

大型地下水池的新型抗浮设计

钟香兰, 黄文贺

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 在发电工程中, 给排水和水处理工程有各类水池, 其中有大量的水池为地下式。当水池所在位置地下水位较高时, 水池除了满足抗渗要求外, 还需要满足抗浮, 故地下水池抗浮成为一大技术要点。若地下水池的设计、施工不当致使水池的抗浮能力不够, 在水池的使用过程中, 水池可能会漂浮起来或整体失稳等事故, 引起水池底板上拱、开裂等, 影响其他构筑物的正常使用、增加维护管理费用。文章通过工程实例对抗浮设计进行方案比较, 提出一种新型的抗浮设计方案, 降低了工程造价, 缩短了建设周期。该新结构型式的应用, 将为类似工程提供设计方法和实践经验。

关键词: 地下水池; 地下水; 抗浮设计

中图分类号: TU943

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)S1-0128-03

A New Anti-floating Design for Large Underground Water Basin

ZHONG Xianglan, HUANG Wenhe

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: For power plant, there are all kinds of water basins, many of which are underground. When the unground water level is high, anti-floating design of underground water basins is another technique except anti-seepage. When the anti-floating capacity of basins is not enough due to the design or construction, the basins might float or overall instability, accident such as upper deflection or crack of bottom slab might happen. The accident will take influence to the normal usage of other buildings and increase the maintenance cost. In this paper, comparison between different anti-floating design options of the project is made and a new anti-floating design for large underground water basin is provided to reduce the project cost and shorten the construction period. The application of new anti-floating design will provide design method and experience for similar projects.

Key words: underground water basin; underground water; anti-floating design

在发电工程中, 给排水和水处理工程有各类水池, 其中有大量的水池为地下式。当水池所在位置地下水位较高时, 水池除了满足抗渗要求外, 还需要满足抗浮, 故地下水池抗浮成为一大技术要点。因水池所在位置的地质水文条件不同, 或是水池结构型式不同, 地下水池的抗浮设计有不同的设计方案供选择。若地下水池的设计、施工不当致使水池的抗浮能力不够, 在水池的使用过程中, 水池可能会漂浮起来或整体失稳等事故, 引起水池底板上拱、开裂等, 影响其他构筑物的正常使用、增加维护管理费用。本文通过工程实例对抗浮设计进行方案比较, 提出一种新型的抗浮设计方案。

1 工程地质条件

1.1 地形地貌

项目建设区域位于越南河静省奇英县奇利乡海丰村, 属于永安港区域。厂区南面被卜杆(Bò Càn)群山包围, 北面为高望山, 西北面为创山—梅容角, 东面为永安港。几乎所有的山体均被自西向东流向的杯色溪的各条支流剧烈分割, 形成了各个冲刷山脊, 植被比较稀少。项目规模为 2×600 MW燃煤发电机组。

1.2 地质情况

土层分别由上至下依次为:

1) 回填土: 灰黄色砂质粘土, 混有碎石、卵石, 状态不固定, 层底面高程为 4.81 m。

2) 砂质粘土: 黄灰色—白灰色, 硬塑, 层底面高程为 2.31 m。

收稿日期: 2015-06-02

作者简介: 钟香兰(1979), 女, 广东江门人, 高级工程师, 学士, 主要从事水工结构设计(e-mail)zhongxianglan@gedi.com.cn。

3) 砂: 浅灰色, 松散, 流塑, 层底面高程为 -1.19 m 。

4) 砂质粘土: 黄灰色, 混有细砾, 硬塑, 层底面高程为 -5.49 m 。

5) 砂质粘土: 黄灰色, 软塑, 层底面高程为 -6.69 m 。

6) 砂质粘土: 黄灰色 - 灰色, 半硬塑, 局部混有砾石, 层底面高程为 -9.49 m 。

7) 砂质粘土: 黄灰色 - 灰色, 硬塑, 混有砾石和卵石, 层底面高程为 -11.19 m 。

8) 流纹岩: 灰黄色, 破碎严重, 强度高。

1.3 地下水位情况

项目离海较近, 地下水位较高, 池体位置地下水位在地面以下 1 m 。

2 曝气池设计方案

2.1 概述

曝气池结构平面为长方形, 长 200 m , 宽 40 m , 深 6.6 m , 共两格 (20 m 一格)。项目要求允许曝气池两格同时抽空检修, 设计需考虑水池抗浮; 允许 60 t 卡车在池体周围行走, 所有设计必须采用 G7 标准 (美国标准为主)。

