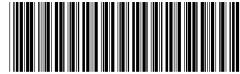


(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102201025 B

(45) 授权公告日 2012.09.19

(21) 申请号 201110191550.2

审查员 宋芸芸

(22) 申请日 2011.07.08

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15  
号

(72) 发明人 崔凯 杨国伟

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
代理人 胡剑辉 王艺

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1634735 A, 2005.07.06,

CN 101354729 A, 2009.01.28,

US 2004236482 A1, 2004.11.25,

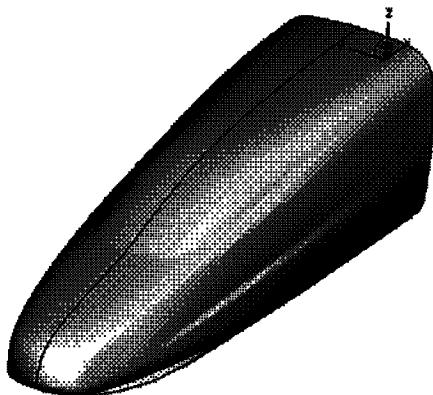
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种高速列车头型设计方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高速列车头型设计方法，包括如下步骤：1) 对已设计的列车头型的外形做离散处理，形成与初始头型的外形相拟合的表面网格；2) 依据头型的特点选择关键控制点并确定该关键控制点的位置参数；3) 确定所选择的关键控制点的控制域；4) 给定所选择的每个关键控制点的修正量；5) 依据每个关键控制点的修正量及其在控制邻域内的分布函数，计算获得其控制邻域内的每个网格点的修正量；6) 将修正量按网格点位置逐点与原外形的相关网格点坐标叠加。本发明通过数值分析等手段可获得设计参数对列车气动阻力、升力、交会压力波等关键性能指标的影响幅度，为进一步的头型修正提供指导方向。



1. 一种高速列车头型设计方法,其特征在于,包括如下步骤:
  - 1) 对已设计的列车头型的外形做离散处理,形成与初始头型的外形相拟合的表面网格;
  - 2) 依据头型的特点选择关键控制点并确定该关键控制点的位置参数;
  - 3) 确定所选择的关键控制点的控制域,并确定该控制域的形状及大小;
  - 4) 给定所选择的每个关键控制点的修正量,同时给定每个关键控制点控制邻域内的分布函数;
  - 5) 依据每个关键控制点的修正量及每个关键控制点在控制邻域内的分布函数,计算获得每个关键控制点控制邻域内的每个网格点的修正量;
  - 6) 将修正量按网格点位置逐点与原外形的相关网格点坐标叠加,从而获得修正后的列车外形。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述关键控制点为下整流罩凹陷点、鼻锥点、前盖 - 驾驶舱连接点。

## 一种高速列车头型设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种列车头型的设计方法，尤其涉及一种高速列车头型的设计方法。

### 背景技术

[0002] 目前高速列车运输系统已经成为世界许多国家重点发展的先进运载工具。日本新干线目前运行速度超过 320 公里 / 小时，法国 TGV 列车的最高速度已突破 574 公里 / 小时，我国武广高铁的运行速度已超过 350 公里 / 小时，沪杭高铁的运行速度突破 482 公里 / 小时，成为世界之最。随着列车运营速度的不断提高，空气对列车的影响也越来越大。首先，随着列车速度的提高，空气阻力呈平方率上升，当列车时速超过 350 公里 / 小时，列车的空气阻力已超过总阻力的 90%。其次，列车速度的提高将引发交会压力波、隧道微气压波等气动现象，严重影响列车的安全和乘坐舒适性。

[0003] 由于气动问题影响显著，高速列车的设计已经不同于以往低速列车，其中很重要的一个方面为列车头型的变化，高速列车的头型需兼顾美观性、实用性及良好的气动性能等因素。

[0004] 我国及世界其他国家的高速列车头型均采用流线型设计，以保证其较好的气动性能。目前主要的设计方式包括两种，一种是基于 CAD 软件，采用各类样条曲线或曲面的组合对头型进行设计，其中可采用通用的 CAD 软件，如 AutoCAD、UG、ProE、CATIA 等，也可采用自行开发或二次开发的设计软件（参见许平，田红旗，姚曙光，流线型列车头部外形设计方法，中国铁道科学，2007）。另一种为依据仿生学原理，通过对已有生物、物体及景观（如龙、子弹、剑、河流）等进行艺术抽象，将其特点融入列车头型，进而设计出流线型列车头型，例如我国即将开通的京沪高铁即依据此种方法设计出了十余种头型，进行分析比较及改进后最终确定实际的外形。

