

层次分析法在南港渡槽结构设计中的运用

俞明媚

安徽省淠史杭灌区管理总局 安徽 六安 237000

摘要:南港渡槽为安徽省淠史杭灌区舒庐干渠跨南岗河的输水建筑物,于1968年建成,控制灌溉面积86.6万亩,原设计流量 $50.5\text{m}^3/\text{s}$,是向舒城、庐江输水的咽喉。由于年久失修,存在裂缝、渗漏、止水失效等问题,桥墩基础没有开挖至基岩,近年来受采砂影响,河势不稳定,河床下切较深,桥墩基础存在被掏空的可能,多次加固处理未能彻底消除安全隐患,所以对南港渡槽进行拆除重建。本文在摸清南港渡槽拆除重建方案的基础上,根据渡槽结构设计要点,采用层次分析法(AHP)构建渡槽结构设计的综合评价指标体系对南港渡槽进行结构类型比选,根据评价得分从高到低进行选择,可为同类工程设计提供一定的借鉴意义。

关键词:淠史杭灌区,南港渡槽,拆除重建,层次分析法(AHP)

1 研究背景

安徽省淠史杭灌区位于安徽省和河南省交界处的丘陵地区,由淠河、史河、杭埠河三个毗邻灌区组成,是一项以灌溉为主,兼有发电、防洪、水产、城市供水、旅游等综合利用工程。灌区始建于1958年,1959年开始发挥效益。灌区总土地面积 14107km^2 ,设计灌溉耕地1198万亩。其中安徽省土地面积 13130km^2 ,占全省土地面积的 $1/10$,设计灌溉面积1100万亩,占全省有效灌溉面积的 $1/4$,目前实灌面积已达1000余万亩,分布于合肥、六安、巢湖等3个市的12个县(区)。

南港渡槽为杭埠河灌区舒庐干渠跨南港河的输水建筑物,位于舒城县南港镇南2km的郭墩庄,距干渠渠首牛角冲进水闸26km,完工于1968年9月,原设计流量 $50.5\text{m}^3/\text{s}$ 。主要作用为引水灌溉,控制灌溉面积86.6万亩。南港渡槽是舒庐干渠正常安全畅通运行的关键性控制工程之一,是保证灌区正常灌溉和城镇供水的重要措施,对改善农业生产条件,提高水资源利用率,促进当地社会经济可持续发展意义重大。南港渡槽最初设计标准过低,使用年限较长结构老化,虽然使用过程中经过多次加固,但是仍存在影响安全的诸多隐患,所以对南港渡槽进行拆除重建。

渡槽的设计方法有多种,现阶段比较前沿的有BIM技术,BIM技术在水利水电行业的应用越来越广泛,该技术建模可以通过多个平台实现,最为广泛的是采用Revit软件进行三维建模。鄂北地区水资源配置工程、太平河渡槽工程中均采用BIM技术对渡槽结构设计提出优化方案。贵州省黔中水利枢纽一期工程总干渠6座主跨108~200m的上承式混凝土箱型截面拱式渡槽采用杆系有

限元法进行设计^[12]。宝鸡峡漆水河倒虹工程改造后采用架空预应力薄壳梁式渡槽。锦绣川水库干渠渡槽采用简支梁式渡槽结构,对山区适应性更强。

本文运用综合评价的方法对南港渡槽拆除重建项目建筑物设计进行优化比选。

2 结构型式比选

2.1 评价模型

渡槽结构型式的综合比选涉及到很多评价指标,该指标同时具有较为清晰地树状分布,不同的指标对综合比选的结果影响程度也有所不同。根据渡槽结构设计要点,采用层次分析法(AHP)构建渡槽结构设计的综合评价指标体系。该方法比较适用于分析较难定量分析且影响因素错综复杂的问题,并具有使问题简洁明了、条理化、层次化等特点。目前已被广泛应用于社会、经济、科学管理等领域。该类评价模型的构建主要有以下三个层次组成:

2.1.1 目标层:一般是所分析问题的预定目标或理想结果。

2.1.2 中间层:包含为实现目标所涉及的中间环节,可由若干个层次组成。

2.1.3 最底层:包括为实现目标可供选择的各类措施、方案等。

2.2 评价指标体系

按照渡槽工程的性质与特点,以渡槽结构设计综合评价为目标层(A),结构安全度(B_1)、施工条件(B_2)、投资(B_3)及外观(B_4)为一级指标。结合工程实际情况,具体综合评价指标体系详见表2.1。

