

异形钢模板在密云水库调蓄工程 泵站群施工中的应用

吴 钢 李 皓 刘 磊

(水利部建设管理与质量安全中心, 北京 100038)

【摘 要】 南水北调来水调入密云水库调蓄工程泵站群中的第1~第7级为低扬程、立式布置泵站,是由方变圆的肘形进水流道及由圆变方的虹吸式出水流道组成,因其模板尺寸大、体型复杂、制作及加固困难而成为工程施工的难点。为保证工程质量,满足施工进度,节省工程造价,泵站流道变径段全部采用预制异形钢模板和内撑外压法施工,取得了预期效果,为在北方建设类似低扬程、立式轴流泵站积累了经验。

【关键词】 泵站;流道;钢模板

中图分类号: TV544 + 9

文献标识码: B

文章编号: 1005-4774(2017)010-0023-05

Application of special-shaped steel template in pumping station group construction of Miyun Reservoir Regulation and Storage Project

WU Gang, LI Hao, LIU Lei

(Construction Management and Quality Security Center, MWR, Beijing 100038, China)

Abstract: Incoming water of South-to-North Water Diversion Project is dispatched into vertical layout pumping station with low head at the first to the seventh grade in pumping station group construction of Miyun Reservoir Regulation and Storage Project. It is composed of an elbow-shaped inlet conduit from square to round shape and a siphon outlet conduit from round to square. The template becomes a difficulty of project construction because of its large template size, complex shape, difficult manufacturing and reinforcement. Prefabricated special-shaped steel template and inside support outside pressure construction method are completely adopted in the pumping station conduit reducing section in order to guarantee the engineering quality, meet the construction schedule, and save project cost. Expected effects are obtained, thereby accumulating experience for constructing similar low head and vertical axial flow pumping stations in the north.

Key words: pumping station; conduit; steel template

1 工程概况

南水北调来水调入密云水库调蓄工程是为解决南水北调中线来水与北京市用水过程不匹配而设置的大型调蓄工程。该工程从团城湖调节池输水至密云水库,全长约103km,共经9级泵站加压提升,设计总扬

程132.85m,总装机容量达36320kW,年运行时间长达7000h。团城湖调节池到怀柔水库为全长73km的梯形明渠,经6级泵站加压,依次为屯佃泵站、前柳林泵站、埝头泵站、兴寿泵站、李史山泵站、西台上泵站,设计输水流量为 $20\text{m}^3/\text{s}$ 。怀柔水库到密云水库全长约30km,经3级泵站加压,依次为郭家坞泵站、雁栖泵站、溪翁



泵站,其中怀柔水库到雁栖泵站是长度约 8km 明渠反
向输水,雁栖泵站到密云水库为全长约 22km 单排
DN2600mm 预应力钢筒混凝土管道(PCCP)。泵站等

