

皂河节制闸的加固设计

徐光华

(江苏省水利勘测设计研究院 扬州 225009)

摘要 皂河节制闸建于50年代初,当时设计经验不足,闸墩设计短窄,结构自重轻,加上骆马湖水情发生变化,导致闸室稳定性差,闸门锈蚀和变形。本文针对该闸特点,介绍如何围绕闸门更换不打坝、不影响汛期排水所采取的加固措施与施工方法,其经验可供类似的工程加固维修参考。

关键词 水闸 闸门 维修 加固 设计

1 工程概况

皂河节制闸位于江苏省宿迁市皂河镇北约2 km处,为骆马湖南堤的主要控制工程。该闸于1952年6月建成,设计过闸流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$,校核最大流量 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$,7孔,每孔净宽9.2 m,桁架式弧形钢闸门,是一座拦蓄骆马湖灌溉水、控制骆马湖洪水、排泄骆马湖汛后余水及桃汛来水的多功能水闸。皂河节制闸建成以来,在防洪、灌溉及提供工业用水和城镇生活用水等方面都发挥了显著的作用。

根据1987年对皂河节制闸的调查、检测、钻探取样和分析计算,皂河节制闸存在的主要问题是:①桁架式弧形钢闸门锈蚀变形严重。1972年,该闸第一次加固时,将原本面板更换为8 mm厚的钢面板,对钢桁架也进行过局部加固,但据1987年检测结果,闸门一般杆件的锈损率达20%左右,锈蚀最严重的达43.03%,最大的锈蚀坑深达2.3 mm;闸门承重构件中肢厚6 mm的61根杆件,实测肢厚小于5.5 mm以下的占91.15%,已不符合《水利水电工程钢闸门设计规范》中关于闸门承重构件厚不得小于6 mm的规定,且门顶止水面板呈“S”变形。②闸室抗滑稳定性差。皂河节制闸为新中国成立后江苏省首批采用无桩基础设计的水闸,因设计经验不足,闸墩

设计短窄,结构自重轻,在设计施工中为解决闸负荷后向上游偏心过大问题,采取加大后齿坎的“称砣式”闸底板来调整水闸重心,它并未考虑今后闸墩接长,故闸底板无闸墩处基本上属无筋混凝土(每米仅有3 Φ 12钢筋),这种抗滑稳定先天不足,给加固设计带来难度。虽然闸室并上游护坦已有拉锚共同抗滑,1972年又接长了上游墩头并结合增设闸上公路桥压重加固,见图1(b),但随着水情的变化,将来骆马湖按南水北调工程要求蓄水($H_{\text{上}} \approx 23.5 \text{ m}$, $H_{\text{下}} \approx 18.5 \text{ m}$)后,核算出闸室自身抗滑稳定安全系数仅有0.89,小于1.0,若考虑地震力影响,安全系数会更小。

为了工程安全和进一步发挥该闸的作用,我院接受江苏省水利厅下达的任务,针对皂河节制闸的特点与存在问题,于1993年制定了加固设计方案,当年10月节制闸加固工程开工,1995年6月底加固工程完工,见图1(c)。

