

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101935978 B

(45) 授权公告日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201010254005. 9

(22) 申请日 2010. 08. 16

(73) 专利权人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 李方元 吴培峰

(74) 专利代理机构 上海天协和诚知识产权代理
事务所 31216

代理人 张恒康

(51) Int. Cl.

B61B 7/00 (2006. 01)

B61B 13/06 (2006. 01)

E01D 11/02 (2006. 01)

E01D 19/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/251407 A1, 2007. 11. 01,

CN 1218748 A, 1999. 06. 09,

CN 101372231 A, 2009. 02. 25,

CN 1569536 A, 2005. 01. 26,

EP 1036720 A2, 2000. 09. 20,

CN 1167467 A, 1997. 12. 10,

审查员 王晶晶

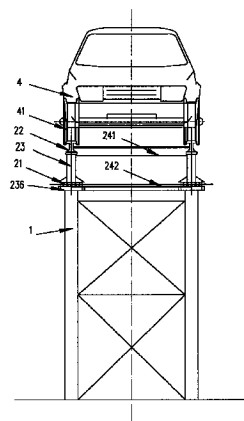
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 11 页

(54) 发明名称

索轨高架及其专用轨道行车

(57) 摘要

本发明涉及一种索轨高架及其专用轨道行车,属于交通运输技术领域。该索轨高架由下部支撑体系和上部索轨平台组成,下部支撑体系固定于地面基础并将索轨平台架空,所述索轨平台为由上层轨道和下层预应力弦索构成的交通平台,轨道与弦索之间由若干竖向支撑杆连接,整个高架主体纵向由若干跨度单元组成,预应力弦索首尾两端利用锚碇锚固于地面。本发明同时公开专用于该弦索高架上行走的轨道行车,该轨道行车带有特制轮盘。本发明是以索结构来支撑运输荷载,相对于现有桥梁结构,其结构自重几乎可以忽略,从而大大节省了钢材,甚至可以不使用任何混凝土,可达到轮轨式列车 300km/h 左右的速度,成为高效、节能和环保的交通运输方式。



1. 一种索轨高架,其特征在于,由下部支撑体系和上部索轨平台组成,所述下部支撑体系由若干纵向间隔布置的钢结构或者钢筋混凝土制成的支撑组成,各支撑固定于地面基础并将索轨平台架空,相邻两个支撑之间构成一跨度单元,所述索轨平台为由上层轨道和下层预应力弦索构成的交通平台,轨道与弦索之间通过若干竖向支撑杆连接并实现索轨平台的预拱度,整个索轨高架主体纵向由若干跨度单元组成,索轨高架首尾两端由预应力弦索通过锚碇锚固于地面。

2. 如权利要求1所述的索轨高架,其特征在于,所述索轨平台包括有两股并行的预应力弦索和两根并行排列的钢轨,两根并行排列的钢轨分别正位于两股并行的预应力弦索之上,上方的钢轨与正下方弦索之间通过若干纵向间隔布置的竖向支撑杆固定连接,索轨平台横向还设置有横向支撑杆用于保证两轨道间距不变和受力同步。

3. 如权利要求1或者2所述的索轨高架,其特征在于,所述竖向支撑杆包括主杆、竖向支撑底板,主杆上端设有上夹套或采用焊缝实现与轨道连接,竖向支撑主杆下端采用螺栓将竖向支撑底板与索支撑板固定实现与弦索的固定连接。

4. 如权利要求2所述的索轨高架,其特征在于,所述横向支撑杆为一体式横向支撑或者该横向支撑杆设置有轨道横向支撑和弦索横向支撑两层横向支撑杆,即在两轨道之间以及两股索之间分别设置横向支撑杆,从而形成矩形框架。

5. 如权利要求4所述的索轨高架,其特征在于,在矩形框架内再设置交叉支撑杆。

6. 如权利要求1所述的索轨高架,其特征在于,当整个索轨高架跨度因过大影响结构稳定性时,根据行车载荷的设定,借助竖向和横向的空间辅助索来实现结构的稳定。

7. 如权利要求1所述的索轨高架,其特征在于,所述下部支撑体系设计成钢桁架结构支撑并与基础固结或者铰接,若索轨平台荷载产生的水平力导致下部支撑与基础焊接处受弯矩过大,下部支撑体系顶部设置允许索轨部分可纵向滑动的索鞍结构,保证索可在下部支撑顶部承压板上沿纵向滑动;若荷载产生的水平力对下部支撑与基础焊接处受力很小,或者下部支撑与基础采用铰接方式时,在上部索轨结构与下部支撑间采用不可滑动的铰接方式。

8. 如权利要求1所述的索轨高架,其特征在于,所述下部支撑体系设计成钢筋混凝土支撑,钢筋混凝土支撑柱与基础之间是固结,当钢筋混凝土支撑柱下部受力弯矩过大时,该下部支撑体系顶部设置允许索轨部分可纵向滑动的索鞍结构,保证索可在下部支撑顶部承压板上沿纵向滑动;当钢筋混凝土支撑柱下部受力弯矩较小时,在上部索轨结构与下部支撑间采用不可滑动的铰接方式。

9. 如权利要求7或者8所述的索轨高架,其特征在于,所述不可滑动的铰接方式是通过设置连接限位装置实现,所述连接限位装置包括竖向支撑底板、索支撑板和下部支撑顶部预埋件,采用螺栓将竖向支撑底板、索支撑板和下部支撑顶部预埋件三者一并固定,预应力索整齐水平置于竖向支撑底板与索支撑板之间,预应力索两侧的螺栓实现对预应力索横向限位,同时,该两侧螺栓对预应力索固定避免其纵向滑动。

10. 如权利要求9所述的索轨高架,其特征在于,在竖向支撑底板与索支撑板之间添加设置索鞍即设计成可沿纵向滑动形式的连接限位装置。

索轨高架及其专用轨道行车

技术领域

[0001] 本发明涉及由弦索空中轨道平台构建的高架及其在该轨道平台上行走的专用轨道行车,属于交通运输技术领域。

背景技术

[0002] 以运输平台所在位置区分,目前的车辆交通运输方式可分为地上和架空两种。而架空形式又包括高架桥和轨道交通。现有架空的高架或轨道交通基本上是以桥梁作为运输平台。不论是下部平台(如上海轻轨),还是轨道交通中的悬挂式上部受力平台(重庆轻轨),几乎全部考虑采用梁体作为受力构件,由桥墩等下部构件支撑并传递荷载至基础。这类平台中,因采用了大截面的钢筋混凝土桥梁或钢梁,导致梁体较大部分承载能力用于承担自身重量,大大降低了结构或材料的使用效率。另一种架空的索道结构中,索是在低应力状态下拉动轿箱一同移动,平均速度在 10km/h 左右,运输效率低,多用于山区景观线路中爬升用交通。

发明内容

[0003] 本发明抛弃常规的交通运输平台,提出一种全新的索轨高架(“弦索空中轨道平台高架”的简称),结合了轨道交通、预应力拉索技术,并抛弃常规支撑受力平台概念,直接利用“索+轨道”的受力体系作为承载平台。对高强钢索预先张拉到相应应力状态,即利用预应力技术减小索轨平台自重及载重荷载作用下的下垂,并将纵向水平力传递至地面。通过对载重荷载的合理分散布置和对特定速度的规定,在荷载作用下轨道平台结构的变形和振动可控制在允许范围内。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的,索轨高架由下部支撑体系和上部索轨平台组成,所述下部支撑体系由若干纵向间隔布置的钢结构或者钢筋混凝土制成的支撑组成,各支撑固定于地面基础并将索轨平台架空,相邻两个支撑之间构成一跨度单元,所述索轨平台为由上层轨道和下层预应力弦索构成的交通平台,轨道与弦索之间通过若干竖向支撑杆连接并实现索轨平台的预拱度,整个索轨高架主体纵向由若干跨度单元组成,索轨高架首尾两端由预应力弦索通过锚碇锚固于地面。

