



## (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 212834992 U

(45) 授权公告日 2021.03.30

(21) 申请号 202020749476.6

(22) 申请日 2020.05.08

(73) 专利权人 中铁大桥科学研究院有限公司

地址 430034 湖北省武汉市硚口区建设大道103号

专利权人 中铁大桥局集团有限公司

(72) 发明人 曾德礼 彭旭民 王文洋 蔡正东

叶敏 柳静 张美玲 唐家睿

(74) 专利代理机构 武汉智权专利代理事务所

(特殊普通合伙) 42225

代理人 王江能

(51) Int.Cl.

E01D 21/00 (2006.01)

E01D 11/02 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

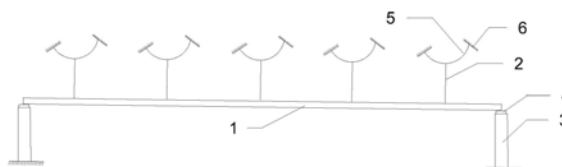
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 实用新型名称

一种基于狭长山涧地形的悬索桥

(57) 摘要

本申请涉及一种基于狭长山涧地形的悬索桥,涉及桥梁工程领域,该基于狭长山涧地形的悬索桥包括加劲梁、桥墩、吊杆以及若干根缆索;其中:加劲梁沿山涧走向设置,加劲梁两侧设有若干根竖直的吊杆;桥墩位于加劲梁下方,桥墩顶端通过支座与加劲梁底部连接;缆索两端分别固定在狭长山涧两侧的山体上,且缆索位于加劲梁上方,吊杆上端连接在缆索上。本申请提供的基于狭长山涧地形的悬索桥无需架设传统悬索桥的主塔,也避免了悬索桥随着跨径的增大,主缆面积大幅增大的缺陷,节约了工程造价。



1. 一种基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于,包括:

加劲梁(1),所述加劲梁(1)沿山涧走向设置,所述加劲梁(1)两侧设有若干根竖直的吊杆(2);

桥墩(3),所述桥墩(3)位于加劲梁(1)下方,所述桥墩(3)顶端通过支座(4)与加劲梁(1)底部连接;

若干根缆索(5),所述缆索(5)两端分别固定在狭长山涧两侧的山体(6)上,且所述缆索(5)位于加劲梁(1)上方,所述吊杆(2)上端连接在所述缆索(5)上。

2. 如权利要求1所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:每根缆索(5)上设有两根吊杆(2),两根吊杆(2)下端分别固定在加劲梁(1)两侧。

3. 如权利要求1所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:每根缆索(5)两端的高度相同或不同。

4. 如权利要求3所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:所述加劲梁(1)上下游两侧的吊杆(2)的长度相同或不同。

5. 如权利要求1所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:所述加劲梁(1)为钢桁梁。

6. 如权利要求5所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:所述钢桁梁采用正交异性钢桥面板,由若干个纵梁支承在钢桁梁的上横梁上。

7. 如权利要求1所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:所述加劲梁(1)单侧的吊杆(2)间距与钢桁梁的节间间距一致。

8. 如权利要求1所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:所述缆索(5)通过高强钢拉杆锚固在山体(6)上。

9. 如权利要求1所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:所述缆索(5)由钢丝通过预制平行钢丝束股法形成,所述钢丝的标准抗拉强度为1770MPa。

10. 如权利要求1所述的基于狭长山涧地形的悬索桥,其特征在于:所述吊杆(2)为钢绞线,所述钢绞线的抗拉强度不低于1670MPa。

## 一种基于狭长山涧地形的悬索桥

### 技术领域

[0001] 本申请涉及桥梁工程领域,特别涉及一种基于狭长山涧地形的悬索桥。

### 背景技术

[0002] 在狭长山涧地形架设桥梁,由于桥下净空高,桥墩和桥下临时支架施工很困难。由于山涧地形狭长,桥梁设计时常规的简支梁、连续梁等梁式结构难以满足要求,故相关技术中,跨越能力强的悬索桥是该地形修建桥梁的主要选择。

