

脱挂索道取力装置的研究与优化设计

郭元兆

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 取力装置作为脱挂抱索器索道加减速系统的动力源,其设计质量关系到整个加减速系统的设计水平。本文首先对取力装置的工作原理进行分析,就市场主流脱挂索道设备的取力装置进行了对比分析,然后对现有取力装置进行了优化设计、建模分析,并对其关键零件进行了有限元分析。优化设计后的新型取力装置结构更简单,调整更方便。

[关键词] 加减速装置; 取力装置; Solidworks 建模; 有限元分析

[中图分类号] TH22 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)01-0049-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.01.012

随着旅游产业的不断发展,客运索道在解决景区内部交通方面发挥着越来越重要的作用。脱挂抱索器客运索道作为一种技术含量高、运量大、乘坐舒适、上下车厢方便的索道系统,逐渐成为客运索道行业的主流产品,在国内得到越来越广泛的应用。

加减速系统是保证脱挂抱索器在站内按照既定速度曲线运行的部件,其主要作用是通过充气轮胎与抱索器摩擦板之间的摩擦力,对抱索器进行站内加减速控制,取力装置是为加减速系统提供动力的部件。在脱挂索道技术发展过程中,出现过多种类型的取力装置,本文提出了一种新型取力装置,并进行了三维建模及有限元分析。

1 取力装置取力原理分析

吊箱在站内运行是通过加减速系统的充气轮胎和抱索器摩擦板的摩擦来实现的,而抱索器脱开挂接过程中,抱索器与钢丝绳的速度差不能超过 0.3 m/s,故加减速装置对动力源的要求很高。目前加减速轮胎传动的动力来源主要有三种方式:

第一种是独立的传动方式,可以在加减速某一个特定轮胎上加电机,并通过电气控制,利用测速装

置及反馈系统,达到加减速速度控制的目的。实践证明,这种方法故障较多,没有机械同步方法可靠,目前这种独立传动方法已逐渐被淘汰。随着电机技术的发展及控制水平的提高,这种方式在未来可能成为一种成熟技术,但是在现在的水平条件下,受电气控制水平等条件限制,很难保证抱索器在脱开挂接时与钢丝绳的速度相匹配。

因此,为保证加减速装置在抱索器脱开挂结时与抱索器的速度匹配,可采用机械连锁的方式从驱动(迂回轮)或钢丝绳上取力来为整个加减速装置提供动力,从而保证在脱开挂结时,抱索器在脱开挂接时的钢丝绳的速度相匹配,详见第二种、第三种取力方式。

第二种是直接从驱动轮(迂回轮)取力。由于驱动(迂回)轮离脱开挂结的位置较远,而且二者的传动轴线垂直,故需要在驱动(迂回)轮轴顶端加装锥齿轮箱,且需要用较长的万向联轴节将动力传递到两侧的加减速装置上,此方法可保证抱索器在脱开挂接时与钢丝绳的速度相匹配。但驱动设备的传动轴较长,且在张紧侧需要与张紧缸行程相适应的滑套装置,存在故障点多、设备复杂、安装维修不方便等缺点。

第三种是直接从钢丝绳上取力,也是目前脱挂抱索器索道主流的设备传动形式。这种方式是通过站内钢丝绳压紧取力轮,依靠钢丝绳与取力轮之间的摩擦从运行的钢丝绳上取力。这种方式结构比较简单,设备占用空间较小,但是对安装调整的要求较高。

[收稿日期] 2021-09-09

[作者简介] 郭元兆(1985—),男,河北邢台人,工程师,硕士,主要从事索道设备设计工作。

[引用格式] 郭元兆. 脱挂索道取力装置的研究与优化设计[J]. 有色设备, 2022, 36(1): 49-53.

