

山区桥梁长线法预制节段拼装技术

徐文彬

中国水利水电第十一工程局有限公司

摘要: 水利水电工程多位于山区, 进场道路施工过程中, 经常需要修建桥梁。本文通过介绍玻利维亚伊比利苏水电站项目采用的桥梁长线法预制节段拼装技术, 探讨在山区道路受限、场地受限、设备受限的情况下预应力节段桥梁投入少、施工效率高的施工方法, 为类似工程施工提供借鉴。

关键词: 山区; 场地受限; 节段梁; 拼装; 长线法
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.067

一、引言

目前在水利水电工程施工中, 特别是地形复杂、道路崎岖的峡谷山区水电站工程桥梁施工中, 由于大跨度预应力桥梁数量不多, 预应力梁整体预制、运输、吊装, 受道路状况、场地限制影响很难实现, 且大型运输设备、架桥设备摊销费用在工程总投资中所占比例非常高, 所以在峡谷山区大跨度桥梁施工中, 研究桥梁节段预制逐跨拼装施工技术, 具有深远的意义和广泛的运用价值。

二、工程概况

伊比利苏水电站项目位于玻利维亚科恰班巴省科拉斯科区, 总装机279.88MW, 为两级引水式电站。其一号进场道路有两座桥梁, 长度分别为21m和31m, 均为单跨简支梁, 每桥共3片梁。梁体由预制节段梁拼装组成, 端部节段长度为5.5m, 标准节段长度为5m, 混凝土强度50Mpa。

三、主要技术特点

(一) 对梁体预制场地及运输道路要求小

玻利维亚伊比利苏水电站一号进场道路部分路段路宽只有4m, 转弯半径小于15m。在工程区外平坦地方建设梁场, 预制梁运输距离最远将达到35km, 且道路狭窄, 弯道众多, 运梁车通行困难。本方法利用桥梁附近弃渣场回填、平整出一个施工平台, 形成了预制梁施工场, 解决了施工区域狭小无天然预制梁场地以及预制梁的运输问题。

(二) 梁体砼预制作业不使用对拉螺栓

在使用长线法进行节段预制梁预制时, 利用定型钢模板和抗位移桩进行模板安装和固定, 在混凝土预制平台上沿着模板底部边沿设置抗位移桩, 顶部使用钢管对拉, 侧面设置斜撑。不使用对拉螺栓, 节省了拉杆安装和后期拉杆孔修复的时间和费用。

(三) 快速搭建拼装施工作业平台

桥梁所在区域地形陡峭, 河水湍急, 无法导流, 不能使用满堂脚手架搭设施工平台, 不能进行回填形成施工平台, 我们采用321型装配式公路钢桥构件组拼成两跨连续性钢便桥作为预制梁张拉施工平台, 边墩置于桥墩底板上, 中墩进行大石防护, 克服了地形和水流问

题, 使施工平台的架设更加简便, 提高了施工平台应对洪水的安全性。贝雷架平台上铺设沙子和木板用以调整平台高度和坡度, 使之与预制梁设计位置相适应。

(四) 巧妙进行节段梁安放

预制梁往贝雷架平台上吊放过程中, 因为河道陡峭, 河水湍急, 无法修建吊车平台, 汽车吊只能在桥头安置, 5米长的标准预制梁节段约10吨, 使用25吨汽车吊, 无法直接将预制梁直接吊放至中间位置。我们通过对贝雷桥平滚、机械千斤顶、铁扁担等小型工具的巧妙使用, 在不使用大型起重设备的情况下, 通过顶推实现了节段预制梁的安装就位。

(五) 节段梁张拉后进行整体横移

鉴于河床地形复杂, 三道梁下方只在下游侧预制梁下方架设贝雷架施工平台。上游侧和中间的预制梁在下游侧的施工平台上吊放、拼装、张拉完成后, 分别整体横移至相应的位置。横移时在梁两端下方套上钢板悍成的倒几字型“铁扁担”, 使用4个35吨机械千斤顶和2个“铁扁担”将梁整体进行升降。在将预制梁抬起后, 把贝雷桥平滚改装成的小拖车放到梁两端下方桥墩顶部平台上, 使预制梁缓慢坐落在预制梁小拖车上。钢丝绳穿入预制梁两端预留孔中, 在两端同时使用手拉葫芦缓慢拖曳, 预制梁整体横移至相应的位置。预制梁横移就位后, 再使用4个35吨机械千斤顶和2个“铁扁担”将预制梁抬起, 抽出预制梁拖车后, 缓慢坐落在橡胶支座上。在此过程中, 不需使用大型起吊设备, 减少了贝雷架平台的搭设数量。