[0003] 然而,架设常规的悬索桥需修建高耸云端的主塔,需架设主缆,而主塔和主缆的施工时间均较长,通常悬索桥主塔的修建时间多超过1年,猫道及主缆架设工期也较长,在主塔、主缆架设完成后再开始主梁的架设,桥梁施工工期较长,且随着桥梁跨度的增大,主塔的高度随之增大,悬索桥主缆的直径也相应增大,工程造价随之提高。

### 实用新型内容

[0004] 本申请提供一种基于狭长山涧地形的悬索桥,以解决相关技术中狭长山涧地形修建常规悬索桥,桥梁的主塔和主缆施工周期长,造价高昂的问题。

[0005] 本申请提供的一种基于狭长山涧地形的悬索桥,包括加劲梁、桥墩、吊杆以及若干根缆索;其中:

[0006] 加劲梁沿山涧走向设置,加劲梁两侧设有若干根竖直的吊杆;

[0007] 桥墩位于加劲梁下方,桥墩顶端通过支座与加劲梁底部连接;

[0008] 缆索两端分别固定在狭长山涧两侧的山体上,且缆索位于加劲梁上方,吊杆上端连接在缆索上。

[0009] 一些实施例中,每根缆索上设有两根吊杆,两根吊杆下端分别固定在加劲梁两侧,既能充分利用缆索,减小工程造价。

[0010] 一些实施例中,每根缆索两端的高度相同或不同,每根缆索两端的高度根据狭长山涧两侧山体的可锚固位置变化。

[0011] 一些实施例中,加劲梁上下游两侧的吊杆的长度相同或不同,吊杆的长度根据上方缆索与加劲梁的距离变化。

[0012] 一些实施例中,加劲梁采用跨越能力大、安装速度快、构件易于修复和更换的钢桁梁,且上下层均可通行车辆,增加桥梁的运输能力。

[0013] 一些实施例中,钢桁梁采用正交异性钢桥面板,由若干个纵梁支承在钢桁梁的上横梁上。

[0014] 一些实施例中,加劲梁单侧的吊杆间距与钢桁梁的节间间距一致。

[0015] 一些实施例中,钢桁梁的节间间距为10m~12m。

[0016] 一些实施例中,缆索通过高强钢拉杆锚固在山体上。

[0017] 一些实施例中,缆索由钢丝通过预制平行钢丝束股法形成,钢丝标准抗拉强度为1770MPa。

[0018] 一些实施例中,吊杆为钢绞线,钢绞线的抗拉强度不低于 1670MPa。

[0019] 本申请提供的技术方案带来的有益效果包括:本申请省去了高耸云端的主塔和超大直径的主缆,结构简单,能够缩短施工工期、降低了工程造价。

[0020] 本申请实施例提供了一种基于狭长山涧地形的悬索桥,由于山涧两侧都是山体且两侧山体相距较短,本申请利用通过高强钢拉杆将缆索两端分别锚固在山涧两侧的山体上,每根缆索通过加劲梁两侧设置的吊杆张拉加劲梁,因而省去了高耸云端的主塔和超大直径的主缆,缩短了施工工期,降低了工程造价。

## 附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1为本申请实施例提供的基于狭长山涧地形的悬索桥的结构示意图;

[0023] 图2为本申请实施例提供的基于狭长山涧地形的悬索桥的截面图;

[0024] 其中:1-加劲梁,11-钢桁梁上层桥面,12-钢桁梁下层桥面,13- 竖腹杆,14-斜拉杆,2-吊杆,3-桥墩,4-支座,5-缆索,6-山体。

## 具体实施方式

[0025] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本申请的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0026] 在本申请的描述中,需要说明的是,术语“上”、“下”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

