



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103130147 A

(43) 申请公布日 2013.06.05

(21) 申请号 201310077053.9

(22) 申请日 2013.03.12

(71) 申请人 中国五冶集团有限公司
地址 610000 四川省成都市锦江区工业园区

(72) 发明人 乔秀坤

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理事务所
(普通合伙) 51220

代理人 谢敏

(51) Int. Cl.

B66F 3/36 (2006.01)

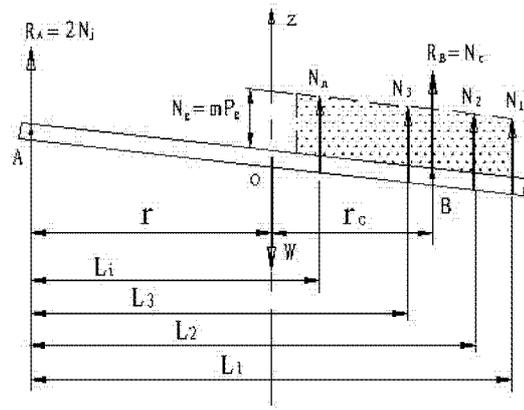
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,包括以下步骤:(a)假设吊杆总数为Z,工作区内的吊杆数量为Zg,非工作区内的吊杆数量则为Zf,且Zf=Z-Zg;(b)设每根吊杆串置m台千斤,单台千斤的提升力为Pg,每根工作吊杆的受力Ng=m×Pg;(c)求出总合力Nc到圆形结构的中心线的距离rc;(d)求出Pg与m、Zg、Z以及圆形结构的自重W之间的函数关系式;(e)求出静载吊杆的工作受力Nj;(f)选取合适的吊杆规格。本发明采用上述方法,能对圆形结构的提升调平吊杆受力进行较为准确地计算,从而为选取合适的吊杆提供依据,保证施工的安全进行。



1. 一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在于:包括以下步骤:

(a)假设设置在圆形结构上的吊杆总数为 Z ,该 Z 根吊杆所在的位置区域分为工作区和非工作区,工作区内的吊杆数量为 Z_g ,非工作区内的吊杆数量则为 Z_f ,且 $Z_f=Z-Z_g$,其中 Z 、 Z_g 、 Z_f 均为正整数;

(b)设每根吊杆串置 m 台千斤,单台千斤的提升力为 P_g ,每根工作吊杆的受力为 N_g ,则有, $N_g=m \times P_g$;

(c)求出总合力 N_c 到圆形结构的中心线的距离 r_c ;

(d)求出单台千斤的提升力 P_g 与千斤数 m 、工作区内的吊杆数 Z_g 、总的吊杆数 Z 以及圆形结构的自重 W 之间的函数关系式;

(e)求出静载吊杆的工作受力 N_j ;

(f)根据步骤(e)得到的 N_j ,选取合适的吊杆规格。

2. 根据权利要求1所述的一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在于:所述吊杆总数 Z 为等于或大于8的偶数。

3. 根据权利要求1所述的一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在于:所述吊杆在圆形结构上呈环形分布,且所有吊杆围成的环形的中心位于圆形结构的中心线上。

4. 根据权利要求3所述的一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在于:所述两两相邻吊杆之间的距离相等。

5. 根据权利要求4所述的一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在于:所述步骤(c)的具体计算过程如下:

(c1)由力矩平衡原理可得,各工作吊杆的受力 N_g 与对应力臂 L_i 的乘积之和,等于圆形结构的自重 W 与对应力臂 r 的乘积,即

$$\sum_{i=1}^n N_g \cdot L_i - W \cdot r = 0 \quad (1-1);$$

(c2)由于吊杆呈环形分布, $N_g = P_g \cdot m$, 取 $n = \frac{Z_g}{2}$, 于是有,

$$2 \sum_{i=1}^n N_g \cdot L_i = 2 P_g m \sum_{i=1}^n L_i \quad (1-2);$$

(c3)假设 $L_i = r + r_i$, $r_i = r \cdot \cos \alpha_i$, 于是有,

$$\sum_{i=1}^n r_i = r \cdot \sum_{i=1}^n \cos [180^\circ/Z + (i-1) \cdot 360^\circ/Z] \quad (1-3);$$

(c4)又因为, $2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i$ 实为各工作吊杆力 N_g 的合力 N_c 对 y 轴的合力矩

$N_c \cdot r_c$, 即 $N_c \cdot r_c = 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i$, 而 $N_c = P_g \cdot m \cdot Z_g$, 最终通过变换可得:

$$r_i = \frac{r \cdot \sin Z_g 180^\circ / Z}{Z_g \cdot \sin 180^\circ / Z} \quad (1-4)。$$

