

双圈环型后张无粘结预应力 在小浪底排沙洞中的应用

黎海宁 刘显晖

内容提要: 双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌的应用在世界尚属首例。本文介绍了小浪底排沙洞预应力衬砌型式的选择,并对该衬砌的结构特点及施工进行了阐述。

关键词: 双圈环锚 无粘结预应力 小浪底工程

一、工程概况

小浪底水利枢纽工程位于黄河干流最后一个峡谷的出口,是一个以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉、发电的特大型水利枢纽工程。该工程用于泄洪、排沙、引水发电、引水灌溉等的建筑结构主要用隧洞型式,包括三条导流洞、三条明流洞、三条排沙洞、六条发电洞、一条灌溉引水洞、一条正常溢洪道和一条非正常溢洪道。根据工程地形地质条件,该洞群建筑物集中布置于坝址左岸的单薄山体中。

三条排沙洞在平面布置上采用直线平等布置,每条洞直径均为 6.5m,长 1100m,由进口段、洞身压力段、出口闸室及明流段组成。水头高达 120m。排沙洞担负着水库排沙和调节流量的任务,是解决黄河高泥沙水流的重要工程措施。

三条排沙洞的压力段穿越岩体主要为砂岩层并夹薄粘土层,粘土层一般厚 2cm。在压力段中有较大断层 F₂₃₆、F₂₃₈ 通过,岩体一般属 III 类,断层破碎带为 V 类围岩。

高水头的排沙洞首要解决的问题就是防裂防渗,以免高压水渗入岩体,软化泥层,影响山体的稳定性。

二、排沙洞洞身压力段衬砌型式选择及其特点

水工压力隧洞衬砌结构有多种型式,应用较多的有:钢板衬砌、钢筋混凝土衬砌、压力灌浆式预应力衬砌和后张预应力混凝土衬砌。

根据小浪底排沙洞的功用及其结构特点,防渗帷幕分界线上游洞身压力段衬砌由于其内、外水位均较高,采用普通钢筋混凝土衬砌。而下游的洞身压力段衬砌则为低外压、高内压的状况,设计施工中采用双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌。三条洞预应力衬砌段长度分别为:710.95m、723m、735.05m。该结构方案是经业主、设计院及承包商邀请了国内外有名的预应力机具生产单位及预应力施工单位在工地进行了 1:1 模型张拉试验与防腐试验后,由有关专家评定选取的。该结构型式具有一般预应力混凝土衬砌所不具备的优点,即:

1、可充分利用预应力筋的抗拉强度承受高内压;

2、衬砌厚度减薄,减小了开挖的洞径,节约了较多的材料,工程实践表明,后张预应力混凝土衬砌替代钢板衬砌,可降低 10~30% 的工程造价;

3、可缩短施工周期;

4、可使暂时产生的裂缝(如温度裂缝)重新闭合,对钢筋、锚索等可起到很好的保护作用;

5、其应力分布比一般后张有粘结预应力混凝土衬砌更加均匀合理,减少了连接锚头和预留锚具槽个数。

三、双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌的结构特点

排沙洞双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌的结构中,按洞身桩号每 12.05m 为一段衬

黎海宁 柳州欧维姆建筑机械有限公司 助工
刘显晖 柳州欧维姆建筑机械有限公司 助工

预应力环锚体系

砌块,每段衬砌块安装 24 束锚索,锚索间距为 50cm,锚具槽分布于衬砌下半圆周的两侧,每侧 12 个间隔布置,锚具槽中心线与铅垂线成 45° 或 60° (见图 1)。

