

万年闸船闸浮式系船柱槽的施工

张玉强, 朱平

(山东省筑港总公司, 山东 青岛 266032)

摘要: 浮式系船柱槽是万年闸船闸的重要组成部分。介绍了浮式系船柱槽的详细施工方案和质量保证措施。

关键词: 京杭运河; 浮式系船柱; 预埋件; 门槽

中图分类号: U641.6 **文献标识码:** A

山东省筑港总公司主营沿海港口工程。相对而言, 船闸工程技术比较复杂, 且又缺乏成熟的施工经验, 故万年闸工程项目部成立不久, 又成立了“万年闸船闸工程 QC 小组”, 由项目部及各分部技术主管人员组成, 本着学习兄弟单位成功经验及时总结施工中的经验教训, 不断总结、不断创新、不断提高的宗旨, 以群策群力来应付工程中出现的各种技术难题。

1 发现问题

本着“及早发现问题, 以争取充足的时间讨论研究, 制定出较为成熟的方案”的精神, QC 小组成立之后, 对船闸工程的图纸、招标文件、技术规范、检验标准等进行了深入的学习和讨论。针对类似工程施工中产生的教训, 大家一致认为: 浮式系船柱导轨的安装是值得认真讨论的问题。

在老式的浆砌石结构的船闸中, 一般没有浮式系船柱, 而是以系船钩、固定系船柱作为系船设施。但近年来, 以砼为主体的船闸一般都设有浮式系船柱。浮式系船柱主要由浮筒、支承压板、系船架、系船帽、横向滚轮、纵向滚轮等部件构成, 设置在闸室墙身内凹的一个“U”形槽内。浮式系船柱槽的主要预埋件为导轨、护角。工作原理是: 浮式系船柱安装在槽内, 但与闸室墙相独立, 其滚轮限于导轨, 并可沿导轨上下滚动, 浮式系船柱利用闸室内水对浮筒的浮力, 使其系船帽保持与水面相对位置不变。

收稿日期: 2004-03-08

作者简介: 张玉强(1963-), 男, 工程师, 主要从事工程施工管理工作。

(责任编辑: 武建平)

浮式系船柱由于在不同水位时其系船帽均能保持在水面以上一定高度, 对船只带缆非常方便。但对于施工而言, 其门槽导轨的预埋要求十分严格(表 1)。

万年闸船闸浮式系船柱槽位于单号闸室墙内, 共有 14 处, 其高度为 12.9 m(底高程+21.5 m, 顶高程+34.4 m), 工程量比较大, 施工有一定难度。

表 1 导轨安装允许偏差

项 目	允许偏差/mm
导轨竖向倾斜	±3
相邻导轨错位	1
主滚轮侧滚轮轴线平行	0.5
导轨平面相对系船柱中心线偏差	±3

2 方案的比较和确定

经过较长时间的思考酝酿, 并结合类似工程的施工经验, QC 小组成员共提出了 3 种比较成熟的方案:

- (1) U 形槽整体式钢结构, 分段焊接、浇筑。
- (2) 采用二期砼浇筑。
- (3) 分段一次性浇筑。

2.1 U 形槽整体式钢结构, 分段焊接、浇筑

该方案在台儿庄二级船闸(与万年闸船闸设计类似, 同属二级船闸)中应用过, 效果较好(仅有一副浮式系船柱上浮效果不理想)。因此, 此方案最早被提入议事日程。

该方案施工方法为: 用钢板将护角、导轨焊接在一起, 连同槽体形成一个整体的钢门槽, 与侧墙模板相连, 浇筑在侧墙中, 每浇一层侧墙, 向上焊接一段整体式钢门槽。

该方案的优点:

- (1) 门槽强度高;
- (2) 外观效果较好。

该方案的缺点:

- (1) 连接钢板用量大

由于护角及导轨自重均较大, 且槽形状为 U 形, 易发生变形, 因此连接用钢板厚度不可过薄, 不能低于 5 mm。因此连接用钢板面积较大, 约为 396.417 m²(搭接部分尚未列入), 重量达 15.460 t。