6. 根据权利要求 5 所述的一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在在于:所述步骤(d)的具体计算过程如下:

$$(d1) \text{ 式子(1-1)可写成 } P_g \cdot m \cdot Z_g \cdot r + 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i - W \cdot r = 0 \quad (1-5);$$

$$(d2) \text{ 将 } \sum_{i=1}^n r_i = \frac{r \cdot \cos n 180^\circ / Z \cdot \sin n 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \text{ 代入式子(1-5), 可得:}$$

$$P_g \cdot m \cdot Z_g \cdot r + 2 P_g m \frac{r \cdot \cos n 180^\circ / Z \cdot \sin n 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} - W \cdot r = 0 \quad (1-6);$$

$$(d3) \text{ 又因为 } n = \frac{Z_g}{2}, \text{ 于是, } P_g \cdot m \cdot r \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right) - W \cdot r = 0,$$

$$\text{最终可得: } P_g = \frac{W}{m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)} \quad (1-7)。$$

7. 根据权利要求 6 所述的一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在在于:所述步骤(e)的具体计算过程如下:

$$(e1) \text{ 根据竖直方向上的合力为零, 可得: } 2 N_j + m \cdot P_g \cdot Z_g - W = 0, \text{ 即 } N_j = \frac{W - m \cdot P_g \cdot Z_g}{2} \quad (1-8);$$

$$(e2) \text{ 将式子(1-7)代入式子(1-8)中, 得 } N_j = \frac{W}{2} - \frac{m \cdot Z_g \cdot W}{2m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)} \quad (1-9);$$

$$(e3) \text{ 将式子(1-9)进行整理, 可得: } N_j = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\sin Z_g \cdot 180^\circ / Z}{Z_g \sin 180^\circ / Z}} \right) \cdot \frac{W}{2} \quad (1-10)。$$

8. 根据权利要求 7 所述的一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,其特征在在于:所述步骤(f)的具体过程如下:

(f1) 根据式子(1-10)的计算结果 N_j 及吊杆材料的许用应力 σ , 确定吊杆受力断面积 A ,

$$A = Nj / \sigma ;$$

(f2) 最后选取合适的吊杆直径 D,

$$D \geq \sqrt{4A/\pi} = \sqrt{\frac{4Nj/\sigma}{\pi}} .$$

一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工程施工领域,具体是一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法。

背景技术

[0002] 在工程施工安装中,有不少圆形(盘形或环形)结构,如水柜等,为大型的钢网架结构或钢筋混凝土结构,大多需要进行整体液压提升及提升调平,提升吊杆可根据提升受力大小,选取适当规格或直径的钢绞线或圆钢钢筋等,并采用钢绞线或圆钢千斤进行提升,钢绞线和圆钢千斤在构造上有一定差异,但工作原理完全相同。

[0003] 圆形(盘形或环形)的调平转动原理,是改变平动时的对称受力,打破原有的力矩平衡状态,使其产生转动,因此必须关闭部份千斤油路,使一部份千斤工作,另一部份千斤停止不动。这样便形成了受力不同的三种吊杆。如图 1、图 2 所示,AB 为处于倾斜状态的盘形或环形结构,AC 为非供油千斤与吊杆所对应的区段,CB 为供油千斤与吊杆所对应的区段,在盘形或环形结构进行调平转动时,B 点绕 A 点转动,AC 区段内的吊杆称“非工作吊杆”,其中过 A 点的吊杆又称“静载吊杆”,一般取两根较合理,其静载受力为 N_j ,其“非工作吊杆”应视为不受力。当然,吊杆长时仍有一定弹力作用,但应按吊杆很短时的最不利情况处理;BC 区段内的吊杆称“工作吊杆”,此区段内的吊杆受千斤液压提升作用,轴力为 N_g ,且在理论上相等,图中用虚线框定。

[0004] 施工设计中,盘形或环形结构整体平动提升时,往往只注意对吊杆(或绞线)荷载作理论验算,而对其转动调平时的吊杆荷载,一般都未作考虑,而仅仅作一些简单的估取。由于结构在整体提升中不可能完全同步,因此结构的调平转动对其正常提升和最终定位都是必不可少的。如果在调平转动中对控制关闭千斤的台数估取不当,将造成吊杆(或绞线)严重超载,比平动提升时大几倍甚至上十倍,常导致吊杆(或绞线)的断裂,给施工安装带来严重的安全隐患。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,解决了以往圆形结构液压提升调平过程中,未对转动调平时的吊杆(或绞线)荷载作考虑,而仅仅作一些简单的估取,从而很可能造成吊杆(或绞线)严重超载,导致吊杆(或绞线)的断裂,给施工安装带来严重安全隐患的问题。

[0006] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案是:一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,包括以下步骤:

(a)假设设置在圆形结构上的吊杆总数为 Z ,该 Z 根吊杆所在的位置区域分为工作区和非工作区,工作区内的吊杆数量为 Z_g ,非工作区内的吊杆数量则为 Z_f ,且 $Z_f=Z-Z_g$,其中 Z 、 Z_g 、 Z_f 均为正整数;

