



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110043095 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 09

(21) 申请号 201910326883.8

E04H 7/20 (2006.01)

(22) 申请日 2019.04.23

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110043095 A

CN 210067580 U, 2020.02.14

CN 102251614 A, 2011.11.23

CN 102661071 A, 2012.09.12

(43) 申请公布日 2019.07.23

CN 103306531 A, 2013.09.18

(73) 专利权人 中海石油气电集团有限责任公司  
地址 100028 北京市朝阳区太阳宫南街6号  
院中海油大厦C座

CN 103821359 A, 2014.05.28

CN 105257076 A, 2016.01.20

CN 105484410 A, 2016.04.13

(72) 发明人 段品佳 张超 范嘉堃 安东雨  
扬帆 钟曦 刘洋 张博超

US 2016273216 A1, 2016.09.22

WO 03069087 A1, 2003.08.21

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

审查员 桑远洋

专利代理师 谢斌

(51) Int. Cl.

E04H 7/18 (2006.01)

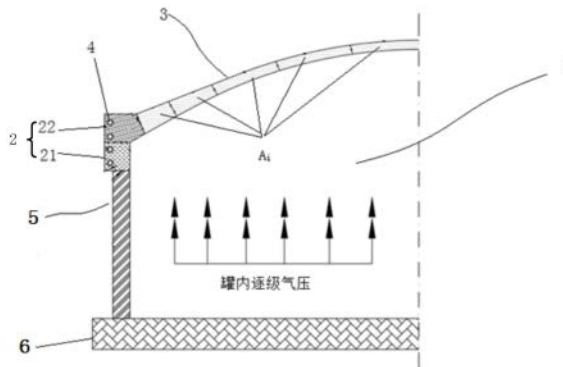
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法及LNG储罐

(57) 摘要

本发明公开了一种穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法及LNG储罐,其特征在于,其包括以下步骤:1)进行储罐顶部的环梁的下半段的环向预应力张拉;2)进行储罐的穹顶气压升顶;3)进行储罐顶部的环梁的上半段的浇筑以及穹顶的钢筋绑扎;4)将穹顶由外到内按照等方量混凝土划分为多级环形区域,先进行第一级环形区域的混凝土浇筑;5)待第一级环形区域混凝土达到一定强度后;开始罐内加压状态下的逐级连续浇筑,罐内压力随着浇筑级数的增大而逐级增压,直至在最终压力值下完成最后一级环形区域的混凝土浇筑,最后进行养护工作。



1. 一种穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 进行储罐顶部环梁的下半段的环向预应力张拉;

2) 进行储罐的穹顶气压升顶;

3) 进行储罐顶部环梁的上半段的浇筑以及穹顶的钢筋绑扎;

4) 将穹顶由外到内按照等方量混凝土划分出多级环形区域,先进行第一级环形区域的混凝土浇筑;

5) 待第一级环形区域混凝土达到一定强度后;开始罐内加压状态下的逐级连续浇筑,罐内压力随着浇筑级数的增大而逐级增压,直至在最终压力值下完成最后一级环形区域的混凝土浇筑,最后进行养护工作。

2. 如权利要求1所述的穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于:在上述步骤3)和步骤4)中,当完成储罐顶部的环梁的上半段的浇筑以及穹顶钢筋绑扎总量的 $1/3 \sim 2/3$ 时,进行第一级环形区域混凝土的浇筑工作;在上述步骤4)中,将穹顶由外到内按照等方量混凝土划分为5~8级环形区域。

3. 如权利要求1所述的穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于:在上述步骤4)和步骤5)中,每一级环形区域内混凝土采用连续浇筑方式完成,若中间出现停止,中间停止的时间不得超过混凝土初凝时间。

4. 如权利要求1所述的穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于:在上述步骤4)中,第一级环形区域在储罐不保压的条件下进行混凝土浇筑;在上述步骤5)中,在上一级环形区域混凝土浇筑完成,下一级环形区域混凝土浇筑前,向储罐内施加一级压力,随着浇筑级数的逐级增大,储罐内压力逐级增加。

5. 如权利要求1所述的穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于:在上述步骤5)中,上一级环形区域混凝土浇筑完成72小时后,向储罐内增加一级压力,增压幅值为最高压力设计值的 $1/($ 环形区域总级数 $-1)$ ,待储罐内压力维持恒定后开展下一级环形区域混凝土的浇筑工作。

6. 如权利要求1所述的穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于:在上述步骤5)中,在上一级环形区域内混凝土强度达到设计值的60%以上后,开始下一级环形区域混凝土的浇筑工作。