取力装置三种不同取力方式的对比分析表,如 表1所示。

表1 取力装置三种不同取力方式分析对比表

取力方式	优点	缺点
外部动力源 驱动(迂回)轮上取力	结构简单 速度匹配较容易	对电气控制要求高,速度匹配困难 设备复杂,检修不便
钢丝绳上取力	速度匹配容易,设备简单	安装精度要求较高

通过以上分析对比,可知从钢丝绳上取力是比较好的取力方式,也是目前市场上主流设备供应商采取的取力方式。下文对该取力方式的优缺点进行分析,为取力装置的优化设计提供参考。

2 两种常见取力装置的对比研究

当前国内外市场上的取力装置主要有两种类型(以下分别以A型和B型命名),均采用从钢丝绳上取力的方式,下面对两种取力装置做对比分析。

A型取力装置是两个取力轮通过钢丝绳取力,中间带一个皮带轮,通过两个张紧轮,使整个取力装置系统的皮带张紧,如图1所示。

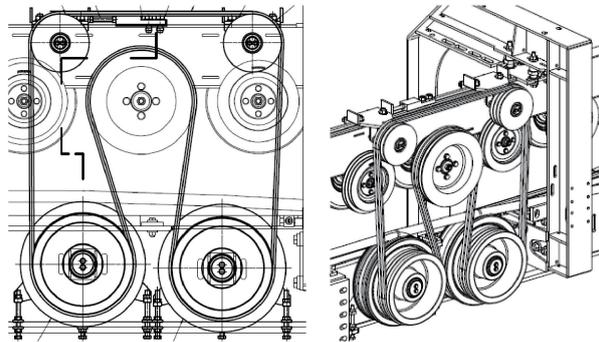


图1 A型取力装置

下面的两个取力轮,可分别通过螺栓调整高度,调整过程可实现连续调整。上面的两个张紧轮可通过调整螺栓完成双面V带的张紧,带轮相当于出口(入口)加减速段的原动机。由于取力轮的线速度与钢丝绳的线速度在不考虑打滑的情况下是一致的,可通过合理布置加减速皮带轮轮径,来达到脱开

挂接时,抱索器的速度与钢丝绳速度的一致。

B型取力装置也有两个取力轮,与A型取力装置不同的是,B型取力装置是每个取力轮带一个皮带轮,且每个皮带轮都是通过两个张紧轮张紧的,如图2所示。

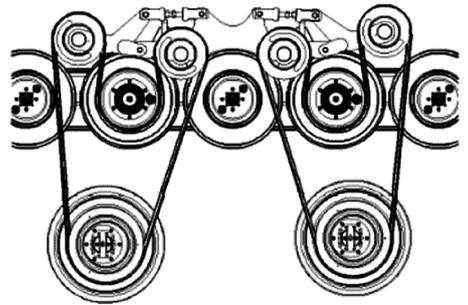


图2 B型取力装置

B型取力装置下面的两个取力轮通过偏心套装置来调节高度,也是分别调整,但由于偏心套取力轮的调整是通过转动轴和轴套之间的相对关系来实现的,故调整时不能实现连续调整。而两取力轮分别带动一个皮带轮,故每个皮带轮都相当于一个原动机,其取力轮的线速度与钢丝绳线速度在不考虑打滑的情况下也是一致的。通过合理布置加减速皮带轮轮径,也可以达到脱开挂接时,抱索器的速度与钢丝绳速度的一致。两个原动机的设计,虽然B型结构相对于A型较复杂,但两个原动机互为冗余,在一个皮带轮出现取力故障的情况下,另一个皮带轮还可以继续保证加减速系统运行。

对A型、B型取力装置从多个维度对比分析,如表2所示。

表2 A型、B型取力装置的对比分析

取力装置	取力轮标高 调节方式	驱动皮带 轮数量	原动机 数量	是否有 冗余	张紧轮 数量	张紧方式	两取力轮 调节
A型取力装置	螺栓上下调节	2个	1个	无	2个	螺栓	分开调节
B型取力装置	偏心套调节	2个	2个	有	4个	左右旋螺套	分开调节

通过表 2 可以看出,两取力装置的结构有所差别,但设计理念相同,相对来说 B 型结构较为复杂,但考虑了冗余。两取力装置均可实现连续调节。

3 新型取力装置的设计及 solidworks 建模

通过对取力装置的研究,在设计过程中我们参考了两种取力装置的设计理念,经过综合分析,为了使整体设计更加简洁,提高设备的可操作性,我们采用两取力轮带一个皮带轮的方案。为了使设备调整更加方便,将两个取力轮安装在同一个机架上,通过上下调整机架的高度来调整取力轮的高度,通过调

