

板式无砟轨道轨道板精调执行装置精调器设计

熊德琼

500234198410242467 陕西 西安 710201

【摘要】 本文主要阐述了精调器的用途、结构及工作原理、主要技术参数和对驱动电机的选型计算。用精调器代替人工进行轨道板精调,解决了目前人工精调轨道板存在的调整精度低、速度慢、劳动强度大、调成本高等问题。

【关键词】 无砟; 轨道板; 精调; 执行装置; 设计

1 引言

随着我国高速铁路的发展,板式无砟轨道板技术已成为现代高速铁路发展的趋势。而 CRTS II 型轨道板作为高速铁路板式无砟轨道发展的一个标志,其铺设工艺复杂,精度要求高,误差必须保持在毫米级范围内,对施工设备提出很高的要求。现在国内轨道板精调主要靠人工去完成,由于采取人工精调方法存在劳动强度大、精调速度慢、调整精度不高和调整工人工作的不同步性使得调整过程互相影响等缺陷。还有轨道板调好后直接用精调爪进行支撑,因此需要大量的精调爪,从而提高了调板成本。针对目前轨道板精调技术的缺点和对轨道板新设备的迫切需求,设计一种满足板式无砟轨道板精调要求、能够克服现有精调技术缺点、具备自身优势的一种调板执行装置精调器,对推动板式无砟轨道板的发展具有重要意义。

2 结构组成及工作原理

精调器由底座 1、中间滑座 2、精调爪 3、高程调节机构 4、水平调节机构 5 和楔块顶推机构 6 组成,简图见图一。

底座 1 是所有结构的基础,底板下加工有锯齿槽,用于增大与地面的摩擦力,防止底板打滑;上面安装有燕尾槽滑块,用于与中间滑座水平移动导向;一侧内加工有燕尾槽用于楔块顶推机构导向。

中间滑座 2 是高程调节机构的基础结构。它下部安装有燕尾槽,可以在底座上水平滑动。侧部垂直方向安装有燕尾槽滑块,用于垂直升降的螺母块的导向。

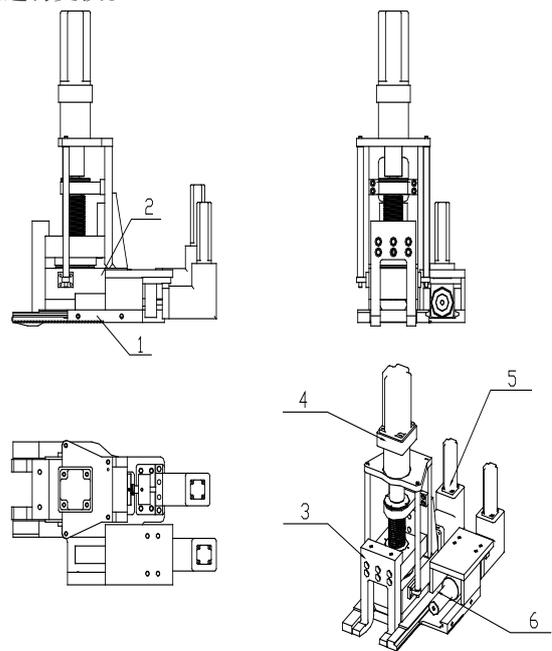
精调爪 3 是用来钩挂轨道板的专用机构,与螺母块联接成整体后可沿中间滑座燕尾槽上下滑动。

高程调节机构 4 由一个伺服电机、一个精密行星减速机、一套高精度滚珠丝杠幅组成,减速机与丝杠采用刚性联接套联接,滚珠丝杠幅的螺母安装在螺母块下,

带动螺母块和精调爪升降。

水平调节机构 5 安装在底板上,也由一个伺服电机、一个精密行星减速机、一套高精度滚珠丝杠幅组成,通过丝杠螺母与中间滑座组合联接在一起,带动精调爪水平移动。

楔块顶推机构 6 安装在底板上,由一个伺服电机、一个精密行星减速机、一套高精度滚珠丝杠幅组成,滚珠丝杠幅安装在一个套筒内,套筒在底板的燕尾槽内滑动。套筒前端安装有压力传感器,用于感应顶推时的压力。配套的楔块放在压力传感器之前,可以根据不同间隙进行更换。



图一: 精调器结构简图

1. 底座 2. 中间滑座 3. 精调爪 4. 高程调节机构
5. 水平调节机构 6. 楔块顶推机构

精调器的高程调整机构、水平调整机构和楔块顶推

机构均包括一个伺服电机、一个减速机和一个滚珠丝杠副,结构设计新颖合理,便于加工、制造,适用于各种工况下的板式无砟轨道板精调作业。工作时,外接自动控制系统,通过控制各伺服电机转动,实现相应高程、水平方向的调整和楔块的顶推,从而实现轨道板快速精确调整的功能。