(b)设每根吊杆串置 m 台千斤,单台千斤的提升力为 P_g ,每根工作吊杆的受力为 N_g ,则

有, $N_g = m \times P_g$;

(c) 求出总合力 N_c 到圆形结构的中心线的距离 r_c ;

(d) 求出单台千斤的提升力 P_g 与千斤数 m 、工作区内的吊杆数 Z_g 、总的吊杆数 Z 以及圆形结构的自重 W 之间的函数关系式;

(e) 求出静载吊杆的工作受力 N_j ;

(f) 根据步骤(e)得到的 N_j , 选取合适的吊杆规格。

[0007] 进一步地, 所述吊杆总数 Z 为等于或大于 8 的偶数。

[0008] 更进一步地, 所述吊杆在圆形结构上呈环形分布, 且所有吊杆围成的环形的中心位于圆形结构的中心线上。

[0009] 进一步地, 所述两两相邻吊杆之间的距离相等。

[0010] 进一步地, 所述步骤(c)的具体计算过程如下:

(c1) 由力矩平衡原理可得, 各工作吊杆的受力 N_g 与对应力臂 L_i 的乘积之和, 等于圆形结构的自重 W 与对应力臂 r 的乘积, 即

$$\sum_{i=1}^n N_g \cdot L_i - W \cdot r = 0 \quad (1-1);$$

(c2) 由于吊杆呈环形分布, $N_g = P_g \cdot m$, 取 $n = \frac{Z_g}{2}$, 于是有,

$$2 \sum_{i=1}^n N_g \cdot L_i = 2 P_g m \sum_{i=1}^n L_i \quad (1-2);$$

(c3) 假设 $L_i = r + r_i$, $r_i = r \cdot \cos \alpha_i$, 于是有, $2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i$ (1-3);

(c4) 又因为, $2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i$ 实为各工作吊杆力 N_g 的合力 N_c 对 y 轴的合力矩 $N_c \cdot r_c$

, 即 $N_c \cdot r_c = 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i$, 而 $N_c = P_g \cdot m \cdot Z_g$, 最终通过变换可得:

$$r_c = \frac{r \cdot \sin Z_g 180^\circ / Z}{Z_g \cdot \sin 180^\circ / Z} \quad (1-4).$$

[0011]

进一步地, 所述步骤(d)的具体计算过程如下:

(d1) 式子(1-1)可写成

$$P_g \cdot m \cdot Z_g \cdot r + 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i - W \cdot r = 0 \quad (1-5);$$

(d2) 将 $\sum_{i=1}^n r_i = \frac{r \cdot \cos n 180^\circ / Z \cdot \sin n 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z}$ 代入式子(1-5), 可得:

$$P_g \cdot m \cdot Z_g \cdot r + 2 P_g m \frac{r \cdot \cos n 180^\circ / Z \cdot \sin n 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} - W \cdot r = 0 \quad (1-6);$$

$$(d3) \text{ 又因为 } N = \frac{Z_g}{2}, \text{ 于是, } P_g \bullet m \bullet r \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right) - W \bullet r = 0,$$

$$\text{最终可得: } P_g = \frac{W}{m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)} \quad (1-7).$$

[0012]

进一步地,所述步骤(e)的具体计算过程如下:

(e1) 根据竖直方向上的合力为零,可得: $2N_j + m \bullet P_g \bullet Z_g - W = 0$, 即

$$N_j = \frac{W - m \bullet P_g \bullet Z_g}{2} \quad (1-8);$$

$$(e2) \text{ 将式子(1-7)代入式子(1-8)中,得 } N_j = \frac{W}{2} - \frac{m \bullet Z_g \bullet W}{2m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)} \quad (1-9);$$

$$(e3) \text{ 将式子(1-9)进行整理,可得: } N_j = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\sin Z_g \bullet 180^\circ / Z}{Z_g \sin 180^\circ / Z}} \right) \bullet \frac{W}{2} \quad (1-10).$$

[0013] 进一步地,所述步骤(f)的具体过程如下:

(f1) 根据式子(1-10)的计算结果 N_j 及吊杆材料的许用应力 σ , 确定吊杆受力断面积 A ,

$$A = N_j / \sigma;$$

(f2) 最后选取合适的吊杆直径 D ,

$$D \geq \sqrt{4A/\pi} = \sqrt{\frac{4N_j/\sigma}{\pi}}.$$

[0014]

综上所述,本发明与现有技术相比具有以下优点和有益效果:本发明通过对静载吊杆的受力情况进行定量分析,得出静载吊杆的受力与总的吊杆数、工作吊杆数、圆形结构的自重之间的函数关系,进而可以在相关参数已知的情况下,得出一个较为准确的静载吊杆的受力大小,从而选择较为合适的吊杆,保证施工安全与顺利地进行。

