

大型桥梁工程中斜拉索横向双索面布置技术的应用

——以智家堡御河特大桥为例

祝悦业

中铁十二局集团城市发展建设有限公司

摘要：本论文以智家堡御河特大桥为例，探讨了大型桥梁工程中斜拉索横向双索面布置技术的应用。通过对斜拉索结构的详细说明和施工工艺技术的分析，提出了钢绞线安装工艺、挂索和张拉工艺以及紧索、减振器及桥面防水罩安装工艺等关键步骤。此外，还介绍了斜拉索的防护措施，包括锚头内防腐、锚头端面、夹片、外露钢绞线的防腐以及下端锚垫板排水槽的设置。通过本文的研究，以为大型桥梁工程中斜拉索横向双索面布置技术的应用提供有益的参考和指导。

关键词：大型桥梁工程；斜拉索；横向双索面布置技术；智家堡御河特大桥；实践应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.051

前言

随着经济的快速发展和城市化进程的加速推进，大型桥梁工程在现代交通建设中扮演着重要的角色。作为连接两岸的重要交通通道，桥梁的安全性和稳定性成为工程设计的关键考虑因素。而斜拉索横向双索面布置技术作为一种新型的桥梁结构形式，具有较高的刚度和稳定性，被广泛应用于大型桥梁工程中。智家堡御河特大桥作为我国重要的交通枢纽工程，连接了两个重要的经济区域，具有重要的战略意义。然而，由于该桥梁跨度较大，对结构的稳定性和安全性提出了更高的要求。因此，采用斜拉索横向双索面布置技术成为该桥梁工程的理想选择。

一、工程概况

智家堡御河特大桥是大张高速铁路的重要组成部分，总长为13691.83m。该桥主要由双塔双索面预应力混凝土矮塔加劲连续梁组成，跨越108国道和御河西路。为了保证主桥具有足够的强度和稳定性，设计采用了塔梁固结和墩梁分离的结构体系。主梁采用了预应力混凝土结构，而桥塔则采用了钢筋混凝土结构。斜拉索的布置采用双索面形式，立面呈现半扇形的布局^[1]。每个索塔都设置了8对斜拉索，这些斜拉索通过索鞍构造连接在塔内，并且两侧对称地锚固在梁体上。斜拉索选用了具有环氧涂层的高强度钢绞线，其规格为15.2-55和15.2-61，其抗拉强度标准值为1860Mpa。这些信息对于大型桥梁工程中斜拉索横向双索面布置技术的应用具有重要参考价值（图一）

二、斜拉索结构说明

（一）锚固段

在大型桥梁工程中，斜拉索的锚固段是斜拉索与桥梁主体之间的连接部分，起到固定斜拉索的作用。锚固



图一：智家堡御河特大桥整体效果图

段通常由锚固装置、锚固板和锚固梁组成。锚固装置是将斜拉索与桥梁主体连接的关键部件，其设计和施工需要考虑到斜拉索的受力特点和桥梁主体的结构形式。在智家堡御河特大桥的斜拉索结构中，采用了预应力锚固装置，通过预应力力学原理将斜拉索与桥梁主体连接起来，确保斜拉索的受力平衡和稳定。锚固板是锚固装置的重要组成部分，其主要作用是将斜拉索的受力传递给桥梁主体。锚固梁是连接锚固板和桥梁主体的横向构件，其主要作用是承受斜拉索的受力和传递给桥梁主体。在智家堡御河特大桥的斜拉索结构中，锚固梁采用了钢结构，具有较高的强度和刚度，以确保斜拉索的受力平衡和稳定。

（二）过渡段

过渡段是斜拉索从锚固段到主跨段的过渡部分，其主要作用是将斜拉索的受力平稳地传递给主跨段，并保证斜拉索的受力均匀分布。过渡段通常由过渡梁和过渡塔组成。过渡梁是连接锚固段和主跨段的横向构件，其主要作用是承受斜拉索的受力和将受力平稳地传递给主跨段。在智家堡御河特大桥的斜拉索结构中，过渡梁采用了钢结构，具有较高的强度和刚度，以确保斜拉索的受力平衡和稳定。过渡塔是过渡段的重要组成部分，其主要作用是支撑过渡梁和斜拉索，并将斜拉索的受力传递给主跨段。在智家堡御河特大桥的斜拉索结构中，过渡塔采用了混凝土结构，具有较高的稳定性和承载能力，以确保斜拉索的受力平衡和稳定。