- (2) 钢板弯折工作量大

连接钢板折角较多, 每一截面折角达 6 处之多, 如用折弯机进行折角, 总折角长度达 1 083.6 m, 且角度较难控制, 加工制作繁琐。

- (3) 焊接工作量大

为防止在运输、固定过程中发生形变, 连接板与导轨、护角必须进行满焊, 仅连接焊缝长度达 1 086.6 m, 加上层间搭接焊缝长度 110.7 m, 共计 1 197.3 m。

(4) 运输困难

由于每副槽体长达 12.9 m, 因此在运输过程中不能整体通长运输, 必须分段切割开, 编号运输。同时, 由于每对导轨间的相对位置要求精度高, 且 U 形结构易产生形变, 运输过程中, 槽体不能叠压, 这就给运输带来了困难。

(5) 需大量使用吊车

由于每段(长 4 m)整体式门槽重量约为 524 kg, 必须用吊车起吊、安装, 同时在吊装过程中, 必须选好吊点, 严禁发生碰撞, 否则极易引起变形。

(6) 接长过程中焊接难度大

在整体式门槽向上接长的过程中, 由于焊接工作量较大, 且吊车吊装不可能太过精细, 因此出现质量缺陷的机率大, 易发生错位。

经过分析认为, 虽然此方案施工完成后外观较好, 且槽体强度较高, 但金属制作难度、运输难度、安装难度等总是均不可忽视, 更重要的是材料、机械、人工等方面投入大, 远远超过了投标报价, 仅能作为参考方案。作为本方案的实践, 曾加工过 4 m 长的一段整体式浮式系船柱槽, 但运输过程中产生了形变, 虽经现场校正, 仍无法使用, 遂否定了此方案。

2.2 采用二期砼方式浇筑

虽然施工设计图纸未标明浮式系船柱预埋件采用二期砼, 但也未标明不可用二期砼方式预埋。江苏省内在建的刘山船闸(也同样属于二级船闸)便是采用此种方式, 虽然尚未放水试运行, 但通过万年闸节制闸工程(其闸门门槽轨道为二期砼预埋), 也可类推看出其大概。

该方案的优点:

(1) 导轨整体性好

通过二期砼, 可在工作平台上将导轨一次焊接通长成形(长 12.9 m)。良好的焊接条件可保障其错牙小于 1 mm。

(2) 两片导轨相对位置容易设定

由于导轨刚度较大, 不易变形, 因此, 只需控制好上口与下口即可保证其精度。

(3) 闸室侧墙施工进度可加快

由于预埋件留待二期砼埋设, 闸室侧墙只需绑扎钢筋架立模板完成后即可浇筑, 施工进度加快。

该方案的缺点:

(1) 需要大量插筋

为保证二期砼与一期砼能够结合牢固, 就需要布设一定数量的插筋, 由于面积较大, 达 1 841.6 m², 布置的插筋数量也就可观。

(2) 施工难度大。由于浮式系船柱槽背部墙体较薄, 仅有 40 cm 厚, 因此二期砼厚度

不能超过 20 cm(刘山船闸浮式系船柱槽背水面墙体厚达 1 m),而且高度较高,为 12.9 m,再加上空隙内布满插筋,空间十分狭窄,为保证浮式系船柱导轨的安装精度,在这样狭小的空间内不能用振捣棒进行振捣,万年闸节制闸工程闸门导轨安装时也遇上了同样的难题,当时只能用 0.5~2 cm 直径骨料的砣(为保证砣强度,必须更换配合比),振捣时采用细长的竹篾,插捣时如同疏通下水管道,十分费时。

(3)砣表面不够理想。由于二期砣振捣不能够很充分,因此,出现蜂窝、麻面等表面缺陷的机率大,同时,由于二期砣只含有单一级配的骨料,砣表面色泽与原一期砣截然不同。施工缝处即便经过特殊处理,仍嫌不够美观。

(4)施工总进度滞后,虽然闸室墙施工进度可以加快,但后期二期砣浇筑期间,由于要求精度高、单位时间完成的工程量将会很小,这种情况将会直接影响到施工人员的情绪,势必造成总施工进度的滞后。

综合考虑,此方案可行性大,预埋件精度比较容易控制,但由于设计原因,在实施过程中存在不小的麻烦,但也并非不能克服,主要的缺点就是外观质量方面。此方案一度曾作为首选方案。