[0005] 本发明还提供一种专用于该弦索空中轨道平台上行走的轨道行车,该轨道行车带有特制轮盘,该轮盘与下部轨道相咬合。进一步还可以采用降低行车重心、特制车体上增设挂钩结构、分散行车荷载手段来保证行车安全。

[0006] 本发明去除了目前桥梁设计中的主要荷载即桥梁截面的混凝土自重,仅利用高强钢材来受力,用弦索轨道作平台,充分发挥材料的性能。由于上部结构大大减轻,基本上只有机车及载重荷载,索轨自重比例较小,从而也大大减小对下部支撑体系结构的受力作用,利用少量钢结构或混凝土墩柱即可实现对上部结构及荷载的支撑。相对于使用荷载,本发明的结构自身重量几乎可以忽略,节省了大量钢材,甚至可以不使用任何混凝土,从而实现经济、环保和低碳运行。本发明索轨平台是以索结构来支撑运输荷载,其结构属于索结构体

系,这完全区别于现有的以常规桥梁为平台的轨道交通。但本发明索轨平台原理又完全不同与现有的索道结构,现有的索道中索是在低应力状态下拉动轿箱移动,平均速度在 10km/h 左右,且载量有限,运输效率低,只适用于景区或对运输量不高的条件下使用。

[0007] 本发明其他方面的有益效果:

[0008] 1、本发明运输平台在城市内没有如高架桥梁对光线的影响,可实现无阴影或少阴影;仅需下部支撑着点处的少量占地面积,下方可实现场地无障碍使用,从而减少拆迁量。在山区或非居住区域,则可实现对耕地几乎零占用和影响。

[0009] 2、因其交通平台结构形式简单,其施工速度快,尤其是山区更有利于推广。

[0010] 3、本发明交通方式适应性强,可实现大、小跨度和坡度的高效率运输。

[0011] 4、通过车辆荷载按照轨道受力要求的相应布置,可实现大跨径、高速的运输效率,可达 300km/h 左右的速度。

附图说明

[0012] 图 1a 主视图:为以两个跨度单元为例的索轨高架纵向示意图(其中:F-主缆拉力及锚固力,P-行车荷载,T-竖向支撑杆压力,N-下部支撑反力)

[0013] 图 1b 为图 1a 俯视图

[0014] 图 1c 为图 1a 中的横截面横向刚度框架结构示意图(其中:A-A 处跨度单元内横截面及荷载传递示意图,B-B 相邻跨度交界处的横截面及荷载传递示意图)

[0015] 图 1d 带行车的索轨高架横截面示意图

[0016] 图 2a 常规的钢桁架结构示意(除必须的下部支撑顶部横梁 13 外,钢桁架结构中需要根据受力和稳定性设置其他横向支撑及斜向支撑)

[0017] 图 2b 常规的混凝土门架式(其中:下横梁 14 是根据支撑立柱的高度影响其稳定性的情况下考虑设置)

[0018] 图 3 为下部支撑结构可能的几种受力形式所对应力的简化受力图式

[0019] 图 4 竖向支撑杆与轨道、弦索和下部支撑之间连接限位装置示意图(图 4a:夹套式,b:焊缝式,c:增加了索鞍部件)

[0020] 图 5 为特制车轮 4 结构示意图

[0021] 图 6 为特制车轮的限位挂钩装置结构示意图

[0022] 图 7 示意了一跨度单元范围内轨道和索随荷载的位移变化,未画出竖向支撑杆

[0023] 标记说明:l-下部支撑体系,11-下部支撑顶部预埋件(即索轨平台连接平面),12-主柱,13-下部支撑顶部横梁,14-混凝土门架式下横梁,2-索轨平台,21-预应力弦索,22-钢轨,23-竖向支撑杆,231-上夹套,232-竖向支撑主杆,233-竖向支撑杆端部的竖向支撑底板,234-竖向撑杆端部加强板,235-连接及固定螺杆,236-索下支撑板,237-焊缝,238-索鞍,24 横向支撑杆,241-轨道横向支撑,242-弦索横向支撑,4-机车,41-轮盘,411-外轮缘,412-内轮缘,42-车轴,431-外挂钩,432-内挂钩

具体实施方式

[0024] 以下结合附图对本发明技术方案作进一步说明。

[0025] 如图 1a 至图 1d 所示,本发明索轨高架已没有常见的桥梁平台,该索轨高架由下部

支撑体系 1 和上部索轨平台 2 组成。所述下部支撑体系由若干纵向间隔布置的钢结构或者钢筋混凝土制成的支撑组成,各支撑固定于地面基础并将索轨平台架空,相邻两个支撑柱之间构成一跨度单元。索轨平台 2 为由上层轨道 22 和下层预应力弦索 21 构成的交通平台,轨道与弦索之间通过若干竖向支撑杆 23 连接并实现索轨平台的预拱度,并通过若干横向支撑杆 24 将两侧索和轨道连接。整个索轨高架主体纵向由若干跨度单元组成,索轨高架首尾两端由预应力弦索通过锚碇锚固。荷载传递到索轨平台的轨道上,利用轨道、预应力弦索及将两者间的竖向支撑杆形成的空间结构,竖向支撑杆将荷载传递给预应力钢索,柔性弦索通过自身张力作用平衡其上部荷载,并将竖向荷载传递给一定间距的门架式支撑,而索自身的张力则通过首尾两端设置的锚固点传递到锚碇。当整个索轨高架的跨度过大影响到结构的稳定性时,根据行车载荷的设定,可借助竖向和横向的空间辅助索来加强实现结构的稳定。必要时,预应力索可以在索轨高架的跨度间采用搭接方式使弦索张力正常传递并平衡纵向拉力。全路程高架路线是由若干个索轨高架衔接起来,以适应路程和路径设定。

[0026] 如图 1a 至图 1d 所示,索轨平台 2 包括有两股并行的预应力弦索 21 和两根并行排列的钢轨 22,两根并行排列的钢轨分别正位于两股并行的预应力弦索之上,上方的钢轨与正下方弦索之间通过若干纵向间隔布置的竖向支撑杆 23 固定连接,索轨平台横向还设置有横向支撑杆 24 用于限制索轨平台横截面横向间距并形成框架结构。

[0027] 上述索轨平台自身结构轻,为保证纵向行车的稳定,可利用预应力索张拉力来调整不同荷载作用下索轨平台结构的纵向行车稳定。为保证横向行车稳定,需要在横向截面形成一定刚性框架结构,如图 1c 所示,该横截面受力示意图上的实心圆点表示刚性连接节点。根据受力要求需要,索与下部支撑连接处的空心圆点可设计为绞节点连接或可滑动式连接,下部支撑与基础连接的半实心圆点可根据受力要求设计为刚性连接或绞节点连接。在荷载作用下截面上会产生弯矩、剪力,甚至因荷载重心不对称及动载作用下产生扭转。该刚性框架结构能整体形成一定抗扭能力,利用横向支撑杆和竖向支撑杆保证两侧索和轨道受力同步,并较好的向下部支撑传递荷载,从而保证索轨平台横向稳定。

[0028] 如图 7 示意了分别在自重、最小载重、最大载重情况下,本发明轨道 22 与弦索 21 轴线发生的变化。由于轨道与索间有较多竖向支撑(注:图中没有画出轨道与索间的竖向支撑杆),从而保证了轨道、弦索两者轴线变形相同。荷载布置进行分散设计即可保证在最小及最大载重情况下索轨平台结构的纵向行车稳定。

