

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.05.012

高精度轨道调节锁紧机构设计

胡志仁, 陈玉龙, 金梁斌

(中国船舶重工集团公司 第七一〇研究所, 湖北 宜昌 443003)

摘要:针对拖曳水池高精度轨道的调节锁紧问题,对轨道调节范围、轨道直线度和水平度调节机构以及调节支座的固定3个方面进行了研究。运用三维设计软件 CREO2.0,建立了斜块式调节锁紧机构及分离式调节锁紧机构的三维模型。基于建立的三维实体模型,对以上两种调节锁紧机构的工作原理进行了说明。通过对横向和垂向调节范围、横向调节锁紧力、垂向调节锁紧力及锚固进行理论分析,提出了在高精度、高速度和动载荷轨道设计施工中宜采用分离式调节锁紧机构,而不宜采用斜块式调节锁紧机构。实际应用结果表明,分离式调节锁紧机构在轨道精度、轨道稳定性、后期维护等方面均优于传统的斜块式调节锁紧机构。

关键词:轨道;调节机构;锁紧

中图分类号:TH122;U661.73

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)05-0483-05

Design of high precision track adjusting locking mechanism

HU Zhi-ren, CHEN Yu-long, JIN Liang-bin

(No. 710 Research & Development Institute, CSIC, Yichang 443003, China)

Abstract: Aiming at adjusting locking mechanism of high precision track of towing tank, the rail adjustment, the rail straightness, the adjustable levelness mechanism and the fixation of adjustable bearing were studied. Using the 3D design software CREO2.0, the model of the adjustable inclined block type lock mechanism and the detached adjustable lock mechanism was built. Based on the solid model, the working principles of the above two mechanisms were described. Through the theoretical analysis of the horizontal and vertical adjustment range, locking force and anchorage, it was put forward that the detached adjustable lock mechanism used in the high precision, high speed and dynamic lock rail design construction, but not adaptable for adjustable inclined block type lock mechanism. Practical application results show that the detached adjustable lock mechanism is superior to the traditional inclined block type lock mechanism in the aspects of the track accuracy, the stability of the track and the later maintenance.

Key words: track; regulate mechanism; locking

0 引言

轨道是拖曳水池的重要设备,其精度高低是保证拖车高速稳定运行和精确定位的关键因素。轨道的精度一般由加工精度和安装精度决定,前者只要制定合理的加工工艺和选择合适的加工设备,保证加工精度不是难题;后者需要考虑轨道的调节机构和测量基准^[1-4]。目前国内水池一般采用斜块调节锁紧机构,辅

以水准槽测量工艺,其轨道精度基本能满足拖曳运行要求,但是在轨道调节范围和精度、轨道锚固锁紧可靠性、轨道抗振性能等几个方面存在一定的问题,影响轨道的精度和稳定性。

本研究通过分析对比,提出一种适合水池轨道调节锁紧机构—分离式调节锁紧机构,该机构能很好地解决斜块调整锁紧机构出现的问题,实际应用效果良好^[5-11]。

收稿日期:2016-04-07

作者简介:胡志仁(1971-),男,湖北宜昌人,高级工程师,主要从事非标机械结构方面的设计。E-mail: hzr710809@163.com

1 两种调节锁紧机构的工作原理

1.1 斜块式调节锁紧机构

(1) 轨道直线度调节通过直线度调节螺栓进行左右调节,由螺栓上的螺母进行紧固放松;

(2) 水平度调节主要是通过水平度调节螺栓对斜块进行左右调节,利用斜块错位发生垂直方向位移调节轨道高低,由螺栓上的螺母进行紧固放松。

效果图如图 1 所示。

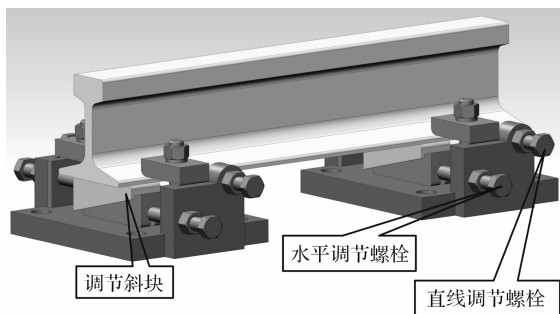


图 1 斜块式调节锁紧机构

1.2 分离式调节锁紧机构

(1) 轨道直线度调节主要是通过水平支架两侧的侧向扣座和螺母对轨道进行左右调节;