2.3 分段一次性浇筑

虽然从施工图纸上看,浮式系船柱槽为一期砣,但附近船闸尚无这方面的成熟施工经验。由于一次性浇筑一体性好,但施工困难,尤其表现在导轨的相对位置固定方面,小组成员为此提过几种方案,如桁架支撑、多块钢板拼合支撑等方案,但均因拆卸不便、支撑力度不够而流产。因此,此方案一度认为没有多大可行性而被搁置,直到施工将要进行之际,负责闸室施工的王日亮经理又提出了此方案,并以模型实物等作为辅助说明手段,对专家与监理工程师进行详细讲解论证,此方案遂受到重视。

该方案的优点:

(1)外观比较美观

由于预埋件与侧墙一同进行浇筑,砣颜色均一,且无垂直方向的施工缝,以外观上看,整体性好。

(2)牢固性好

由于导轨与护角直接预埋在一期砣中,砣的配合比、振捣等比较容易控制,锚筋能够充分发挥作用,埋设牢固,容易满足设计要求。

(3)总体进度快

预埋件埋设过程中的测设过程可与闸室侧墙模板的测设过程同时进行,既便于控制质量又可加快测设速度,同时,与二期砣比,少架立了一次模板,而且由于预埋与侧墙施工连在一起,施工控制比较容易。

该方案的缺点:

(1)导轨接长焊接难度大

由于导轨制作并非是通长的,两节导轨截面不可能完全吻合,而且在接长焊接过程中,只能横焊,容易引起两段导轨间的错牙。

(2) 预埋件固定必须牢固

砼未凝固前的侧压力、振捣棒在砼中的振动力对预埋件产生水平作用力,如果预埋件固定得不牢固,就会产生位移,直接导致施工事故。

综合考虑,由于详细方案完全能够克服两项主要缺点,其优势是明显的:在保证质量与进度的前提下,可大大降低施工成本。因此,此方案最终成立。

3 详细方案

3.1 预埋件检验及处理

预埋件制作的质量是最终质量极为重要的一环,如果制做不合格,那么无论安装得多精密,最终质量也不会合乎要求。因此,预埋件进场之后,立即组织人员对每一件进行质量检验,严格按规范进行,合格的与不合格的分开堆放。堆放时,将其平放在 C15 砼地坪上,并避免叠放,以防止自重使其产生形变。不合格的预埋件采用千斤顶等工具进行校正,能够校正合格的可以使用,不合格的退回生产厂家。

针对加长焊接不易施工的缺点,在堆料场附近设立加工平台,用砂轮机配合钢角尺对检验合格的导轨进行处理,以保证相邻导轨的接触面完全吻合,且两段导轨的轴线同属一条直线。然后在导轨接触面的外侧略微打一下坡口,上层导轨底部钻 2 个 M20 的孔,处理完成的导轨编号存放。

3.2 测量方案

浮式系船柱的安装精度,取决于测量方案,测量方案如果不能够切实可行,预埋精度根本无从谈起。

浮式系船柱导轨纵向轴线控制点由闸室侧墙前沿线控制点测设而出。闸室侧墙前沿线控制点共设有 6 处:2 处位于上闸首西侧,为浆砌石控制平台上点;2 处位于下闸首东侧,为浆砌石控制平台上点;两处位于最早进行施工的 10# 侧墙顶部。由于闸首施工基本结束时,将会使两侧浆砌石平台不通视,这时就把控制点及时引到闸首上去。

闸室侧墙钢筋密集,空间十分狭窄,为避免倒镜过程中由于系统误差和某些失误(如:碰撞、挂带等)而影响测量精度,导轨纵向轴线控制点也设为 6 个,根据闸室前沿线控制点引测而出,并与之相邻。

为保证导轨在顺轴线方向不发生位移,在每段单号闸室底板上设立两个横向轴线上的点,同时,在该段导轨顶端焊接一条 1.4 m 长 L5×50 角钢,使其折角位于上方,成“ù”形。顶端中心点用钢锯划下一条缝线,作为导轨横向轴线上的点,以底板上两点来测设定位导轨横向轴线。