[0029] 所述预应力弦索 21 采用抗拉强度为 1860MPa 的高强钢丝或高强钢绞线,或更高强度的材料,其设计强度根据安全等级可取 0.5 ~ 0.6 倍抗拉强度。索的用量即索的总截面积决定了可施加的索力,所需施加的索力决定于其上部荷载、整个索轨高架的结构跨度、变形情况和行车稳定等多方面来计算(该内容属于本领域内常规技术,非本发明对现有技术作出的贡献)。结构安全方面,主要是担心结构的破坏,而这是通过设计过程中,将高强预应力索取一定安全系数,即设计时可保证结构在最大使用荷载下,其索的应力状态只占其极限应力的 50 ~ 60%,如果追求经济性可达到 70% 极限应力。如果要求追求极高安全性,可通过增加辅助索来实现更高的安全系数。而且索是分开锚固,并可实现更换,可对索进行检查更换,从而提高结构的使用寿命。

[0030] 所述轨道 22 是支撑行车荷载和保证车轮平顺滑行的重要构件。可采用现有的钢轨或重新设计轨道面的形式实现。其轨距根据需要来设置,如当需要与地面铁路或轨道交

通衔接时,则可取现有机车的轮距,当需要采用既有的汽车改造作为机车的,只需要根据改造后车的车轮距来设置。

[0031] 所述竖向支撑杆 23 是支撑索上部轨道的重要构件,其功能是将索 21 与轨道 22 间形成较好的固定,避免预应力索 21 与轨道 22 的相对位移,同时传递轨道 21 上方荷载给索 21,并借助索力调整轨道预拱度。竖向支撑杆包括竖向支撑主杆 232 和竖向支撑底板 233,竖向支撑主杆 232 上端通过设有上夹套 231(如图 4a 所示)或采用焊缝 237(如图 4b 所示)实现与轨道 22 连接并保证很好地传递轨道上的车载负荷以及纵向冲击力和制动力等水平力,竖向支撑主杆 232 下端采用螺栓 235 将竖向支撑底板 233 与索支撑板 236 固定。竖向支撑主杆 232 与竖向支撑底板 233 之间根据节点受力需要可以加强板 234,目的使竖向支撑杆更好地向索传递荷载。跨度单元内就是利用不同高度的竖向支撑主杆 232 来实现预拱度,保持车辆在轨道行走时相对平顺性,如图 1a 所示。在相邻两跨度单元交界处,当索和轨道竖向间距较小,竖向支撑主杆 232 相对变短。

[0032] 横向支撑杆 24 的设置是为了保证两轨道间距不变,缓解整个索轨平台结构的横向晃动和变形,同时避免因索轨平台纵向平面过高而引起的轨道翻倾,避免车辆脱轨。如图 1d 所示的横截面结构示意图,设置有轨道横向支撑 241 和弦索横向支撑 242 共两层横向支撑杆,即在两轨道 22 之间以及两股索 21 之间分别设置横向支撑 24。为了进一步增强整体稳定性,在横截面轨道与索形成的框架中可考虑再增加交叉支撑。在相邻两跨度单元交界处,当索和轨道竖向间距较小,可将上述轨道横向支撑 241 和弦索横向支撑 242 构成的两层横向支撑杆合成一体,即采用一体式横向支撑杆。

[0033] 将下部支撑体系 1 设计成钢结构支撑或者钢筋混凝土支撑,皆为本领域内成熟的现有技术。钢结构支撑受力可按常规的钢桁架结构进行受力和设计,即各杆件只考虑轴心受力性能,不考虑其抗弯能力,荷载的设计必须充分考虑下部支撑与基础是固接还是铰接,支撑上部是否允许设计成索轨纵向滑移形式等情况,并需要充分考虑车辆动载对索轨平台结构受力的影响,尤其是制动力和振动等对受力和构件稳定的影响。不论采用钢桁架还是钢筋混凝土门架,两竖向支撑主柱 12 中心线应尽量与行车轮距中心线相一致,从而保证车辆荷载通过主要的受力构件传递至基础。

[0034] 下部支撑结构节点受力形式,如图 3 的四类形式。如图 a 和 b 是下部固结,适用于钢结构和钢筋混凝土结构下部支撑形式,其中 a 为上部允许索沿纵向滑动的受力模型,而图 b 为上部索与下部支撑顶部预埋件 11 铰接形式;图 c 和 d 所示下部铰接,只适用于钢结构的支撑形式,上部分别为铰接和纵向可滑动形式。即钢结构根据受力特点可采用上述四类形式,而钢筋混凝土结构只能采用图 a 和 b 两类形式。上部结构与下部支撑采用纵向可滑动或铰接形式是根据结构跨度布置和荷载设计导致结构变形能力大小综合决定(该内容属于本领域内公知常识,非本发明对现有技术作出的贡献,本发明说明书不作公开)。由于预应力索有较大的水平力限制实际的水平位移量,保证了下部支撑结构不会因为其铰接形式的形成机构而失稳。

[0035] 如图 2a 所示,下部支撑采用钢结构时,若下部采用预埋件与基础焊接固定形式,根据受力计算,若荷载产生的水平力导致下部支撑与基础焊接处受力过大,其支撑体系顶部 11 应设置允许索轨部分可沿纵向滑动的索鞍结构连接限位装置,从而避免索在滑动过程中的损伤,同时可避免在下部支撑根部产生过大弯矩。当荷载产生的水平力较小,对下

部支撑与基础焊接处受力安全无影响时,或者下部支撑与基础预埋件之间采用了螺杆铰接时,则上部索轨结构与下部支撑间仅需设置不可滑动的铰接形式的连接限位装置,如图 4a 和 4b 所示。

[0036] 如图 2b 所示,下部支撑结构采用钢筋混凝土支撑时,可采用常用高架桥梁的门架式或框架结构形式、钢筋混凝土墩式支撑受力体系,相应墩与基础是固结。因其底部与基础连接固定,根据支撑柱下部受力弯矩大小是否导致下部截面产生过大拉应力决定是否采用顶部允许索轨可纵向滑动形式或者铰接形式的连接方式。当弯矩过大时,顶部应设置允许索轨部分可沿纵向滑动的索鞍连接限位装置,保证索 21 可在下部支撑顶部承压板 238 上沿纵向滑动,如图 4c 所示,从而减小在纵向力(如制动力)作用下对下部支撑产生的弯矩。当弯矩较小时,采用铰接形式的连接限位装置,如图 4a 和 4b 所示。

[0037] 下部支撑与弦索间的定位与连接需要根据下部支撑的结构形式和弦索轨道结构形式和安装情况来设计,其功能是实现弦索轨道向下部支撑结构传递荷载时保证下部支撑的受力安全与上部轨道的平顺性,即包括对弦索轨道的限位和将弦索轨道的荷载有效传递到下部支撑结构。除此外,还要根据弦索轨道的受力特点和移动荷载特点,实现下部支撑结构和弦索轨道的受力均衡性及行车平顺性。上部索轨结构与下部支撑间的铰接形式的连接限位装置如图 4a 和 4b 结构来实现:该装置包括竖向支撑底板 233、索支撑板 236 和下部支撑顶部预埋件 11,采用螺栓 235 将竖向支撑底板 233、索支撑板 236 二者一并固定,而索支撑板 236 则与下部支撑主柱 12 顶部的预埋件 11 通过焊接或螺杆固定,预应力索 21 整齐水平置于竖向支撑底板 233 与索支撑板 236 之间,预应力索 21 两侧的螺栓 235 实现对预应力索 21 横向限位;同时,该两侧螺栓 235 对预应力索 21 固定避免其纵向滑动,即为铰接形式。竖向支撑主杆 232 与竖向支撑底板 233 之间根据索布置和受力要求设有一定的加强板 234。通过该连接限位装置实现允许弦索 21 在竖向支撑定位杆 23 底板与下部支撑顶部之间的连接,同时实现索 21 横向限位固定,避免横向滑脱。

