

宽顶堰虹吸井在电厂直流供水系统中的应用

陈承宪

(东北电力设计院,吉林 长春 130021)

摘要:针对火力发电厂直流供水系统中虹吸井各部分尺寸的确定,为优化虹吸井的结构布置,通过算例,介绍双泵运行、系统流量为 $5.01\text{ m}^3/\text{s}$,以及单泵运行、系统流量为 $3.06\text{ m}^3/\text{s}$ 两种工况下,分别按照薄壁堰和宽顶堰两种方案进行计算比较的结果,指出:①宽顶堰虹吸井与薄壁堰虹吸井相比较,除具有提高虹吸利用高度和节省工程造价的缺点外,也存在计算理论模型不如薄壁堰虹吸井明确,以及不同工况流量下其虹吸井内水位波动较大的缺点;②宽顶堰虹吸井和薄壁堰虹吸井各自的优缺点是相对的,在不同工程中其适用性有所不同。

关键词:虹吸井;直流供水;宽顶堰;薄壁堰;滨海电厂

中图分类号:TM621 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2005)S2-0043-03

在滨海(湖)、沿江(河)的火力发电厂中,直流供水系统是火力发电厂的一种重要的供水型式,由于该系统的重要性,设计上需要对系统各部分进行详细的水力计算。计算的主要任务是结合厂址所在地的外部条件(如大气压、水温、取排水口水位等),在确保系统稳定运行的条件下,最大限度地利用虹吸高度,以达到节能的目的。直流供水系统设计合理与否,一般比较集中地反映在虹吸井的工艺设计上。虹吸井的主要作用在于能够稳定地维持凝汽器出水管水封,避免大气进入凝汽器出水管而破坏虹吸,现行的《火力发电厂水工设计技术规定》附录四给出的虹吸井典型断面如图 1 所示。

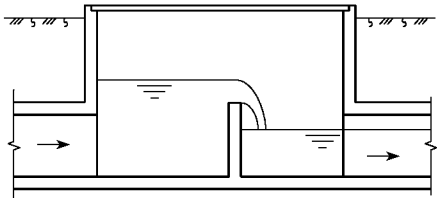


图 1 薄壁堰虹吸井典型断面示意图

目前,直流供水系统多数采用图 1 所示类型的虹吸井,该类型虹吸井尺寸的确定比较简单,理论模型明确,计算结果一般比较准确。但该类型的虹吸井存在较明显的跌水过程,因此也是一个典型的消能设施。除非由于总布置的要求,汽轮机凝汽器布置的位置较高(即凝汽器高位布置),且已超过虹吸可利用的范围,否则采用这种具有明显消能特征的虹吸

井是不尽合理的。因为直流供水系统中任何一个环节所消耗的水的动能或势能归根结底都来自循环水泵的出力。显然,只要凝汽器水侧最高点与虹吸井上游液面的距离在虹吸作用可利用的范围内,减少系统中任何环节的水力损失都意味着减少循环水泵的工作扬程。如果适当改变虹吸井的结构形式,减少传统虹吸井的水力损失,对于凝汽器采用低位布置的工程则可有效减小循环水泵的工作扬程进而达到节能的目的。本文提出的宽顶堰虹吸井(图 2)就是基于这样一种想法的虹吸井结构形式。

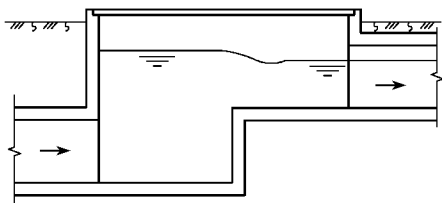


图 2 宽顶堰虹吸井典型断面示意图

宽顶堰虹吸井可以看作是由传统薄壁堰虹吸井去掉薄壁堰后再抬高下游排水沟演变而来的。用宽顶堰取代的传统虹吸井的薄壁堰,相当于去掉了虹吸井中的一个阻水构件,使虹吸井内水位能够直接与下游排水沟水位衔接,可避免剧烈的跌水消能,减少水力损失。对于凝汽器低位布置的直流供水系统,该类型的虹吸井更能够充分利用虹吸,从而达到降低循环水泵工作扬程的目的;对于凝汽器高位布置的直流供水系统,采用该类型的虹吸井则可以显著

抬高堰后循环水沟布置标高,进而可减少循环水沟的埋深,节省工程造价。

某滨海工程采用直流供水系统,每台机组对应1座虹吸井和2台循环水泵。经计算,当双泵运行时系统流量约为 $5.01\text{ m}^3/\text{s}$,单泵运行时系统流量约为 $3.06\text{ m}^3/\text{s}$ 。笔者曾对这两种工况分别按照薄壁堰和宽顶堰两种方案进行计算比较,所得结果如图3、图4所示。