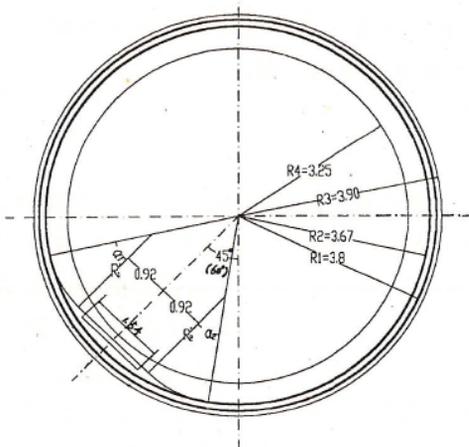


图 1 预应力绞线布置图

每束锚索由 8 根公称直径为 15.7mm,强度为 1860MPa 的高强低松弛无粘结钢绞线组成,每束锚索分成两层,每层 4 根钢绞线,同一层中的每两根并排绕成两圈,通过锚具槽两端小圆弧段变弧,交汇于预留的锚具槽内。钢筋、锚索安装完成后,钢模就位浇筑混凝土,待衬砌混凝土达 28 天龄期强度后,用游动型锚具进行连接。游动型锚具集张拉端、固定端于一体,主要由锚板及夹片构成。通过专用变角张拉设备将锚索张拉并锁定于锚具槽中。这样,在锚索受张拉伸长变形时,衬砌环混凝土受径向的挤压和环向的摩擦力,使衬砌截面形成预压应力。

张拉完成后,锚具两侧用橡胶板、钢夹板、高密度聚乙烯(HDPE)防护套管对锚具及外露部分钢绞线进行防腐处理,最后用无收缩混凝土回填锚具槽。

四、双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌的施工

双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌在世界上为首次应用,由于排沙洞担负着小浪底水库排沙、泄洪的重要任务,加之水流水头高、

泥沙含量大,其衬砌的工程质量直接影响到水库将来是否正常运转问题。排沙洞衬砌用预应力材料的质量与预应力施工质量是影响衬砌工程质量的最主要因素,对这两者必需严格把关。

(一)预应力锚固系统的选择

经业主、承包商和工程师及有关供应商的现场试验,通过专家对有关预应力材料及张拉设备的各项性能的比较评定,最终选定如下材料:

1、锚具——选定柳州欧维姆建筑机械有限公司生产的 OVM—HM15—8 型环锚,锚具各项性能指标符合中国规范 GB/T14370 中规定的 I 类锚具和欧洲规范 Eurocode2,要求其在控制张拉力作用下钢绞线在锚具内的总回缩不得大于 6mm;

2、无粘结钢绞线——由天津市第一预应力钢丝有限公司提供,其各项质量与性能符合美国标准 ASTM A416、英国标准 BS5896 及中国标准 JG3006—93 的相应要求;

3、防腐材料——包括 PE 防腐套管、防护帽及防腐油均为进口,其性能符合中国标准 JG3007—93 规范要求;

4、张拉设备——包括前卡式千斤顶、油泵和偏转器(变角张拉装置)由国外公司提供,符合欧洲规范 Eurocode2 和中国相应规范,其摩擦损失总和不得大于 12%。

(二)施工组织

排沙洞预应力混凝土衬砌双圈环型后张无粘结预应力是一项技术含量高、工序多、难度大、要求高的新工艺,对施工队伍和施工组织要求严格。施工队伍要配备有后张预应力混凝土施工经验的专业技术人员,并对其他有关施工人员进行岗前培训,使其能准确地掌握预应力施工要求。

在正式施工前,需编制详细的施工操作规程和施工计划,并进行试验段试验,以发现设计与施工中预想不到的问题,使正式施工时得以改进,也使施工队伍得到正式的岗位培训。

预应力环锚体系

(三)双圈环型后张无粘结预应力施工工艺

1、张拉装置

每束环锚 8 根钢绞线,用两台相同规格、油路并联的千斤顶同时进行张拉,如图 2 所示。

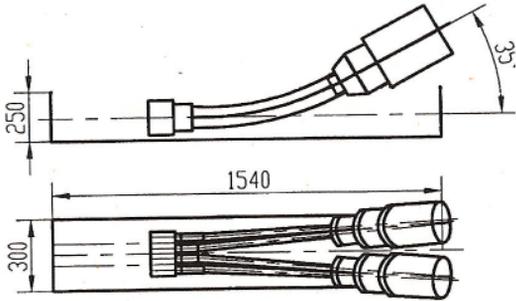


图 2 张拉装置图

2、施工工艺流程图(见图 3)。

五、结束语

小浪底排沙洞使用双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌,这在世界上尚属首例,与国内现有的清江隔河岩、天生桥引水隧洞有粘结环型预应力衬砌相比,优越性较大。主要是锚索孔道的摩擦力减小,使得千斤顶的张拉力充分利用,并且预应力在衬砌中分布均匀,有效地利用了锚索的性能,同时对整个衬砌在浇筑时产生的裂缝有很好的闭合作用。但无粘结环锚对防腐质量要求很高,防腐的好坏,关系到预应力的“有”、“无”问题,所以对施工操作的要求较高。