[0038] 当允许索可沿纵向滑动形式的连接限位形式时,可采用类似桥梁中的索鞍实现,即在如图 4c 竖向支撑杆端部的竖向支撑底板 233 与索支撑板 236 之间添加设置允许索滑动的索鞍 238 即可,避免索滑动时的损伤,所述竖向支撑杆端部的竖向支撑底板 233、索支撑板 236 二者通过螺杆方式一并固定,并与预埋件 11 彩螺栓或焊接固定,由此索 21 可在竖向支撑杆端部的竖向支撑底板 233 和索支撑板 236 间沿纵向滑动,并避免了横向移动。

[0039] 专用于上述索轨高架平台 2 上的行车 4,可以通过在普通的车体上替换安装有特制的轮盘 41,该轮盘与现有技术中轮轨列车轮盘类似,能与下部轨道 22 相咬合,如图 5 所示,以避免轮盘横向与轨道滑脱。进一步改进,特制轮盘的外轮缘 411 高于内轮缘 412,或者高度相近,以防止脱轨,而现有轨道列车的轮盘轮缘常为“外低内高”。也可以通过改造现有车辆,将现有各种车辆更换相应特制车轮,例如客运车、货运列车、电气化小汽车,由此推广具有巨大的经济意义,还能实现弦索空中轨道平台与现有铁路轨道的对接,进一步提高经济性和适用性。

[0040] 对于车辆行驶过程中的安全:由于索轨间有许多横向支撑杆,保证两轨道距离不变,因而机车不可能从两平行轨道间掉下,主要担心车辆荷载由于其重心过高,会因其结构的横向晃动而倾翻。首先,从结构设计角度来解决,即在移动荷载作用下降低车辆与轨道的耦合动力效应,在设定的索轨高架跨度、弦索张力、车辆和载重分配的条件下,控制轨道动、

静态变形量在规定范围内,从而保证车辆不至于出现过大的横向位移而倾翻。另外从车辆方面来解决,开发特制车辆,降低车辆重心、利用列车多点布置方式、对荷载进行合理分配等措施来保证车辆不出现倾翻。为进一步提高车辆行驶的安全性,在行车 4 与轨道 22 间安装有相应的限位挂钩装置,如图 6 所示,以满足适应不同功能、不同安全级别的要求。该限位装置由内外挂钩 (432, 431) 组成的刚性外套,整个车轮 41 及轨道工字上沿置于外套内,外套上部固定于机车车躯,下端伸入轨道上沿底部,从而避免车辆脱轨。

[0041] 对于行车的稳定性:由于本发明索轨平台结构柔的特点,静载下结构会产生竖向位移,结构在机车移动荷载下必然会出现上下(竖向)、左右(横向)的晃动,又由于受结构预拱和在跨度间的竖向支撑作用,行车会出现起伏式运动。受索轨平台结构轻的特点,结构在机车移动荷载作用下必然会出现振动。本发明进行了不同比例模型试验,包括 1 : 15、1 : 10 和 1 : 1 模型试验。试验和分析表明,索轨高架在自重作用下,在 25 ~ 50m 的跨度范围内,相对挠度为 1/1600 ~ 1/800,绝对挠度只有 1.6 ~ 6.3cm,这一挠度变形很容易利用预拱形式保证在使用荷载下行车的平顺性。试验和分析还表明,25 ~ 50m 跨度承载 3t 左右时,索轨平台的动态变形在 10mm 左右。在对索轨平台进行一定处理基础情况下(例如对索轨高架跨度、预拱度、预应力弦索左右张拉力对称性进行调整或者借助竖向和横向的空间辅助索),弦轨振幅小于 10mm,并于 0.1 ~ 1s 后消失,当车辆在一定间距情况下运行时,如按 100km/h 运行速度需要保持前后车距 100m 左右,这一振幅和消失时间对后续车辆没有影响。若对荷载布置进行特别设计,将 5 ~ 10t 的力分散布置,同样可达到上述效果。

[0042] 本发明为一全新交通运输系统,在解决了结构受力与稳定等性能后,采用相应设计,在系统内增设供电系统支架和电源线,形成电气化机车,结合机车、信号控制等相关产品的开发,可形成完整的产业链,成为交通运输行业的新型发展方向。可形成城际交通、城市交通的次空中交通走廊,实现短、长线路的货运专线。该结构理论上可实现与轮轨式列车速度相当的运输能力即可实现 300km/h 左右的速度,从而大大提高运输效率。

[0043] 根据线路的设计,索轨高架交通平台可设计成多种形式:与铁路衔接式、现有汽车改装式、自驱动式、电气化机车方式,且可根据运输需求,设计成车列、单车、定时发车、点对点无人驾驶等多种。机车使用灵活和适应性强是本发明的重要优点之一。当需要实现高速运输时,其车辆需要根据受力进行相应的设计,确保风阻系数及轮轨间作用的可靠性。

[0044] 根据成本分析,本发明交通系统的造价约为 800 万元 /km,只包括下部支撑体系及弦索轨道平台部分,不包括需要增加的 20% 机车部分(车辆、车站和车库),分别是轻轨的 1/30 ~ 40,地铁的 1/50 ~ 80,而且不存在过多的对环境的影响和破坏。概括来说,该运输系统具有:造价低、速度高、性能高、低能耗、运力高、成本低、土工小、环保好(材料消耗少、占地少、噪音小、无阴影)、适应广(地形气候不限,可用于城市交通、城际干线和货运专线)。

