滑模施工混凝土拌合物硬度测试仪设计制造技术研究

李涛
（中国水利水电第五工程局有限公司第一水工机械厂 四川 广元 628003）

摘要：本文分析介绍了水利水电工程施工使用的一种滑模施工混凝土拌合物硬度测试仪的设计、制造，通过设计、制造所形成的产品能精确的测量混凝土的出模强度，使浇筑混凝土有很好的表观质量及强度。

关键词：混凝土；硬度测试仪；拌合物；制造；强度

1 项目概述

某水利水电项目抽水蓄能电站由上水库、输水系统（引水隧洞、闸门井、引水调压井、高压竖井、引水岔管、引水支管）、地下厂房系统工程（进厂交通洞、紧急电缆洞、主副厂房洞、主变洞、母线洞、排水廊道及各施工支洞）、尾水系统（尾水支管、尾水岔管、尾调通气洞、尾水调压室及尾水调压井、尾水隧洞）、下水库、地面开关站及和进场道路组成。

项目引水调压井、高压竖井等在施工过程中大量使用滑动模板来进行施工。滑模施工中最关键的质量技术难点之一是如何控制好出模混凝土强度。依据《滑模模板工程技术规范》的相关要求，初凝混凝土出模强度应控制在 0.2MPa ～ 0.4MPa 范围内。若出模强度太高会造成滑升阻力加大，滑升时模板提升困难，且容易发生混凝土表面被拉裂，严重影响结构混凝土的质量和表面观感；若出模强度太低会使混凝土在提升时形成局部塌陷，严重影响施工的安全性，也会给工程造成难以弥补的质量缺陷。因此，如何准确地控制混凝土的出模强度，一直是困扰施工单位和现场施工人员的难题。

2 设计与制造

根据前期研究、探索及设计，滑模混凝土拌合物硬度测试仪共包含刻度指针机构、锁定机构、调节弹簧机构、撞针机构、与封装壳体五部分，其设计结构如图 1 所示。

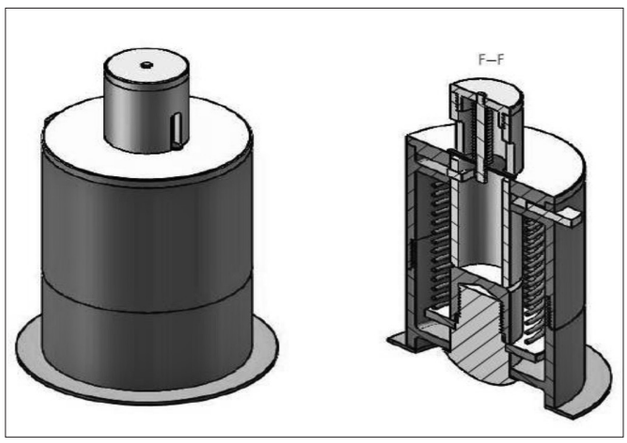

图 1 滑模混凝土拌合物硬度测试仪

滑模混凝土拌合物硬度测试仪总高度：183mm ；

滑模混凝土拌合物硬度测试仪总重：1.44Kg ；

滑模混凝土拌合物硬度测试仪测量压强范围：0.2MPa ～ 0.4MPa。

2.1 刻度指针机构

刻度指针机构是在试验测量过程中实时显示滑模混凝土拌合物硬度测试仪测量机构撞击混凝土的深度的机构，在通过参数对照表查询其对应的硬度参数，就可以得出当前滑模混凝土拌合物硬度。刻度指针机构由指针滑动轴、指针压缩弹簧、撞杆端头堵头、刻度指针四个零件构成，设计结构如图 2 所示。