双圈环型后张无粘结预应力混凝土衬砌在小浪底工程的应用使我国水电施工技术向世界先进水平迈进了一步,也为我国培养了新一批掌握此种新技术、新工艺的工程师和操作者。

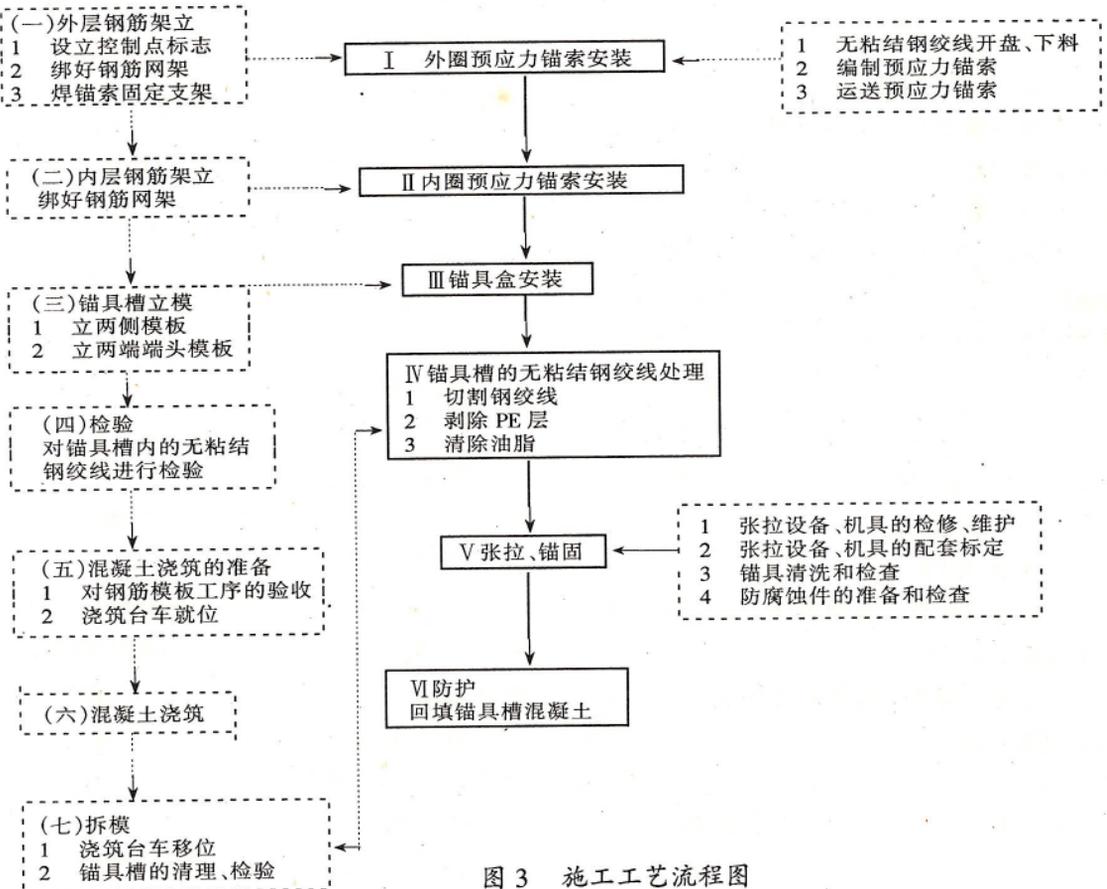


图 3 施工工艺流程图