附图说明

[0015] 图 1 为圆形结构的俯视图;

图 2 为吊杆在圆形结构上的分布位置示意图;

图 3 为吊杆在俯视方向上的受力分析示意图;

图 4 为吊杆在主视方向上的受力分析示意图。

具体实施方式

[0016] 下面结合实施例对本发明作进一步的详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0017] 实施例 1:

一种用于圆形结构液压提升调平的受力吊杆的选取方法,包括以下步骤:

(a)假设设置在盘形或环形结构上的吊杆总数为 Z ,该 Z 根吊杆所在的位置区域分为工作区和非工作区,工作区内的吊杆数量为 Z_g ,非工作区内的吊杆数量则为 Z_f ,且 $Z_f=Z-Z_g$,其中 Z 、 Z_g 、 Z_f 均为正整数;

(b)设每根吊杆串置 m 台千斤,单台千斤的提升力为 P_g ,每根工作吊杆的受力为 N_g ,则有, $N_g=m \times P_g$;

(c)求出总合力 N_c 到盘形或环形结构的中心线的距离 r_c ;

(d)求出单台千斤的提升力 P_g 与千斤数 m 、工作区内的吊杆数 Z_g 、总的吊杆数 Z 以及盘形或环形结构的自重 W 之间的函数关系式;

(e)求出静载吊杆的工作受力 N_j 。

[0018] (f)选取合适的吊杆直径 D 。

[0019] 本实施例主要是通过受力分析,得出相关参数之间的关系,求解 r_c 、 P_g 、 N_g 等均可通过物理的受力分析、相关公式来实现,最终计算出静载吊杆的工作受力 N_j 与相关参数(如工作区内的吊杆数 Z_g 、总的吊杆数 Z 以及圆形(盘形或环形)结构的自重 W)之间的函数关系,从而在已知这些参数的情况下,能够快速得出对应的 N_j ,便于选择合适的吊杆,保证施工的安全性。

[0020] 实施例 2:

如图 3、图 4 所示,本实施例在实施例 1 的基础上,首先对吊杆的数量进行了优化,使吊杆总数 Z 为等于或大于 8 的偶数,其次再对吊杆的位置进行优化,使吊杆在圆形结构上呈环形分布,且两个相邻吊杆之间的距离相等,这样便于方向调整和标准化,同时受力也更合理。

[0021] 下面,对整个选取方法进行细化:

首先,计算出合力的位置。

[0022] 由力矩的平衡原理可得,各工作吊杆的受力 N_g 与对应力臂 L_i 的乘积之和,

等于盘形或环形结构的自重 W 与对应力臂 r 的乘积,即 $\sum_{i=1}^n N_g \cdot L_i - W \cdot r = 0$ (1-1);

由于吊杆呈环形分布, $N_g = P_g \cdot m$, 取 $n = \frac{Z_g}{2}$, 于是有,

$$2 \sum_{i=1}^n N_g \cdot L_i = 2 P_g m \sum_{i=1}^n L_i \quad (1-2);$$

由图 3 可知, $L_i = r + r_i$, 因此有 $2 P_g m \sum_{i=1}^n L_i = 2 P_g m \sum_{i=1}^n (r + r_i)$

, $2 P_g m \sum_{i=1}^n L_i = 2 P_g m \cdot nr + 2 P_g m \sum_{i=1}^n r_i$, 式子(1-1) 可写为:

$$P_g \cdot m \cdot Z_g \cdot r + 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i - W \cdot r = 0 \quad (1-3),$$

又因为, $2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i$ 实为各工作吊杆力 N_g 的合力 N_c 对 y 轴的合力矩 $N_c \cdot r_c$,

$$\text{即 } N_c \cdot r_c = 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i,$$

而 $N_c = P_g \cdot m \cdot Z_g$ 可得:

$$r_c = 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i / N_c = 2 P_g \cdot m \sum_{i=1}^n r_i / P_g \cdot m \cdot Z_g, \text{ 简化得: } r_c = 2 \sum_{i=1}^n r_i / Z_g$$

如图 3 所示, 因为 $r_i = r \cdot \cos \alpha_i$, $\sum_{i=1}^n r_i = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$, 经三角变换可得,

$$\sum_{i=1}^n r_i = r \cdot \sum_{i=1}^n \cos [180^\circ/Z + (n-1) \cdot 360^\circ/Z];$$

再经三角函数数列变换得, $\sum_{i=1}^n r_i = \frac{r \cdot \cos n 180^\circ/Z \cdot \sin n 180^\circ/Z}{\sin 180^\circ/Z}$, 将此结果代入原

rc 式得: $r_c = \frac{2 \sum_{i=1}^n r_i}{Z_g} = \frac{2r \cdot \cos n 180^\circ/Z \cdot \sin n 180^\circ/Z}{Z_g \cdot \sin 180^\circ/Z} = \frac{r \cdot \sin 2n 180^\circ/Z}{Z_g \cdot \sin 180^\circ/Z}$,

