



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114673354 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 28

(21) 申请号 202210411664.1

(22) 申请日 2022.04.19

(71) 申请人 中建八局总承包建设有限公司  
地址 201107 上海市闵行区闵北路88弄1-30号104幢1层A区

(72) 发明人 黄源 于健伟 张营营 余少乐  
陈新喜 徐俊豪 赵玉帅 胡昕  
欧亚洲 陈俊杰 喻秋 于鑫  
吴振东 徐磊 强梦芸

(74) 专利代理机构 上海唯源专利代理有限公司  
31229  
专利代理师 宋小光

(51) Int. Cl.  
E04G 21/00 (2006.01)  
E04G 21/14 (2006.01)

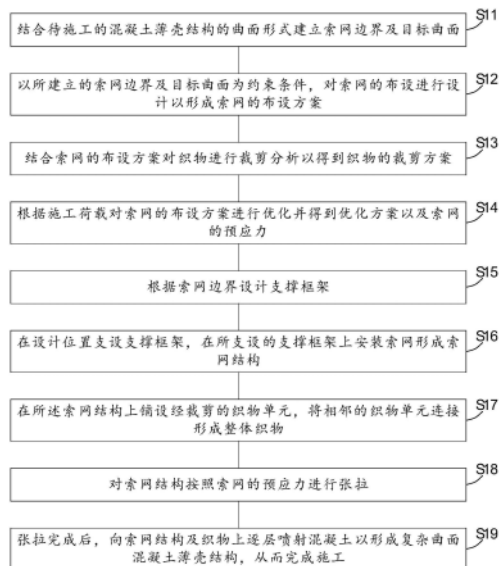
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法

(57) 摘要

本发明涉及一种采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,包括如下步骤:结合待施工结构的曲面形式建立索网边界及目标曲面;对索网的布设进行设计;结合索网的布设方案对织物进行裁剪分析;根据施工荷载对索网的布设方案进行优化;根据索网边界设计支撑框架;在设计位置支设支撑框架,安装索网形成索网结构;在所述索网结构上铺设经裁剪的织物单元,将相邻的织物单元连接形成整体织物;对索网结构按照索网的预应力进行张拉;张拉完成后,向索网结构及织物上逐层喷射混凝土以形成复杂曲面混凝土薄壳结构,从而完成施工。本发明的织物能够将施工荷载传递具备支撑刚度的索网结构,能够适用于各种复杂曲面形式的施工。



1. 一种采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,其特征在于,包括如下步骤:

结合待施工的混凝土薄壳结构的曲面形式建立索网边界及目标曲面;

以所建立的索网边界及目标曲面为约束条件,对索网的布设进行设计以形成索网的布设方案;

结合索网的布设方案对织物进行裁剪分析以得到织物的裁剪方案;

根据施工荷载对索网的布设方案进行优化并得到优化方案以及索网的预应力;

根据索网边界设计支撑框架;

在设计位置支设支撑框架,在所支设的支撑框架上安装索网形成索网结构;

在所述索网结构上铺设经裁剪的织物单元,将相邻的织物单元连接形成整体织物;

对索网结构按照索网的预应力进行张拉;以及

张拉完成后,向索网结构及织物上逐层喷射混凝土以形成复杂曲面混凝土薄壳结构,从而完成施工。

2. 如权利要求1所述的采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,其特征在于,在建立索网边界及目标曲面时,采用三维建模软件进行索网边界及目标曲面的建立。

3. 如权利要求1所述的采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,其特征在于,对索网的布设进行设计以形成索网的布设方案时,让所布设的索网按照目标曲面的主曲率布置;

利用测地曲率约束索网的布设;

以拉索总用量、交叉点的数量、预应力及织物承载能力为约束,对索网的布设进行设计,从而形成索网的布设方案。

4. 如权利要求1所述的采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,其特征在于,在对织物进行裁剪分析时,沿索网的布设方案中的曲面测地线对织物曲面进行分割,从而得到织物的裁剪方案。

5. 如权利要求1所述的采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,其特征在于,在对索网的布设方案进行优化时,利用有限元分析软件,将施工荷载转换为节点荷载并施加到索网节点上,以结构响应挠度最小为优化目标,对索网的布设方案及索网的预应力进行优化。

6. 如权利要求1所述的采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,其特征在于,相邻的两个织物单元之间通过热合焊接技术拼接连接。

7. 如权利要求1所述的采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,其特征在于,对索网结构进行张拉时,按照分级、对称的张拉原则进行,在张拉的过程中,利用三维扫描仪对索网结构及织物的张拉过程进行实时监控并形成对应的点云模型,将点云模型与设计形状进行对比,根据对比结果进行下一步的张拉以使得索网结构张拉至设计形状。

## 采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及建筑施工领域,特指一种采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法。