(2) 水平度调节主要是通过轨底支撑板上下调整,通过支撑板上下螺母和扣板锁紧,保证轨道水平度。

效果图如图 2 所示。

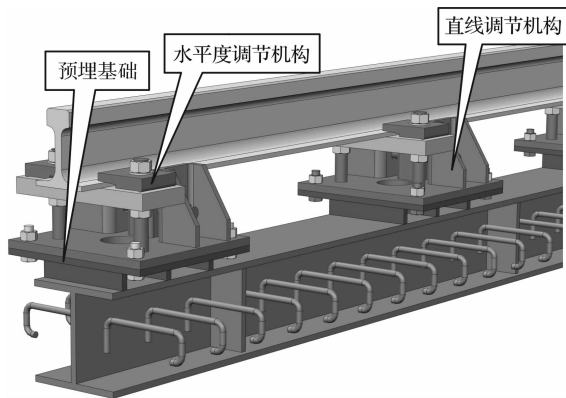


图 2 分离式调节锁紧机构

2 调节范围分析

拖曳水池轨道梁为池壁,由于蓄水压力和地基沉降影响,导致轨道在垂向($\pm 20\text{ mm}$ 以上)和横向($\pm 10\text{ mm}$ 以上)产生变形,影响轨道精度,因此要求轨道有较大的调节范围。斜块式调节机构受其斜面角度的限制,垂直调节量一般不超过 $\pm 5\text{ mm}$,水平调节量

不超过 $\pm 10\text{ mm}$,显然满足不了要求。分离式调节锁紧机构采用螺杆调节,横向调节取决于支撑板腰形孔的长度,一般可达 $\pm 25\text{ mm}$,垂向调节取决于垂直螺杆头与拖车抱轨器和导向轮的间隙,该间隙主要由轨道的高低决定,一般采用 QU75 钢轨,垂向调整范围可达 $\pm 32\text{ mm}$ 。

分离式调节锁紧机构垂向调节范围如图 3 所示。

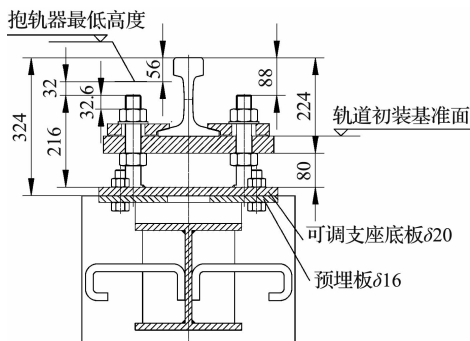


图 3 分离式调节锁紧机构垂向调节范围

3 横向调节—轨道直线度调节锁紧机构锁紧力的分析

3.1 螺母锁紧防松要素

众所周知,螺母的锁紧防松作用的好坏主要取决于两个因素:

(1) 螺纹的牙型,细牙优于粗牙,越是细牙螺纹,其锁紧防松作用就越好。

(2) 锁紧螺母拧紧时,在被锁紧的螺杆上产生的最大拉力在螺杆上相应的长度。很显然,螺杆上产生最大拉力的长度越长,锁紧防松的效果越好。

因此,在机械结构设计中采用螺母防松一般用在受拉螺杆上。对于受压螺杆来说,由于这种压力不产生防松作用,还减弱螺母的拉力,螺杆上产生的压力越大,减弱的程度也越大,对于受压螺杆用螺母防松是不适宜的。

3.2 斜块式调节锁紧机构横向调节受力分析

斜块式调节锁紧机构受力示意图如图 4 所示,其中:

(1)(a)是螺杆 2 上不受力时,用螺母 1 锁紧,在螺杆 2 上产生拉力的大小和长度;

(2)(b)是没有螺母 1 起作用,仅螺杆 2 左右调节轨道时产生的压力图;

(3)(c)是(a)+(b)的结果,即螺杆 2 左右调节好轨道后,用螺母 1 锁紧时,螺杆 2 上产生力的叠加图,其受拉的长度已经减短;

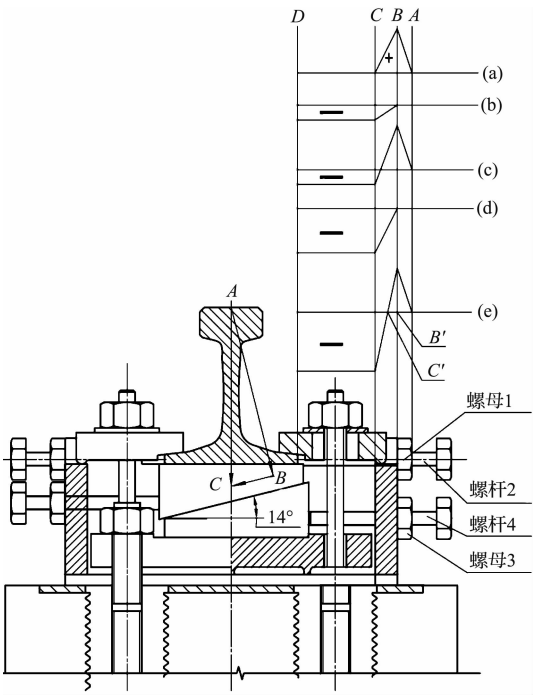


图 4 斜块式调节锁紧机构受力示意图

(4)(d)是轨道受侧向干扰附加在螺杆 2 上的压力;

