

# 大吨位、大跨度预应力双桁架渡槽施工方法研究

## Research on Construction Methods of Large-tonnage and Long-span

### Pre-stressed Dual Truss Aqueducts

徐建新

Jianxin Xu

甘肃省水利水电工程局有限责任公司, 中国·甘肃 兰州 730000

Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau of Gansu Province Co., Ltd, Lanzhou, Gansu, 730000, China

**【摘要】**渡槽是输送渠道水流跨越河渠、道路、山冲、谷口的架空输水建筑物,是跨流域调水工程、灌区工程水工建筑物中的交叉建筑物之一,在中国当前的水利项目中得到了广泛的应用。目前大吨位、大跨度预应力双桁架架空渡槽结构型式在水利工程中比较少见,当渡槽及复杂的大跨度支撑结构在施工时受到场地制约、跨度和重量均较大的结构体高空施工作业安全风险大、空间杆系结构质量保证难度大的情况下,采用什么样的施工方法是一个非常重要的研究课题。整体预制吊装法就可以满足该工程地形的需要,施工过程比较安全可靠,且作业完成的结构精度较高,保证工程质量,有效的缩短施工周期,降低施工成本,也可以有效的解决施工方法施工进度缓慢,操作流程复杂以及拼装精度不足的缺陷。

**【Abstract】**Aqueduct is one of the cross-basin water transfer projects and cross-basin water transfer projects and cross-basin waterway constructions. It is an overhead transmission structure that spans river channels, roads, mountains, and valleys, which has been widely used in China's current water conservancy projects. At present, when the aqueduct and complex long-span supporting structures are constrained by site constraints during construction, the structural height of the structure with large spans and weights is high, and the quality assurance of the space bar structure is difficult, what kind of construction methods are adopted? It is a very important research topic. The integral prefabrication hoisting method can meet the needs of the terrain of the project. The construction process is relatively safe and reliable, and the structural accuracy of the completed operation is high, the project quality is guaranteed, the construction period is effectively shortened, the construction cost is reduced.

**【关键词】**预应力双桁架渡槽; 站立式整体预制; 整体吊装

**【Keywords】**pre-stressed dual truss aqueduct; stand-up integral prefabrication; integral hoisting

**【DOI】**<http://dx.doi.org/10.26549/gcjsygl.v2i6.819>

## 1 引言

目前适合桁架拱渡槽或桥梁的施工方法有多种,施工经验也相对比较丰富。但是对于施工区域和环境影响较大,同时为了加快施工进度和精度,可以根据现场实际地形条件及设计要求将渡槽的肋拱和槽身进行整体预制吊装,这种施工方法可以有效的解决施工方法施工进度缓慢,操作流程复杂以及拼装精度不足的缺陷。

针对贵德县拉西瓦灌溉工程 6# 渡槽,对“整体预制吊装”的施工方法进行了研究。

## 2 工程概况

### 2.1 地理位置

贵德县拉西瓦灌溉工程区位于贵德县境内黄河上游拉西瓦电站大坝和李家峡电站水库库尾之间的黄河南岸,为黄土高原与青藏高原的过渡地带,东依尖扎县,西邻共和县,北连湟中县、湟源县,南通贵南县、同仁县,地理位置介于东经  $101^{\circ}13' \sim 101^{\circ}36'$ , 北纬  $35^{\circ}43' \sim 36^{\circ}07'$  之间,海拔 2190m~2560m 之间。

### 2.2 工程规模

拉西瓦灌溉工程是青海省黄河谷地四大灌区之一,总控制灌溉面积为 20.35 万亩,其中现状灌溉面积为 12 万亩,规划新增灌溉面积 8.35 万亩。新建干渠总长 52.295km,设计流量  $9.43\text{m}^3/\text{s}$ ,加大流量  $11.6\text{m}^3/\text{s}$ ;其中:明(暗)渠长 11.997km;隧洞 15 座,长 30.6km;渡槽 25 座,长 8.33km;倒虹吸 3 座,长 1.34km;其他渠系建筑物 169 座;干渠沿线布置 20 条自流支渠,8 座提灌泵站等。该工程为 III 等中型工程。洪水按 20 年一遇设计。永久道路按场外 4 级路设计。主要建筑物地震设计烈度为 VII 度,地震动峰值加速度为  $0.10g$ 。