### 背景技术

[0002] 现有的传统木模板或者钢模板体系难以实现复杂曲面,尤其是大曲率及负高斯曲率曲面混凝土薄壳结构施工。气膜法钢筋混凝土薄壳结构施工技术也存在两点局限性:一是受限于充气膜结构的形式,混凝土薄壳结构只能是半球形、半椭球形,或者是扁球壳等形式,难以适用于其它曲面形式的混凝土薄壳结构;二是气膜结构作为支撑模板时,仅仅是通过织物来承担施工荷载,在面对较大的施工荷载时难以保证织物具备足够的支撑刚度。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的缺陷,提供一种采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,解决现有气膜法难以适用于其它曲面形式以及织物难以适用较大的施工荷载的问题。

[0004] 实现上述目的的技术方案是:

[0005] 本发明提供了一种采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,包括如下步骤:

[0006] 结合待施工的混凝土薄壳结构的曲面形式建立索网边界及目标曲面;

[0007] 以所建立的索网边界及目标曲面为约束条件,对索网的布设进行设计以形成索网的布设方案;

[0008] 结合索网的布设方案对织物进行裁剪分析以得到织物的裁剪方案;

[0009] 根据施工荷载对索网的布设方案进行优化并得到优化方案以及索网的预应力;

[0010] 根据索网边界设计支撑框架;

[0011] 在设计位置支设支撑框架,在所支设的支撑框架上安装索网形成索网结构;

[0012] 在所述索网结构上铺设经裁剪的织物单元,将相邻的织物单元连接形成整体织物;

[0013] 对索网结构按照索网的预应力进行张拉;以及

[0014] 张拉完成后,向索网结构及织物上逐层喷射混凝土以形成复杂曲面混凝土薄壳结构,从而完成施工。

[0015] 本发明的施工方法采用索网结构及其上的织物作为模板,能够适用于各种复杂曲面形式的施工,且织物能够将施工荷载传递具备支撑刚度的索网结构,进而喷射混凝土形成复杂曲面混凝土薄壳结构,实现不同曲面形式的混凝土薄壳结构施工。支撑框架设置在索网边界处,很大程度上减少了人力和物力的投入,经济实用。

[0016] 本发明采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的进一步改进在于,在建立索网边界及目标曲面时,采用三维建模软件进行索网边界及目标曲面的建立。

[0017] 本发明采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的进一步改进在于,对索网的布设进行设计以形成索网的布设方案时,让所布设的索网按照目标曲面的主曲率布置;

[0018] 利用测地曲率约束索网的布设;

[0019] 以拉索总用量、交叉点的数量、预应力及织物承载能力为约束,对索网的布设进行设计,从而形成索网的布设方案。

[0020] 本发明采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的进一步改进在于,在对织物进行裁剪分析时,沿索网的布设方案中的曲面测地线对织物曲面进行分割,从而得到织物的裁剪方案。

[0021] 本发明采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的进一步改进在于,在对索网的布设方案进行优化时,利用有限元分析软件,将施工荷载转换为节点荷载并施加到索网节点上,以结构响应挠度最小为优化目标,对索网的布设方案及索网的预应力进行优化。

[0022] 本发明采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的进一步改进在于,相邻的两个织物单元之间通过热合焊接技术拼接连接。

[0023] 本发明采用索网织物目标的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的进一步改进在于,对索网结构进行张拉时,按照分级、对称的张拉原则进行,在张拉的过程中,利用三维扫描仪对索网结构及织物的张拉过程进行实时监控并形成对应的点云模型,将点云模型与设计形状进行对比,根据对比结果进行下一步的张拉以使得索网结构张拉至设计形状。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的流程图。

## 具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明。

[0026] 参阅图1,本发明提供了一种采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,用于实现不同曲面形式的混凝土薄壳结构施工。利用索网结构及其上的织物作为模板来支撑混凝土薄壳结构施工,织物能够将施工荷载传递给具备支撑刚度的索网结构,索网织物模板构成一种柔性自平衡结构体系,通过合理的设计可获得不同曲率的曲面,在此基础上结合混凝土喷射技术即可实现复杂曲面混凝土薄壳结构的施工。另一方面,支撑框架的移除很大程度上减少了人力和物力的投入,经济实用。下面结合附图对本发明采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法进行说明。

[0027] 参阅图1,显示了本发明采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法的流程图。下面结合图1,对本发明采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法进行说明。

[0028] 如图1所示,本发明的采用索网织物模板的复杂曲面混凝土薄壳结构的施工方法,包括如下步骤:

[0029] 执行步骤S11,结合待施工的混凝土薄壳结构的曲面形式建立索网边界及目标曲

面;接着执行步骤S12;