[0005] 对于列车的头型设计问题，无论采用上述何种方式进行设计，通过一次设计均很难使列车头型保证良好的综合性能，一般需在初始设计的基础上，借助于各种分析手段，对列车头型进行不断的修正、分析和优化，才能获得相对较优的设计。因此，对于外形的合理修正正是列车头型设计的必经阶段。

[0006] 列车外形的头型修正主要应考虑如下因素：1) 列车头型的初始形状往往是经过艺术提炼或曲面造型获得，其中可能蕴含大量的人文因素和实用理念，因此外型修正应尽可能保持原外型的造型特点；2) 外形修正必须考虑实际的约束条件，如内部设备的摆放直接对头型的某些位置的几何尺寸进行约束，再如驾驶舱部位的曲面玻璃需保证其倾斜角度在一定范围内变化，否则将影响司机的视线等，因此，实际的修形中，头型的某些部位将不允许改变；3) 外形修正应尽可能利用较少的控制点，这样可以有效降低修形阶段的工作量；4) 外形修正后，相关的连接部分应与原外型的光滑程度保持一致，一般至少需保证一阶光滑（即导数连续）。

[0007] 由于采用流线型的设计方式，高速列车整个头型的各部分之间光滑过度，一般很难直接提取出关键设计参数。现有设计技术（如专利 CN1634735A，公开日 2005 年 7 月 6 日，

专利 CN101290636, 公开日 2008 年 10 月 22 日, 等) 很难同时满足上述几项要求。即使采用逆向工程等技术手段, 将列车的头型控制参数提取出来, 也很难同时满足上述几项要求。

## 发明内容

[0008] 针对现有技术存在的问题, 本发明的目的在于提供一种高速列车头型设计方法, 能够进行很好的优化设计。

[0009] 本发明的一种高速列车头型设计方法包括如下步骤:

[0010] 1) 对已设计的列车头型的外形做离散处理, 形成与初始头型的外形相拟合的表面网格;

[0011] 2) 依据头型的特点选择关键控制点并确定该关键控制点的位置参数;

[0012] 3) 确定所选择的关键控制点的控制域, 并确定该控制域的形状及大小;

[0013] 4) 给定所选择的每个关键控制点的修正量, 同时给定每个关键控制点控制邻域内的分布函数;

[0014] 5) 依据每个关键控制点的修正量及每个关键控制点在控制邻域内的分布函数, 计算获得每个关键控制点控制邻域内的每个网格点的修正量;

[0015] 6) 将修正量按网格点位置逐点与原外形的相关网格点坐标叠加, 从而获得修正后的列车外形。

[0016] 优选地, 所述关键控制点为下整流罩凹陷点、鼻锥点、前盖 - 驾驶舱连接点。

[0017] 本发明具有如下优点:

[0018] 1) 列车头型的灵敏度分析。采用本发明提出的方法对列车头型进行参数化后, 通过数值分析等手段可获得设计参数对列车气动阻力、升力、交会压力波等关键性能指标的影响幅度, 为进一步的头型修正提供指导方向;

[0019] 2) 列车头部的气动噪声源辨识, 采用本方法对头型进行参数化, 通过提取不同的控制参数, 经气动噪声计算后, 可直接获得列车头部主要气动噪声源及不同部位对列车气动噪声的影响比较;

[0020] 3) 列车头型的优化设计, 利用本发明提出的参数化方法, 可与数值分析及优化设计方法结合, 开展列车头型的优化设计工作。

## 附图说明

[0021] 图 1 为本发明实施例待修正的列车头初始头型三维外形图;

[0022] 图 2 为初始化表面网格分布示意图;

[0023] 图 3 为图 1 的列车头下整流罩凹陷点减少 5% 后的比较图;

[0024] 图 4 为图 1 的列车头鼻锥长度增加 5% 后的比较图;

[0025] 图 5 为图 1 列车头鼻锥高度增加 20% 后的比较图;

[0026] 图 6 为图 1 前盖 - 驾驶舱连接点验车体轴向位置增加 10% 后的比较图;

[0027] 图 7a 和 7b 为综合图 2 ~ 图 6 经过多参数修正后的头型比较图。

## 具体实施方式

[0028] 本发明的主要设计思路是:

- [0029] 1) 将初始头型的外形进行离散化, 即划分出表面网格;
- [0030] 2) 依据头型的特点指定关键控制点及其位置参数, 控制点参数个数和位置的确定依据实际情况而定, 所述控制点的位置参数一般基于空间直角坐标系, 给定其三维坐标值;
- [0031] 3) 对每个关键控制点给定其控制域范围, 所述控制域的概念为控制点的变化所影响的邻域区间, 该控制域形状及大小应依据实际情况给定;
- [0032] 4) 通过搜索确定控制点及控制域的坐标所在表面网格点的位置, 搜索方法可以采用通用的搜索方法, 如遍历搜索法、二分法等;
- [0033] 5) 给定每个关键控制点的修正量, 修正量可通过指定其与关键控制点间的距离和方向余弦确定, 亦可通过给定关键控制点的三维坐标偏移量确定;
- [0034] 6) 给定每个关键控制点控制邻域内的分布函数, 即每个控制邻域内的插值函数, 该函数的作用为确定每个关键控制点修正量对其控制邻域内相关网格点修正量的影响程度。该分布函数应依据实际外形的特点及控制邻域边界的光滑性要求给定。一般可采用余弦分布函数、sigmoid 函数、或相对较为复杂的样条函数;
- [0035] 7) 依据每个关键控制点的修正量及其在控制邻域内的分布函数, 计算获得其控制邻域内的每个网格点的修正量;
- [0036] 8) 将修正量按网格点位置逐点与原外形的相关网格点坐标叠加, 获得修正后的列车外形。

[0037] 下面结合附图来进一步具体说明本发明的设计思路。

[0038] 列车流线型头部的初始外形如图 1 所示。

[0039] 整个头型可以大致分为下整流罩 1、鼻锥 2、前盖板 3、驾驶舱 4 和侧板 5 等几个区域, 但大多数区域之间都采用光滑过度的方式设计, 各区域之间并没有明显的分界线。依据原外形的特点, 应用本发明提出的方法进行外形修正的流程如下:

[0040] 对原外形进行离散化, 划分出原外形的表面网格, 如图 2 所示;

[0041] 图 2 初始头型的表面网格分布

[0042] 指定关键控制点及其坐标参数, 在这一实例中, 依据头型自身的特点, 指定左右对称面上的下整流罩凹陷点、鼻锥点、前盖 - 驾驶舱连接点作为关键控制点, 进一步依据外形提取上述三个点的坐标值, 分别为: 下整流罩凹陷点 (-38003.77, 319.09), 鼻锥点 (-38291.86, 413.79), 前盖 - 驾驶舱连接点 (-35487.68, 2362.23), 上述坐标值的坐标原点选择为三列编组列车的中心点, 单位均为毫米。

[0043] 确定每个关键控制点的控制邻域, 这里控制邻域的横向范围均为全域, 纵向范围为前一控制点的纵向坐标(或下边界值的纵向坐标)至下一控制点的纵向坐标(或上边界值的纵向坐标);

[0044] 通过遍历搜索获得上述关键控制点所在的网格点编号;

[0045] 给定每个控制点的外形修正量, 这里外形修正量可在边界值范围内任意给定, 详细的修正量数值及其对应修正外形后文详述。

[0046] 给定每个控制点其控制邻域内的分布函数, 这里按照初始头型的特点, 采用余弦分布函数, 如此可保证在边界连接处至少保证一阶光滑。

[0047] 基于上述流程, 给定不同关键点修正量所获得的修正后外形如下所示:

[0048] 指定下整流罩凹陷点的凹陷度增加 5%, 所获得修正外形与原外形的比较如图 3 所示(图中 XZ 平面左侧为修正后的外形, 右侧为原外形)。

[0049] 指定鼻锥长度增加 5%, 所获得修正外形与原外形的比较如图 4 所示(图中 XZ 平面左侧为修正后的外形, 右侧为原外形)。

[0050] 指定鼻锥高度增加 20%, 所获得修正外形与原外形的比较如图 5 所示(图中 XZ 平面左侧为修正后的外形, 右侧为原外形)。

[0051] 指定前盖 - 驾驶舱连接点验车体轴向位置增加 10%, 所获得修正外形与原外形的比较如图 6 所示(图中 XZ 平面左侧为修正后的外形, 右侧为原外形)。

[0052] 同时修正上述参数, 即下整流罩凹陷点的凹陷度增加 5%、鼻锥长度增加 5%、鼻锥高度增加 20%、前盖 - 驾驶舱连接点验车体轴向位置增加 10% 后, 所获得修正外形与原外形的比较如图 7a、7b 所示。(图 7a 为原外形, 图 7b 为修正后的外形)