四、施工工艺

(一) 工艺流程

预制梁台座施工→节段梁预制→贝雷架平台搭设→节段梁运输→节段梁吊放及拼装→钢绞线穿束→钢绞线张拉→预制梁整体横移就位→端头混凝土封堵→孔道压浆→桥面施工。

(二) 长线法预制节段梁

(1) 预制场地: 在1号路km24+670处利用道路开挖弃渣回填形成施工平台, 在平台上浇筑一个长32m, 宽1.5m, 厚20cm的预制台座。在此台座上进行梁的预制工作。

(2) 长线法预制: 长线匹配法是以固定端模和已浇节段为匹配面, 浇筑下一节段时, 前一节段的后端面作为后一节段的前端模, 逐块的在台座上匹配桥梁预制节段, 使两节段间的结合面形成完整的匹配面。预制梁采用50Mpa混凝土, 保护层为2.4cm。桥梁单跨长度为20m和30m, 节段预制梁共两种, 端梁和中间的标准段, 其中端梁长5.5m, 重约15t; 中间标准段长5m, 重约5t。

(3) 钢筋绑扎: 钢筋在钢筋加工场加工, 在现场

绑扎，用井字架焊接钢筋网片固定波纹管。梁肋钢筋绑扎时应特别注意变截面线型控制，其中端部加密钢筋不得随意简化。当波纹管的位置与其他钢筋相碰时，应保证波纹管的设计位置，可将钢筋适当挪动。在钢筋和波纹管完成后，注意检查波纹管是否破裂，出现严重问题应及时更换波纹管，并使用测量来矫正波纹管的位置，当位置正确时使用钢筋卡子固定好，避免在浇筑过程中出现移动或者错位，根据实际情况每50~80cm固定一次；在端头的施工中，切记注意预埋锚垫板的施工。

(4) 模板安装：模板为厂家定制钢模板，在安装过程中，确保钢模安装位置准确，连接紧密，模板接缝处密贴不漏浆，安装模板之前使用模板油进行涂抹，保证脱模的光滑及混凝土的质量。模板底部横围圈外台座上每60cm安装抗位移锚筋 $\phi 25$ 形成抗位移桩。模板竖向围圈间距不大于60cm，横向围圈间距不大于90cm。模板顶部使用钢管对竖向围圈进行对拉，侧面设置斜撑。

(5) 混凝土浇筑：混凝土由拌合站集中拌和，罐车装运至浇筑地点，在台座回填形成约1m高的斜坡，罐车停在斜坡上混凝土直接入仓。由于工字梁体型大，腹板较薄，钢筋较密，使用30和50插入式振捣棒配合振捣。

(6) 混凝土养护：在pvc管上钻眼形成花管，将花管置于预制梁两侧，水管引来溪水，形成自流水，对梁体进行不间断洒水养护。

(三) 贝雷架平台搭设

(1) 整体布置

采用321型装配式公路钢桥构件组拼成两跨连续性钢便桥作为“支撑台架”。在钢便桥两端靠近混凝土梁桥的墩台处和跨中分别设置“贝雷排式支墩”，作为钢便桥的临时桥台和中间支墩。在施工托架平台上铺设木板调节高度。

(2) 贝雷架墩台支柱

两侧墩台支柱基础利用已完成的桥墩底板；中间墩台支柱基础，在原有河道岩石基础上浇筑C20混凝土基础，混凝土基础与岩石设置4根 $\phi 25$ 插筋，插筋深入岩石1m。

墩台立柱采用321型贝雷桁架构成“排架式立柱”。将拼装的桁架平面平行于桥轴线方向，桁架直立在桥梁主桁架正下方。所有“排架式立柱”在桥梁的横向方向上均设置四排桁架为一组，相邻桁架中心距为450mm，与其上面的钢便桥桁架梁一一对应。组内的四列桁架采用支撑架相连，构成整体桁架支柱。支柱下端设置础板与柱脚。础板与桩基采用地脚螺栓固定。支柱顶部设置上、下顶梁。下顶梁采用H450 \times 200 \times 9 \times 14的H型钢制作，在其下缘焊有两个凸耳，与直立的桁架用桁架销连接，上顶梁采用双拼H400 \times 200 \times 8 \times 13的H型钢制作，上、下顶梁之间用顶梁螺栓连接。为适应工程施工需要，满足各处桥梁不同设计立柱高程要求，以及同一墩台不同地表高差的实际情况，增设有1m桁架、1.5m桁架，通过与标准桁架（3m桁架）搭配使用，保证了立柱高度可根据不同桥址地形状况进行调整。