整机架的摆动角度来实现对两个取力轮相对关系的调整,如图 3 所示。

两取力轮是通过连接架连接到一起的,连接架通过销轴与上下移动导板相连。两取力轮的上下调整通过螺栓(二)的调整来实现,两取力轮的上下关系可通过螺栓(一)微调,使连接架摆动来实现两取力轮关系的调整。其中皮带轮相当于加减速系统的原动机,皮带轮通过双面 V 带与取力轮及张紧轮连接,皮带轮的张紧通过螺栓(四)的调整来实现。整个取力装置固定在机架上,取力装置的左右调整通过螺栓(三)的调整来实现。

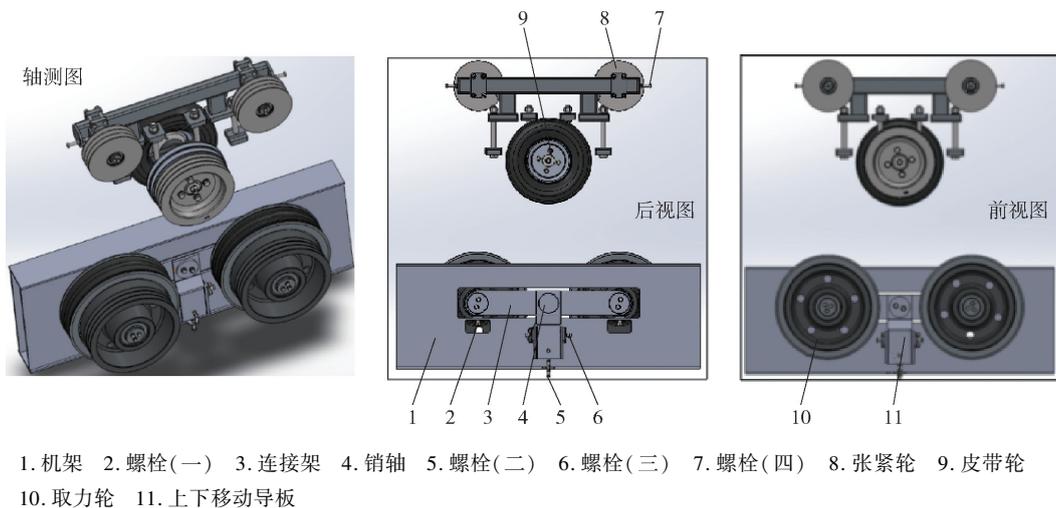


图 3 新型取力装置轴测图、后视图、前视图

如前所述,取力轮可实现上下左右的调整,且自身可通过微调来实现系统的自适应。张紧螺栓的调整可实现皮带轮的张紧,使系统实现取力功能并将力、转速传递到皮带轮上,皮带依次连接将力传递到整个加减速系统中,从而实现其功能。

4 新型取力装置关键零部件有限元分析

通过取力装置的载荷分析,可知取力装置的关键受力件为取力轮轴、连接机架与上下移动导板的销轴、连接机架、上下移动导板等。下面分别对这四个零件使用 Ansys 软件进行有限元分析,验证新型取力装置设计的合理性。

4.1 取力轮轴的有限元分析

通过取力装置的载荷分析可知:取力轮轴受力位置为两个轴承位置,并通过加减速装置功率计算可得,取力轮轴两轴承位置受力分别为 4 620 N,方向垂直向下。根据取力轮轴的固定及受力情况确定