7. 如权利要求1所述的穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于:在步骤5)中,在最后一级环形区域混凝土浇筑完成后,待混凝土强度达到设计值80%以上后,方可卸除罐内压力,完成穹顶的全部混凝土浇筑工作。

8. 如权利要求1至7任一项所述的穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其特征在于:在穹顶的混凝土浇筑过程中,采用U型水柱进行储罐内压力值测量,压力变化波动不得超过 $\pm 2$ cm水柱范围;混凝土采用C40以上强度等级,钢筋采用HRB400E以上牌号;采用供气能力为10kPa以上功率的鼓风机向储罐内供压,鼓风机的个数为两至四台,一至两台为储罐供压,另留一至两台作为备用。

9. 一种LNG储罐,其特征在于:包括罐体(5)、承台(6)以及上述权利要求1至8任一项所述的控制方法中形成的环梁(2)和穹顶(3),所述罐体(5)固定设置在所述承台(6)上,所述环梁(2)固定设置在所述罐体(5)的顶部,所述穹顶(3)固定在所述环梁(2)的顶部;

所述环梁(2)的墙体内设置预应力系统(4),所述预应力系统(4)包括沿所述环梁(2)的

高度方向间隔环设在所述环梁(2)的墙体內的环向钢绞线;所述穹顶(3)为球冠型钢筋混凝土结构,所述穹顶(3)的直径和所述罐体(5)内直径相差0~4m。

## 穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法及LNG储罐

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种LNG储罐穹顶浇筑期间罐内分级增压保压控制方法及其LNG储罐，特别涉及一种LNG储罐穹顶混凝土浇筑过程中储罐罐内分级增加内压力并持续保持内压力作用控制方法，属于LNG输配技术领域。

### 背景技术

[0002] 液化天然气(LNG)是通过低温液化工艺将常规天然气在常压下冷却至 $-160^{\circ}\text{C}$ 以下并分离出了大量硫、磷等污染元素后，获得的以甲烷为主要组成部分的清洁能源。低温作用使其存储状态发生巨大变化，体积压缩到1/600左右，密度约为 $480\text{kg}/\text{m}^3$ 的无色、无味且无腐蚀性的液体。在LNG产业链中，安全存储是其中的一个关键环节。LNG全容储罐是LNG产业链中的核心存储设施，投资大、技术密集、安全性要求高。目前常规LNG全容储罐主体结构由基础、承台、穹顶、外罐和内罐等结构部分组成。其中，承台和穹顶均为钢筋混凝土结构，外罐为预应力钢筋混凝土结构，共同形成具有LNG气密性能和结构性能的次容器，确保储罐在低温常压下安全运行，且控制储罐的BOG(蒸发气)损失在经济合理范围内；内罐通常采用X7Ni9钢板焊接成顶端开口的平底圆筒结构，作为LNG装载的主容器。二者中间留有环向空间，设置填充低热传导率的保冷材料，控制LNG物料与外界环境的热交换速率。储罐在设计建造过程中，必须根据建设场地的地质条件进行分析计算，确保储罐结构满足高地震力(SSE安全停运地震)作用下的抗震性能要求。除此之外，还需严格控制钢筋混凝土的浇筑质量，确保储罐的耐久性能。

[0003] 穹顶结构作为储罐的主要结构构件及上部工艺设备及附属结构的承载构件，具有受力复杂敏感和易开裂等特点，在设计和施工过程必须予以重点关注。尤其是穹顶混凝土浇筑过程中，会因施工荷载导致穹顶由边缘到中心区逐渐增大的下沉，进而引发混凝土上表面在施工期间就会产生较多的环形和径向的微裂纹，严重处会出现贯通性裂缝。则会对穹顶结构安全可靠性及耐久性产生严重影响。

### 发明内容

[0004] 针对上述问题，本发明的目的是提供一种在穹顶混凝土浇筑过程中的LNG储罐内分级增压保压控制方法以及LNG储罐，可在施工过程中对穹顶混凝土的连续浇筑质量及结构整体性有显著提升，避免储罐穹顶出现结构性和耐久性问题。

[0005] 为实现上述目的，本发明采用以下技术方案，一种穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

[0006] 1) 进行储罐顶部环梁的下半段的环向预应力张拉；

[0007] 2) 进行储罐的穹顶气压升顶；

[0008] 3) 进行储罐顶部的环梁上半段的浇筑以及穹顶的钢筋绑扎；

[0009] 4) 将穹顶由外到内按照等方量混凝土划分出多级环形区域，先进行第一级环形区域的混凝土浇筑；

[0010] 5)待第一级环形区域混凝土达到一定强度后;开始罐内加压状态下的逐级连续浇筑,罐内压力随着浇筑级数的增大而逐级增压,直至在最终压力值下完成最后一级环形区域的混凝土浇筑,最后进行养护工作。

