曲率比较小满足设计规范, 38号曲线最大曲率约为25, 既有线曲率和设计线曲率拟合程度比较高, 说明线路受损比较轻微维修少。

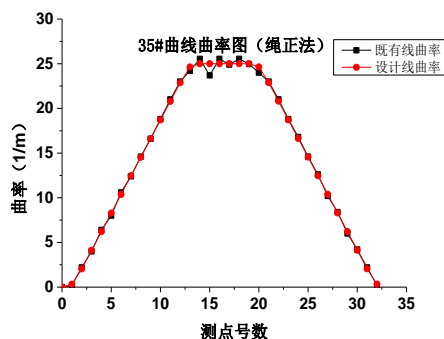


图7 绳正法曲率对比图

图7中, 35号曲线设计线曲率最大值约为25, 圆曲线长度比较短, 但是圆曲线长度大于25m, 满足设计规范。圆曲线中的15号点位曲率相差比较大, 原线路变形比较严重36号曲线设计线曲率的最大值约为25, hz点所处的位置在35测点之后, 测点数量有限所以线路没有和测点号数轴相接, 既有线曲率和设计线曲率贴合较密, 既有曲线上下波动幅度比较小, 所以线路受损程度比较轻。

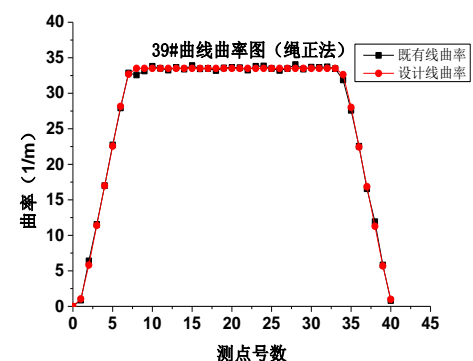
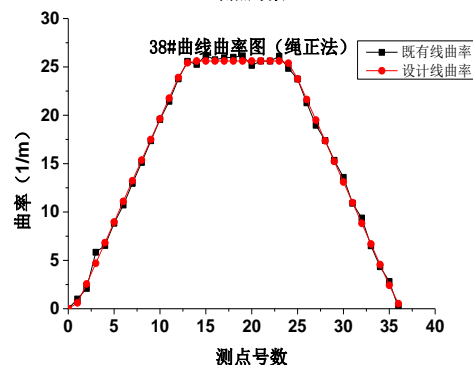


图9 绳正法曲率对比图

图9中, 39号曲线的设计曲率最大值约为32.5, 设

计曲率和既有曲率拟合性比较好,设计线几乎把既有线覆盖,既有线也没有较大的上下波动,线路受损比较轻。40号曲线和39号曲线类同,线路的拟合性也比较好。

#### [参考文献]

- [1]刘永孝.铁路线路养护维修(第二版)[M].成都:西南交通大学出版社,2017.
- [2]易思蓉.铁路选线设计(第三版)[M].成都:西南交通大学出版社,2009.
- [3]何学科.铁道工务[M].北京:中国铁道出版社,2007.
- [4]郝瀛.铁道工程[M].北京:中国铁道出版社,2000.
- [5]中华人民共和国铁道部.铁路工务安全规则[M].北京:中国铁道出版社,2006.
- [6]中华人民共和国铁道部.铁路线路维修规则[M].北京:中国铁道出版社,2006.
- [7]沈相宙.铁路道岔养护[M].北京:中国铁道出版社,2004.
- [8]铁道部工务局.铁路工务技术手册线路业务[M].北京:中国铁道出版社,2008.
- [9]申国祥.铁路轨道[M].北京:中国铁道出版社,1996.
- [10]中华人民共和国铁道部.铁路线路设计规范[M].北京:计划出版社,2006.

作者简介:徐伟超(1994.1—),男,毕业院校:兰州交通大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆铁道职业技术学院,职务:教师,职称级别:助理讲师。