[0027] 本申请实施例提供了一种基于狭长山涧地形的悬索桥,其能解决在狭长山涧地形修建传统悬索桥,桥梁的主塔和主缆施工周期长,且造价高昂的问题。

[0028] 图1是本申请实施例提供的基于狭长山涧地形的悬索桥的结构示意图。

[0029] 如图1所示,本申请提供的一种基于狭长山涧地形的悬索桥,包括加劲梁、桥墩以及若干根缆索;其中:

[0030] 加劲梁沿山涧走向设置,加劲梁两侧设有若干根竖直的吊杆;

[0031] 桥墩位于加劲梁下方,桥墩顶端通过支座与加劲梁底部连接;

[0032] 缆索两端分别固定在狭长山涧两侧的山体上,且缆索位于加劲梁上方,吊杆上端连接在缆索上。

[0033] 下面结合说明书附图和具体实施方式对本申请的技术方案做出详细说明:

[0034] S1、采用空中牵引架设法将缆索两端分别固定在桥位两侧的山体上:

[0035] 在桥位两侧的山体上分别安装高强度拉杆,再利用高强度拉杆固定悬索桥缆索,高强度拉杆一端固定在山体上,一端连接缆索。

[0036] 进行架设时,每根缆索两端的高度相同或不同,可根据狭长山涧两侧山体的可锚固位置变化;各吊杆的长度相同或不同,根据上方缆索与钢桁梁的距离变化。

[0037] 各缆索均横跨桥位,每根缆索两端各设一根吊杆,两根吊杆下端分别固定在钢桁梁两侧,既能充分利用缆索,减小工程造价。

[0038] 在架设缆索前对缆索的下料长度和吊杆的下料长度预先进行精确计算;吊杆采用抗拉强度标准为1670MPa的钢绞线,因为钢绞线方便调整吊杆的无应力索长。缆索采用预制平行钢丝束股法形成的缆索,束股通常按照六边形平行排列,钢丝标准抗拉强度为1770MPa。

[0039] 悬索桥缆索常用的架设方式有水上牵引架设法、分段牵引江中对接法、空中牵引架设法以及陆地人工拖拉法等。鉴于本申请适用的桥位地理特征为狭长山涧地形,两侧山体相距较短,山体下方净空高,且不一定有水流,因此水上牵引架设法、分段牵引江中机对接法及陆地牵引法不适合作为本申请的缆索架设的方式,建议采用空中牵引架设法。常见的空中牵引架设法有火箭发射牵引法、直升机牵引架设法、遥控飞艇牵引法架设、载人动力伞、热气球等其它飞行器牵引法。本申请需架设的缆索较多,且长度、重量均较小,可综合考虑施工工期、当地的地理环境及经济效益等因素采取合理的空中牵引架设法。

[0040] S2、采用桥面吊机从两岸向跨中架设钢桁梁,为缩短工期,S1与 S2同步进行:

[0041] 悬索桥主梁的架设方式通常有桥面吊机悬臂吊装方式、跨缆吊机吊装方案及缆索吊机吊装方案等。本申请涉及的缆索数量多,长度和直径均较小,不能提供跨缆吊机吊装方案和缆索吊机吊装方案的施工平台。建议采用桥面吊机吊装方案,向悬索桥两岸向跨中进行架设。

[0042] 为减少桥面吊机的吊装重量,本申请的梁体采用节间间距为 10m~12m的钢桁梁结构,而未采用钢箱梁结构,主要是因为钢箱梁结构每个节段的吊装重量较大,所需要的桥面吊机重量也较大,随着悬臂吊装的长度增大,桥面吊机重量越大,对结构产生的变形和应力越大,不利于结构安全,而采用钢桁梁可以分段吊装,可以减小每次吊装的重量,从而可以选用重量较轻的桥面吊机。另外,钢桁梁上下层均采用正交异形板结构,可上下层均通行车辆,增加桥梁的运输能力。