3.3 设立底支撑

预埋件底高程为+21.5 m, 与闸室底板高程+20.0 m 有 1.5 m 的高差。因此, 需要设立一个底支撑平台。在现浇闸室底板过程中用经纬仪、钢尺测设出浮式系船柱槽的位置, 并在四角预埋 4 根 10# 槽钢。

闸室底板砼形成一定强度后, 焊接加长 4 根预埋槽钢, 使其顶面高程为+21.44 m, 然后在预埋槽钢上焊接 2 根水平的 10# 槽钢, 平行于前沿线, 水平槽钢长度 1.6 m, 平面向上, 再将 3 根 10# 槽钢焊接在这 2 根槽钢上, 垂直前沿线方向, 间距为 0.7 m, 长度 1.8 m。为保证底支撑平台的稳固, 焊接要求满焊。第二次焊接的 3 根槽钢中, 两侧的 2 根用于焊接浮式系船柱导轨, 中间 1 根用于设置的浮式系船柱中心点。施工中为加强张拉时底支撑的稳定性, 在其四周加 4 根 L5×50 角钢, 与地面成 45° 角。

3.4 内支撑板的制作及组装

浮式系船柱两片导轨的相互位置取决于内支撑板, 同时内支撑板还要兼顾浮式系船柱槽木模的支撑、固定。由于浮式系船柱槽形状不够规则, 普通钢模板无法使用, 在保证质量的前提下, 出于加工快捷、安装方便、成本低廉的原因, 决定浮式系船柱槽模板采用 3 cm 厚木质模板。木质模板刚度小, 易出现大的挠度, 内支撑板间的距离受其制约, 不能够过大。由于门槽开口处(即护角间的距离)较为狭窄, 给内支撑板安装、拆卸增加了难度, 这就要求内支撑板必须具有坚固、重量轻、易安装、拆卸、易于加工等方面的特点。

针对内支撑板的技术要求, 经反复权衡、讨论, 定其为分片组合式, 由 5 cm 厚木板、1 cm 厚钢板、L70×6 角钢等组成。

首先, 由于每段闸室浇筑高度为 4 m, 且侧墙单号模板共计 3 套, 为流水作业, 内支撑板的数目不能少于 24 套, 数目相对比较大, 为加工方便, 加工后易于检验, 在加工前预先加工一件内支撑板模型。为了使模型加工尺寸精确, 模型采用木质, 刨光平整后, 尺寸比设计略大 1 mm, 以备干缩, 模型木质为均质松木, 厚度为 5 cm, 以防止翘曲变形。

木模型制好后, 根据尺寸进行内支撑板各零件的加工, 加工的尺寸略大于要求值, 然后用刨床、砂轮打掉毛刺, 进行平整精加工, 最后使其完全符合设计要求。

内支撑板各零部件制作完成后, 即可进行组装, 组装在加工场进行。首先, 将木质模型平放, 作为加工平台, 将 2 片 1 cm 厚内支撑钢板平放在平台上就位(务使其支撑导轨端与木模型齐平)。由于 2 片钢板间有 2 cm 间距, 其相互关系的固定由 2 条 L70×6 的角钢完成, 角钢在加工阶段已按图钻好螺栓孔, 用以配 16 号螺栓。将两条角钢放在 2 片内支撑钢板上, 调整好搁置后, 在内支撑钢板相应的位置钻相同尺寸的孔, 两者的孔必须对应(这非常重要)。为防止发生移动, 孔径不可超径。然后将两片内支撑木板放于内支撑钢板上, 边缘对齐之后, 在相应位置钻孔, 同样配 16 号螺栓。

内支撑钢板及连接板用以固定导轨间的位置, 而内支撑木板的作用是固定浮式系

船柱槽的木模板。由于内支撑木板的厚度较厚(5 cm),还可以起到减小木模板挠度的作用。

内支撑模板组装完成后,再进行现场安装。

3.5 底层浮式系船柱预埋件的架设

浮式系船柱槽的底高程为+21.5 m,对于正常运转的船闸来讲,浮式系船柱不会降至此高程,似乎精度可以略松,事实恰恰相反,这一段尤其应该引起足够的重视,这是因为将浮式系船柱吊入槽中时,闸室内尚未放水,浮式系船柱就落在槽底,如果导轨安装精度不够(如相邻错牙过大,相互不平行等原因)放水后,浮式系船柱很可能卡住,浮不起来,这时再采取措施,不仅投入大,处理之困难亦令人头痛(台儿庄二线船闸曾有几例浮不起来,后来由潜水员下水操作,方始运转正常),因此,浮式系船柱槽的施工从底部起就应全力以赴,打下良好的基础。