经变换可得:

$$r_c = \frac{r \cdot \sin Z_g 180^\circ/Z}{Z_g \cdot \sin 180^\circ/Z};$$

然后, 计算出工作千斤的单台提升力 P_g 及其吊杆受力 N_g 。

[0023] 将三角变换式 $\sum_{i=1}^n r_i = \frac{r \cdot \cos n 180^\circ/Z \cdot \sin n 180^\circ/Z}{\sin 180^\circ/Z}$ 代入式子(1-3)中, 可得:

$$P_g \cdot m \cdot Z_g \cdot r + 2 P_g m \frac{r \cdot \cos n 180^\circ/Z \cdot \sin n 180^\circ/Z}{\sin 180^\circ/Z} - W \cdot r = 0;$$

又因为 $n = \frac{Z_g}{2}$, 于是, $P_g \cdot m \cdot r \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ/Z}{\sin 180^\circ/Z} \right) - W \cdot r = 0$, 最终

可得：
$$P_g = \frac{W}{m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)}$$

[0024]

然后,计算静载吊杆受力 N_j 。

[0025] 根据竖直方向上的合力为零,可得： $2N_j + m \cdot P_g \cdot Z_g - W = 0$, 即

$$N_j = \frac{W - m \cdot P_g \cdot Z_g}{2};$$

将式子 $P_g = \frac{W}{m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)}$ 代入式子 $N_j = \frac{W - m \cdot P_g \cdot Z_g}{2}$ 中, 得

$$N_j = \frac{W}{2} - \frac{m \cdot Z_g \cdot W}{2m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)};$$

将式子进行整理,可得：
$$N_j = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\sin Z_g \cdot 180^\circ / Z}{Z_g \sin 180^\circ / Z}} \right) \cdot \frac{W}{2}。$$

[0026] 根据计算结果 N_j 及吊杆材料的许用应力 σ , 确定吊杆受力断面积 A ,

$$A = N_j / \sigma;$$

最后选取合适的吊杆直径 D ,

$$D \geq \sqrt{4A/\pi} = \sqrt{\frac{4N_j/\sigma}{\pi}}。$$

[0027] 下面通过实例来说明本吊杆的选取方法及其重要性。

[0028] 以一个圆形的水柜为例,

一个 700m^3 水柜, 自重 $W=3200\text{kN}$, 吊杆围成的环形的半径 $r=4000\text{mm}$, 采用提升力 30 kN 的滑模液压千斤, 千斤安全荷载系数取 1.5 , 则其许用提升力 $P_g=30/1.5=20\text{kN}$, 设单根吊杆串置斤数 $m=2$ 。

[0029] 1、试按吊杆比 $k=4$, 计算水柜提升的吊杆总数 Z , 及转动时的工作吊杆受力 N_g 和静载吊杆受力 N_j 。

[0030] 解:(1) 先按平动提升确定吊杆总数 Z

$$Z = \frac{W}{m \cdot P_g} = \frac{3200}{2 \cdot 20} = 80 \quad (\text{根})$$

因此可按吊杆总数 80 根进行布置。

[0031] 而平动提升时的单吊杆受为 $\bar{N}_g = \frac{W}{Z} = \frac{3200}{80} = 40$ (kN)

(2) 设吊杆比 $k=4$, 求转动时的 P_g 、 N_g 及 N_j

由 $k = Z/Z_f$, 而 $Z=80$,

则非工作吊杆数为

$Z_f = Z/k = 80/4 = 20$ (根)

因而工作吊杆数为

$Z_g = Z - Z_f = 80 - 20 = 60$ (根)

将上已知代入 $P_g = \frac{W}{m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)}$ 中,

$$P_g = \frac{W}{m \left(Z_g + \frac{\sin Z_g 180^\circ / Z}{\sin 180^\circ / Z} \right)} = \frac{3200}{2 \left(60 + \frac{\sin 60 \cdot 180^\circ / 80}{\sin 180^\circ / 80} \right)} = 20.48 \quad (\text{kN})$$

而转动时的单根工作吊杆受力为

$$N_g = P_g \cdot m = 20.48 \times 2 = 40.96 \quad (\text{kN})$$

相比平动时的单杆受力 40 kN, 增大值 (0.96 kN) < 5%。

[0032] 再将上已知代入 $N_j = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\sin Z_g \cdot 180^\circ / Z}{Z_g \sin 180^\circ / Z}} \right) \cdot \frac{W}{2}$ 中,

$$N_j = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\sin Z_g \cdot 180^\circ / Z}{Z_g \sin 180^\circ / Z}} \right) \cdot \frac{W}{2} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\sin 60 \cdot 180^\circ / 80}{60 \sin 180^\circ / 80}} \right) \cdot \frac{3200}{2}$$