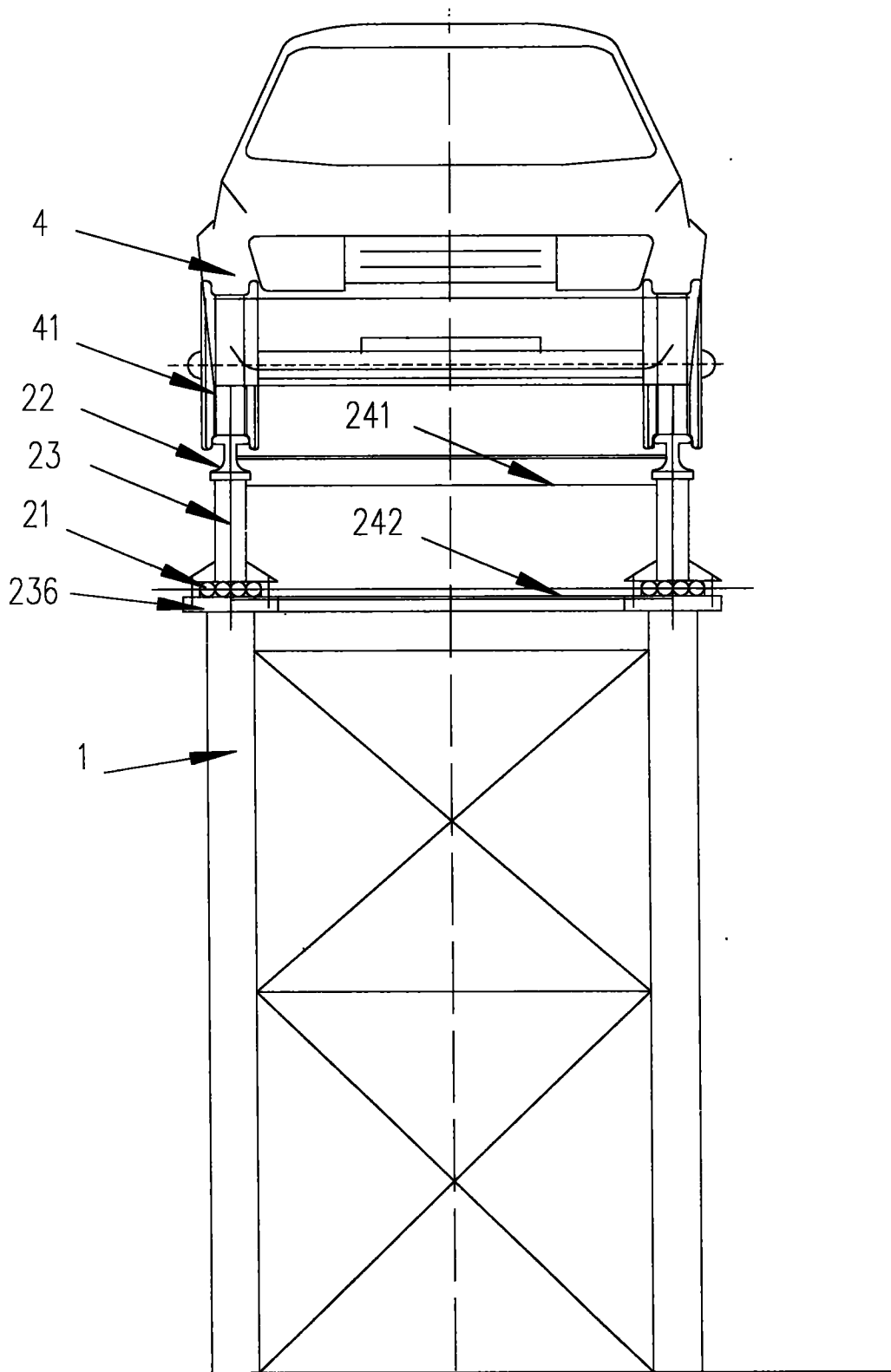


图 1d

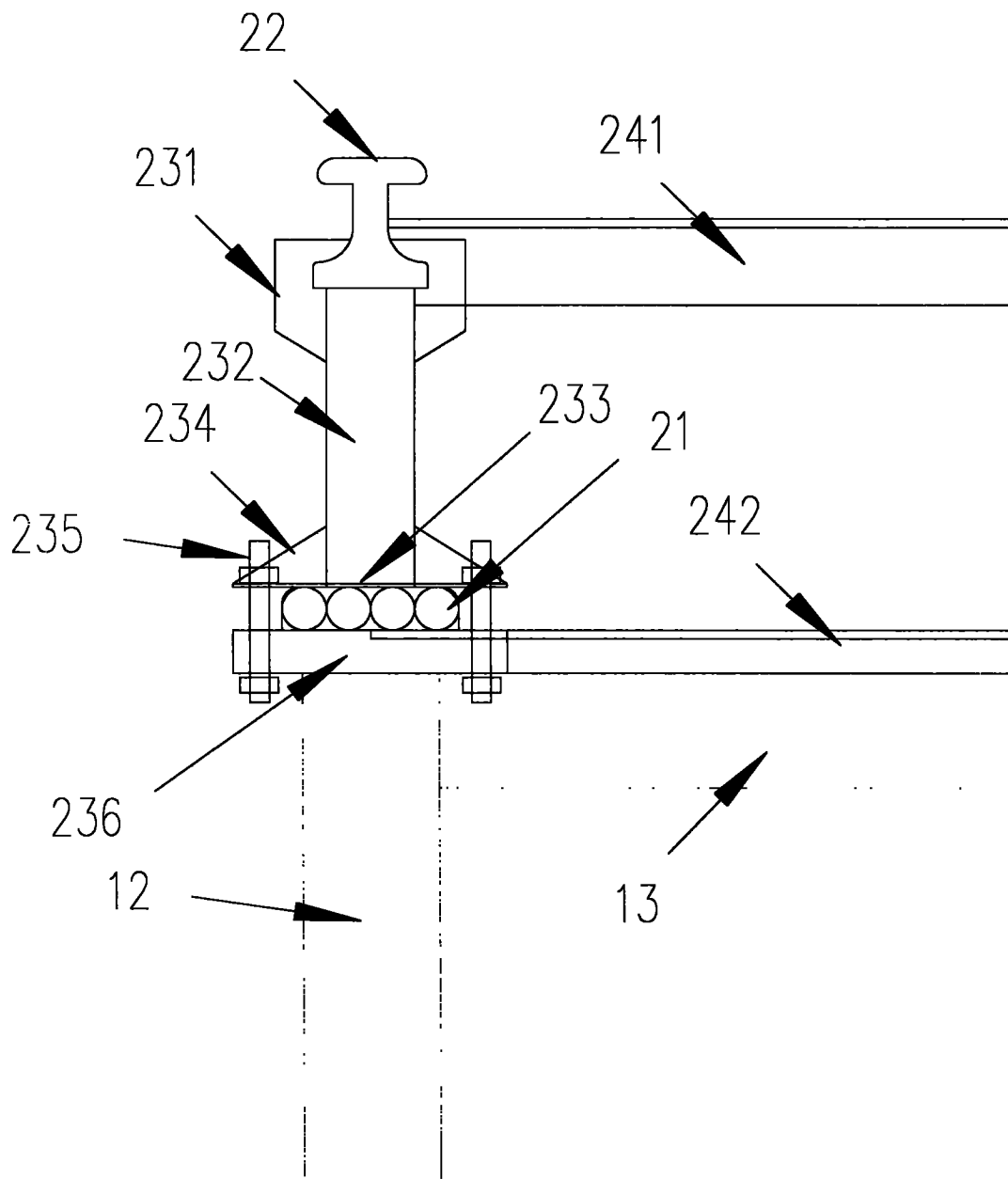


图 4a

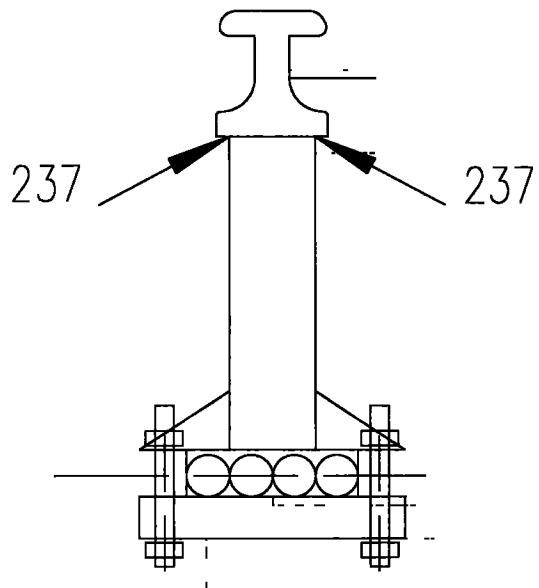


图 4b