### 2.3 水文气象和工程地质资料

#### 2.3.1 水文气象

##### (1) 水文

工程区较大沟河有温泉沟、西河和东河,其中温泉沟为季节性沟道,西河和东河为常流水沟道。其中东河 10 年一遇的洪水流量为  $105\text{m}^3/\text{s}$ ,20 年一遇的洪水流量为  $127\text{m}^3/\text{s}$ 。

##### (2) 气象

工程区位于青藏高原东北部边缘,深居内陆,具有明显的

高原大陆性气候特征,冷干时期较长,暖湿时期较短,雨热同期,日照充足。

### 2.3.2 工程地质

干渠总体呈“几”字型展布于贵德盆地南部边缘低山丘陵及山前平原地带,区内沟壑纵横,山川相间,主要为盆地丘陵地貌、河谷平原地貌和山前洪积地貌,出露的地层岩性有三叠系变质岩系,中新统粘土岩、上新统互层状粘土岩与砂岩、第四系砂砾石及黄土状土,岩性比较复杂,其主要工程地质问题有黄土湿陷问题及边坡稳定问题<sup>[4]</sup>。

本段渠线位于东沟右岸,前段为洪积扇台地,后段为东河河谷高阶地。主要地层岩性有新近系上新统粘土岩、砂岩,第四系松散堆积物黄土状、含砾粉质粘土、河谷含漂砂砾石及洪积扇含泥砂砾石等;地下水以潜水的形式赋予东河河谷及洪积扇松散层中。

6# 渡槽横跨东沟河谷,东沟呈宽阔“U”型,渡槽长度约1130m,高差28m。

桩号30+019.94~30+130.06为东河左岸台地渡槽段,台地高20m左右,底层具二元结构,表层为15m左右砾粉质粘土,夹有砾石透镜体表面冲沟及落水洞发育。

桩号30+130.06~30+605.96为东河河床及河漫滩渡槽段,河漫滩表层有1.0~2.0m冲洪积含砾粉质粘土,下伏全新统冲洪积含漂砂砾石层,厚12.0~15.0m,以卵砾石为主占60%,漂石含量20%,漂石东河河床表面显见,漂石最大可达2m,其主要成分已花岗岩、花岗闪长岩为主,砂岩次之。该砂砾石层含泥量较高,结构中密~密实。地下水位埋深0.2~0.5m,渡槽基础开挖受地下水干扰,该砾石层为中~强透水性,基坑涌水量较大,施工期应做好排水工作,并需注意汛期洪水的影响<sup>[5]</sup>。

桩号30+605.96~31+149.94为渡槽出口段,位于东河右岸洪积扇,洪积扇具有明显的二元结构,表层为厚2~4m洪积黄土状土,下为洪积泥质砂砾石层,结构稍密~中密。其中,右岸渡槽出口处为一沼泽地,地下水初露。左岸台地含砾粉质粘土,结构密实,允许承载力200kPa;河谷和右岸砂砾石为良好的地基持层力,其允许地基承载力为300~350kPa。建议边坡开挖值;粉质壤土1:0.75~1:1,含砾粉质壤土1:0.5~1:0.75,砂砾石层水上1:0.75~1:1,水下1:1~1:1.25。河床基础埋深大于3m。

## 2.4 结构设计

6# 渡槽为空腹桁架拱式渡槽,该工程位于贵德县境内,全长1130米(30+019.94~31+149.94),其中19跨(8#~27#排架)为上承式预应力空腹桁架拱结构,40m/跨,最大高度32米,共计760m,其余均为12m/跨现浇砼槽身,共计363m(其中两跨为13.5m),进口渐变段3m,出口渐变段4m。渡槽比降为1/1000,设计流量为4.5m<sup>3</sup>/s,加大流量为5.5m<sup>3</sup>/s。槽身断面