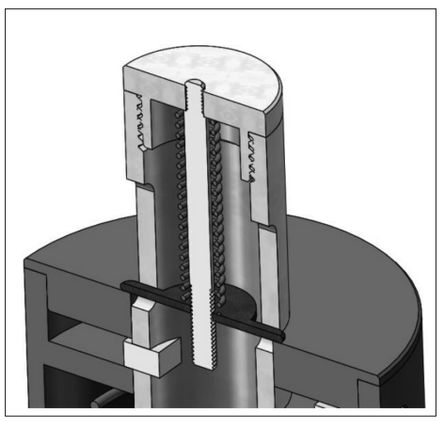

图 2 刻度指针机构

2.1.1 指针滑动轴

指针滑动轴材质采用 45 号钢，并调质处理以增加其强度，指针滑动轴主要承担刻度指针导轨的作用，其承受载荷主要为轴向力。

2.1.2 指针压缩弹簧

指针压缩弹簧材质采用 65Mn 弹簧钢，线径 1mm，压缩行程 2mm。其主要作用是保证刻度指针在显示刻度时能够紧贴刻度线，方便数据读取。

2.1.3 刻度指针

刻度指针材质采用 60Si2Mn，因为刻度指针在测量时承受较大的冲击载荷，必须确保刻度指针在冲击载荷作用下其自身形变不大于 0.1mm；故其自身材质采用高强度弹簧钢。计算参数采用左右小指针承受 100N 的极限载荷对其进行应

3-17 工业设计 7月下 第21期 .indd 16 2022/1/14 10:24:54

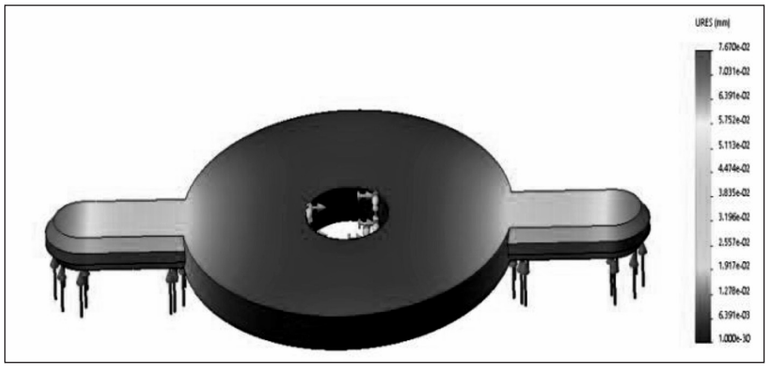

图 3 刻度指针位移分析图谱

力计算。

如图 3 所示可以看出，刻度指针在承受 100N 极限载荷时，其最大形变为 0.0767mm，小于 0.1mm 的设计技术要求。

2.2 调节弹簧机构

调节弹簧机构主要作用是通过调节内置弹簧的压缩量，以达到控制撞击杆撞击混凝土拌合物的力度大小，从而实现以控制变量法检测混凝土拌合物硬度的目的。调节弹簧机构主要由弹簧调节螺母，以及弹簧组成。

2.2.1 弹簧调节螺母

弹簧调节螺母为混凝土拌合物硬度测试仪的检测力调整构件，其材质采用 45 号钢，并调质处理。其在检测过程

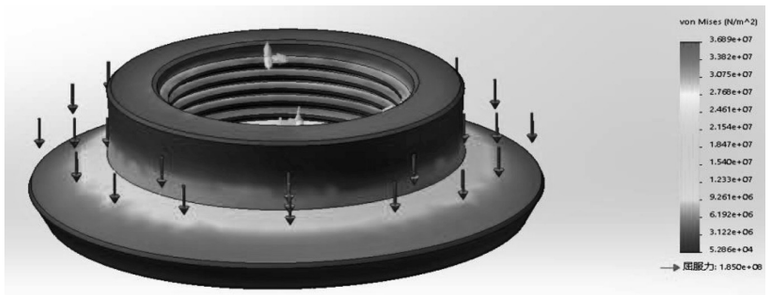

图 4 弹簧调节螺母及其应力分析图谱

中主要承受均布载荷，其载荷大小与调节弹簧的压缩量成正比。由于弹簧和弹簧调节螺母为线接触，故弹簧调节螺母承受载荷为压力，大小为 2MPa，其应力分析如图 4 所示。