为提高施工设施的整体稳定性，在“排架式立柱”与架设好的钢便桥主桁间，用[10槽钢现场焊接成斜撑。

(3) 钢便桥平台

在上顶梁之上设置钢便桥，其主要功能是作为施工托架平台，承载并传递预制梁所产生的施工荷载，同时也是作为预制梁拼装作业的施工平台。钢便桥由四组贝雷桁架主梁承载，与混凝土桥的下游侧纵梁相对应。每列桁架主梁由四排321型桁架构成一组受力整体，布置在下游侧预制梁的正下方，同时与“排架式立柱”直立的桁架保持同一平面。相邻两片桁架中心距为450mm，组内桁架采用支撑架按水平方向和竖向“交错”联结。主梁上沿横桥向现场铺制工25工字钢，再在其上沿纵向现场铺制工12.6工字钢。最后铺制 $\delta 8$ 的花纹钢板，作为施工平台。花纹钢板上方预制梁范围内铺设木板、马道板、沙子用以调节高度，使平台高度与预制梁设计高度相适应。

(四) 预制梁拼装

在贝雷架平台上标出每段预制梁位置，对于两端25t吊车吊放范围内的节段梁，直接吊放到位。无法使用吊车直接吊放到位的节段梁，利用25t吊车、机械千斤顶、自制预制梁小拖车，采用吊放和顶推相结合的方法，将节段梁安放到位。将贝雷桥平滚改装为运梁小拖车，在贝雷架平台上焊装一些角钢作为固定桩，把12.5cm工字钢横置在两边固定桩前作为千斤顶顶推后背，使用25吨汽车吊将预制梁标准节吊放至贝雷架平台上放置的运梁小拖车上，由千斤顶对预制梁进行顶进，随着预制梁移动，前移顶进后背位置，不断对预制梁进行顶进，使之移动到设计位置。然后使用4个35吨机械千斤顶和2个“铁扁担”将预制梁抬起，抽出预制梁拖车后，让预制梁缓慢坐落在木板上，完成节段预制梁拼装。

(五) 张拉施工

(1) 钢绞线下料

钢绞线下料场地保证平坦，采用砂轮锯切断，长度应略大于规定下料长度。编束时先将钢绞线用梳溜板理顺，并尽量使各根钢绞线松紧一致。按每束规定根数、规定长度，用铁线绑扎，两头距端5~10cm处用双根铁线绑扎，其余每隔1.5m绑扎一道，成束后，将钢绞线束人工抬移至堆放地点，分开堆放并标识。

(2) 钢绞线穿束

节段梁在作业平台上完成拼装后进行钢绞线穿束。穿束的顺序：由上向下、由里向外。钢绞线采用整束穿束。穿束工作由人工进行。穿束时钢束的前端扎紧套上套筒并裹胶布，以便顺利通过孔道。人工穿束困难时采用卷扬机牵引穿束，穿束时先将一根两端焊钩的钢绞线穿过预应力孔道，用特制钢环将整束钢绞线套好，其中一根或两根钢绞线端部安装夹片打入钢环内，打紧后，将带钩钢绞线一端钩在套筒上，一端钩在卷扬机绳端，开动卷扬机将整束钢绞线穿入预应力孔道。

(3) 钢绞线张拉

张拉施工为一端张拉，即一端使用锚具固定，另一

端使用千斤顶等设备的张拉方法，预应力筋的张拉控制应力要符合设计要求，任何情况下，不得超过设计规定的最大张拉控制应力。施加预应力应采用张拉力与引伸量双控，锚下控制应力为 $0.81f_{pu}$ 。控制张拉应力时，应以伸长值进行校核，当预应力钢束张拉达到设计张拉力时，实际引伸量值与理论引伸量值的误差应控制在6%以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措予以调整后，方可继续张拉。