（三）自由段

在智家堡御河特大桥中，自由段的布置采用了双索面布置技术。双索面布置技术是指在自由段中，斜拉索按照一定的布置方式形成两个斜拉索面，分别与主梁连接。这种布置方式可以提高桥梁的承载能力和稳定性。在自由段的布置过程中，首先需要确定斜拉索的位置和角度。根据桥梁的设计要求和施工条件，工程师会计算出斜拉索的位置和角度，并进行合理的调整。然后，根据计算结果，确定斜拉索的长度和张力。根据斜拉索的

长度和张力，可以确定斜拉索的材料和规格。在斜拉索的布置过程中，还需要考虑斜拉索与主梁的连接方式。一般来说，斜拉索与主梁的连接采用焊接或螺栓连接。在智家堡御河特大桥中，斜拉索与主梁的连接采用了焊接方式，以确保连接的牢固性和稳定性。

（四）抗滑锚固段

抗滑锚固技术是指通过一系列的锚固装置将斜拉索固定在主梁上，以防止斜拉索滑动或脱落。这种技术可以提高桥梁的抗风、抗震和抗振动能力。在抗滑锚固段的施工过程中，首先需要确定锚固点的位置和数量。根据桥梁的设计要求和施工条件，工程师会计算出锚固点的位置和数量，并进行合理的布置。然后，根据计算结果，确定锚固装置的类型和规格。根据锚固装置的类型和规格，可以确定斜拉索的锚固方式和施工工艺。在抗滑锚固段的施工过程中，还需要考虑斜拉索与锚固装置的连接方式。一般来说，斜拉索与锚固装置的连接采用焊接或螺栓连接。在智家堡御河特大桥中，斜拉索与锚固装置的连接采用了螺栓连接方式，以确保连接的牢固性和稳定性^[2]。

（五）塔柱内索鞍段

在智家堡御河特大桥中，塔柱内索鞍段的设计采用了先进的索鞍技术。索鞍技术是指通过一系列的索鞍装置将斜拉索固定在塔柱内部，以保证斜拉索的稳定性和安全性。这种技术可以提高桥梁的抗风、抗震和抗振动能力。在塔柱内索鞍段的施工过程中，首先需要确定索鞍装置的位置和数量。根据桥梁的设计要求和施工条件，工程师会计算出索鞍装置的位置和数量，并进行合理的布置。然后，根据计算结果，确定索鞍装置的类型和规格。根据索鞍装置的类型和规格，可以确定斜拉索的索鞍方式和施工工艺。

三、斜拉索施工工艺技术

（一）施工总体安排

在智家堡御河特大桥的施工中，斜拉索的施工需要在主桥梁的基础施工和主梁施工完成后进行。因此，施工顺序应该是先进行主桥梁的基础施工和主梁施工，然后再进行斜拉索的施工。施工方法的选择是根据施工的特点和要求来确定的。在智家堡御河特大桥的施工中，斜拉索的施工需要采用特殊的施工设备和工艺，以确保施工的质量和安全。

（二）材料准备

斜拉索的施工需要准备一系列的材料，包括钢索、锚固装置、张拉设备等。首先，钢索是斜拉索的主要材料，它需要具备足够的强度和耐久性。其次，锚固装置是用来固定钢索的设备，它需要具备良好的可靠性和耐久性。最后，张拉设备是用来施加张拉力的设备，它需要具备足够的力量和控制精度。

（三）设备准备

首先，需要准备起重设备，如起重机、吊车等，用于将斜拉索吊装到指定位置。其次，需要准备张拉设备，如张拉机、张拉锚固设备等，用于施加张拉力并固

定斜拉索。此外，还需要准备检测设备，如应变计、位移计等，用于监测斜拉索的应力和变形情况。

（四）人员准备

在斜拉索的施工过程中，需要配备一支专业的施工队伍。这支队伍应包括有经验的工程师和技术人员，他们能够熟练操作施工设备，并具备解决施工中遇到的问题能力。

（五）技术准备

首先，需要制定详细的施工方案，包括施工的步骤、工艺和安全措施等。其次，需要进行斜拉索的预张拉试验，以确定斜拉索的张拉力和固定位置。此外，还需要进行斜拉索的质量检测，以确保斜拉索的质量符合设计要求。最后，需要进行斜拉索的防腐处理，以延长斜拉索的使用寿命。