首先,在底支撑平台周围架立脚手架,以作架立导轨、护角用。然后,利用经纬仪在底支撑平台上测放浮式系船柱槽的纵横轴线,并定出中心点,用钢角尺在槽钢上量出2片导轨及护角的位置,将预埋件焊接在相应的槽钢上。

由于内支撑板中部有宽度为2 cm的裂缝,不适宜作浮式系船柱槽底模板,其底模板采用4 cm厚木板,外形及平面尺寸,如内支撑板木质模型,底模板用16号螺栓固定于槽钢上(螺母位于下方)。

浮式系船柱槽的模板为木质模板,厚度为3 cm,刚度较弱,因此,内支撑板不可过大,否则极有可能在2片内支撑板间产生大的挠度。经计算,并从保守方向考虑,内支撑板的间距定为60 cm。

为了定位内支撑板,使其不能向下滑落,同时也方便在浮式系船柱槽内拆卸内支撑板,在导轨边翼无模板处按距离焊上5 cm长L50×5角钢,焊接方式为两点焊,不要求非常牢固,待浮式系船柱槽施工完成后,即可将其敲落,用砂轮机将痕迹打磨平整。焊接程序为从低到高,焊4片角钢安一片内支撑板,待内支撑板全部放入导轨中时,在导轨两侧翼各焊接一根中间为花篮螺丝的16号钢筋,收紧花篮螺丝,使导轨牢牢地与内支撑板结合在一起。

预先加工一段两端打磨平整长1.4 m的L50×5角钢,用钢尺量出中线,在拐角处用钢锯拉出一条1 mm深的槽,作为中点。

导轨间相对位置固定后,将这根角钢成“^”形焊接在导轨内侧,用以测放其横向轴线。

在导轨外侧4角各焊接一只18号钢筋曲成的圆环,焊接为双面焊。圆环连接两条花篮螺丝的18号钢丝绳。其中一条钢丝绳另一端扣在相邻段侧墙的主筋上(出于工序要求,双号侧墙工序安排在先,其顶端高程略低于导轨顶高程),由于在侧墙两侧各有一排主筋,且为28号钢筋,钢丝绳扣于其根部,尽可保证稳固性(1#和13#侧墙近闸首的

一侧采用 18 号圆钢为拉索,其另一端焊接在本段边侧的主筋根部,浇筑时将 18 号圆钢也浇筑在内,其花篮螺丝放在近导轨处,浇筑完成可重复使用)。这 4 根拉索用以调节导轨的横向轴线位置。

另一条钢丝绳的另一端扣在相近侧墙模板的钢桁架上,侧墙模板安装十分稳固。用钢尺在每根导轨的顶部量出中心点,用钢锯划 1 mm 深槽,作为其纵向轴线上的点,通过控制这四根花篮螺丝来调节导轨的纵向轴线位置。

3.6 二、三层浮式系船柱预埋件的架设

二、三层浮式系船柱预埋件的架设与底层相比,唯一的区别在于预埋件的对接上。预埋件的对接采用焊接。由于下段预埋是固定的,且经过测设证明满足要求,对接时,只要保证上下段预埋件吻合即可。首先,用 M20 螺栓将 10 mm 厚、900 mm×200 mm 的钢板(上半部)与上段导轨连接,将上、下两段导轨拼接吻合后,将下段导轨与钢板下半部焊在一起,然后进行精细调整,调整结束后,对上、下两段导轨接触面进行双面横焊,然后卸下螺栓,将螺孔焊满。内侧面在焊后要进行砂轮打磨,以保证相邻面平整。