[0043] 采用桥面吊机悬臂拼装钢桁钢桁梁,其节段间的拼装连接方法主要有全铰架设法、无铰逐次刚结法、刚-铰混合法。三种连接方式的主要特点如下:

[0044] (1) 刚接法:在梁段起吊后便在梁段间进行刚性连接,同时安装好吊索。其优点是钢桁梁抗弯、抗扭刚度大,稳定性好,且由于梁段间的拼接是在每一节段吊装完后立刻进行的,连接方式灵活,不易产生误差。但由于架设过程中结构的变形较大,梁段中某些部位的应力较大甚至超过允许值,且已架设梁段先头的吊索内力变化较大。

[0045] (2) 铰接法:该方法将各梁段起吊后通过吊索直接悬挂于主缆上,各梁段之间或完全处于自由,或通过无刚度的临时连接结合在一起,等所有梁段吊装完毕后统一进行固接。这种方法由于缆索变形很大,架设过程中,各相邻梁段间钢桁梁将产生凹凸,因此,至多只

能在上弦或上翼缘进行临时连接。此时由于钢桁梁没有形成足够的刚度,稳定性较差。另外现场很难再现制造时的拼接状态,后期合龙难度较大。

[0046] (3)刚-铰混合法:为了减少采用无铰逐次刚结产生的结构施工应力,在结构施工应力过大的位置,悬臂拼装的钢桁梁节段与已安装好的钢桁梁通过临时铰进行连接,既能保证结构受力安全,又可保证结构具有足够的刚度和稳定性,但临时铰的设置将带来设备过“铰”、临时铰合龙的施工难题,因此临时铰的设置数量只有单边设置单铰的工程实例,如日本的关门桥、平户大桥,因岛大桥和贵州坝陵河大桥。

[0047] (4)半铰法:这种方法是将梁段起吊并安装吊索后,各梁段间采用一种临时连接的方式进行结合,临时连接具有竖向弯曲刚度小而扭转刚度大的特点。弯曲刚度小克服了梁的过应力问题,扭转刚度大,使稳定性提高。

[0048] 如果悬索桥跨度较大,为提高架设过程中结构安全性,本申请采用刚接法或刚-铰混合法的拼装连接方法。如果悬索桥跨度较小,在架设过程中钢桁梁和吊索受力均能满足设计及规范要求,可采用刚接法。采用钢-铰混合法拼接时,在结构施工应力过大的位置,悬臂拼装的钢桁梁节段与已安装好的钢桁梁通过临时铰进行连接,具体临时铰设置的位置和数量根据悬臂吊装施工过程中的结构受力情况确定。随着跨度的增大,可以通过增设临时铰的数量来保证结构的安全。

[0049] S3、每节段钢桁梁架设完成后,在该节段钢桁梁两侧安装吊杆,并进行张拉:

[0050] 安装吊杆时,需保证钢桁梁单侧的吊杆间距与钢桁梁的节间间距一致,每节段钢桁梁架设的工序为:分批吊装钢桁梁→拼装钢桁梁→安装吊索。钢桁梁采用正交异性钢桥面板,由若干个纵梁支承在钢桁梁的上横梁上。

[0051] 对于单个架设梁段,由于钢桁梁悬臂拼装架设以及主缆线形变化,钢桁梁悬臂端吊索耳板与主缆索夹的距离大于吊索设计长度,因此为安装吊索,需在主缆与主桁架之间安装牵引提升装置,通过牵引提升装置的牵引作用使吊索安装就位,从而完成单个梁段的架设作业。

[0052] 牵引提升装置分两种形式,即直接牵引装置和间接牵引装置。直接牵引装置为直接在吊索上安装牵引提升装置,牵引提升装置与钢桁架相连,通过移动牵引提升装置来直接牵引吊索就位。间接牵引装置是指在主缆上安装牵引提升装置,牵引提升装置与钢桁架相连,通过提升牵引提升装置来间接牵引吊索就位。