别为Ⅱ等,泵站主要建筑物级别为2级,次要建筑物为
3级。密云水库调蓄工程泵站群性能参数见表1。

表1 密云水库调蓄工程泵站群性能参数

参数名称		第1级泵站	第2级泵站	第3级泵站	第4级泵站	第5级泵站	第6级泵站	第7级泵站	第8级泵站	第9级泵站
		屯佃 (3用1备)	前柳林 (3用1备)	埝头 (3用1备)	兴寿 (3用1备)	李史山 (3用1备)	西台上 (3用1备)	郭家坞 (2用1备)	雁栖 (2用1备)	溪翁庄 (2用1备)
净扬程	最大 $H_{\max}/\text{m}$	1.5	2.2	2.45	2.21	2.04	8.18	4.23	33.85	59.5
	设计 H_d/m	1.08	1.6	2.21	1.97	1.59	6.18	2.54	32.55	52.5
	最小 $H_{\min}/\text{m}$	0.11	1.27	2.06	1.82	1.29	4.31	0.89	30.9	38.5
设计扬程	最大 $H_{\max}/\text{m}$								57.5	62.1
	设计 H_d/m	1.71	2.21	2.83	2.58	2.11	6.87	3.24	56.2	55.1
	最小 $H_{\min}/\text{m}$								54.55	41.1
进水侧	低水位 H_{il}/m	48.38	48.60	49.42	50.53	51.30	51.92	57.00	59.65	91.50
	设计水位 H_{is}/m	48.60	49.16	49.62	50.73	51.50	52.63	58.50	59.95	92.50
	高水位 H_{ih}/m	49.26	49.39	49.72	50.83	51.60	52.92	60.00	60.60	93.50
出水侧	低水位 H_{ol}/m	49.37	50.66	51.78	52.65	52.89	57.23	60.89	91.50	132.00
	设计水位 H_{os}/m	49.68	50.76	51.83	52.70	53.09	58.81	61.04	92.50	145.00
	高水位 H_{oh}/m	49.88	50.80	51.87	52.74	53.34	60.10	61.23	93.50	151.00
水泵	叶轮直径/mm	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1260	1400	1400
	叶轮调节	全调节	全调节	全调节	全调节	全调节	全调节	全调节		
	设计净扬程/m	1.08	1.6	2.21	1.97	1.59	6.18	2.54	56.2	55.1
	单机流量/(m^3/s)	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	5	5	5
	泵型	立式轴流	立式轴流	立式轴流	立式轴流	立式轴流	立式混流	立式轴流	双吸离心	双吸离心
电机	配套功率/kW	315	355	400	355	355	1000	400	4000	4000
	转速/(r/min)	245	245	245	245	245	290	290	495	495
	工作电压/kV	10	10	10	10	10	10	10	10	10

2 泵站进出水流道特点

密云水库调蓄工程第1~第7级泵站(屯佃泵站~郭家坞泵站)为低扬程泵站,采用立式布置,泵房内部自下而上分为进水流道层、水泵层、出水流道层和电机层。进水流道为肘形,其断面沿水流方向由矩形渐变为圆形,由 $2.38\text{m} \times 3.5\text{m}$ 矩形渐变 $\varphi 1.42\text{m}$ 圆形弯头连接水泵;出水流道为虹吸式,其断面沿水流方向由圆形渐变为矩形,水泵出口 $\varphi 1.8\text{m}$ 圆形渐变为 $1.247\text{m} \times 2.529\text{m}$ 矩形驼峰,渐扩至 $1.59\text{m} \times 3.5\text{m}$ 矩形出口。泵站进出水流道如图1所示。

3 泵站流道混凝土模板选择

对于低扬程泵站异形流道钢筋混凝土结构施工,由方变圆的肘形进水流道及由圆变方的虹吸式出水流道,因其模板尺寸大、体型复杂、制作及加固困难而成为工程施工的难点。

常规施工方法为底板浇筑后,制作木模板^[1],现场支护,进行钢筋绑扎并浇筑混凝土。由于木模板为异形模板,制作时须经计算机模拟放样,并由专业木模板制作工制作。但是北京地区很少使用低扬程泵站,能够制作流道木模板的工人极少,且制作时间较长。