3.7 浮式系船柱槽模板的架设

浮式系船柱预埋件就位后,即可进行浮式系船柱槽模板的架设,考虑多次周转使用,模板为 3 cm 厚木板,木质为均质松木,无腐朽、节疤缺陷,临砣一面经过刨光处理。

为拆卸方便,避免拆卸过程中损伤模板,模板组合按一定顺序进行,模板紧贴在内支撑板的边缘,固定时用长钉从内支撑板的木板一侧钉入模板,以钉尖不突出模板表面为限。

为保证砣外观质量,竖向木模采用白铁皮贴面,由小木钉固定。经施工发现,砣外观质量略逊于侧墙表面砣,且白铁皮拆卸时损伤较重,只能一次性使用,浪费较大。为降低施工成本,试验用较厚聚乙烯塑料作木模贴面。考虑到塑料易皱、易破的缺点,一方面将塑料边缘用木模压在背向砣一侧,且塑料膜与模板采用图钉固定,另一方面在砣振捣过程中严格施工操作,严格控制振捣棒在模板 5 cm 以外。试验结果表明,砣表面光洁平整,只是略有些发亮,这是由于塑料薄膜光洁度高的原因,经养护及风吹日晒,这种亮光就会消失,与侧墙砣表面只差模板缝而已。

3.8 砣浇筑过程中的观测

尚未凝固的砣的侧压力很大,极易造成预埋件偏移,同时,由于闸室侧墙浮式系船柱附近空间狭窄,仅容 1 人通过,极易发生操作失误,如振捣棒插到锚筋上,误撞了拉索等。一旦发生了上述失误,也能造成预埋件偏移。为了防止这种情况发生,除安排富有经验的砣工人在此振捣外,主要是实行现场观测检查。砣施工每进行 2 h,对浮式系船柱导轨进行一次纵、横向轴线检测,如发现有位移产生,立即进行纠正。虽然至今尚未发现过上述移位现象,但观测检查从未废止。

3.9 模板的拆除

浮式系船柱槽板的拆除也值得引起足够的重视。因为模板为木质,一旦拆除过程中操作失误,会损伤砼表面,引起外面缺陷。而如果对模板造成的损伤,势必会影响模板的周转使用。因此,拆卸过程必须严格按照规程进行。

首先拆去观测横向轴线用角钢,由于角钢位于导轨内侧,不可以用锤敲落,拆卸时应在离导轨 3~5 mm 处用气焊切除,然后用砂轮将残留物打磨干净,恢复导轨原貌。再对钢丝绳进行拆除,只需打开扣件即可。拆下的钢丝绳与花篮螺丝要清理上油,以备下次使用。

然后对内支撑板进行拆卸,拆卸内支撑板时,必须高度重视安全问题。操作工人必须配带安全带,安全带另一端固定在主筋根部,为防支撑角钢脱落,绳长不可过长,以能活动为限。拆卸过程中先用扳手将内支撑木板上的螺栓卸下,拆下内支撑木板,然后将内支撑连接板卸下,内支撑钢板便容易拆下了。拆卸过程必须小心轻放,严禁用铁钎撬内支撑钢板。拆下的内支撑板必须编号存放,严禁混放。

内支撑钢板拆除后,即可进行浮式系船柱槽木模板的拆除,拆除顺序与安装顺序相反。拆除过程中可损伤砼上表面(因为下次施工前,这部分要被凿除),但不可以损伤侧面表面。

3.10 善后处理

良好的善后处理是做到万无一失的保证。因此,善后处理也是值得重视的。当浮式系船柱槽整体完成后,善后处理就要开始进行。处理时,用吊线、钢尺、靠尺、塞尺等工具逐个对导轨进行检查,不合要求立即修整。修整结束后,用吊车将一套浮式系船柱吊入槽内,上下吊动,验看运转情况,试运转良好,方合格。

Construction of Floating Bollard Groove of Wannianzha Shiplock

ZHANG Yu-qiang, ZHU Ping

(Shandong Port Construction General Corporation, Qingdao 266032, China)

Abstract: The floating bollard groove is an important component of Wannianzha shiplock. In this paper, the detailed construction scheme and quality assurance measures for the floating bollard groove are introduced.

Key words: Beijing to Hangzhou canal; floating bollard; embedded parts; gate groove