3 主要技术参数

调整范围: 高程 20 ~ 65mm 水平 ± 20 mm 楔块推进行程 0 ~ 90mm

精度: 高程 ± 0.05 mm 水平 ± 0.05 mm

单个精调器起重量: 4.5t

高程调节电机功率: 750W

水平调节电机功率: 400W

楔块推进电机功率: 100W

外形尺寸: 530mm \times 285mm \times 625mm

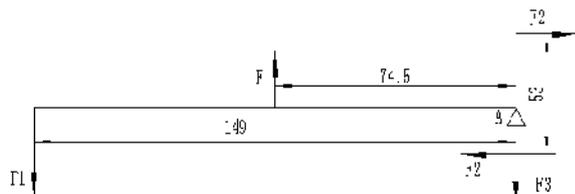
适应施工工况: 路基段、桥梁段、隧道、斜坡段

4 驱动电机选型计算

4.1 精调器高程驱动电机的选型计算

精调器的提升爪在高程方向运动时,主要受力有轨道板的重力 F_1 、滚珠丝杠的轴向力 F 和竖直滑道的摩擦力 F_3 ,滑道处受力偶 F_2 的作用。

精调器的精调爪高程方向运动时受力简图如下:



已知: 精调器的提升爪的最大提升力约为 4.5t, 即 $F_1=45$ kN, 取摩擦系数 $\mu=0.15$

$$\text{则摩擦力 } F_3 = 2\mu F_2 \quad \text{①}$$

$$\text{根据力的平衡可得方程 } F_1 + F_3 = F \quad \text{②}$$

$$\text{根据矩平衡可得方程 } 149F_1 - 74.5F = 53F_2 \quad \text{③}$$

把已知数带入方程①、②、③解得

$$\begin{cases} F_2 = 88.7\text{kN} \\ F = 71.61\text{kN} \end{cases}$$

又因为滚珠丝杠的轴向力:

$$F = \frac{2\pi\eta T}{P_h} \quad \text{④}$$

已知: 滚珠丝杠导程 $P_h=5$ mm, 取丝杠的正效率 $\eta=0.8$,

把已知条件带入方程④解得驱动扭矩:

$$T=71.27\text{N}\cdot\text{m}$$

又因为与电机相联的减速机的减速比 $i=40$

$$\text{所以电机的扭矩 } T' = \frac{T}{i} = \frac{71.27}{40} \approx 1.78\text{N}\cdot\text{m}$$

查电机: 400W 电机额定转矩 1.3N.m

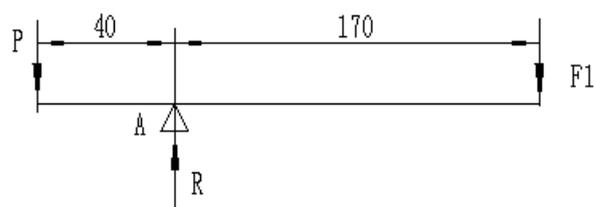
750W 电机额定转矩 2.4N.m

所以高程方向选择 750W 的电机合理。

4.2 精调器水平驱动电机的选型计算

4.2.1 平面时, 横移推力分析

精调器的精调爪在水平方向运动时,主要受轨道板的重力 P , 横向滑道的支反力 R 和横向滑道后端的一压力 F_1 , 滑道受力分析简图如下所示:



已知: 一块轨道板的重力取 $P=89$ kN, 根据力矩平衡可得支反力:

$$R = \frac{P \times (40 + 170)}{170} = \frac{89 \times 210}{170} = 109.9\text{kN}$$

由力的平衡得滑道后端压力:

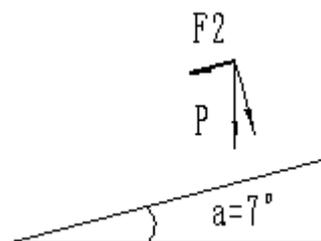
$$F_1 = R - P = 109.9 - 89 = 20.9\text{kN}$$