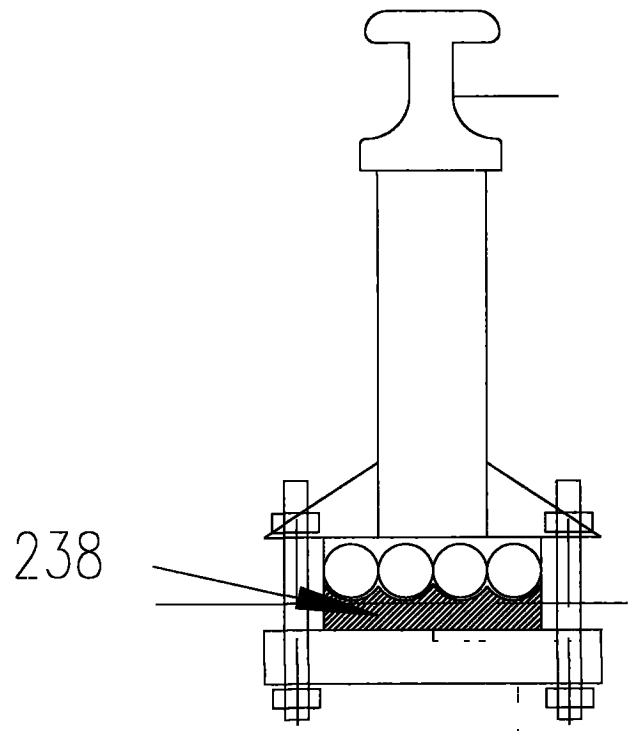


图 4c

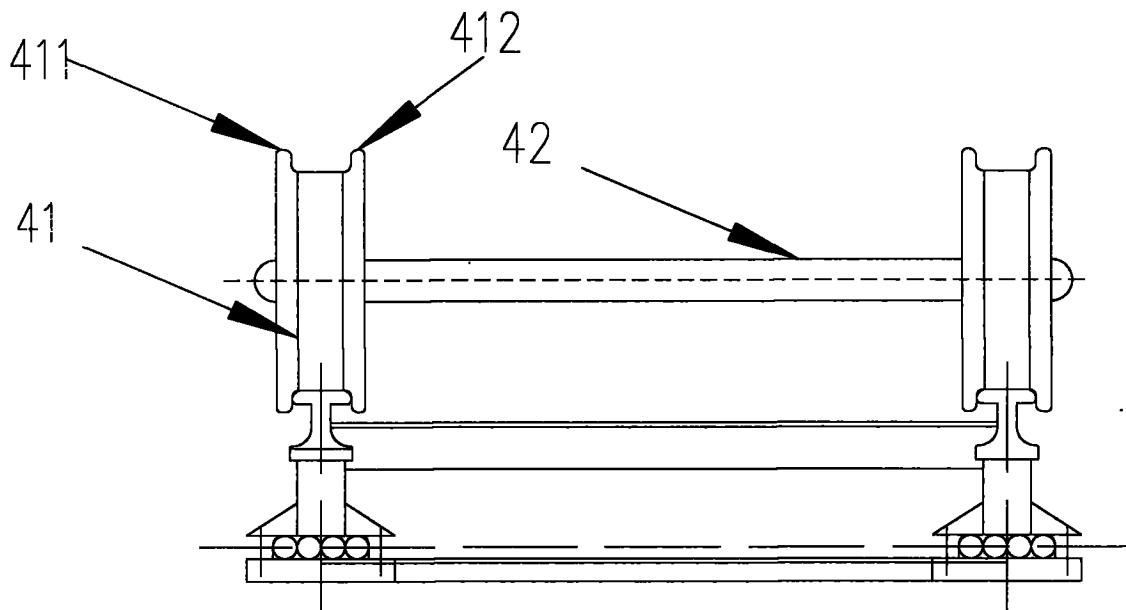


图 5

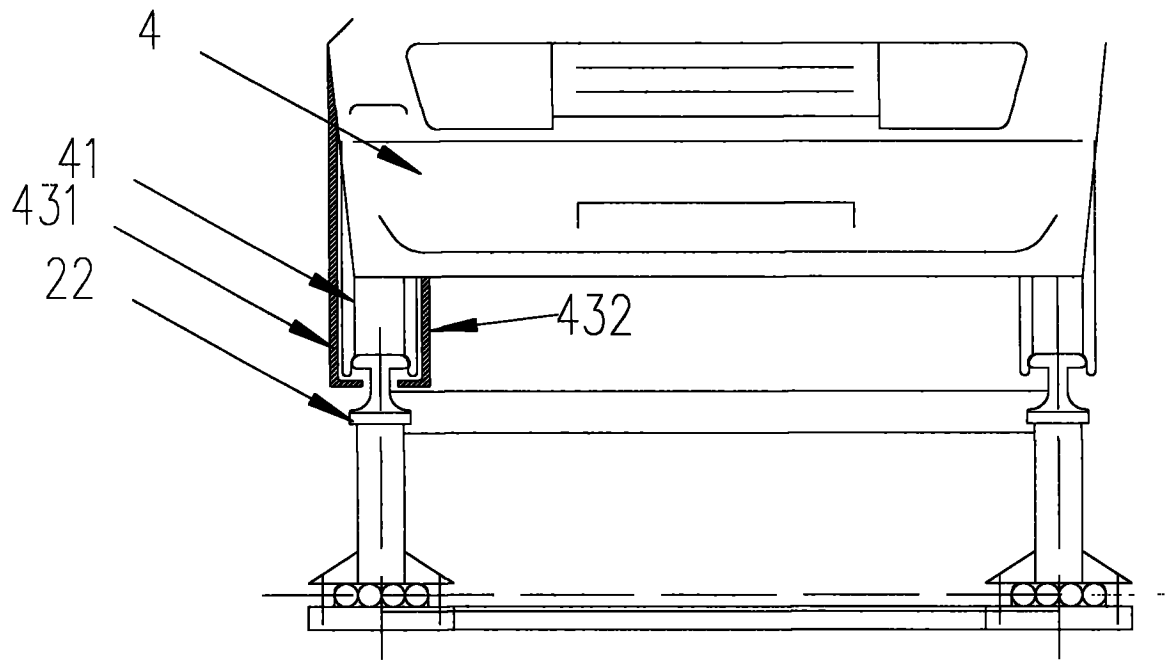


图 6

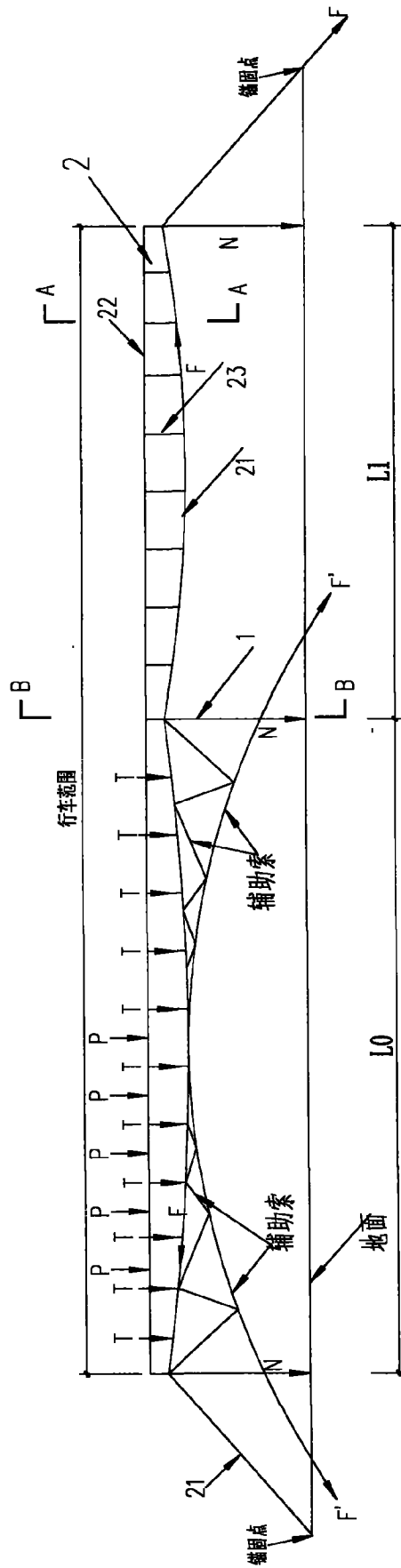