四、钢绞线安装工艺

（一）循环系统安装

循环系统的安装通常分为以下几个步骤：（1）安装循环车：需要将循环车安装在桥塔上。循环车是用于提升斜拉索的关键设备，它通常由电动机、滑轮组、控制系统等组成。安装循环车时，需要确保其稳定性和安全性^[3]。（2）安装循环轮：循环轮是循环车上的关键部件，用于支撑和引导斜拉索。安装循环轮时，需要将其固定在循环车上，并确保其能够顺畅地运行。（3）安装循环绳：循环绳是连接循环车和斜拉索的关键部件，它承受着斜拉索的重量和张力。安装循环绳时，需要将其固定在循环车和斜拉索上，并确保其能够承受预定的荷载。

（二）HDPE护套管焊接及安装

HDPE护套管是斜拉索的保护装置，用于防止斜拉索受到外界环境的侵蚀和损坏。HDPE护套管的焊接和安装是斜拉索布置的重要环节。HDPE护套管的焊接通常分为以下几个步骤：（1）需要准备好焊接设备和材料，包括焊接机、焊接材料、清洁剂等。同时，需要对焊接区域进行清洁和处理，确保其干净和平整。（2）将HDPE护套管的两端放入焊接机的夹具中，通过加热和压力将其焊接在一起。焊接时，需要控制好加热温度和焊接时间，确保焊接质量和强度。（3）将焊接好的HDPE护套管安装在斜拉索上。安装时，需要将护套管固定在斜拉索上，并确保其与斜拉索的接触面充分贴合，以提供良好的保护效果。

（三）锚具安装

锚具的安装通常分为以下几个步骤：（1）需要准备好锚具和安装工具，包括锚具本体、锚固材料、螺栓等。同时，需要对锚具的安装位置进行清洁和处理，确保其平整和牢固。（2）将锚具本体安装在桥塔上的预定位置。安装时，需要将锚具本体固定在桥塔上，并确保其与桥塔的接触面充分贴合，以提供良好的固定效果。（3）将锚固材料注入锚具中，使其与斜拉索紧密结合。注浆时，需要控制好注浆量和注浆速度，确保注浆质量和强度。（4）将螺栓安装在锚具上，用于固定

斜拉索。安装螺栓时，需要确保其紧固力适当，以提供良好的固定效果。

（四）索鞍安装

在索鞍安装过程中，首先需要将护筒运输至塔外平台上，以便进行后续的安装工作。接下来，将护筒与索鞍垫板之间保持一定距离，并临时就位，以便进行调整。然后，使用手拉葫芦调整护筒角度，使其与斜拉索的角度大致一致，以确保安装的准确性，这些步骤是索鞍安装的基本流程。

五、挂索和张拉工艺

（一）单根挂索流程

在智家堡御河特大桥的斜拉索横向双索面布置技术中，挂索是一个重要的工艺环节。挂索的流程主要包括准备工作、挂索安装和索力调整三个阶段。

（二）单根挂索步骤

首先，将挂索的一端固定在桥塔或桥墩上，然后使用起重设备将挂索的另一端吊装到预定位置。在吊装过程中，需要注意保持挂索的水平和垂直度，以确保其安装的准确性。完成挂索的安装后，需要进行索力调整^[4]。

（三）钢绞线单根张拉

在挂索的安装过程中，使用的主要材料是钢绞线。在单根挂索的张拉过程中，需要使用张拉设备对钢绞线进行张拉，以增加其索力。张拉的步骤主要包括预张拉和正张拉两个阶段。在预张拉阶段，首先对钢绞线进行初次张拉，使其达到一定的索力。然后，进行正张拉，逐渐增加张拉力，直到达到设计要求的索力值。在张拉过程中，还需要进行索力控制，确保挂索的索力分布均匀，避免出现过大或过小的索力差异。