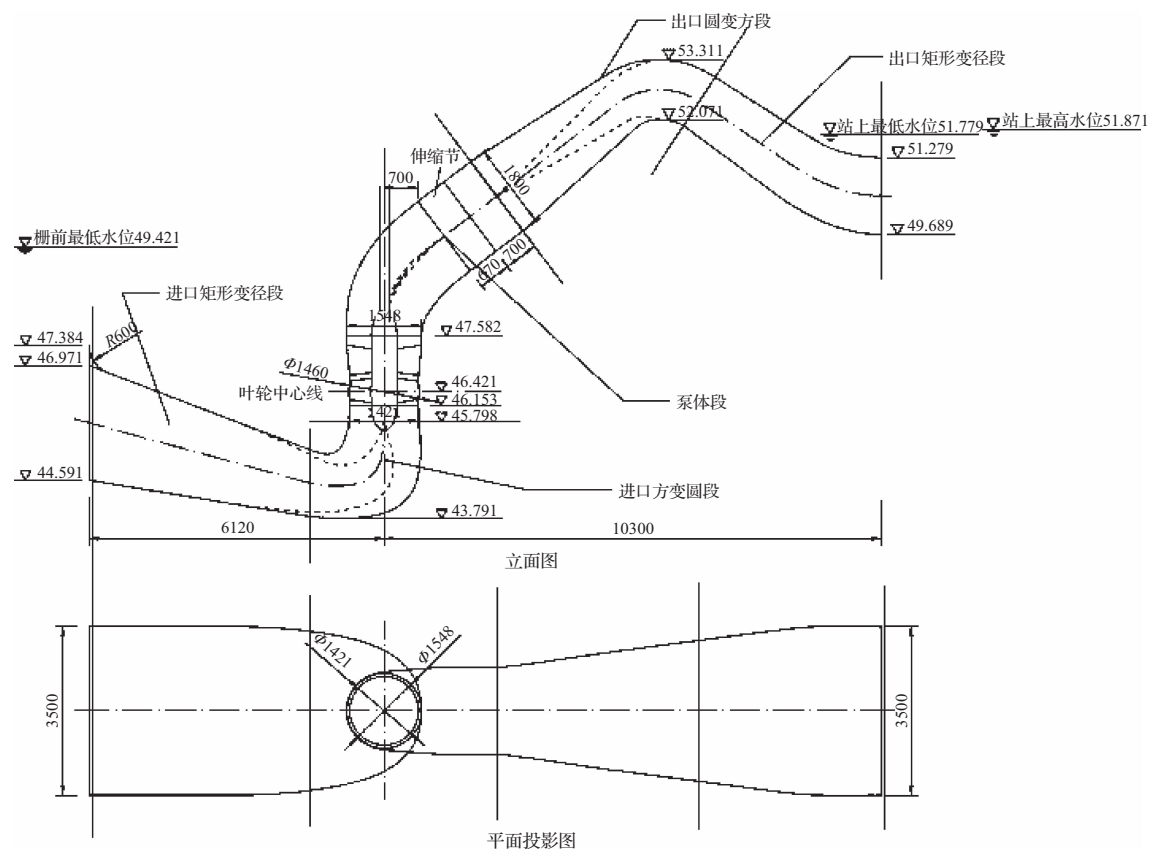


图1 泵站进出水流道(以埕头泵站为例)

该工程第1~第7级泵站共27套进出水流道需同时施工,在模板制作上具有一定困难。钢模板具备部件强度高、组合刚度大、制作速度快、不易变形、整体性好等特点^[2]。钢模板可预先加工,整体运输到工地后现场吊装,在施工上具有较大便利性。因此,该工程进出水流道方形结构段采用木制模板,进出水流道变径段,即在由方变圆的进水流道段和由圆变方的出水流道段采用异形钢模板、内撑外压法作为泵站流道钢筋混凝土施工方法,加快了施工进度,节约了工程成本。

钢模板材料采用Q235A,壁厚采用 $\delta 5\text{mm}$ 钢板;内壁采用 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 4\text{mm}$ 角钢和 $50\text{mm} \times 10\text{mm}$ 带钢加强;内侧采用 $\phi 48\text{mm}$ 的钢管支撑;钢模板对接焊缝在外侧焊接,焊缝打磨平顺去掉毛刺。

在浇筑底板混凝土前,将支撑模板的钢管及其他预埋件位置确定准确,提前埋入,保证流道模板的支撑位置与受力位置均衡。沿模板的轴向预埋焊接12号工字钢门架,依靠碗扣架顶托将模板固定在门架内,不

得移动,防止混凝土浇筑过程中渐变流道模板上浮。

4 钢模板制作及安装

4.1 钢模板制作

肘型流道模板制作是保证流道符合设计要求线型、满足设计流态、减少水流阻力的重要环节,采用定型钢模板时,应经过钢结构设计,确保其满足流道外部尺寸要求,表面钢板、内部支撑具有承受相应施工阶段荷载的能力,工厂化制作、运输、现场安装应有相应方案。