图 1a

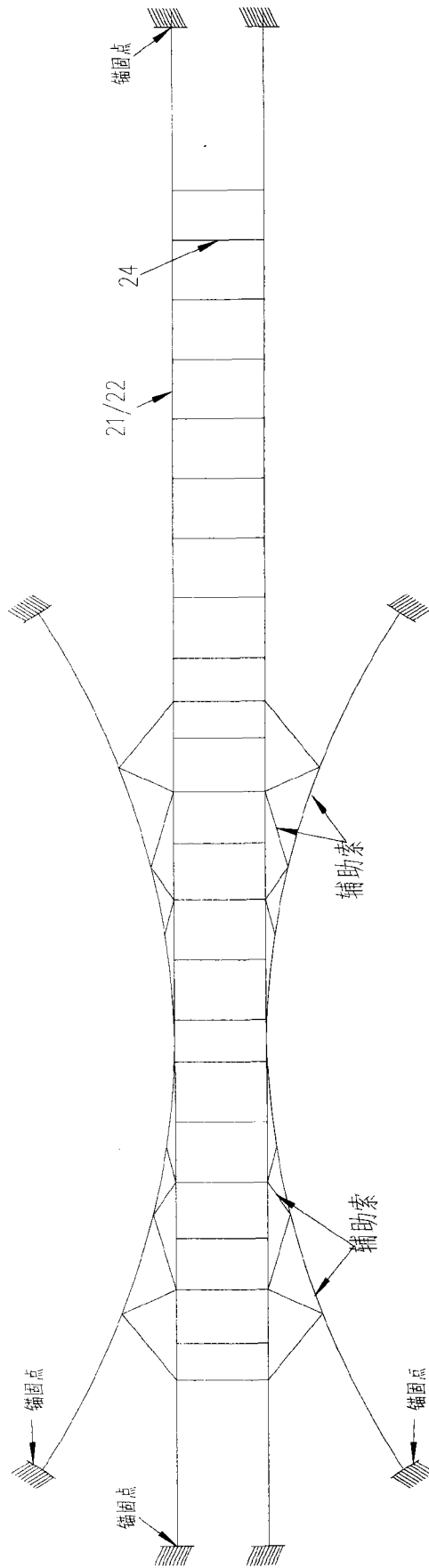


图 1b

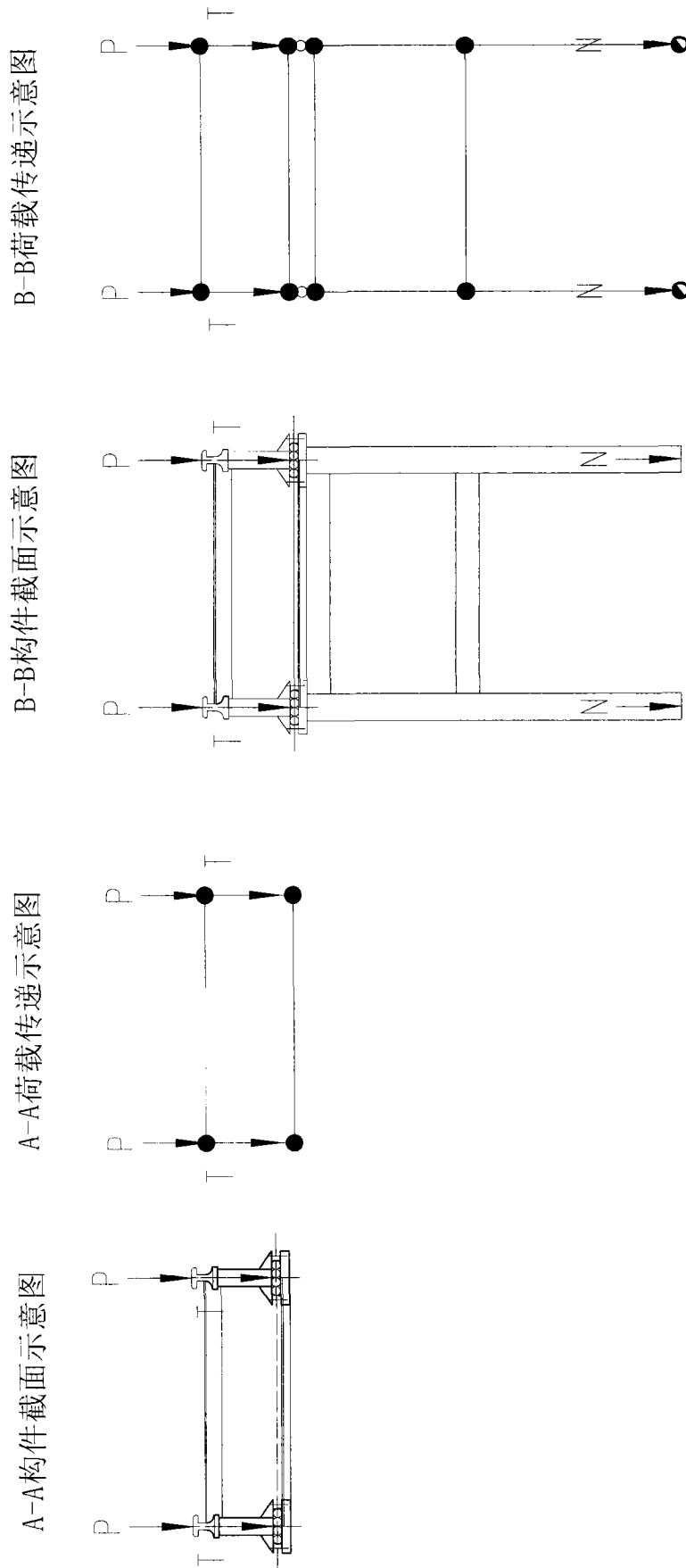


图 1c

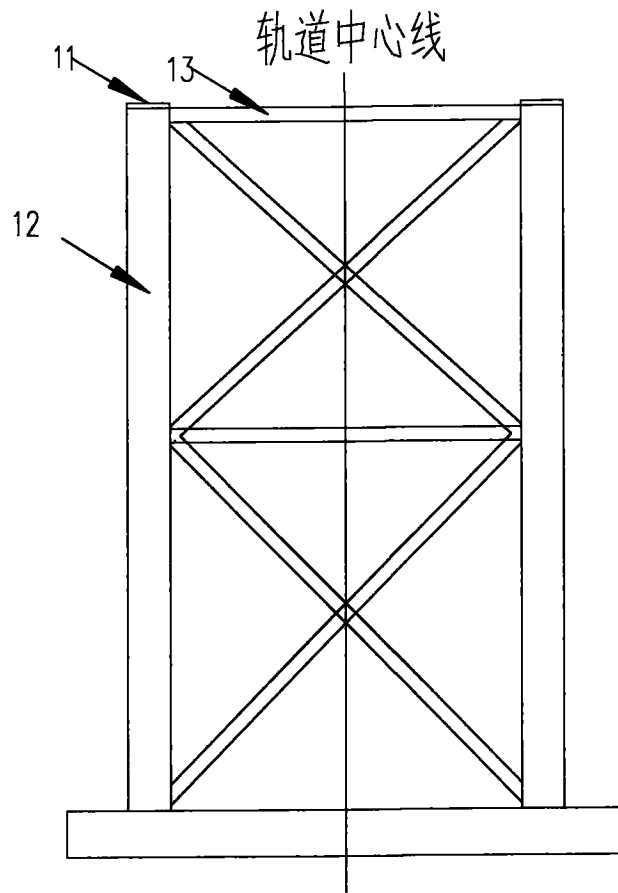