为矩形,砼成型净断面为2.3m×1.7m。空腹桁架拱由两榀组成,榀与榀之间用钢筋混凝土横系杆分两层连接,总重200T/跨,混凝土强度等级为C50。灌区涉及贵德县黄河南岸二乡(河东乡、新街乡)三镇(河阴镇、河西镇、常牧镇)87个行政村。拉西瓦灌溉工程控制灌溉面积20.35万亩,其中改善现状灌溉面积12万亩,规划新增灌溉面积8.35万亩(其中旱变水地0.54万亩)。为Ⅲ等中型工程,属国家“十二五”支持藏区经济社会发展建设重点项目,也是省委、省政府确定的“四区两带一线”总体发展布局黄河沿岸经济发展带中的重点水利建设项目之一。

6# 渡槽是贵德县拉西瓦灌溉工程的控制性工程之一,同时也是贵德县的标志性景观工程。支撑渡槽的大跨度预应力空腹桁架拱也是青海省目前水利工程建设中单件尺寸最大(跨度40m)、重量达200吨的构件。

## 3. 施工方法

### 3.1 整体预制吊装法

整体预制吊装法是在地质基础适合铺设龙门吊行走轨道,采用龙门吊来安装预制结构的施工方法,该方法比较适用于桁架拱渡槽结构。在本项目工程中就使用了这种施工方法。

在整体预制吊装施工方法中,其关键作业环节在于大跨度桁架拱在地面上逐跨整体预制、渡槽按单跨单独预制,并采用龙门吊逐跨进行桁架拱和渡槽的吊装。其中在地面站立式预制采用支立模板进行混凝土现浇,整个过程采用流水作业的方法,施工过程容易把握,质量也方便控制。但是对于吊装的整体过程来说,由于桁架为拱跨度大(40m)、重量大(200t)的空间杆系结构体,吊装时结构体各杆系受力状态和就位后结构体各杆系受力状态有转换问题,再加上吊装设备的选择以及吊装过程控制难度较大等,这些因素都大大提升了整体预制吊装方法的施工风险和难度。吊装方法施工方案的好坏直接影响到了桁架拱和渡槽在吊装安装完成后的整体效果以及后期的运营状态,因此吊装方案是否科学合理非常关键。

对于整体吊装过程必须要遵守的原则主要包括以下几条:

(1)制定方案时必须实事求是,一切从工程实际出发,根据施工现场的施工条件,主要包括地质、施工设备以及施工场地等因素,制定有可行性的,相对安装经济的吊装施工方案,制定的方案要在资源、技术上与当地的施工环境或者时间上相吻合,否则将会给施工造成不必要的麻烦,因此在确实可行的范围内尽量追求高效和经济。

(2)吊装施工方案要严格安装工期要求进行制定,不能因

(下转第185页)

实施堵漏。采空区的主要漏风通道为采空区的进、回风侧,采取的采空区堵漏措施为:

### 5.1 进、回风侧强制放顶

由于工作面进回风顺槽为锚网支护,使采空区进、回风侧形成了通向采空区的约 7~10m 长的小通道,造成了采空区严重的漏风和泄漏氮气。为此,必须加强采空区进、回风侧的放顶,在工作面定位前,提前将矛网支护的网绞断,将矛杆的螺帽卸掉,让顶部碎煤和岩石掉下,堵塞进、回风侧漏风通道。

### 5.2 施工临时密闭

工作面撤架定位后,在工作面上、下隅角用丝袋装满碎煤,各垒丝袋闭一个,要求丝袋闭紧贴端头支架,尽量减少漏风。

### 5.3 喷注艾格劳尼

为了进一步对采空区进行堵漏,在工作面上、下隅角及工作面支架尾梁后部的煤体进行喷注艾格劳尼堵漏。工作面每撤出一付支架,及时对支架已撤区域进行喷涂艾格劳尼,重点喷涂区域放在支架后尾梁处,喷涂厚度不小于 10cm<sup>[3]</sup>。