= 371.2 (kN)

可见: 水柜调平转动时, 2 根静载吊杆的单杆受力 N_j , 与平动提升时的单杆力 40 kN 比较, 大将近 10 倍, 对此如不能事先预见, 将带来严重的后果, 由此可见此吊杆选取方法的重要性。

[0033] 最后, 对上面的计算结果进行验证。

[0034] 由 $2N_j + Z_g \cdot m \cdot P_g - W = 0$

$$2 \times 371.25 + 60 \times 2 \times 20.48 - W = 0$$

得 $W = 3200.1$ (kN)

可见: 计算值与水柜自重 3200 kN 几乎一致, 竖向拉力与重力平衡。

[0035] 2、试按吊杆比 $k=20$ ，吊杆总数 $Z=80$ ，材料的许用应力 $\sigma=170\text{Mpa}$ ，选取合适的吊杆直径 D 。

[0036] 解：(1) 设 $k=20$ 、 $Z=80$ ，计算静载吊杆受力 N_j

由 $k = Z/Z_f$ ，则非工作吊杆数为

$$Z_f = Z/k = 80/20 = 4 \text{ (根)}$$

因而吊杆数为

$$Z_g = Z - Z_f = 80 - 4 = 76 \text{ (根)}$$

$$\text{由 } N_j = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\sin Z_g \cdot 180^\circ / Z}{Z_g \sin 180^\circ / Z}} \right) \cdot \frac{W}{2}$$

代入已知求得 $N_j = 80 \text{ (kN)}$

(2) 根据 N_j 选取合适的吊杆直径 D 。

[0037] 由： $A = N_j / \sigma$ ，

$$\text{则吊杆的断面积为 } A = \frac{80 \cdot 1000}{170 \cdot 10^6} = 4.7 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)},$$

$$\text{由： } D \geq \sqrt{4A/\pi}$$

$$\text{则所选吊杆直径为 } D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4.7 \cdot 10^{-4}}{3.14}} = \sqrt{5.98 \cdot 10^{-2}} = 2.45 \cdot 10^{-2} \text{ (m)} = 24.5 \text{ (mm)}$$

由于调平方向是不固定的，结构整体提升的全部吊杆都应按静载吊杆的规格来进行选取，因而，在此例中采用的吊杆，可按直径 $D = 25\text{mm}$ 进行选取。

[0038] 通过上面的例子可知，本发明能够在已知工作区内的吊杆数 Z_g 、总的吊杆数 Z 以及圆形(盘形或环形)结构的自重 W 的情况下，较为准确地计算出静载吊杆的受力大小，并以此计算结果为依据，选择合适直径 D (或规格) 的吊杆，避免发生吊杆断裂。