(六) 预制梁整体横移

在下游侧贝雷架施工平台上完成一道预制梁张拉后，将本道梁整体移动至上游侧和中间侧。梁的两端留有预留孔，梁的整体移动采用手拉葫芦、钢丝绳预制梁小拖车进行拖曳。在预制梁下方放置和抽出预制梁小拖车时，在梁两端下方套上钢板悍成的倒几字型“铁扁担”，使用机械千顶实现梁整体的抬升与下落。

(七) 孔道灌浆

在压浆之前，需要先清理孔道清洁孔道：用对孔道无损害的水或皂液对孔道内的油污和有害物质冲洗干净。最后用空压机将管道内的积水吹干净。压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入，由最高点的排气孔排气和泌水，压浆顺序宜先压注下层孔道。压浆以达到孔道另一端饱和出浓浆，排气孔排出与规定稠度相同的水泥浆为止。为保证管道中充满灰浆，关闭出浆口后，应保持不小于 0.5MPa 的一个稳压期，稳压不小于2分钟。

(八) 材料与设备

1. 主要材料

预制节段梁：28天抗压强度 50MPa 的混凝土，抗压强度 500MPa 的钢筋，壁厚 0.3mm 的波纹管，5套定型钢模板， $\phi 48$ 的架子管。

贝雷架平台：3m、1.5m、1m的桁架单元，下顶梁采用 $\text{H}450\times 200\times 9\times 14$ 的H型钢制作下顶梁，采用双拼 $\text{H}400\times 200\times 8\times 13$ 的H型钢制作的上顶梁，8mm厚的花纹钢板， $1180\times 450\text{mm}$ 的支撑架，础板、柱脚及连接螺栓，调节高度的1cm厚木板、5cm厚马道板及沙子。

预制梁吊放时运梁的由贝雷桥平滚改装来的小拖车；张拉时 15.24mm 的钢绞线、锚垫板、工作锚及夹片；移梁时的手拉葫芦、钢丝绳。

2. 主要设备

主要设备见下表

设备表 4.8.2-1

序号	机械名称	单位	数量
1	25t 吊车	台	1
2	柴油式发电机	台	1
3	张拉用 400 吨千斤顶	台	1
4	张拉用 25 吨千斤顶	台	1
5	35 吨机械千斤顶	台	4
6	25 吨自卸车	辆	3
7	混凝土罐车	辆	1

(九) 质量控制

(1) 砼浇筑后应立即检查每根管道是否漏浆和堵管。

(2) 预应力筋的张拉控制应力要符合设计要求，当施工中预应力筋需要超张拉或计入锚圈口回缩预应力损失时，可比设计要求提高3%，但任何情况下，不得超过设计规定的最大张拉控制应力。

(3) 预应力筋张拉锚固后，外露长度不宜小于 30mm ，多余的预应力筋严禁用电弧焊切割，需用砂轮机切割。

(4) 预应力筋张拉锚固后，要及时进行用同等级强度 $\text{H}50$ 砼封锚。

(5) 压浆过程中及压浆后48h内，结构砼的温度不得低于 5°C ，否则应采取保温措施，当气温高于 35°C 时，压浆宜安排在夜间进行。

(6) 水泥浆搅拌：搅拌好的水泥浆要做到基本卸尽，在全部灰浆卸出之前不得投入未拌和的材料，更不能采取边出料边进料的方法，严格控制浆体配比。

(7) 每条孔道一次灌注要连续完成，灌注完一条孔道换其他孔道时间内，继续启动灌浆泵，让浆体循环流动。

(十) 安全措施

(1) 吊车使用前，应当进行检查，保证安全装置完备、灵敏、可靠，确保设备的正常安全运转。

(2) 进行张拉施工时，千斤顶前方严禁站人。

(3) 经常性检查贝雷架平台支撑结构和构件是否正常。

(4) 贝雷架平台两侧设置防护栏杆。

(5) 进行混凝土和压浆作业时，作业人员需配备防护眼镜和工作手套。

五、结束语

在伊比利苏水电站进场道路桥梁施工中，山区桥梁长线法预制节段拼装施工技术在节段梁预制，安放，梁体整体移动就位中表现出其巧妙和便利的特点，解决了施工场地受限和施工设备受限的问题。这项技术在本项目的成功应用，表明其在山区复杂地形桥梁建设中值得推广。

参考文献

[1]于刚，张文庆，张春雷. 预制节段拼装梁桥上部结构施工方法[J]. 城市道桥与防洪，2013. 10. 0089