### 5.4 合理抽放采空区瓦斯

近年来,随着国内煤矿监管力度的加大,各矿都加大了采空区瓦斯抽放的强度,均认为采空区瓦斯抽得越多,采空区瓦斯含量越少,工作面越安全,但事与愿违,由于采空区大量抽放瓦斯,使采空区负压增大,漏风增加,采空区的隋化状态被破坏,采空区的氧化带加大,使采空区浮煤在其达到自然发火期时还停留在氧化带而自燃。采空区的瓦斯抽放必须和采空区的防火统筹考虑,既要使工作面瓦斯不超限,又要达到采空

区不自然发火。

华亭煤矿对试验工作面提出的瓦斯抽放原则为:多抽采空区冷却带,少抽采空区氧化带,不抽采空区窒息带。

工作面回撤时,如果长期在采空区窒息带和氧化带抽瓦斯,将引起采空区的大量漏风。根据这个测试结果,在工作面回撤时,停止了采空区窒息带和氧化带的瓦斯抽放,上隅角的瓦斯抽放改为间歇抽放,只要上隅角瓦斯不超限,就不抽放瓦斯,瓦斯超限时,则立即进行上隅角瓦斯抽放。由于进行了瓦斯合理抽放,避免了 250103 工作面回撤时,在上隅角长期、连续抽瓦斯,将烟雾抽出来的事故。

## 6 回撤防火效果结论

工作面撤架时存在很多易自然发火因素,这次工作面撤架 40 多天,由于针对工作面的自然发火特点,在工作面建立了四道防火线,因此有效地防止了工作面的自然发火,保障了工作面安全撤除全部支架和设备。撤架时,工作面采空区的最大 CO 浓度仅 100ppm,工作面无自然发火危险。

### 参考文献

- [1]张国枢,田水承,刘泽功,李湖生等.通风安全学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2011.
- [2]张幼蒂,王玉俊,韩可琦等.采矿系统工程[M].徐州:中国矿业大学出版社,2011.
- [3]徐永圻,靳钟铭,石平五等.采矿学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2011.
- [4]王省身,矿井灾害防治理论与技术[M].徐州:中国矿业大学出版社,2005.

(上接第 179 页)

为施工方案的选择而影响整体的施工进度,同时要注重投资效益,使得施工投入的资金产生更大的经济效益。因此在施工组织设计中要进行统筹安排,合理计划,协调进行,在施工技术上尽量使用新的施工工艺、新材料以及新方法,在管理手段上要采用动态控制管理的方法对施工的进度和质量进行全方位的控制。

(3)吊装施工中一定要确保施工安全以及工程质量。施工过程中要坚持以人为本的原则,将施工安全教育贯穿到整个施工过程中,要求施工质量第一要求施工安全是整个社会的基本要求。因此在制定施工方案时要充分考虑施工质量以及施工人员的安全问题,制定完善的组织措施,使得方案符合技术规范、操作规范和安全规程的要求。

(4)通过采用新的施工工艺和新材料尽量降低施工成本,

使得施工方案更加合理可靠,增加投入后的经济效益,从施工成本的直接费用以及间接费用中寻求一些可供参考的节约途径,减少施工消耗,减少非生产人员投入。

## 4. 结语

整体预制吊装法满足该工程地形的需要,施工过程比较安全可靠,且作业完成的结构精度较高,保证工程质量,有效的缩短施工周期,降低施工成本,是解决 6# 渡槽问题相对合理的施工方法,是适合于本工程的施工技术工艺。

### 参考文献

- [1]杨伟.输水工程大跨度现浇拱式渡槽施工技术[J].水利技术监督,2016(05):11-12.
- [2]张健,罗亚松,彭旭东.大跨径混凝土拱式渡槽拱圈设计与施工[J].中国农村水利水电,2014(07):45-46.