(5)(e)是(c) + (d)的结果。很显然,螺杆 2 上受拉力的长度更短了;

(6)图 4 中 BC 段的实际长度为 35 mm,若螺母 1 最大锁紧力为 10 kN,螺杆 2 调节轨道的压力为 5 kN,拖车对轨道的水平侧向干扰压力为 15 kN 的话(40 t 重的拖车产生 0.075 g 的横向动载时,在单个轮子上的侧向压力),螺母 1 产生的锁紧力在螺杆 2 上的影响范围:

①由长度 $BC = 35 \text{ mm}$,缩短为 $B'C' = 35/3 = 11.7 \text{ mm}$,即螺纹由 14 扣减少为 4.7 扣;

②若侧向干扰力在增加一倍以上,受拉螺杆的长度更短,螺纹仅剩 1~2 扣,根本起不到防松效果。

3.3 分离式调节锁紧机构横向调节受力分析

分离式调节锁紧机构受力示意图如图 5 所示,螺杆始终处于受拉状态。

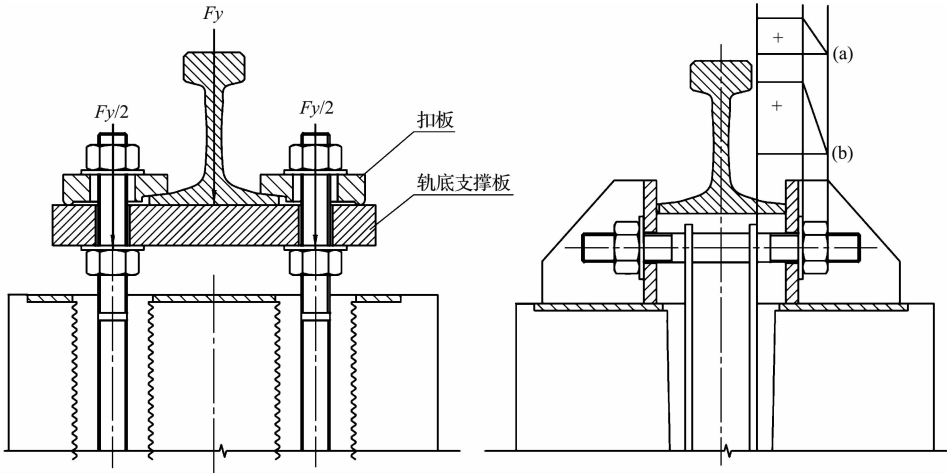


图 5 分离式调节锁紧机构受力示意图

(1)图 5 中所示螺母锁紧产生拉力的最大值贯穿在全螺杆上,其螺杆受拉区域为 182 mm;

(2)(a)是轨道不受外力情况下,用螺母锁紧时,在螺杆上产生拉力的大小和长度;

(3)(b)是轨道产生了一倍于螺母锁紧的侧向干扰力,在螺杆上产生拉力的大小和长度;它的出现不仅没有使螺杆产生压力,反而使拉力增加一倍。这充分说明受拉螺杆采用螺母防松效果最好。

4 垂向调节-轨道水平度调节锁紧机构锁紧力的分析

斜块式调节锁紧机构垂向调节受力分析:

(1)详见图 4,该机构调节高低的斜形块角度为

14°,当钢轨承受垂直向下压力为 $F(AC)$ 时,在上斜形块上可分解为:

- ①斜面正压力 $F(AB) = F(AC) \times \text{Cin}14^\circ$;
- ②沿斜面向下滑力 $F(BC) = F(AC) \times \text{Sin}14^\circ$;
- ③而阻止下滑的摩擦力 $F_m = F(AB) \times f$,其中 f 为钢的摩擦系数, $f=0.15$;
- ④则沿斜面剩余的下滑力 $F_{xh} = F(BC) - F_m = F(AC) \times \text{Sin}14^\circ - F(AC) \times \text{Cin}14^\circ \times f = F(AC) \times (\text{Sin}14^\circ - f \times \text{Cin}14^\circ)$
- ⑤高度调节螺杆压力为剩余下滑力 F_{xh} 在水平面上的投影:

$$F_{ss} = \text{Cin}14^\circ \times F_{xh} = F(AC) \times (\text{Sin}14^\circ - f \times \text{Cin}14^\circ) \times \text{Cin}14^\circ$$