4.2 钢模板安装

定型钢模板拼装完毕后整体吊装,吊装前对模板进行打磨、抛光,涂抹脱模剂。安装过程中测量人员严格控制模板的高程及位置,确保浇筑完成的混凝土结构尺寸满足设计要求。

4.2.1 进水流道模板

每套进水流道模板根据长度宜分成三段,如图2所示。每段分成三大块、一小块,四块形成环形结构,



块与块之间采用螺栓连接。为方便模板的拆除,顶部最小的模板拼接缝采用楔形拼接,如图3所示。

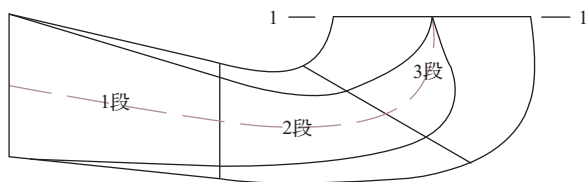


图2 进水流道渐变段定型模板分段纵剖图

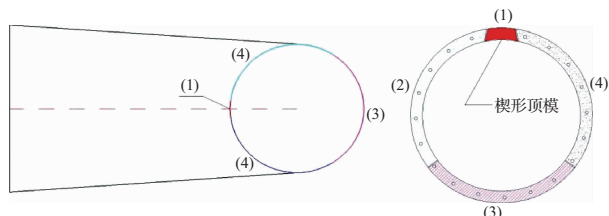


图3 进水流道渐变段定型模板分段横剖图

进水流道定型钢模板安装固定依靠底板一期混凝土 $\varphi 4.8\text{cm}$ 钢管,钢管上安装碗扣件顶托,顶托上放置混凝土同标号的垫块,依靠调整顶托的丝杠来调整进水口渐变流道模板的位置和高程。为保证支撑的受力位置,预埋钢管及钢结构门架前,根据模板的加固受力

横肋位置埋设,保证四周支撑点在模板内的钢横肋处受力。为防止混凝土浇筑过程中,流道模板上浮或左右位移,可在12号工字钢固定门架上焊接 $\varphi 4.8\text{cm}$ 钢管,在钢管上安装顶托,顶托支撑混凝土垫块,仍依靠调节顶托丝杠来固定渐变流道模板的位置。模板内部采用碗扣架钢管十字撑进行支护,支撑位置与流道外部支撑点相对。并通过环向钢筋配合保护层垫块对定型钢模板再次固定,对防止混凝土浇筑时的钢模板漂浮起到一定作用。

4.2.2 出水流道模板

出水流道渐变模板与进水流道渐变段模板加工分段、分块形式一致。安装过程中测量人员严格控制模板的高程及位置,确保浇筑完成的混凝土结构尺寸满足设计要求。

出水流道渐变段模板,与进水流道渐变段模板同期加固,采用与进水流道相同的支撑体系。通过流道四周环向配筋配合保护层垫块对定型钢模板再次固定,以防止在浇筑混凝土时钢模板漂起,内外支撑如图4所示。