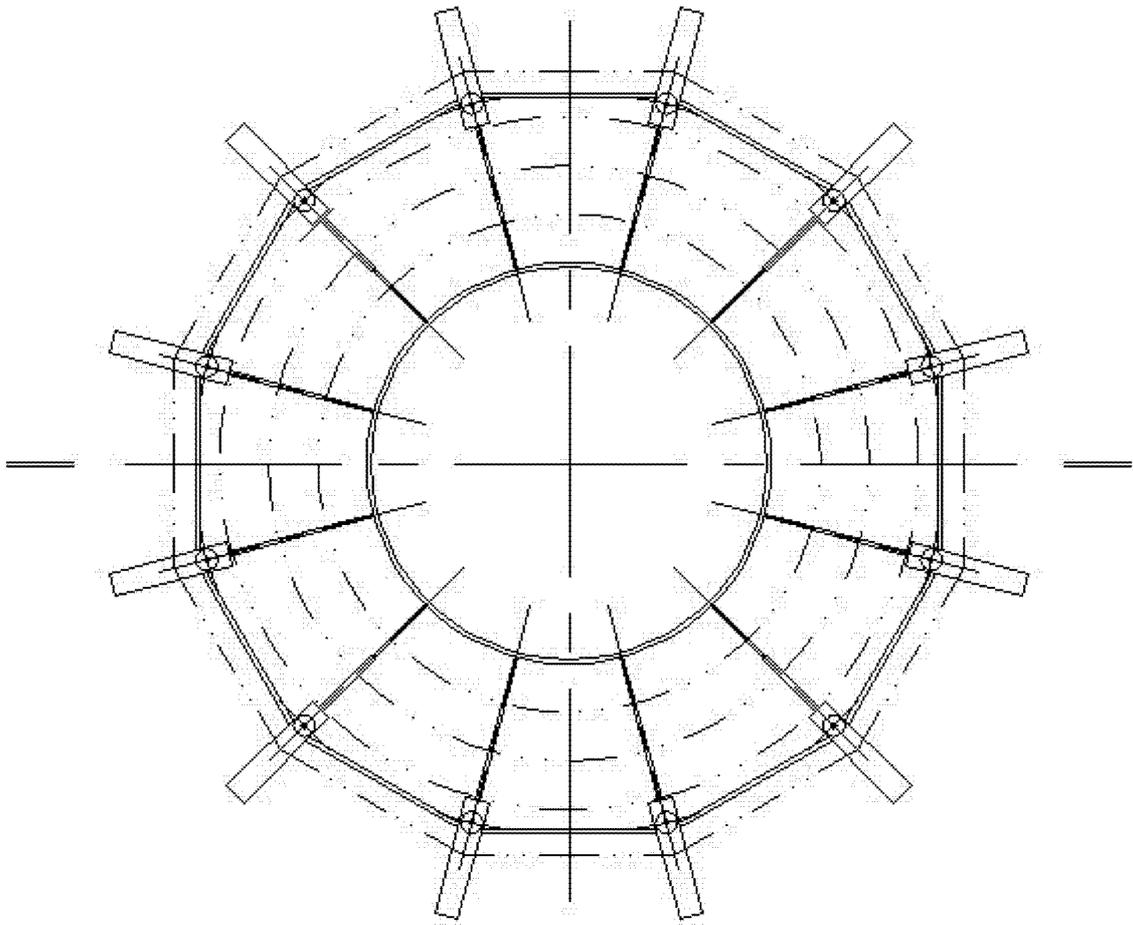


图 1

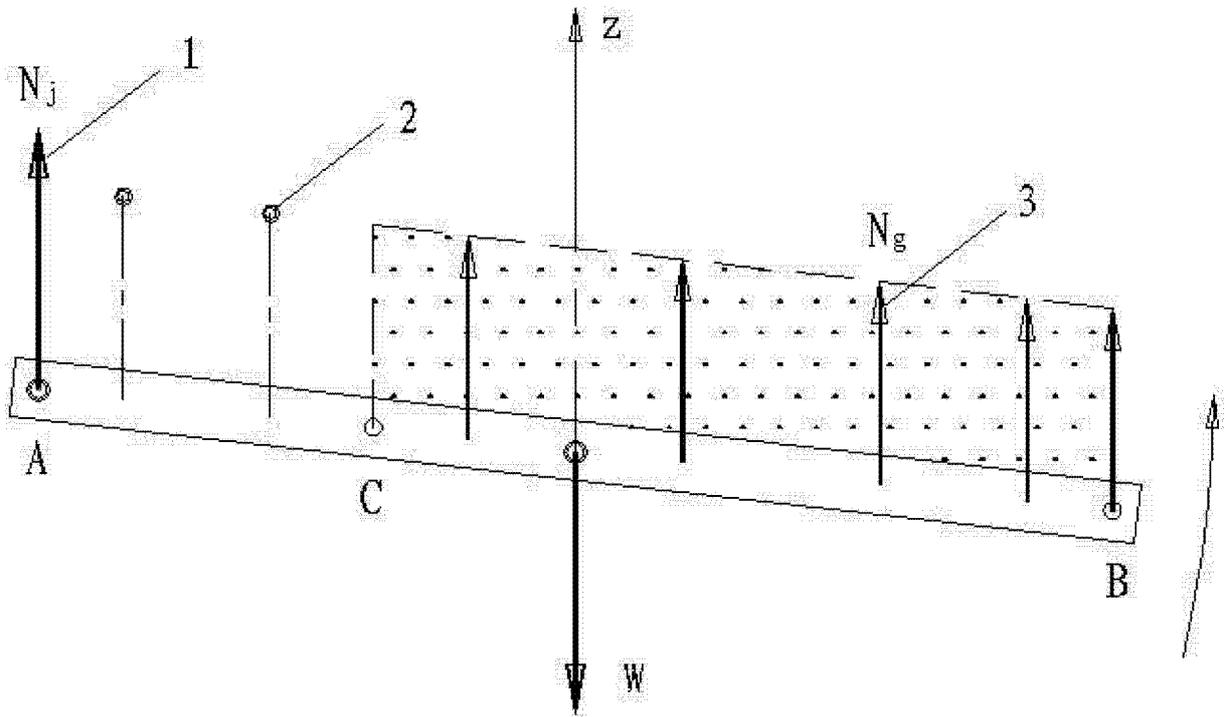


图 2