[0011] 进一步地,在上述步骤3)和步骤4)中,当完成储罐顶部的环梁的上半段的浇筑以及穹顶钢筋绑扎总量的1/3~2/3时,进行第一级环形区域混凝土的浇筑工作;在上述步骤4)中,将穹顶由外到内按照等方量混凝土划分为5~8级环形区域。

[0012] 进一步地,在上述步骤4)和步骤5)中,每一级环形区域内混凝土采用连续浇筑方式完成,若中间出现停止,中间停止的时间不得超过混凝土初凝时间。

[0013] 进一步地,在上述步骤4)中,第一级环形区域在储罐不保压的条件下进行混凝土浇筑;在上述步骤5)中,在上一级环形区域混凝土浇筑完成,下一级环形区域混凝土浇筑前,向储罐内施加一级压力,随着浇筑级数的逐级增大,储罐内压力逐级增加。

[0014] 进一步地,在上述步骤5)中,上一级环形区域混凝土浇筑完成72小时后,向储罐内增加一级压力,增压幅值为最高压力设计值的1/(环形区域总级数-1),待储罐内压力维持恒定后开展下一级环形区域混凝土的浇筑工作。

[0015] 进一步地,在上述步骤5)中,在上一级环形区域内混凝土强度达到设计值的60%以上后,开始下一级环形区域混凝土的浇筑工作。

[0016] 进一步地,在步骤5)中,在最后一级环形区域混凝土浇筑完成后,待混凝土强度达到设计值80%以上后,方可卸除罐内压力,完成穹顶的全部混凝土浇筑工作。

[0017] 进一步地,在穹顶的混凝土浇筑过程中,采用U型水柱进行储罐内压力值测量,压力变化波动不得超过 $\pm 2\text{cm}$ 水柱范围;混凝土采用C40以上强度等级,钢筋采用HRB400E以上牌号;采用供气能力为10kPa以上功率的鼓风机向储罐内供压,鼓风机的个数为两至四台,一至两台为储罐供压,另留一至两台作为备用。

[0018] 本发明还提供了一种LNG储罐,其特征在于:包括罐体、承台以及上述控制方法中形成的环梁和穹顶,所述罐体固定设置在所述承台上,所述环梁固定设置在所述罐体的顶部,所述穹顶固定在所述环梁的顶部。

[0019] 进一步地,所述环梁的墙体内设置预应力系统,所述预应力系统包括沿所述环梁的高度方向间隔环设在所述环梁的墙体环向的环向钢绞线;所述穹顶为球冠型钢筋混凝土结构,所述穹顶的直径和所述罐体内直径相差0~4m。

[0020] 本发明采用以上技术方案,其具有如下优点:

[0021] 本发明与现有LNG行业内采用的在不进行环梁下部分预应力张拉、恒定罐内压力下浇筑全部穹顶混凝土相比,本发明确定的控制方法规定储罐穹顶混凝土在浇筑前完成罐顶环梁下部预应力的张拉,为穹顶混凝土浇筑过程提供一定的预紧力和稳固性;在分环浇筑过程中罐内分级增压保压控制,则可规避因施工荷载导致穹顶由边缘到中心区逐渐增大的下沉问题,进而避免混凝土上表面在施工期间出现较多的环向和径向的微裂纹等质量问题。将在施工过程中对混凝土的连续浇筑质量及结构整体性有显著提升,并大幅提高穹顶的结构安全可靠性及耐久性。

## 附图说明

[0022] 图1是本发明LNG储罐的中心对称剖面结构示意图;

[0023] 图2是本发明LNG储罐的穹顶的俯视图。

### 具体实施方式

[0024] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0025] 如图1、图2所示,本发明提供一种穹顶浇筑期间储罐内分级增压保压控制方法,其包括以下步骤:

[0026] 1) 进行储罐1顶部的环梁2的下半段21的环向预应力张拉;

[0027] 2) 进行储罐1的穹顶3的气压升顶;

[0028] 3) 进行储罐1顶部的环梁2的上半段22的浇筑以及穹顶3的钢筋绑扎;

[0029] 4) 将穹顶3由外到内按照等方量混凝土划分出多级环形区域 $A_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n, n \geq 2$ ), 先进行第一级环形区域 $A_1$ 的混凝土浇筑;

[0030] 5) 待第一级环形区域 $A_1$ 混凝土达到一定强度后;开始罐内加压状态下的逐级连续浇筑,罐内压力随着浇筑级数的增大而逐级增压,直至在最终压力值下完成最后一级环形区域 $A_n$ 的混凝土浇筑,最后进行养护工作。