2 加固设计

2.1 加固原则

闸上游面临广阔的骆马湖湖面,闸下不得打土坝,加固设计应考虑不影响闸正常使用和有利于钢闸门在施工中由水面上安全拆换的加固方案。同时,加固设计方案要考虑经济可行、

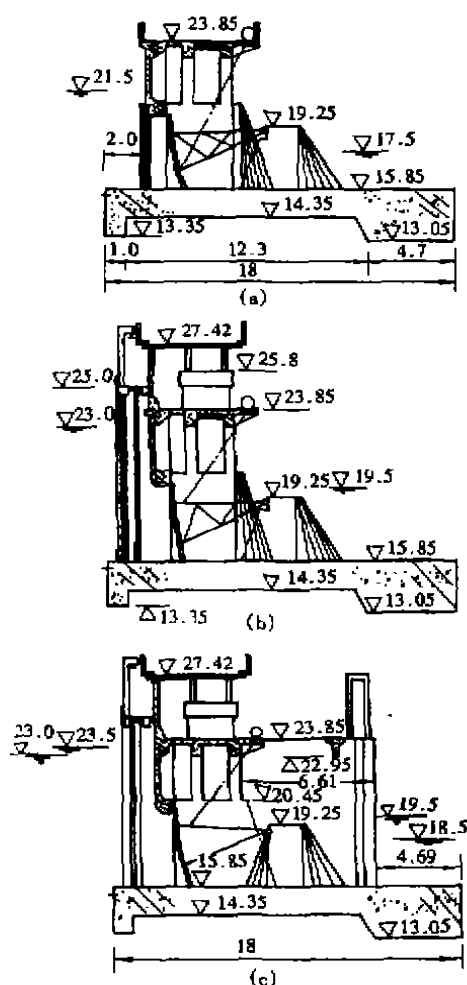


图1 闸室剖面示意图

(a)原设计剖面;(b)1972年加固剖面;(c)1995年加固剖面
便于施工,为今后管理、维修创造良好的环境。
利用钢围堰接长闸墩代替打坝施工。

针对皂河节制闸存在的问题,按照上述的加固原则,确定加固项目有:①设法更换弧形钢闸门;②接长下游侧闸墩压重抗滑;③增设撑梁式工作便桥及启吊门架;④闸墩水位区以上混凝土进行碳化处理等。

2.2 加固措施

原皂河节制闸为桁架式结构,检测报告和计算分析均表明闸门整体及局部刚度较差,结构复杂,保养不便,已不适应今后安全挡水的要求,必须彻底更换,采用整体及局部刚度好、易于维护保养的实腹梁板式弧形钢闸门。难点是加固措施主要考虑在不打围堰的前提下,如何在闸下水位19.5m时将闸门

拆换。同时兼顾闸室抗滑、抗震稳定及混凝土碳化处理等,为此,采取以下措施。

2.2.1 闸墩接长

同江苏万福闸加固所采取的方法一样,在施工前先设计加工几只水下墩头接长的钢围堰(中、缝墩各一只,边墩一只),施工时,利用浮吊船在汛前、汛后逐个将钢围堰就位卡在现闸墩端部,用潜水泵抽干堰内积水后,再钻孔锚插钢筋,将闸墩向下游侧分两次共接长6.61m,接高到高程23.85m见图1,以增加压重抗滑;以钢围堰代替和避免闸下引河全面打坝抽水加接闸墩,为在闸上游水位3.0m,闸下游水位19.5m不影响其它闸孔运行条件下施工,保证整体稳定安全和有利水下安全更换钢闸门创造条件。经核算,每抽干一次钢围堰内全部积水,闸室抗滑稳定的安全系数为1.31,大于 $[K_c]=1.15$ 的规定值。

2.2.2 增设插板门槽

在后端(下游接长的闸墩)墩头附近,增设同闸门前部(上游侧墩头附近)留有一样大小的插板门槽,以便根据安全要求逐孔同时插下前后插板门,以插板门代替闸上下游全面打土坝(由于每年泄洪,实际上不允许打土坝)再设法拆换闸门,按稳定和底板强度要求抽降闸室内水位,从而满足旧闸门解体拆除、新闸门拼装就位的要求。

2.2.3 增设工作便桥与启吊门架

由于水上作业,加固施工无场地,为了便于闸门拆换,有利新接闸墩抗震与今后管理、观测等,在接长部位的闸墩上部再增设工作便桥(兼作抗震撑梁),与启吊插板门的门架一道,来改善施工交通和施工场地等。

2.2.4 混凝土碳化处理

根据江苏省水利科学研究所1987年8月提供的《皂河闸混凝土碳化及钢闸门锈蚀情况检测报告》,水位变化区以上的闸墩、胸墙、工作桥、公路桥大梁等部位混凝土,平均碳化深度8.97mm,深的为22mm,挡浪墙混凝土碳化最深达41mm。为阻止上述部位混凝土进一步碳化,加固中考虑采用江苏省水

利科学研究所研制的 H₅₂-S₄ 环氧厚浆,按操作程序进行封闭保护。

2.3 复核计算

对于加固工程,一方面要依据水情变化核算闸室现状抗滑稳定、结构强度等,另一方面在采取加固措施时,要核算在加固施工中的工程安全和保证今后使用中的可靠性,验证其加固方案的成立。