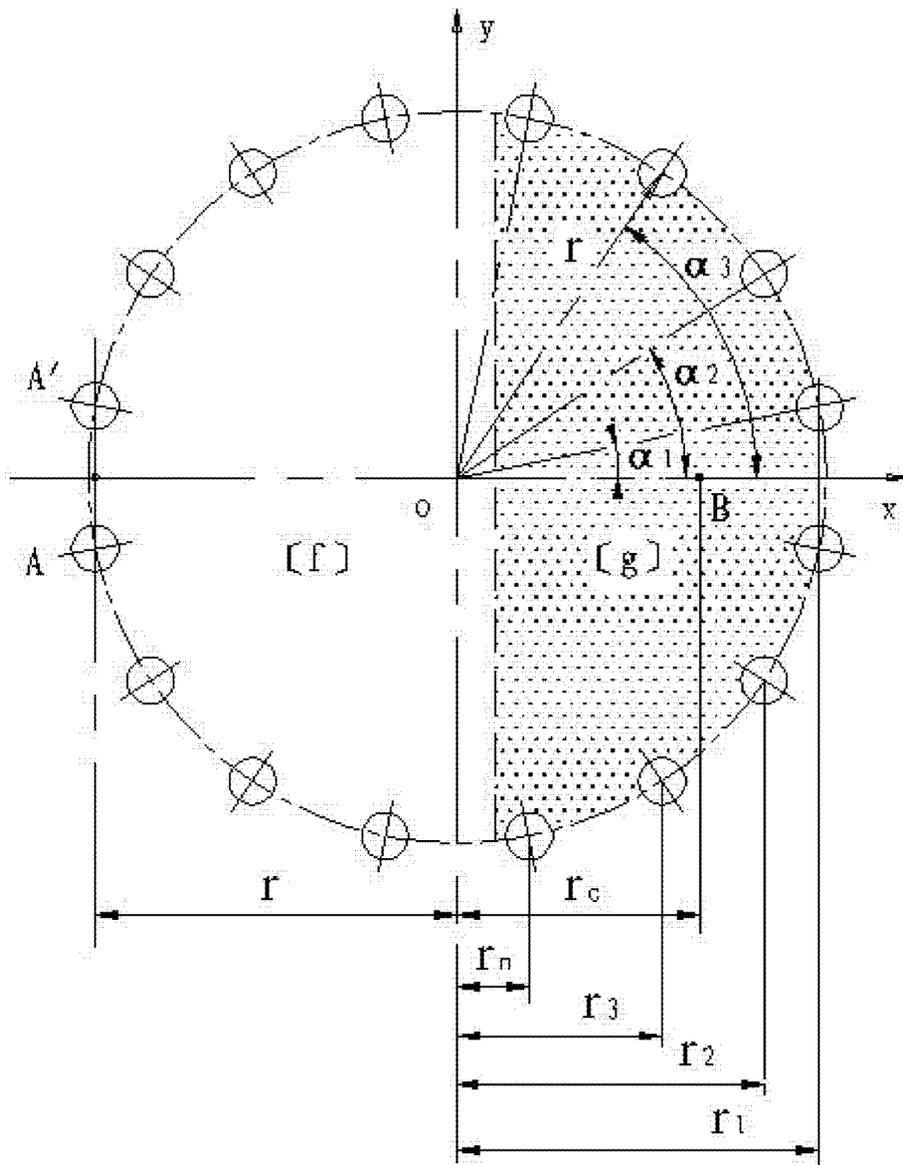


图 3

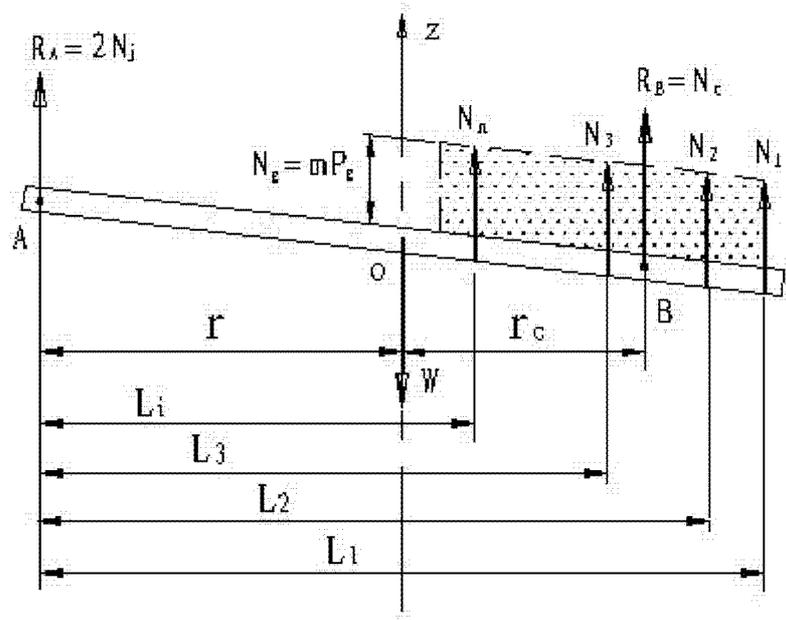


图 4