

文章编号:1009-6825(2011)12-0174-02

# 地铁盾构管片模板设计与 SolidWorks 仿真

王玉策

摘要:结合现有的关于地铁管片研究成果,以无锡市地铁一号线工程为例,对气动振捣器作用下模板设计进行了理论分析,并采用 SolidWorks 软件进行了模拟,从而保证了无锡地铁管片混凝土外观质量,满足了设计要求,提高了工作效率。

关键词:地铁,衬砌管片,模板, SolidWorks

中图分类号:U455.43

文献标识码:A

## 1 概述

目前对于地铁管片的研究主要是关注管片结构本身所采用的设计理论和内力计算模型、计算方法<sup>[1,2]</sup>。在此基础上,对于较大断面的管片设计内力和变形极值给予分析,提出不同的拼装方式控制不同的内力和变形设计值<sup>[3-5]</sup>。对于管片接头薄弱部位的刚度、接头位置及错缝拼装等的结构形式、荷载、数值计算和抗弯刚度影响因素及试验研究较多<sup>[6-10]</sup>。对于管片常见的外观缺陷如气泡、蜂窝、麻面、破损、裂缝等研究的较多,分析了缺陷形成的原因并提出了预防措施<sup>[11-14]</sup>。然而对于起到塑造造型的模板的设计、制造和应用的研究偏少<sup>[15-17]</sup>。本文旨在针对实际项目进行模板的设计研究。

## 2 工程背景

随着经济条件和技术水平的不断提高,越来越多的隧道,尤其是城市地铁隧道更倾向于采用盾构技术进行施工。管片是盾构法施工的结构衬砌主体,对整个地铁隧道的质量和使用寿命起着关键作用。无锡市地铁一号线,线路正线全长 29.41 km,全线共 18 个地下区间,其中 17 个区间采用盾构法。地铁采用单层装配式衬砌,管片形式选择钢筋混凝土平板型管片;1.2 m 宽、350 mm 厚;管片分 6 块:1 封顶块+2 邻接块+3 标准块;所用的钢模板总体结构如图 1 所示。

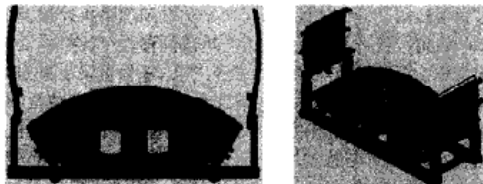


图1 钢模板

在施工使用的过程中,模板出现漏浆现象,位置主要是在外弧相接的侧面、端面及四个边角处。技术人员查询原因,分析确定是模具接触面的精度偏低、不能密贴、盖板与端、侧板密封不严或密封胶条磨损失效而造成的,当振动时,这些部位的水泥浆体跑出来,形成起砂现象。

## 3 模板设计

其主要部件有:底座、侧板、端板、大盖板、模芯、模芯棒、端侧板铰链、开启装置、定位装置、锁紧装置、振捣器、橡胶减振装置等。模板的设计过程中考虑到模板的承载能力和刚度的要求,对于一般混凝土结构工程考虑如下荷载,取值如下:

1)模板及其支架的自重标准值,按设计图纸确定;新浇混

土自重标准值,根据实际混凝土外观密度确定;2)钢筋自重标准值,根据施工图确定;3)施工人员及施工设备的荷载标准值,计算模板及直接支撑模板的小楞结构时,均布荷载为 2.5 kN/m<sup>2</sup>,另应以集中荷载 2.5 kN 进行验算;4)振捣混凝土产生的荷载标准值,本次振捣采用的是索泰附着式气动振捣器。施工时把系动器直接固定在钢模的外表面,振动能通过钢结构件传递到混凝土,使之密实。因气动式振捣频率高,振幅小,振捣力大,能够以较少振捣次数迅速排气,增强混凝土密实度。这就要求钢模板具有足够的刚度不变形同时钢模有一定的精度、稳定性;5)新浇混凝土对模板的侧压力标准值,影响新浇混凝土对模板侧压力的因素主要有模板所受侧压力,其由两类荷载产生:a.混凝土侧压力;b.混凝土倾倒时产生的水平荷载。这两类荷载中,第二类荷载比第一类荷载要小得多,不到第一类荷载的 6%,所以,模板所受侧压力主要由第一类荷载控制。规范提出了以流体静压力原理为基础并综合考虑泵送和初凝时间等有关因素的计算公式:即当采用内部振捣器时,可按下列两式计算,并取其中的较小值。

$$P_{max} = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 v^{1/2} \quad (1)$$

$$P_{max} = H\gamma \quad (2)$$

美国混凝土协会(ACI)建议使用如下公式,它可以用来计算混凝土在垂直模板表面下的侧压力。在这个公式中,新浇混凝土的高度( $h$ ),混凝土的配合比( $R$ )和混凝土的温度( $T$ )都是自变量<sup>[18]</sup>:

$$P_{max} = 7.2 + \frac{785R}{T_c + 17.8} \quad (3)$$

其中, $P_{max}$ 不大于 23.5 $h$  或 95.8 kPa。

英国建筑工业研究与信息学会(CIRIA)建议使用如下公式计算侧压力,这个公式考虑到模板的尺寸和形状;混凝土的组成材料,混凝土密度,模板高度,混凝土的垂直高度,混凝土浇筑速度和混凝土在浇筑时的温度<sup>[19]</sup>:

$$P_{max} = D(C_1\sqrt{R} + C_2K\sqrt{H - C_1\sqrt{R}}) \quad (4)$$

$$P_{max} = D \cdot H \quad (5)$$

德国工业标准(DIN-18218)发布了一系列公式来计算在 15℃ 温度下混凝土内部振捣混凝土的各种限制侧压力。混凝土的浇筑速度和混凝土在浇筑时的温度是影响混凝土侧压力的重要因素<sup>[20]</sup>:

$$P_{max} = 21 + 5R \text{ 适用固体混合物}$$

$$P_{max} = 19 + 10R \text{ 适用质软混合物} \quad (6)$$

$$P_{max} = 18 + 14R \text{ 适用液体混合物}$$

鉴于公式建立和应用条件的限制,本项目的模板采用式(2)设计计算模板的侧压力,并对式(3)~式(5)的侧压力值进行模拟

收稿日期:2011-01-12

作者简介:王玉策(1978-),男,工程师,中铁二十三局集团轨道交通工程有限公司,上海 201300