[0053] 直接牵引方式不需要大的移动工作平台,临时吊索长度不需要调整,只需在钢桁梁吊索销轴耳板处局部补强就可以,施工安全性较好,可操作性强,施工简便,但是由于牵引装置安装在吊索上,架设施工中的吊索牵引力是施加在吊索上,而这种施工牵引力与成桥状态吊索受力会存在较大差异,因此对吊索的受力状态及规格选型会有较大影响,经济性上不利。

[0054] 间接牵引方式需要一定的移动工作平台,随着主缆高度及线形的变化,临时吊索长度需不断调整,施工成本费用有所提高,安全性和施工可操作性没有直接牵引方式优越,但临时牵引装置安装在主缆上,架设施工的临时牵引力施加在主缆及钢桁梁上,牵引装置设置临时索夹及对钢桁梁牵引点局部补强,可避免对永久结构受力产生大的影响,特别是对永久吊索的受力及规格选型大有好处,对大桥主体结构成桥状态有利,避开了施工状态受力对主体结构的影响。

[0055] 吊杆安装时可以根据现场实际情况选取合适的牵引方式,本申请临时牵引装置按间接牵引方式进行设计。

[0056] S4、重复S3若干次,安装临时铰,桥面架梁机过铰:

[0057] 本申请的临时铰包括两个耳板和两个拼接板:耳板位于钢桁梁的主桁架上,由主桁架的上弦杆两侧的腹板向上延伸而成,耳板上设有销轴孔;两个拼接板通过销轴孔和销轴的配合铰接在上弦杆两侧外侧,形成双侧临时铰。

[0058] 进一步地,上弦杆与斜腹杆、上平联之间设置临时连结构件,临时铰处下弦杆、下平联断开。上弦杆侧面设有若干通孔,拼接板上设有与上弦杆上通孔对应的通孔,二者通过插入通孔的销子加固连接。

[0059] 由于临时铰处的相对坡度较大,为了确保桥面吊机能够安全过铰,针对铰处梁段坡度较大,对其行走轨道梁进行合理支垫,降低轨道坡度,通常将坡度调至5%即可减小爬坡难度,且随梁段的转动不出现负坡现象,并加强轨道锚固系统,前、后设置挡块预防桥面吊机意外滑出。过铰过程中设专人负责下弦开口的监测,吊机行走一个行程(1m) 测试一次,与计算值及时较核,发现异常则立即停止作业。

[0060] S5、重复S4若干次,直至跨中合龙段:即每吊装几个梁段,安装一次临时铰,直至跨中合龙段。

[0061] 合龙段是钢桁梁架设的最后架设单元,是钢桁梁杆件制作误差及架设误差的汇集点,由此合龙段架设是极为关键和复杂的架设施工工序。

[0062] 合龙段架设首先是进行架设分析计算,预测主缆及钢桁梁的线形状态,有针对性地提出合龙方案和措施;其次是观测和分析各种误差的累积情况,提出误差消除和纠偏措施;再次合理计算和确定合理温度条件下的合龙条件,提出合龙段钢桁梁杆件的备用方案。

[0063] S6、钢桁梁合龙:

[0064] 合龙施工分梁段合龙和杆件合龙。先合龙主桁架,然后主横桁架架设。主桁架合龙顺序一般是先上弦杆,再下弦杆,然后斜腹杆,最后上下平联。

[0065] 合龙施工实施强迫合龙。由于合龙段实际开口比理论开口小,因此需要采取安装措施进行顶推或者牵拉将合龙段开口顶开,以满足合龙段开口尺寸。

[0066] 合龙段竖向偏差采取压载以及提升措施进行调整,横向偏差采取上下游交叉对拉方式进行调整。

[0067] 采用冲钉和工具螺栓将合龙段所有杆件都完成合龙拼接后,调整竖向、横向及对角线拼接偏差,检测各杆件的拼接尺寸和精度,满足设计和规范要求后进行高强螺栓更换和施拧,完成合龙段的合龙施工。