2.3.1 稳定计算

针对皂河节制闸的工程特点,稳定计算主要核算加固的闸室抗滑稳定。取三孔一联的中块典型闸室为计算单元,考虑 8 级风浪和 7 度地震力的影响,核算结果见表 1。由表 1 可知,在加固施工期和今后南水北调的水位组合下,该闸均符合安全要求。

表 1 加固后闸室抗滑稳定核算结果

工 况	水位/m		抗滑稳定安全系数 ^②		
	$H_{上}$	$H_{下}$	K_1	K_2	
南水北调	蓄 水	23.5	18.5	1.00	1.40
	地 震 ^①	23.5	18.5	-	1.24
	泄 洪	25.0	20.0	1.08	1.53
加 固 施工期	闸室一孔 降水 1 m	23.0	19.5	1.38	1.94

注:①②:马湖水闸的防洪保安主要靠宿迁控制线,故地震设计烈度(除闸门仍按 9°外)同南堤一样,降低到 7°核算。

②:K₁为自身作用、K₂为与上游护坦共同作用。

2.3.2 强度计算

皂河节制闸顺水流向宽度 18 m,其中在宽达 9.5 m 的无闸墩底板内基本上无钢筋(仅有 3φ12/m),底板两端均有较深、较宽的齿坎,故将闸底板假设为一个整体槽型结构(图 2),按槽型结构重点核算底板强度。视闸底板在施工期与运用条件下是否满足纯混凝土强度要求,按下列公式核算各相关截面的应力

$$\sigma = M\bar{y}/I \quad (1)$$

$$[\sigma] = \gamma R_L/K \quad (2)$$

$$\bar{y} = \sum y_i A_i / \sum A_i \quad (3)$$

$$I_z = \sum I_i + \sum a_i^2 A_i \quad (4)$$

式中 σ 为截面的弯应力; $[\sigma]$ 为混凝土的允许应力; M 为底板的弯矩; $\bar{y}$ 为底板顶面至

形心轴 Z—Z 的距离; I_z 为截面对其形心轴的惯性矩, γ 为截面抵抗矩的塑性系数,取 1.55; R_L 为混凝土的抗拉设计强度,300# 混凝土的 R_L 取 1750 kPa; K 为混凝土强度安全系数,II 级建筑物 K 取 2.65; A_i , y_i 分别表示底板各分块面积与它离开 y 轴重心距离; I_i 为各分块截面对通过各自的形心并平行于 Z—Z 的各轴惯性矩; a_i 为各分块截面的形心到组合截面形心轴 Z—Z 的距离。据此,由式(3)求得