[0053] 从前述外形修正前后的比较图可以看出, 采用本发明提出的列车头型外形修正方法对头型进行修正后, 头型的相关位置有效修改, 且可完全保持原头型的特点及式样, 此外, 修正参数的个数可以依据实际情况任意选择, 可保证采用较少的设计参数来对头型进行修正。同时, 采用合理的分布函数, 可保持原外形的光滑程度。因此, 本发明提出的方法具有思路简单、实现方便等特点, 十分适合于实际工程应用。

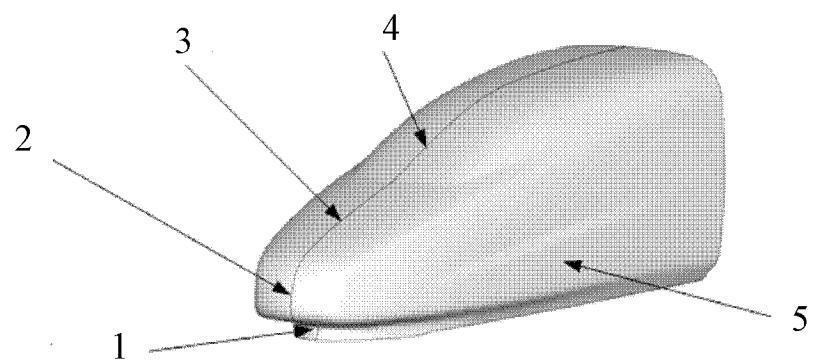


图 1

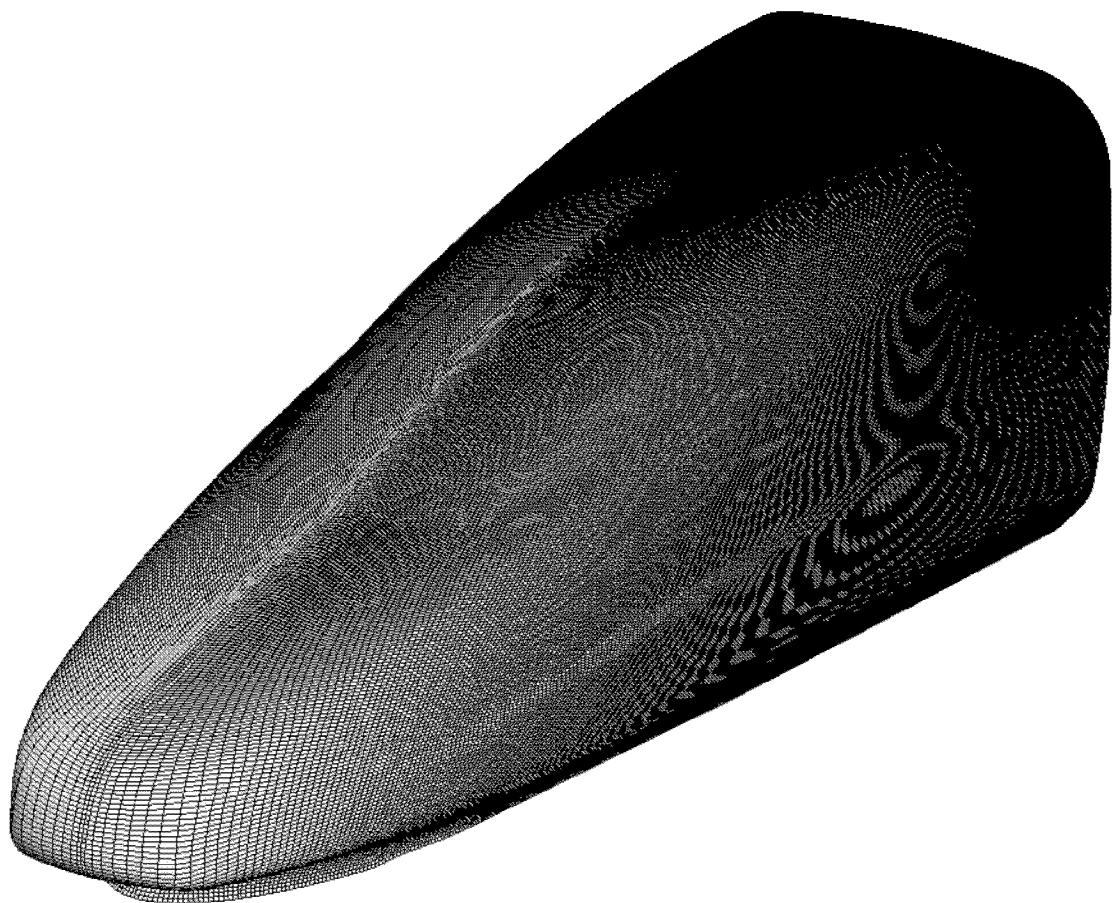