表2.2.1 渡槽结构设计综合评价指标体系表

一级指标	二级指标	指标量化方法	等级标准(分值)				
			优秀 (90~100)	良好 (70~90)	一般 (50~70)	差 (0~50)	
渡槽结构设计 综合评价A	结构安全度B ₁	结构安全 稳定C ₁	结构是否稳定	稳定	较稳定	一般	不稳定
		过流能力C ₂	过流是否顺畅	顺畅	较顺畅	一般	阻水
	施工条件B ₂	施工工艺C ₃	施工是否困难	简单	一般	较困难	困难
		工期合理性C ₄	工期是否合理	合理	较合理	一般	不合理
	投资B ₃	工程造价C ₅	造价是否经济	经济	较经济	适中	不经济
		管理维护 费用C ₆	维护管理是否 方便	便利、费用低	较便利、费用 适中	一般	不便利、 费用高
	外观B ₄	公众认可度C ₇	公众是否满意	满意	较满意	一般	不满意

2.2.1 构建评价模型

构建判断矩阵

在单准则下分别构造,即在G下对B₁、B₂、B₃、B₄构造A;分别在B₁、B₂、B₃、B₄下对箱式结构A₁、梁式结构A₂和拱式结构A₃构造A:

$$A = (a_{ij})_{n \times n}$$

对n个物体,两两比较其重要性得判断矩阵A,显然a_{ij}满足:

$$a_{ij} > 0, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ii} = 1$$

从判断矩阵A出发到导出元素在某种准则C下按重要性大小的排序,矩阵A的一致性起着至关重要的作用。

计算各层元素的组合权重

设第一层元素相对于总目标的排序权重向量为:

$$a^1 = (a_1^1, a_2^1, \dots, a_m^1)^T \quad (\text{本例中 } m = 7)$$

第2层在第一层j元素准则下的排序向量为:

$$b_j^2 = (b_{1j}^2, b_{2j}^2, \dots, b_{nj}^2) \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (\text{本例中 } n = 3)$$

$$\text{令 } B^2 = (b_1^2, b_2^2, \dots, b_m^2) \quad (m = 7)$$

则第2层n(n = 3)个元素相对于总目标的组合权重向

量为:

$$a^2 = B^2 \cdot a^1$$

2.2.2 评价结果

结构安全方面

箱式结构、多纵梁结构受力体系明晰,但系拼装体系,预留后浇带较多,水密性和抗震性能相对较差。拱式结构渡槽为无铰拱超静定整体结构,水密性和抗震性能较高。

施工条件

箱型结构、多纵梁结构现场预制,工期较短。但所占临时占地较大,需考虑吊装运输道路,预应力张拉要求高,拱式结构渡槽主要施工难度为主拱圈浇筑,需采用满堂脚手架支撑的方式浇筑拱圈,钢管脚手架支撑搭设完毕铺设底模板后必须进行预压处理,以消除支架、支撑方木和模板的非弹性变形和地基的压缩沉降影响。工期较长,脚手架用量大。

投资

箱式结构、梁式结构和拱式结构对比中可知,箱式结构可比投资最大,梁式渡槽投资略小于拱式结构渡槽,投资相差并不明显。具体投资见表2.2。

表2.2.2 不同渡槽结构型式对应投资列表

项目	单位	箱式结构	梁式结构	拱式结构
现浇C30槽身	m ³		2092.4	2092.4
预制C40槽身	m ³	3214.9		
C30盖梁	m ³	347.1	254	
C30墩柱	m ³	336.6	253.3	1056
桥墩C25基础	m ³	812.3	591.4	462
C30主拱	m ³			2353.8
C25立墙	m ³			627.7

续表:

项目	单位	箱式结构	梁式结构	拱式结构
预制C25副拱	m ³			624.2
C20侧墙	m ³			141.1
砂砾石填充	m ³			1058.4
C30交通涵	m ³		326.1	
预制C50T型梁	m ³		3243.2	
C50现浇横隔梁	m ³		237.8	
干渠进口C20砼护砌	m ³		756	
C20槽台混凝土	m ³	915.8	947.9	
钢筋	t	534.71	898.2	576.5
钢绞线	t		108.8	
球形支座(QZ-IV1000)	块	204		
预埋钢板支座	t		33.3	
临时工程	万元	415	257	346
可比投资	万元	2389.3	1663.1	1930.6

外观

和,生态性较差。

梁式结构和拱式结构较为常见,其外观类似农桥,群众认可度均较好;箱式结构因硬质化箱体外露比较违

综合评价

渡槽结构设计综合评价结果见下表:

表2.2.3 渡槽结构设计综合评价结果表

一级指标	二级指标	综合权重	梁式结构		拱式结构		箱式结构		
			打分值	加权后得分	打分值	加权后得分	打分值	加权后得分	
渡槽结构设计综合评价A	B ₁	C ₁	0.375	85	31.875	80	30.000	80	30.000
		C ₂	0.125	80	10.000	80	10.000	65	8.125
	B ₂	C ₃	0.100	85	8.500	75	7.500	85	8.500
		C ₄	0.100	90	9.000	75	7.500	90	9.000
	B ₃	C ₅	0.160	85	13.600	80	12.800	60	9.600
		C ₆	0.040	85	3.400	85	3.400	75	3.000
	B ₄	C ₇	0.100	85	8.500	90	9.000	80	8.000

由表2.3可知,评分由高至低依次为梁式结构、拱式结构、箱式结构;梁式结构最高为84.875分,拱式结构为80.2分,箱式结构最低为76.225分。

因此,从投资、结构安全性、施工难易程度及美观协调上综合考虑,南港渡槽拆除重建选择梁式结构渡槽。

3 结论与展望

本文采用层次分析法(AHP)构建渡槽结构设计的综合评价指标体系对南港渡槽拆除重建工程进行了分析设计,该项目一经实施将更好的保证舒城、庐江两地的供水,确保86.6万亩土地灌溉,对供水安全、节约用水都具有重要意义,有利于淠史杭灌区经济可持续发展,其经济效益和社会效益显著。但该项目在实施过程中由于实际渡槽结构跨度较大,再加上外界运行环境的影响,对其进行精确的分析还存在一定的难度,在具体实施过

程中应视具体问题具体分析。为保证长期有效运行,建议增设探测器随时保持监管,定期对渡槽进行状态评估,及时除险加固。

目前,国内外对渡槽新建和除险加固研究较多,拆除重建的事例并不多见,当前国内外都存在年久失修同时又处于关键作用位置的渡槽,希望本文能对同类型渡槽拆除重建工程起到一定的借鉴意义。

参考文献

- [1]南港渡槽现场检测报告[R],安徽省水利水电勘测设计院,2010.
- [2]陈献友,李芬花,赵萌萌,李壮,杜柏.BIM技术在渡槽设计中的应用[J].水利技术监督,2021,(6):63-67.
- [3]贾旭,赵清宇.太平河渡槽基于BIM技术的大型渡槽管理信息系统研究[J].水利建设与管理,2020,40(2):

32-38

[4]向国兴,汤洪洁,雷盼,徐江,罗亚松.百米大跨上承式混凝土箱型截面拱式渡槽设计实践[J].中国农村水利水电,2019,(12):135-144.

[5]舒庐干渠南港渡槽工程复核计算分析报告[R],安徽省水利水电勘测设计院,2011.

[6]安徽省淠史杭灌区2013年度续建配套与节水改造项目(1)可行性研究报告[R],安徽省水利水电勘测设计院,2013.

[7]南港渡槽安全复核报告[R],安徽省水利水电勘测设计院,2010.

[8]马文亮.大型钢筋混凝土渡槽施工期预应力场演化分析[M].中国电力出版社,2015.

[9]南港渡槽可行性研究报告[R],安徽省水利水电勘测设计院,2013.

[10]水文水利计算[M],黄河水利出版社,2006.

[11]GB 50487-2008,水利水电工程地质勘察规范[S].

[12]南港渡槽工程复核计算分析报告[R],安徽省淠史杭灌区管理总局设计院,2011.

[13]南港渡槽地质报告[R],安徽省水利水电勘测设计院,2014.

[14]JGJ 120-2012,建筑基坑设计规程[S].

[15]GB 50288-2018,灌溉与排水工程设计标准[S].

[16]SL 265-2006,水闸设计规范[S].

[17]GB 50201-2014,防洪标准[S].

[18]T/CHES 22-2018,渡槽安全评价导则[S].

[19]GB 50286-2013,提防工程设计规范[S].

[20]SL 191-2008,水工混凝土结构设计规范[S].

[21]SL 170-1996,水闸工程管理设计规范[S].

[22]马文亮.大型钢筋混凝土薄壁梁式渡槽动力分析[M].中国水利水电出版社,2016.

[23]张建华.大型渡槽的有限元分析及稳定性研究[M].中国电力出版社,2018.

[24]国务院南水北调工程建设委员会办公室建设管理司.渡槽工程[M].中国水利水电出版社,2015.

[25]向国兴,徐江,罗亚松,罗代明,汤洪洁.高墩大跨连续刚构渡槽技术指南[M].中国水利水电出版社,2018.

[26]SL 482-2011,灌溉与排水渠系建筑物设计规范[S].

[27]武汉水利电力学院水利学教研室.水力计算手册[M].水利电力出版社,1983.

[28]时兆中.舒庐干渠南港渡槽预制T型梁运输吊装实践[J].江淮水利,2021,(6):14+36.