（四）索力控制

首先，需要进行索力的计算。根据桥梁的设计要求和挂索的布置方式，通过结构力学分析计算出每根挂索的设计索力。同时，还需要考虑桥梁的荷载情况和挂索的位置，以确定每根挂索的实际索力。然后，根据实际情况进行索力的调整，同时，还需要进行索力的监测和检测，以确保挂索的稳定性和安全性。

六、紧索、减振器及桥面防水罩安装

首先，紧索的安装是保证桥梁结构稳定性的关键环节。紧索是通过调整索力来平衡桥梁的荷载分布，使桥梁能够承受车辆和行人的重量。其次，减振器的安装是保证桥梁结构抗风、抗震能力的重要手段。减振器可以通过吸收和分散桥梁受到的外力，减少桥梁的振动幅度，提高桥梁的抗风、抗震能力。最后，桥面防水罩的安装是保护桥面结构和延长使用寿命的重要措施。桥面防水罩可以防止雨水和其他外界物质渗入桥面结构，减少桥面的磨损和腐蚀，提高桥梁的耐久性和安全性，在安装过程中，需要选择合适的防水材料 and 施工方法，并进行严密的施工和检测。^[5]。

七、斜拉索的防护

（一）锚头内防腐

在大型桥梁工程中，斜拉索的锚头是承受巨大张力的关键部位，因此需要进行防腐处理。为了保护锚头免受腐蚀的影响，可以采用内防腐的方法。内防腐是指在锚头内部涂覆一层防腐涂料，以防止锚头与外界环境接触，减少腐蚀的可能性。

（二）锚头端面、夹片、外露钢绞线的防腐

除了锚头内部的防腐处理外，斜拉索的锚头端面、夹片以及外露的钢绞线也需要进行防腐处理。这些部位容易受到外界环境的侵蚀，因此需要采取相应的防护措施。常用的防腐方法包括涂覆防腐涂料、使用防腐胶带等。在选择防腐涂料时，需要考虑其耐候性、耐腐蚀性以及与其他材料的兼容性。

（三）下端锚垫板排水槽的设置

为了防止下端锚垫板积水，避免腐蚀和损坏，需要在下端锚垫板上设置排水槽。排水槽可以收集积水并将其排出，保持锚垫板的干燥。排水槽的设计需要考虑到排水的顺畅性和排水量的大小，以确保有效地排除积水。在施工过程中，需要注意排水槽的材料选择和安装位置，以及与其他部位的连接方式，以确保排水槽的功能正常。

八、结束语

综上所述，通过对智家堡御河特大桥斜拉索横向双索面布置技术的研究，我们深入了解了该技术在大型桥梁工程中的应用。该桥梁采用双塔双索面预应力混凝土矮塔加劲连续梁的设计，斜拉索采用双索面布置，立面为半扇形布置。斜拉索采用环氧涂层高强钢绞线，具有较高的抗拉强度。在斜拉索的施工过程中，需要进行施工准备、材料准备、设备准备、人员准备和技术准备。钢绞线的安装工艺包括循环系统安装、HDPE护套管焊接及安装、锚具安装和索鞍安装。挂索和张拉工艺包括单根挂索流程、单根挂索步骤和钢绞线单根张拉。紧索、减振器及桥面防水罩的安装也是斜拉索工程中的重要环节。通过对智家堡御河特大桥斜拉索横向双索面布置技术的研究，我们对大型桥梁工程中斜拉索的应用有了更深入的了解。这对于类似工程的设计和施工具有重要的参考价值，也为桥梁工程的发展提供了有益的经验。

参考文献

- [1] 张奥. 斜拉索在双塔双索面钢—混凝土混合梁斜拉桥中的安装技术探讨——以江顺大桥斜拉索安装为例[J]. 黑龙江交通科技2018: 98-99.
- [2] 冯善恒. 独塔双索面斜拉桥塔-梁-索同步施工技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2020: 262-265.
- [3] 关博文. 斜拉桥工程中的斜拉索施工技术[J]. 中国高新科技, 2021: 2.
- [4] 柳士伟; 王海波; 李华清; 荆刚毅; 蒋能世. 中央双索面斜拉桥索塔区梁段安装技术[J]. 公路交通科技(应用技术版) 2020: 5.
- [5] 陈晋, 李扬, 程斌. 大跨度中央索面斜拉桥超宽钢主梁施工技术[J]. 市政设施管理, 2021: 3.