取力轮轴的固定方式,选取边界条件如图 4 所示。

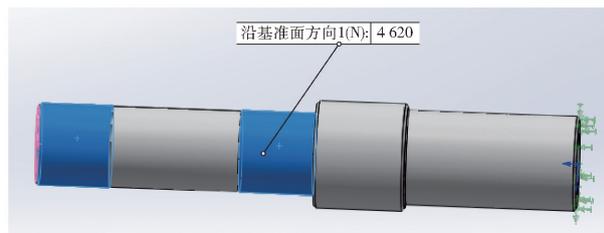


图 4 取力轮轴的边界条件

对取力轮轴进行有限元分析,其应力云图如图 5 所示。

如图 5 所示,不考虑应力集中区域,取力轮轴的应力为 78.9 MPa。

取力轮轴采用 40Cr, $\sigma_s = 550$ MPa, $[\sigma] = \sigma_s / 3.5 = 157.1$ MPa。

78.9 MPa < $[\sigma] = 157.1$ MPa。

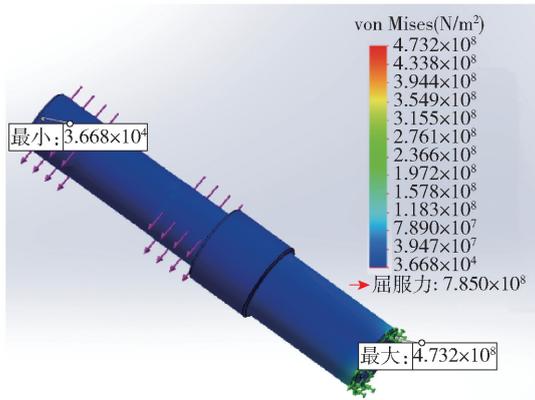


图 5 取力轮轴应力云图

取力轮轴的屈服强度符合规范要求。

4.2 连接销轴的有限元分析

通过取力装置的载荷分析可知:连接销轴受力 18 480 N,方向垂直向下。根据取力轮轴的固定及受力情况确定取力轮轴的固定方式。选取边界条件如图 6 所示。

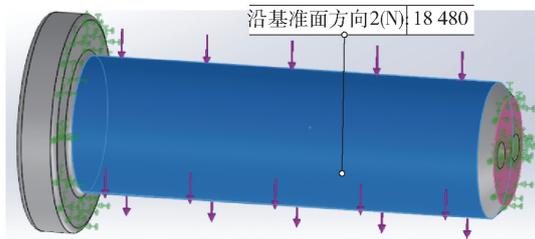


图 6 连接销轴的边界条件

对连接销轴进行有限元分析,其应力云图如图 7 所示。

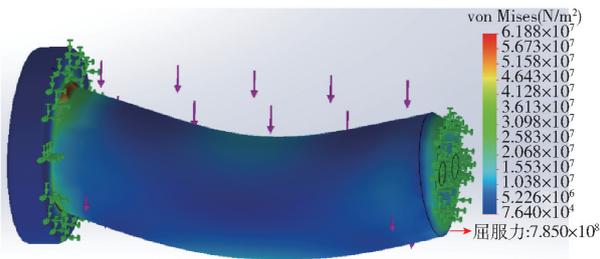


图 7 连接销轴应力云图

如图 7 所示,在不考虑应力集中的情况下,连接销轴的受力为 61.88 MPa。

连接销轴采用 40Cr, $\sigma_s = 550$ MPa, $[\sigma] = \sigma_s = \frac{550}{3.5} = 157.1$ MPa。

61.88 MPa < $[\sigma] = 157.1$ MPa。

连接销轴的屈服强度符合规范要求。

4.3 连接架的有限元分析

通过取力装置的载荷分析可知:连接机架在左右两个轴孔位置受力 9 240 N,方向垂直向下。固定位置在中心孔位置,根据连接机架的固定及受力情况确定连接机架的边界条件。选取边界条件如图 8 所示。



图 8 连接机架的负载及约束

对连接销轴进行有限元分析,其应力云图如图 9 所示。

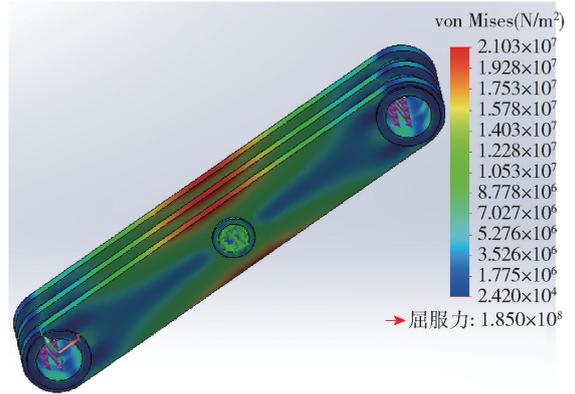


图 9 连接机架应力云图

如图 9 所示,在不考虑应力集中的情况下,连接机架的受力为 21.03 MPa。

连接销轴采用 Q345B, $\sigma_s = 345$ MPa, $[\sigma] = \sigma_s = \frac{345}{2.5} = 138$ MPa