[0030] 执行步骤S12,以所建立的索网边界及目标曲面为约束条件,对索网的布设进行设计以形成索网的布设方案;接着执行步骤S13;

[0031] 执行步骤S13,结合索网的布设方案对织物进行裁剪分析以得到织物的裁剪方案;接着执行步骤S14;

[0032] 执行步骤S14,根据施工荷载对索网的布设方案进行优化并得到优化方案以及索网的预应力;接着执行步骤S15;

[0033] 执行步骤S15,根据索网边界设计支撑框架;接着执行步骤S16;

[0034] 执行步骤S16,在设计位置支设支撑框架,在所支设的支撑框架上安装索网形成索网结构;接着执行步骤S17;

[0035] 执行步骤S17,在索网结构上铺设经裁剪的织物单元,将相邻的织物单元连接形成整体织物;接着执行步骤S18;

[0036] 执行步骤S18,对索网结构按照索网的预应力进行张拉;接着执行步骤S19;

[0037] 执行步骤S19,张拉完成后,向索网结构及织物上逐层喷射混凝土以形成复杂曲面混凝土薄壳结构,从而完成施工。

[0038] 由于索网织物模板是一种柔性自平衡结构体系,通过合理的设计可获得不同曲率的曲面,在此基础上结合混凝土喷射技术即可实现复杂曲面混凝土薄壳结构的施工。另一方面,支撑脚手架体系的移除也很大程度上减少了人力和物力的投入,经济实用。

[0039] 在本发明的一种具体实施方式中,在建立索网边界及目标曲面时,采用三维建模软件进行索网边界及目标曲面的建立。

[0040] 由于施工目标多为复杂曲面,因此需要通过非均匀有理B样条曲面来量化目标曲面及其边界,具体可借助如3DMAX或Rhino3D等三维建模软件来实现。

[0041] 在本发明的一种具体实施方式中,对索网的布设进行设计以形成索网的布设方案时,让所布设的索网按照目标曲面的主曲率布置;

[0042] 利用测地曲率约束索网的布设;

[0043] 以拉索总用量、交叉点的数量、预应力及织物承载能力为约束,对索网的布设进行设计,从而形成索网的布设方案。

[0044] 具体地,索网的设计原则有以下几个方面,一是索网结构的承载能力与其预应力和曲率呈正比,为减少预应力的施加量,索网结构应按照目标曲面的主曲率布置;二是为了减少织物材料的用量,索网结构的测地曲率应尽可能的小;三是索网网格的尺寸应综合考虑拉索用量、交叉点的数量、预应力施加以及织物结构的承载能力等因素。

[0045] 在本发明的一种具体实施方式中,在对织物进行裁剪分析时,沿索网的布设方案中的曲面测地线对织物曲面进行分割,从而得到织物的裁剪方案。

[0046] 织物受限于其幅宽的影响,往往需要进行裁剪分析,以拼接成目标曲面结构。结合索网的布设方案,沿曲面测地线(等同于索网结构)对织物曲面进行分割,分割至每块织物的曲面展开面积与原曲面面积的偏差在容许范围之内即可。

[0047] 在本发明的一种具体实施方式中,在对索网的布设方案进行优化时,利用有限元分析软件,将施工荷载转换为节点荷载并施加到索网节点上,以结构响应挠度最小为优化目标,对索网的布设方案及索网的预应力进行优化。

[0048] 根据施工荷载进一步优化索网结构的形式并确定索网的预应力。有限元分析软件有3D3S, ABAQUS等, 在获取最有索网预应力值之后, 需要重新校核索网结构在施工荷载下的响应, 以确保索网结构具备足够的支撑刚度。

[0049] 在本发明的一种具体实施方式中, 确定索网结构的形式和预应力后, 需根据索网结构的边界确定支撑框架, 该支撑框架的确定原则是具备足够的刚度, 可充分固定住整套索网系统, 使得索网系统形成自平衡体系。该支撑框架的结构形式需结合索网结构的体量来决定, 跨度在3米以下可采用木结构, 跨度大于3米建议采用钢框架。

[0050] 在本发明的一种具体实施方式中, 相邻的两个织物单元之间通过热合焊接技术拼接连接。

[0051] 根据索网结构的最终设计形态与预应力值计算每根索的下料长度, 结合裁剪分析的结果对织物进行裁剪, 并通过热合焊接技术拼接成一块整体织物。

[0052] 在本发明的一种具体实施方式中, 对索网结构进行张拉时, 按照分级、对称的张拉原则进行, 在张拉的过程中, 利用三维扫描仪对索网结构及织物的张拉过程进行实时监控并形成对应的点云模型, 将点云模型与设计形状进行对比, 根据对比结果进行下一步的张拉以使得索网结构张拉至设计形状。