比较薄壁堰虹吸井和宽顶堰虹吸井各部分水位特征值可以发现,在保持双泵运行时虹吸井内水位不变(3.72 m)的条件下,采用宽顶堰的虹吸井水位与下游排水沟内的水位很接近,如图4(b)所示,仅为 $3.72\text{ m}-3.48\text{ m}=0.24\text{ m}$,虹吸井堰后一般为淹没出流,相对于薄壁堰虹吸井下游排水沟可以显著抬高(下游排水沟底部标高由薄壁堰虹吸井的 0.45 m 抬高到 2.2 m ,减少埋深 1.75 m)。虽然虹吸井上游的排水管或排水沟标高有所下降(上游排水沟底部标高由薄壁堰虹吸井的 0.45 m 降到 -0.3 m ,增加埋深 0.75 m)埋深增加,但由于虹吸井一般布置得比较靠近汽机房的位置,因此下游排水沟的长度通常远大于上游排水管或排水沟的长度,抬高下游排水沟的标高在减少因埋深而引起的工程投资方面效果明显。

由于宽顶堰虹吸井堰上水位与堰后水位比较接近,如果直流供水系统未能充分利用虹吸,在保持虹吸井堰后水位(如堰后排水沟水位)不变的条件下,宽顶堰虹吸井内的水位则可以大幅度降低,降幅甚

至接近薄壁堰堰上水位和堰后水位之差。堰流形态由薄壁堰的跌水出流变为宽顶堰的淹没出流,可明显提高直流供水系统的虹吸利用高度,进而降低水泵的工作扬程。

宽顶堰虹吸井与薄壁堰虹吸井相比较,除具有提高虹吸利用高度和节省工程造价的优点外,也存在某些缺点,主要表现在两方面:

a. 计算理论模型不如薄壁堰虹吸井明确。宽顶堰虹吸井的计算一般可视为若干个连续的堰的组合体,由于分解开来的各堰之间距离很接近,其间相互干扰不可避免,导致分解开来的各堰难以与试验模型十分吻合。因此,按照理论计算出的虹吸井内部各水位特征值通常会与实际情况有出入。不过实践表明,按照上述理论模型得出的计算结果精度能够满足工程上的要求。

b. 不同工况流量下,宽顶堰虹吸井内水位波动相对较大。前面例子中提及的某电厂直流供水系统在双泵和单泵运行时,通过薄壁堰虹吸井的流量分别为 $5.01\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $3.06\text{ m}^3/\text{s}$,计算所得的虹吸井内水位分别为 3.72 m 和 3.51 m ,水位波动 0.21 m ,如图3所示;当同一流量通过宽顶堰虹吸井时,计算所得的虹吸井内水位分别为 3.72 m 和 3.27 m ,水位波动约为 0.45 m 。可见,宽顶堰虹吸井内水位随着流量的变化波动更大,但影响比较有限,一般不会超出循环水泵的适应范围,况且如果适当加大虹吸井内水流过堰部分的宽度,该水位波动会更小。前面例子中提到