[0068] S7、桥面铺装,桥面附属设施施工,全桥贯通。

[0069] 以上所述仅是本申请的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所申请的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

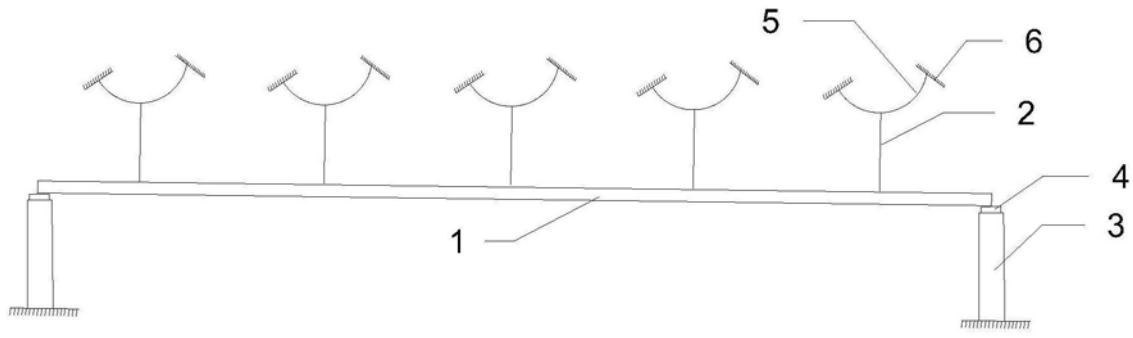


图1

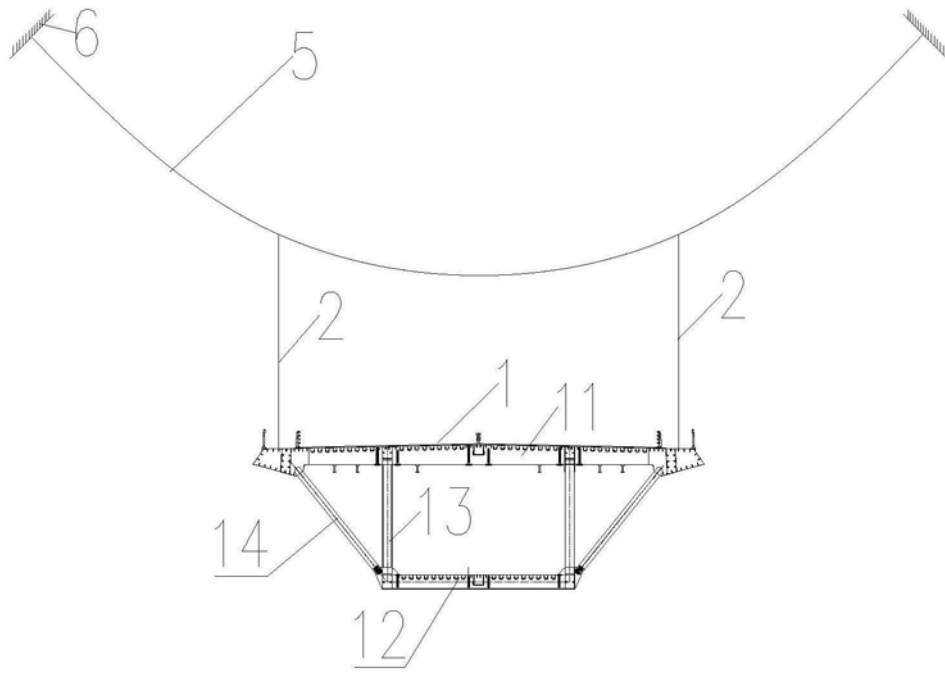


图2