[0031] 进一步地,在上述步骤3)和步骤4)中,当完成储罐1顶部的环梁2的上半段22的浇筑以及穹顶3钢筋绑扎总量的 $1/3 \sim 2/3$ 时,即可开展第一级环形区域 $A_1$ 混凝土的浇筑工作。

[0032] 进一步地,在上述步骤4)中,可根据情况,将穹顶3由外到内按照等方量混凝土划分为5~8级环形区域。

[0033] 进一步地,在上述步骤4)和步骤5)中,每一级环形区域 $A_i$ 内混凝土采用连续浇筑方式完成,若中间出现停止,中间停止的时间不得超过混凝土初凝时间(约为45分钟)。

[0034] 进一步地,在上述步骤4)中,第一级环形区域 $A_1$ 可以在储罐1不保压的条件下进行混凝土浇筑;在上述步骤5)中,在上一级环形区域 $A_{i-1}$ 混凝土浇筑完成,下一级环形区域 $A_i$ 混凝土浇筑前,向储罐1内施加一级压力,随着浇筑级数的逐级增大,储罐1内压力逐级增加,从而实现储罐1内的分级增压保压;其中,当第一级环形区域 $A_1$ 在储罐1不保压的条件下进行混凝土浇筑时,在第二级环形区域进行混凝土浇筑前,向储罐1内施加的压力为储罐1内的第一级保压压力。

[0035] 进一步地,在上述步骤5)中,上一级环形区域混凝土浇筑完成72小时后,向储罐1内增加一级压力,增压幅值为最高压力设计值的 $1/($ 环形区域总级数 $-1)$ ,待储罐1内压力维持恒定后开展下一级环形区域 $A_i$ 混凝土浇筑的准备工作。

[0036] 进一步地,在上述步骤5)中,可在上一级环形区域 $A_{i-1}$ 内混凝土强度达到设计值的60%以上后,开始下一级环形区域 $A_i$ 混凝土的浇筑工作。

[0037] 进一步的,在上述步骤5)中,在最后一级环形区域 $A_n$ 混凝土浇筑完成后,待混凝土强度达到设计值80%以上后,方可卸除储罐1内压力,完成穹顶3的全部混凝土浇筑工作。

[0038] 进一步地,在穹顶3的混凝土浇筑过程中,采用U型水柱进行储罐1内压力值测量,压力变化波动不得超过 $\pm 2$ cm水柱范围。

[0039] 进一步地,混凝土采用C40以上强度等级,钢筋采用HRB400E以上牌号;

[0040] 进一步地,采用供气能力为10kPa以上功率的鼓风机向储罐1内供压,鼓风机的个数为两至四台,一至两台为储罐供压,另留一至两台作为备用。

[0041] 如图1、图2所示,本发明还提供了一种LNG储罐1,包括罐体5、承台6以及上述控制

方法中形成的环梁2和穹顶3,罐体5固定设置在承台6上,环梁2固定设置在罐体5的顶部,穹顶3固定在环梁2的顶部。

[0042] 进一步地,环梁2的墙体内设置预应力系统4,预应力系统4包括沿环梁2高度方向间隔环设在环梁2的墙体环向钢绞线,对环梁2的下半段21内的2~4圈环向钢绞线进行预应力张拉,完成环梁2的下半段21的环向预应力张拉。

[0043] 进一步地,穹顶3为球冠型钢筋混凝土结构,穹顶3的直径和罐体5内直径相差0~4m。

[0044] 本发明仅以上述实施例进行说明,各部件的结构、设置位置及其连接都是可以有所变化的。在本发明技术方案的基础上,凡根据本发明原理对个别部件进行的改进或等同变换,均不应排除在本发明的保护范围之外。