21.03 MPa < $[\sigma] = 138$ MPa

因此连接机架的屈服强度符合规范要求。

连接机架除受力满足要求之外,其受力之后变形不能太大,做有限元分析时,对其进行变形分析,如图 10 所示。

从图 10 可知,连接机架的最大位移为 1.112 mm < 1.5 mm (L/700),所以连接机架的变形符合规范要求。

4.4 上下移动导板的有限元分析

通过取力装置的载荷分析可知:上下移动导板的受力为 4 620 N,方向垂直向下。固定位置在两个螺栓孔的位置,根据上下移动导板的固定及受力情

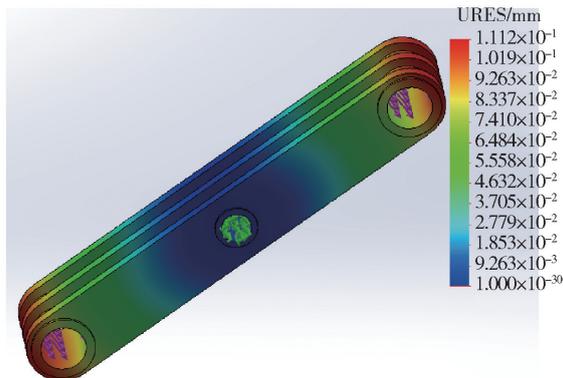


图 10 连接机架变形云图

况确定上下移动导板的边界条件。选取边界条件如图 11 所示。

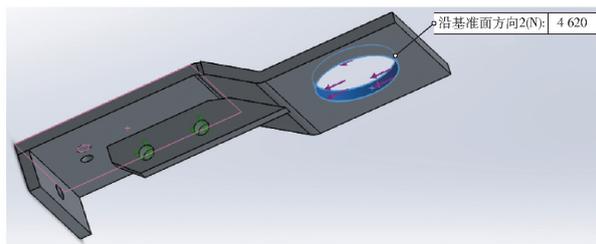


图 11 上下移动导板的负载及约束

对上下移动导板进行有限元分析,其应力云图如图 12 所示。

如图 12 所示,在不考虑应力集中的情况下,上下移动导板的受力为 39.11 MPa。

上下移动导板采用 Q345B, $\sigma_s = 345$ MPa, $[\sigma] =$

$$\sigma_s = \frac{345}{2.5} = 138 \text{ MPa}$$

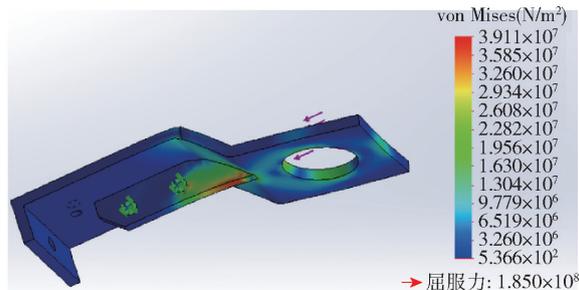


图 12 上下移动导板的应力云图

$$39.11 \text{ MPa} < [\sigma] = 138 \text{ MPa}$$

因此上下移动导板的屈服强度符合规范要求。

通过对取力装置的关键受力件进行有限元分析,均可满足强度要求。

5 结论

本文首先分析了脱挂索道的加减速系统取力原理,并将国内外常用的两种取力装置设计方案做对比分析,在此基础上对取力装置优化设计,并通过三维建模有限元分析等验证了取力装置零件设计的安全性,优化后的新型取力装置可以满足站内加减速装置的需要,与现有的取力装置相比结构简单、调节方便,可为脱挂索道取力装置的设计提供一定的参考。

[参考文献]

- [1] GB 12352—2018, 客运架空索道安全规范[S].
- [2] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
- [3] 吴鸿启. 客运架空索道安全技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 1996.

Research and Optimization Design of Power Take-off Device for Detachable Ropeway

GUO Yuan-zhao

Abstract: As the power source of the acceleration and deceleration system of detachable ropeway, the design quality of the power take-off device has a bearing on the design excellence of the whole acceleration and deceleration system. This paper firstly analyzes the working principle of the power take-off device, and conducts a comparison and analysis of the power take-off devices of the mainstream detachable ropeway equipment on the market. And then it conducts an optimization design and modeling analysis of the existing power take-off device, followed by a finite element analysis of its key parts. As a result of the optimization design, the new power take-off device is simpler in structure and easier to adjust.

Key words: acceleration & deceleration device; power takeoff device; SolidWorks modeling; finite element analysis