[0053] 考虑到实际施工过程中, 索网结构张拉之后的形状与设计形状存在误差, 借助三维扫描仪对索网织物模板的张拉过程进行实时监控, 监控过程在电脑终端形成织物模板的点云模型, 并于设计形状对比, 提出下一步索网织物模板张拉方案。

[0054] 本发明的有益效果在于: 由于索网织物模板是一种柔性自平衡结构体系, 通过合理的设计可获得不同曲率的曲面, 在此基础上结合混凝土喷射技术即可实现复杂曲面混凝土薄壳结构的施工。另一方面, 支撑框架的移除也很大程度上减少了人力和物力的投入, 经济实用。

[0055] 以上结合附图实施例对本发明进行了详细说明, 本领域中普通技术人员可根据上述说明对本发明做出种种变化例。因而, 实施例中的某些细节不应构成对本发明的限定, 本发明将以所附权利要求书界定的范围作为本发明的保护范围。

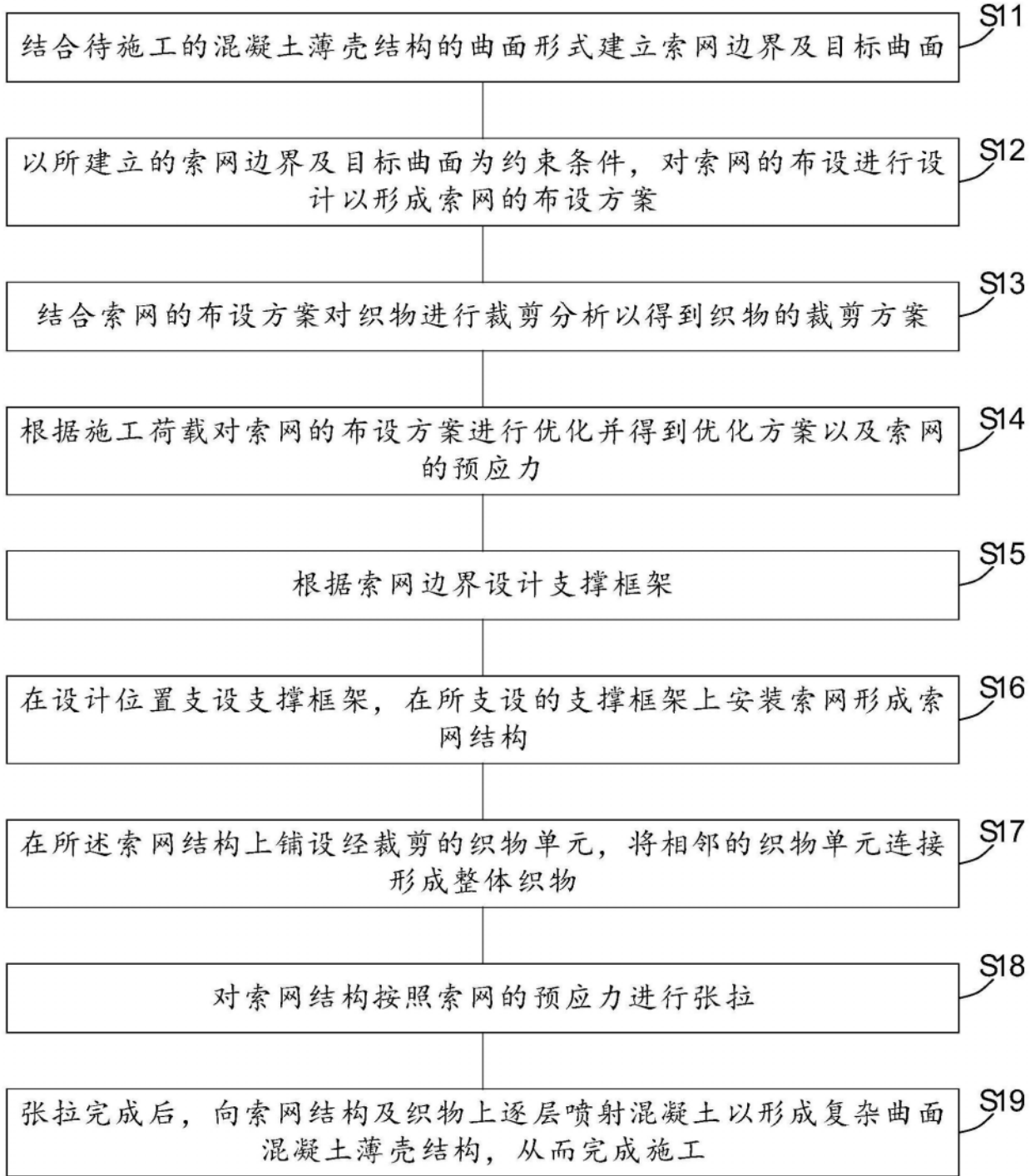


图1