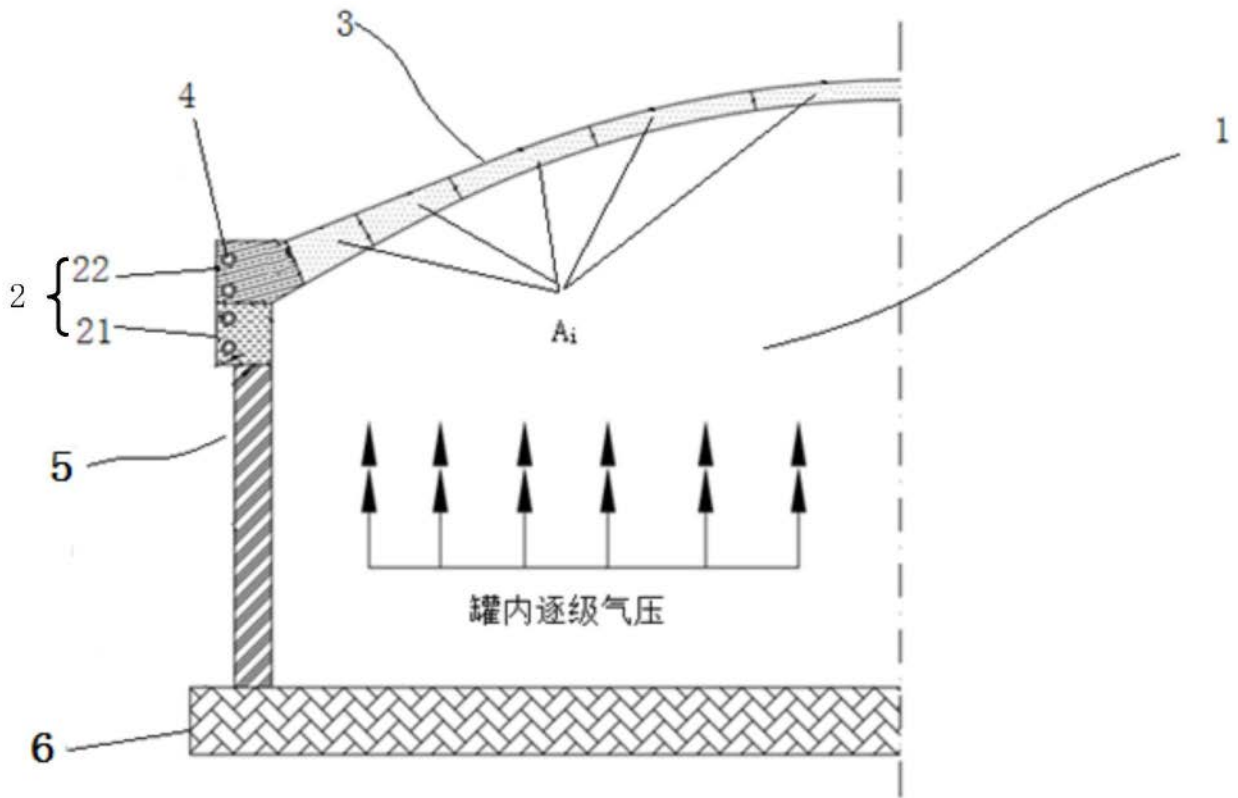


图1

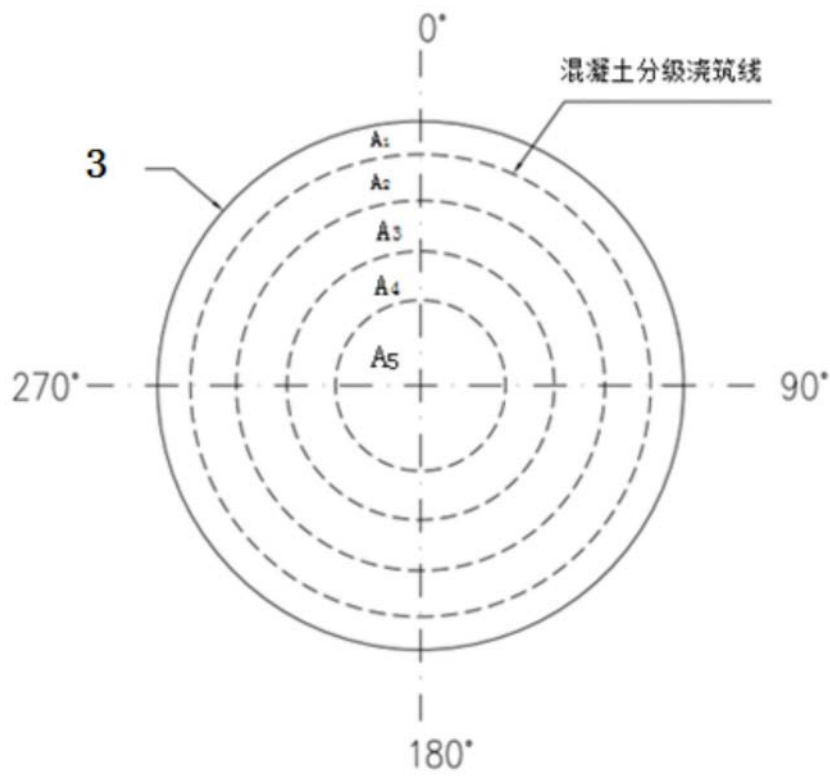


图2