图 2

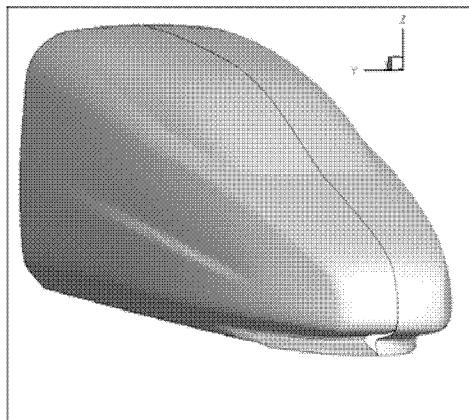


图 3

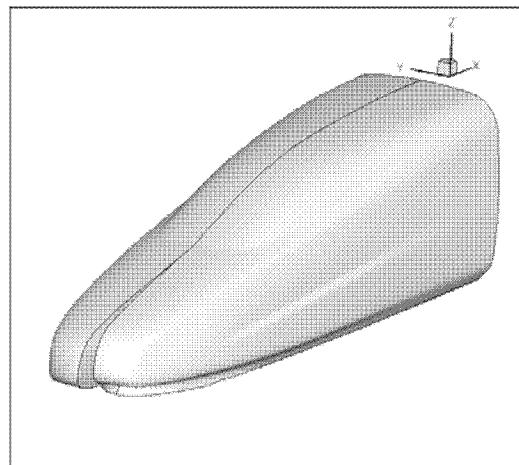


图 4

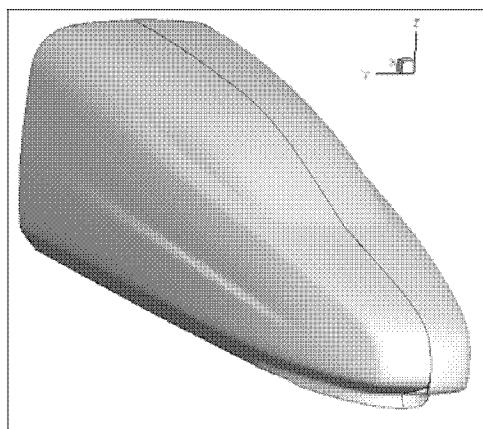


图 5

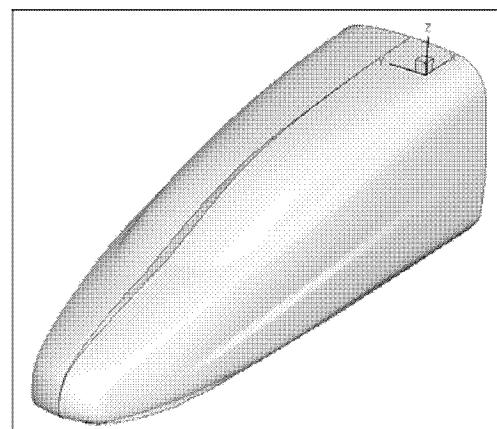


图 6

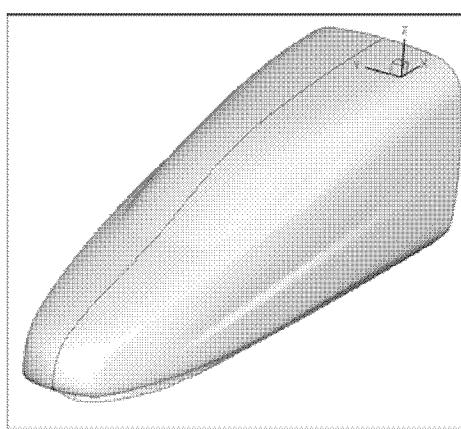


图 7a

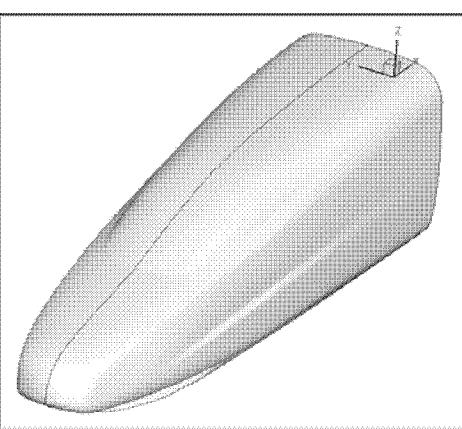


图 7b