滑动摩擦阻力 $F = (F_1 + R)\eta$

取摩擦系数 $\eta = 0.15$

$$\text{则 } F = (109.9 + 20.9) \times 0.15 = 19.62\text{kN}$$

4.2.2 超高段 7° 时, 重力分力如下所示:



$$F_2 = P \sin a = 89 \times \sin 7^\circ = 10.8\text{kN}$$

则重力水平分力

$$F' = F_2 \cos a = 10.8 \times \cos 7^\circ = 10.7\text{kN}$$

4.2.3 精调器水平调整最大阻力

$$F_{\text{阻}} = F + F' = 19.62 + 10.7 = 30.32\text{kN}$$

采用 5.6t 试件进行试验时, 使用 100 电机推动进行水平调整时, 有时产生过载现象。5.6t 试件时, 水平阻力:

$$F_{\text{阻}}' = F \times \frac{5.6}{8.9} = 12.35\text{kN}$$

100W 电机通过 1: 40 减速机后滚珠丝杠推力:

$$F_{推} = \frac{2\pi\eta T}{P_h} = \frac{2\pi \times 0.7 \times (0.32 \times 2 \times 40)}{5 \times 10^{-3}} = 22.5 \text{ kN}$$

η : 机械效率 $\eta = 0.7$

P_h : 滚珠丝杠导程 $P_h = 5 \text{ mm}$

T : 丝杠输入扭矩

说明: 在水平调板过程中, 同一方向有两个精调器同时动作。

$$\text{比例系数 } S = \frac{F_{推}}{F_{阻}'} = \frac{22.5}{12.35} = 1.82 \text{ kN}$$

按此比例计算超高段时需要的最大推力:

$$F_{\max} = F_{阻} S = 30.32 \times 1.82 = 55.18 \text{ kN}$$

则电机输出扭矩:

$$T' = \frac{F_{\max} P_h}{2\pi\eta(40 \times 2)} = \frac{55.18 \times 10^3 \times 5 \times 10^{-3}}{2\pi \times 0.7 \times 40 \times 2} = 0.784 \text{ N.m}$$

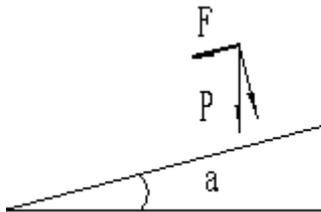
查电机: 200W 电机额定扭矩 0.64N.m

400W 电机额定扭矩 1.3N.m

所以最好选用 400W 电机。

4.3 精调器模块顶推机构驱动电机的选型计算

楔块顶推机构推楔块垫入轨道板底部过程中, 当楔块完全支撑上轨道板且又不顶升轨道板时, 楔块顶推机构具有满足要求的最大顶推力 F_{\max} , 此时楔块水平方向的受力主要为轨道板重力在水平方向的分力 F' 和顶推力 F_{\max} , 由于在此过程中摩擦力很小, 则有: $F_{\max} \approx F'$, 重力分力如下所示:



楔块的斜角 $\alpha = 9^\circ$, 一块轨道板重约 8.9t, 按 3 个楔块同时支撑轨道板计算, 则单个楔块支撑轨道板重约

3t, 则取 $P = 30 \text{ kN}$ 。

$$F = P \sin \alpha$$

重力的水平分力 $F' = F \cos \alpha = P \sin \alpha \cos \alpha$

所以 $F' = F \cos 9^\circ = 30 \sin 9^\circ \cos 9^\circ = 4.6 \text{ kN}$

即 $F_{\max} = 4.6 \text{ kN}$

则滚珠丝杠的输入扭矩

$$T = \frac{F_{\max} P_h}{2\pi\eta} = \frac{4.6 \times 10^3 \times 5 \times 10^{-3}}{2 \times 3.14 \times 0.7} = 5.2 \text{ N.m}$$

因为与电机相联的减速机减速比 $i=40$

则电机的输出扭矩 $T' = \frac{T}{40} = \frac{5.2}{40} = 0.13 \text{ N.m}$

查电机: 100W 电机的额定扭矩 0.32N.m

所以选择 100W 电机能满足要求。

由上面的计算最终确定选择上海松可机电有限公司的电机, 高程电机型号为 MSME082G1, 水平电机型号为 MSMD042G1, 楔块顶推电机型号为 MSMD012G1。

5 结语

通过应用和试验表明: 精调器的高程调整精度和水平调整精度达到 $\pm 0.05 \text{ mm}$, 楔块转换精度达到 $\pm 0.1 \text{ mm}$ 。采用自动控制方式, 与传动的手动控制方式相比, 能够节约人力物力、节约调整时间, 对每块轨道板的调整时间小于六分钟, 提高了调板效率。而且特别设计的楔块顶推机构推楔块垫入轨道板底部进行支撑, 比用精调爪直接支撑轨道板节约调板成本。所以该精调器的设计对板式无砟轨道轨道板精调技术的发展具有十分重要的意义。

【参考文献】

- [1] 赵国堂. 高速铁路无砟轨道结构 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [2] 中国有色工程设计研究总院成大先主编. 机械设计手册 (第五版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 第 1、2 卷.