若取拖车单轮的下压力为 150 kN,则上斜形块上

产生的侧向力(即水平力) $F_{ss}=14.027\text{ kN}$,同理可得下斜块产生的侧向力 $F_{sx}=F_{ss}=14.027\text{ kN}$ 。

(2)这两个力分别作用在调高低螺栓 4 左和 4 右的末端,对螺栓均产生向外压的作用。很显然,这两个力的产生和作用不是加强,而是削弱了锁紧母 3 的防松作用。

(3)另外,钢铁的自锁角为 $8^{\circ}31.8'$,而该机构设计中把斜角设计成 14° ,使高低调好后不能自锁,仅是为了满足向下调低的需要及 8 mm 调整高度的需要,而不得不牺牲斜形块的自锁作用,这就是该调节机构的主要缺点。

(4)高精度轨道水平度的要求为 $\pm 0.1\text{ mm}$ 。这种高低调节机构,调整时可以调整到这一要求。如果不做试验,也就是说没有动态荷载的情况下,或许调好的精度可以保持;而如果经常进行试验,有动态荷载的情况下,会对斜形块产生时有时无、时大时小的水平载荷,压在两侧的调节斜块高低的螺母 3 的防松效果就会更差,调整的高精度显然难以保持。

分离式调节锁紧机构垂向调节受力分析如下:

(1)详见图 5,当轨道承受垂直向下的压力时,直接作用在轨底支撑板下 2 个承压螺母上,只要螺母的螺纹承压力设计足够,其防松效果更好;

(2)只有垂直力,没有分力,轨道不会产生横向滑移;

(3)当瞬间车轮载荷过后,轨道会产生向上反弹力(很小),另一方面高速导向轮运行会产生上拔力。此时由垂直螺杆上方的 2 个扣板和压紧螺母克服。形成螺杆受拉、螺母受压,其防松效果更佳;

(4)垂向调节机构无论在什么状态下,都处于螺杆受拉,螺母受压状态,对轨道水平度为 $\pm 0.1\text{ mm}$ 的要求能长久保持。

5 调节锁紧机构的锚固分析

5.1 斜块式调节锁紧机构的锚固分析

(1)图 4 中的调节支座上制有 4- $\varphi 25$ 孔。套在 4 个 M24 的地角螺杆上,用螺母压紧力所产生的摩擦力保证,这个力显然是不足的。

(2)当轨道产生的侧向干扰力大于螺母压紧力所

产生的摩擦力时,调节支座就有可能在 1 mm(极限状态时)范围内移动。调节支座移动了,轨道的精度就无法保证了,轨道 $\pm 0.2\text{ mm}$ 直线度的要求在动态条件下时难以保证。

(3)调节机构底座为平面,与混凝土顶面(平整度误差至少在 $\pm 5\text{ mm}$)很难调整到位,增加安装难度。

5.2 分离式调节锁紧机构的锚固分析

(1)该调节锁紧机构主要是通过特型组件 I 中的垂直螺杆和特性组件 II 中的水平支架的二次埋设实现。

(2)埋设简便,易控制埋设进度,与混凝土顶面平整度误差大小关系不大。

(3)高低调整(水平度)主要是调节轨底支撑板,与垂直螺杆埋设误差无关。调整到位后,通过上下螺母锁紧,在动态条件下能长久保持。

(4)直线度调整主要是调节水平支架两侧的侧向扣座和螺母,调整到位后,通过两侧螺母锁紧,在动态条件下能长久保持。

6 结果分析

通过图样、工作原理及受力状态的定性、定量分析,现归纳两种调节锁紧机构性能如表 1 所示。

表 1 调节锁紧机构性能表

序号	性能	斜块式调节锁紧机构	分离式调节锁紧机构
1	适用范围	单向高精度要求轨道	双向高精度要求轨道
2	调节操作性	灵活	较灵活
3	稳定性	较短,需重复调整,检修频繁	长久,检修周期长
4	过载性	过载引起变化大	过载后无变化
5	防松性	差	好
6	受力分析	复杂	简单
7	振动性	接触面多,引起振动因素多,控制难度大	接触面少,振动源易确定,容易控制
8	支座安装	难度大	容易控制

(下转第 537 页)

本文引用格式:

胡志仁,陈玉龙,金梁斌.高精度轨道调节锁紧机构设计[J].机电工程,2017,34(5):483-486,537.

HU Zhi-ren, CHEN Yu-long, JIN Liang-bin. Design of high precision track adjusting locking mechanism[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(5):483-486,537.
《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>