根据上图可以得出，其最大应力为 3.689×10^{7} N/m^{2}，小于材料的屈服强度，故满足设计要求。

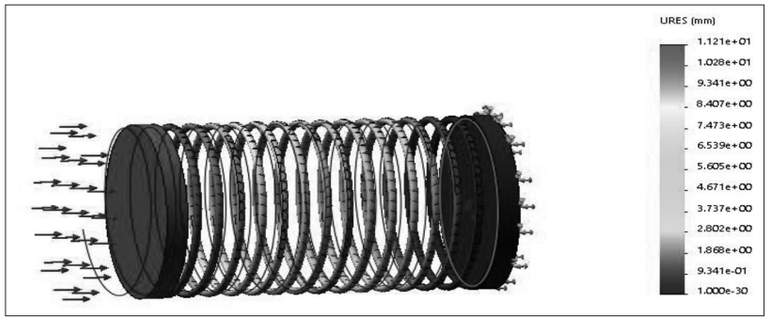

图 5 弹簧位移分析图谱

2.2.2 调整弹簧

调整弹簧是混凝土拌合物硬度测试仪的重要构件，测试仪对混凝土拌合物检测力由调整弹簧提供，在弹簧选型时要充分结合混凝土拌合物硬度测量的理论参数，选择一个适当的弹簧规格。

经过比对计算，调整弹簧规格为：线径 2mm，中径 50mm，螺距 6mm，弹簧长度 L=86mm。

如图 5 所示可知，该型弹簧在 1N 的作用下轴向形变量为 11.21mm，故轴向刚度为 :

$$K=\frac{f}{x}=\frac{1}{11.21}=0.089N/mm$$

2.3 撞针机构

撞针机构由上撞杆、下撞杆、撞杆卡榫组成。上下撞杆通过螺纹进行连接，上撞杆上开有卡槽，待撞杆推入制定位置后，由撞杆卡榫对撞杆完成卡锁，进入待触发状态。

2.3.1 上撞杆

上装杆整体较重为减轻混凝土拌合物硬度测试仪的整体重量，故其采用尼伦塑料制作。

2.3.2 下撞杆

下撞杆与上撞杆同样采用尼伦塑料材质，下撞杆上部为螺纹，下部为半球型撞头，撞头为与混凝土拌合物接触面。

2.3.3 撞杆卡榫

撞杆卡榫主要作用为对撞杆进行锁止和释放，其材质同样采用尼伦塑料。其卡榫主要承受撞杆和封装壳体形成的剪切力。

2.4 封装壳体

封装壳体是混凝土拌合物硬度测试仪的外壳，前三个机构都封装在壳体之中，封装壳体包含端盖、上壳体、下壳体三部分组成，壳体材料选用 6061 铝合金，其既能保证强度要求也能达到减重的目的。

其中端盖主要对撞杆卡榫、撞杆卡榫复位弹簧等构件进行封装和密封，防止异物进入混凝土拌合物硬度测试仪，影响其检测精度。

3 结语

通过混凝土拌合物硬度测试仪的设计、制造、工厂试验、工程测量实践应用等证明，采用本仪器可以有效消除混凝土初凝测量完全依靠测量人员的经验。该仪器可以准确高效的测量出初凝混凝土的硬度，可以极大的提高土建施工效率，降低因混凝土硬度测量不准确而造成的返工等情况，具有很强的实用性。

参考文献：

[1] 王金葵，谢正武，王会由，郝志恒 . 混凝土早期强度测量仪器的研制与应用 [J]. 建筑施工 ,2011,33(2):148-149.

[2] 王元印 . 中东负海拔地区软弱土基尾水隧洞施工技术分析 [J]. 城镇建设 ,2020(5):64.

3-17 工业设计 7月下 第21期 .indd 17 2022/1/14 10:24:54