$$\bar{y} = \sum y_i A_i / \sum A_i = 1.05 \text{ m}$$

由式(4)求得 $I_z = 17.26 \text{ m}^4$ 。

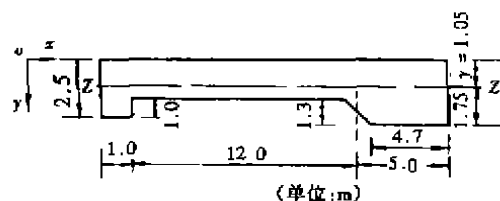


图 2 闸底板示意图

由图 1(c)及表 2 可见,按式(1)和式(2)核算得到三点结论。

a. 闸墩接长后,在今后正常运行期(闸上水位 23.5 m, 闸下水位 18.5 m), 闸底板最大应力小于混凝土允许应力,安全。

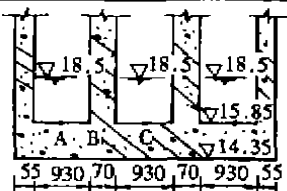
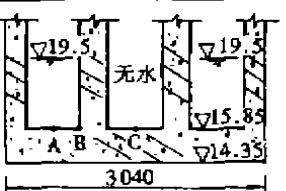
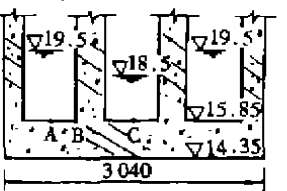
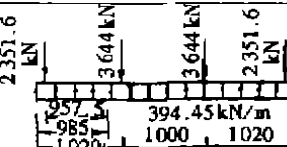
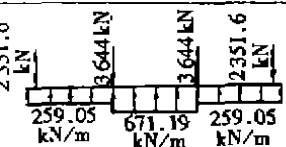
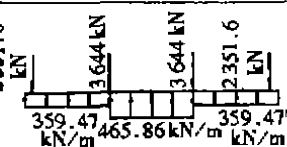
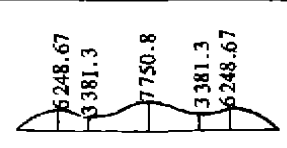
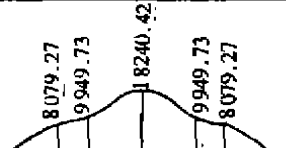
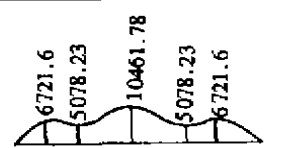
b. 在加固施工(闸上水位 23.0 m, 闸下水位 19.5 m)过程中,若将闸室内水抽干,尤其是中间孔抽干,底板最大弯应力达 1109.6 kPa,已超出混凝土允许值,不安全。施工中应禁用抽干施工的方法。

c. 在闸室降水对策上,经试算将闸室内侧水位向下抽降 1 m 时(水位降至 19.5 m, 让门墩高程 19.25 m 处支座露出水面以上,便于拆装闸门),底板产生的弯应力可小于混凝土允许值。为此确定按此方案降水、进行闸门拆换。

3 结 语

水闸加固工程不同新建水利工程,一般均需保证在原工程正常运行情况下进行施工。加固设计与施工不仅受到场地限制,而且要受到行人、车辆交通和施工安全等方面

表 2 闸墩接长后底板控制截面的强度核算

工 况	正 常 运 行 期	闸 门 更 换 施 工 期	
水位(m)	a. $H_{\pm} = 23.5$ $H_F = 18.5$	b $H_{\pm} = 23.0$ $H_F = 19.5$	c $H_{\pm} = 23.0$ $H_F = 19.5$
闸孔截面 (三孔一联)			
底板荷载			
底板弯矩图 $M/\text{kN}\cdot\text{m}$			
最大弯曲应力	$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot \bar{y}}{I} = \frac{7750.8 \times 1.05}{17.26}$ $= 471.5 \text{ kPa}$ 混凝土的允许应力 $= \frac{\nu R_L}{K}$ $= \frac{1.55 \times 1750}{2.65} = 1024 \text{ kPa}$ $\sigma_{\max} < \frac{\nu R_L}{K} \quad \text{安全}$	$\sigma_{\max} = \frac{18240.42 \times 1.05}{17.26}$ $= 1109.6 \text{ kPa}$ $\sigma_{\max} > \frac{\nu R_L}{K}$ 不安全! 施工中禁用	$\sigma_{\max} = \frac{10461.78 \times 1.05}{17.26}$ $= 636.4 \text{ kPa}$ $\sigma_{\max} < \frac{\nu R_L}{K}$ 安全

的制约,故加固设计人员要分析不同的工程特点,周密考虑其方案的经济性和可行性,以达到消除隐患,延长工程寿命,满足运行、检修和管理的目的。

皂河节制闸于 1995 年 6 月底大修加固结束,加固后的皂河节制闸面貌焕然一新,整个加固工程方案优、工期短、造价省、施工方法安全可靠,基经验可供类似工程维护加固时参考。

(收稿日期:1996-04-29)

(上接第 10 页)

④清洁能源与交通;⑤自然资源保护与利用;⑥环境污染控制;⑦消除贫困与区域开发整治;⑧人口、健康与人居环境;⑨全球变化与生物多样性保护。通过一系列研究比较,从各方面提出的 550 余个项目建议书中选出了 62 个项目作为实施《中国 21 世纪议程》的第一批优先项目。

在启动中国 21 世纪议程第一批优先项目的同时,中央要求进一步制订中国 21 世纪

议程有关产业的具体行动计划。水利是国民经济的基础设施和基础产业,理应制订《中国 21 世纪议程水利行动计划》。水利部领导对这项工作十分重视,正组织力量积极编制,预计年内可望全部完成。届时它将成为我们广大水利工作者参与实施《中国 21 世纪议程》的行动纲领。随着水利行动计划的全面实施,我国水利建设将出现崭新的面貌。

(收稿日期:1996-05-24)