图 2a

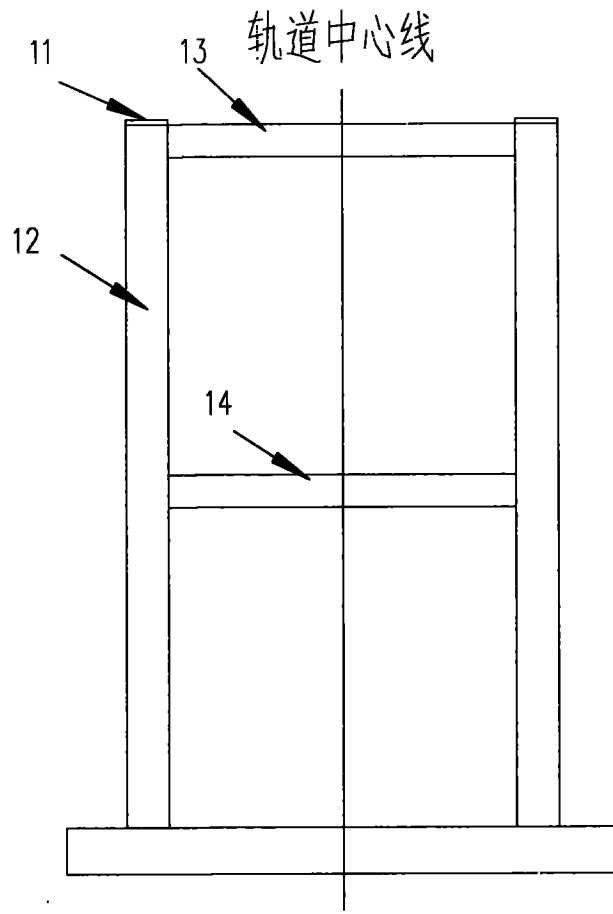


图 2b

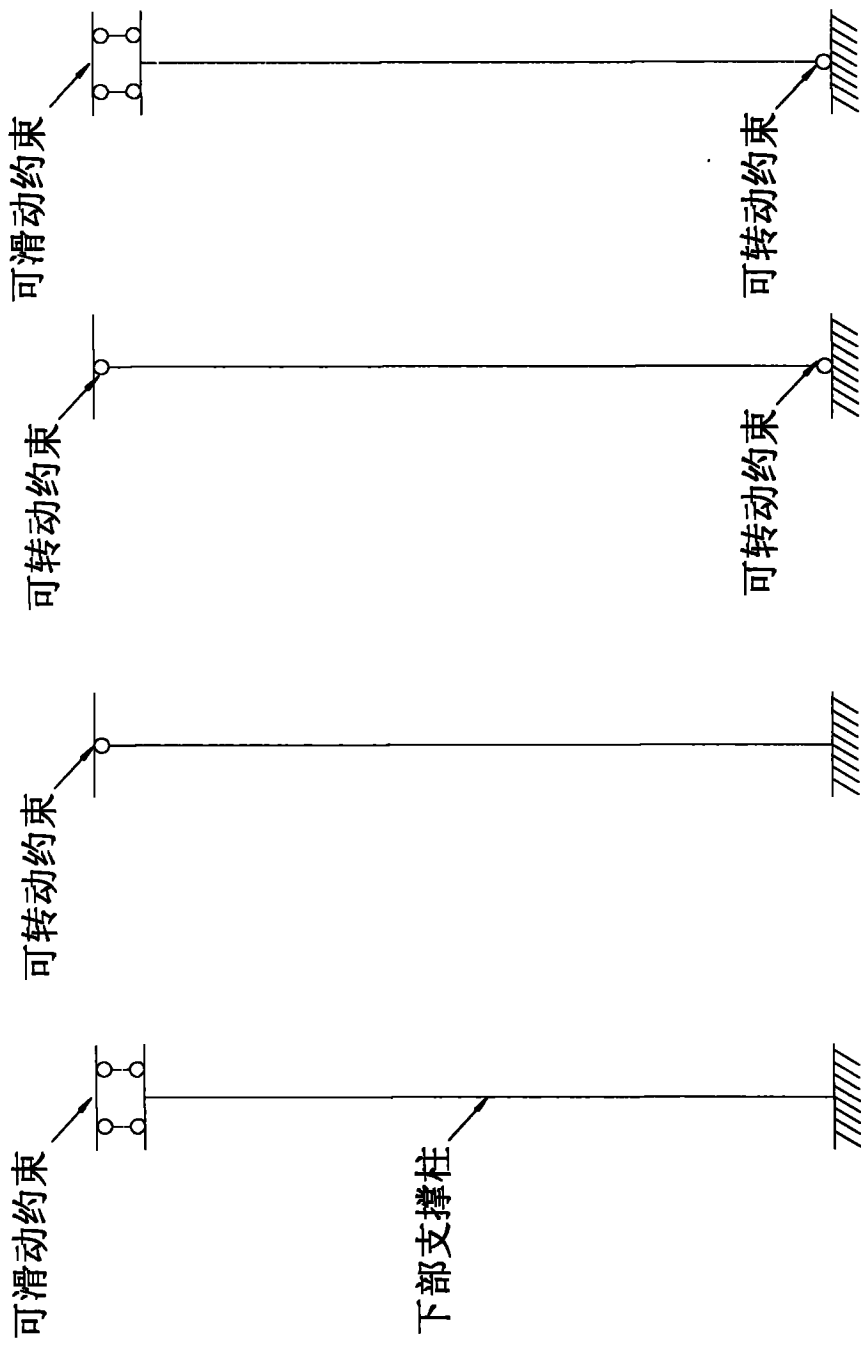


图 3

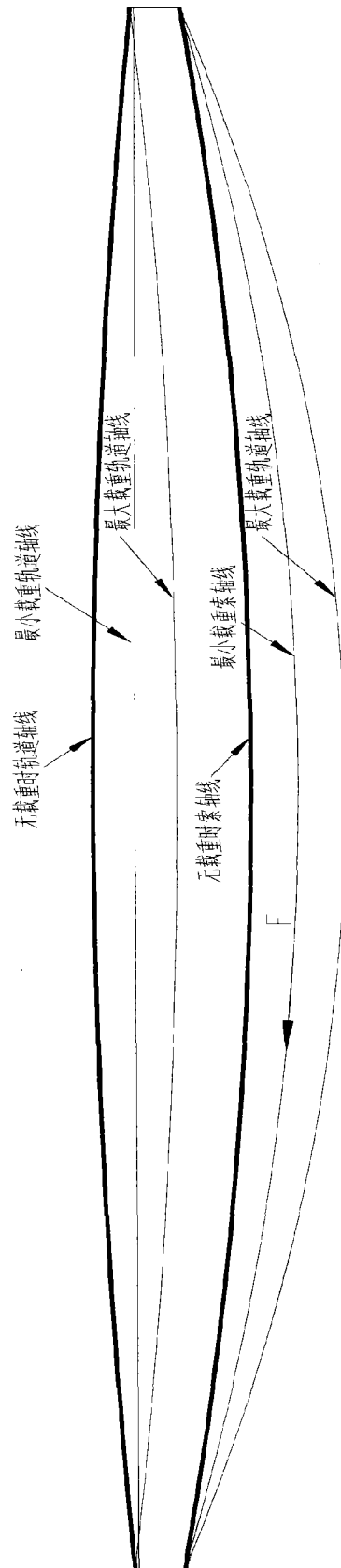


图 7