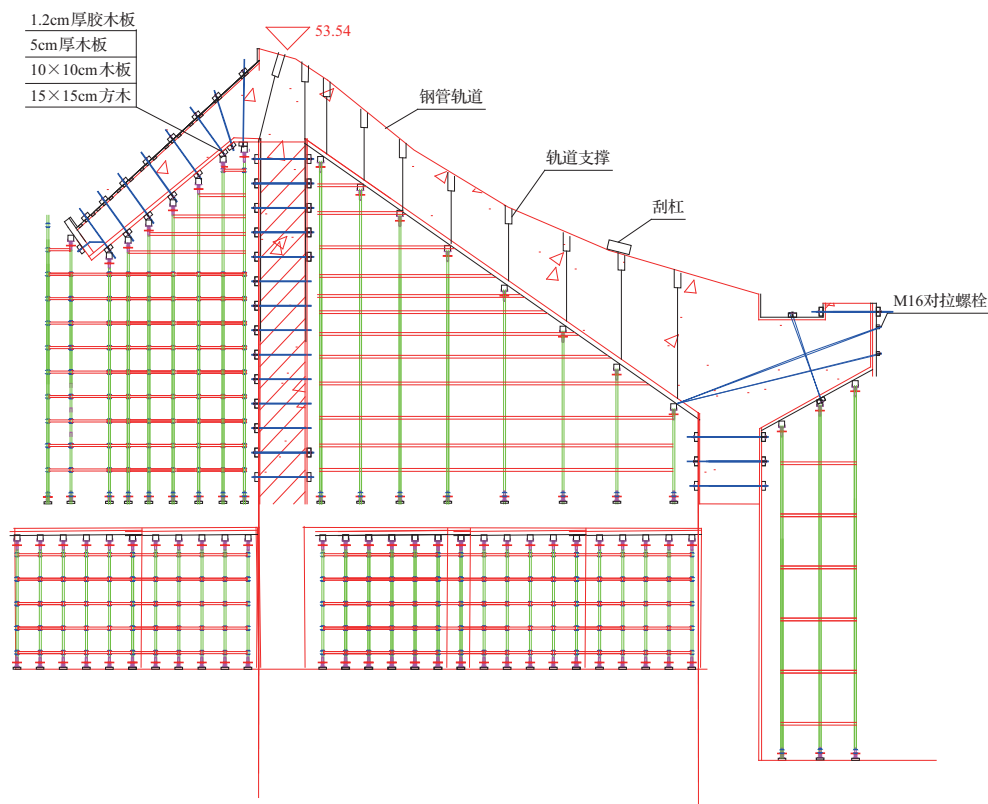


图4 出水流道模板支撑纵剖图

4.3 模板拆除

当混凝土达到设计强度后进行模板拆除,拆除顺序:1号模板、2号模板、4号模板、3号模板。1号模板位于流道的顶部,由于是弧形结构,考虑流道内空间小,无法使用较大的设备,故采用20cm宽的条形钢模板,以便拆除。拆除模板过程中,注意成品混凝土的保护。

5 混凝土浇筑

5.1 混凝土配合比

流道混凝土采用补偿收缩混凝土,配合比见表2。

表2 补偿收缩混凝土配合比

42.5号普通 硅酸盐水泥	砂	石	水	掺合料	外加剂		
				粉煤灰	引气剂	膨胀剂	防冻剂
316	763	1012	178	57	4.0	32	8.5
1	2.41	3.2	0.56	0.18	0.013	0.101	0.027
—		水胶比	0.44	砂率/%	43		

混凝土坍落度控制在 $140 \pm 20\text{mm}$,水胶比0.44,小于规范值0.5,胶凝材料大于 $300\text{kg}/\text{m}^3$,满足规范要求。

5.2 补偿收缩性能指标

补偿收缩混凝土性能指标:普通部位水中14d的限制膨胀率0.015%~0.020%,空气中28d限制收缩率小于0.03%;膨胀加强带水中14d的限制膨胀率0.025~0.045,空气中28d限制收缩率小于0.03%。

5.3 泵站下部结构二期混凝土施工

二期混凝土施工主要包括:进水流道洞身及顶板混凝土;出水流道下部结构第一层墙身及顶板混凝土。

为保证进水流道洞身混凝土的整体性,整个洞身混凝土在二期浇筑中采用一次浇筑完毕。采用悬模支撑,并在混凝土浇筑过程中,使用较低坍落度的混

土。为减少混凝土浇筑过程中的上泛,可暂停半个小时后再继续进行下层混凝土浇筑。

5.4 出水流道混凝土浇筑施工

出水流道混凝土采用商品混凝土,防止因模板变形产生裂缝^[3]。流道混凝土浇筑时,严禁泵管撞击模板。分层浇筑,每层控制在20~30cm,出水流道模板两侧均衡浇筑,避免因高度不对模板产生侧向压力,使模板产生侧向位移。采用50型插入式振捣棒,与模板保持5~10cm的距离;插入下层混凝土50~100mm;振捣时要快插慢拔,每一处振捣完毕后边振捣边缓慢提出振动棒,振捣过程中避免与模板、钢筋及其他预埋件碰撞。每棒振捣时间控制在25s左右。对每一振捣部位,必须使混凝土振捣密实、混凝土停止下沉、不再冒出气泡、表面呈现平坦、泛浆为止;避免过振或漏振。

流道混凝土浇筑过程中,出水流道顶部模板不开孔,主要是为了避免开孔后,浇筑过程中混凝土面不易控制。

6 结 论

工程第1~第7级泵站使用异形钢模板浇筑泵站进出水流道施工,既保证工程质量,又满足施工进度要求,节约了工程造价,为北方地区低扬程、立式轴流泵等泵站施工积累了经验。◆

参考文献

- [1] 王先山,苏冠鲁,沈万和,等.台儿庄泵站肘形流道施工技术[J].南水北调与水利科技,2009,7(6):381-384.
- [2] 朱明,陈国威.装配式钢模板在泵站肘形进水流道中的应用[J].水利建设与管理,2016,36(12):1-5.
- [3] 韩仕宾,戴敬秋,陈卫东.浅谈泵站进水流道大体积混凝土裂缝的预防和控制[J].南水北调与水利科技,2008,6(1):295-297.