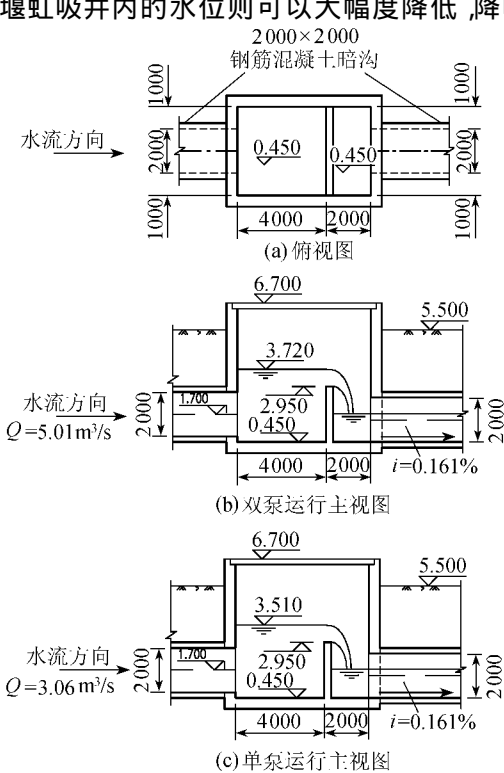


图3 薄壁堰虹吸井计算结果示意图

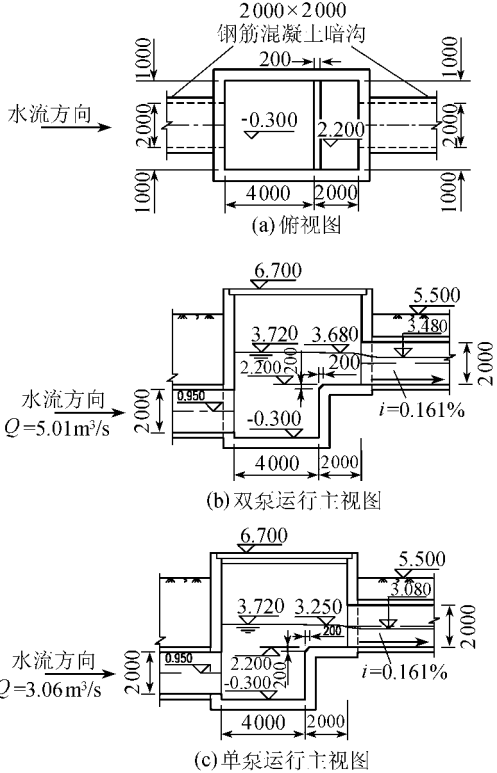


图4 宽顶堰虹吸井计算结果示意图

的宽顶堰虹吸井已经在某滨海电厂得以应用,投入运行2年多来,运行正常。

宽顶堰虹吸井的优点为:①水流通过虹吸井时水力损失较小,能提高虹吸利用高度;②能减少虹吸井堰后排水沟埋深,节省造价。缺点为:①计算理论模型不够明确;②虹吸井内水位波动相对较大。薄壁堰虹吸井的优点为:①计算理论模型明确,便于计算,工程应用更成熟广泛;②虹吸井内水位波动较小。缺点为:①水流通过虹吸井时有明显的跌水现象,水力损失较大;②虹吸井堰后排水沟一般埋深较深。

必须指出,宽顶堰虹吸井和薄壁堰虹吸井各自的优缺点是相对的,在不同工程中其适用性也有所不同。在某些工程中宽顶堰虹吸井未必能够体现出其优点,甚至不适用。例如,直流供水系统中凝汽器布置得较高,凝汽器最高点与堰后水位之间的距离已经超出虹吸利用的极限,工艺上要求虹吸井必须具有消能的功能,宽顶堰可能就不再适用了,而薄壁堰虹吸井的特点则往往能够满足工程要求;如果厂区布置上要求虹吸井堰后排水沟必须深埋(如避开其他沟及管道),并且因此而导致凝汽器最高点与虹

吸井堰后的水位差加大,此时采用宽顶堰虹吸井又超出了虹吸利用的极限(按照现行的《火力发电厂水工设计技术规定》中计算所得的最大虹吸利用高度不应超过6.5~8.0m),此条件下则可能必须采用薄壁堰虹吸井。

因此,本文概括的宽顶堰虹吸井和薄壁堰虹吸井的优缺点是具有一定适用性的,具体工程中究竟应采用什么型式的虹吸井需因地制宜,并通过技术经济比较来加以确定。本文给出的宽顶堰虹吸井的型式也不是最优的,实际工程中水流突变的部位(如堰后水流与下游排水沟水流相衔接的部位)尚应进一步修改为趋于流线型的设计。本文的重点在于强调,如果条件允许,设计中应充分挖掘虹吸井的节能潜力,如果虹吸作用已经利用至极限,则应尽可能抬高堰后排水沟的埋深以节省造价,采用宽顶堰虹吸井更有利于上述目标的实现。

参考文献:

[1] 李鉴初,杨景芳.水力学教程[M].北京:高等教育出版社,1995.

(收稿日期 2005-09-18 编辑 高建群)

(上接第29页)

作用时,取单位宽度作为悬臂梁,可按下述两种最不利工况进行计算。①刃脚向外弯曲。当沉井开始下沉时,刃脚斜面上土的横向推力向外作用,产生向外挠曲,用以计算刃脚的内侧竖向钢筋和截取水平框架计算其水平钢筋。②刃脚向内弯曲。当沉井下沉到接近设计标高准备封底时,刃脚内侧的土已掏空,在外侧土、水压力作用下,刃脚产生向内弯曲,用以计算刃脚的外侧竖向钢筋和水平钢筋。

3.9 纵横框架计算

按照封闭式框架进行计算,施工阶段框架底梁的地基反力设计值可取土的极限承载力值;使用阶段纵横框架结构根据底板及后浇隔墙浇筑完成后的结构体系和实际作用进行计算。沉井设计中,各构件的强度计算和裂缝宽度验算均应满足施工阶段和使用阶段的最不利工况。位于江岸的沉井,前后两面水平作用相差较大时,应验算沉井整体滑移和倾覆的稳定性。

4 结 论

沉井作为一种特殊的建筑物结构,是软土地基地下建筑物的主要类型之一。一般建筑物的截面设计,由使用阶段要求决定,沉井结构因其施工方式应增加施工阶段的内力设计。对软土地基,由于软弱黏

性土层厚度较大,沉井底部往往不能到达稳定土层。在较大荷载作用下,为满足地基承载力和地基变形的要求,沉井结构的地基需要做加固处理,沉井施工方案选取需要根据地基处理方案综合考虑,沉井结构施工阶段内力与施工方案密切相关。

沉井的设计应根据现场条件和施工方案进行,设计时不仅要考虑保证沉井本身的强度和安全,还要考虑施工时可能发生的问题。施工时既要按照既定方案进行,同时还要考虑到不利情况的出现,做好预防和补救措施。设计单位应随时了解施工情况,及时发现问题、解决问题,以保证沉井设计施工的顺利进行。

(收稿日期 2005-09-12 编辑 骆超)