2.2 常规设计方案

当水池承受地下水 (含上层滞水) 浮力时, 应进行抗浮稳定验算。验算时作用均取标准值, 抵抗力只计算不包括池内盛水的永久作用和水池侧壁上的摩擦力, 抗浮抗力系数不应小于 1.05 , 其整体抗浮稳定性验算公式为:

$$G/F \geq 1.05^{[1]}$$

式中: G 为水池内不盛水的永久作用; F 为地下水浮力。

$$F = \gamma_w A_D h^{[2]}$$

式中: γ_w 为水的容重; A_D 为水池底面积; h 为由水池底板底面算起的地下水深度。

2.2.1 增加自重抗浮

增加水池自重抗浮即在保证水池正常结构安全的情况下, 通过适当增加池壁厚度、底板厚度及其它结构构件的断面等自身的重量, 以达到抗浮效果^[3]。

有研究表明, 地下水池池体需增加自身重量 25% 以上才能提高抗浮效果。主要措施有: 适当增加池壁厚度、底板的厚度以及其它结构构件的断面等。

该抗浮设计方案一般适用于水池体积较小、水池永久作用与地下水浮力相差不大的情况。

对于平面尺寸大、深度大的地下水池, 增加水池自重抗浮需要的混凝土和钢筋量非常大, 土建工程造价非常高。

2.2.2 池内压重抗浮

池内压重抗浮是指在抗浮设计时考虑池内压重填料的永久作用, 将水池深度适当加大, 水池施工完毕后, 往池底填充素混凝土、块石、砂土等材料, 以达到增加水池永久作用、提高抗浮能力的效果^[4]。

该抗浮设计方案需要增加水池深度, 于此同时, 还需在一定程度上增加水池结构强度。因此该抗浮设计方案也会导致土建工程造价上升。

此法一般适用于水池埋深较小的情况。

2.2.3 池底外挑压重抗浮

池底外挑压重抗浮是水池底板考虑外挑, 抗浮设计时利用外挑底板上方的回填土石自重作用, 以此增加水池的永久作用, 提高抗浮能力。该抗浮设计方案不需要增加水池的埋深, 但底板外挑范围一般较大, 基坑开挖面积和基坑维护费用会有所增加, 同时也可能会加大水池底板由地基反力产生的不均匀性, 从而增大池底板的内力^[5]。

该抗浮设计方案一般适用于水池体积较小的情况。

2.2.4 池底配重抗浮

池底配重抗浮, 是指在水池底板以下设配重, 底板与配重之间需布设钢筋, 以此达到可靠连接, 成为整体, 以达到增加水池永久作用、提高抗浮能力的效果。配重一般为强度等级不小于 C15 的毛石混凝土或素混凝土。该抗浮设计方案用于一般水池时, 不需要增加水池的埋深, 但基坑开挖面积和基坑维护费用会有所增加, 同时还要保证底板与配重之间的可靠连接。一般情况下, 池底配重抗浮的土建工程造价比池内压重抗浮低, 但若池内压重所需的配重在当地较为便宜, 则池底配重抗浮的土建工程造价可能会比池内压重抗浮高。此抗浮设计方案一般适用于水池埋深较小的情况^[6]。

2.2.5 抗拔桩抗浮

抗拔桩抗浮, 是指通过桩基与水池的有效连接, 来锚固地下水池, 防止地下水池上浮。通常使用的抗拔桩有灌注桩、PHC 桩、预制桩等。抗拔桩抗浮需要打桩设施, 施工场地大, 施工工期较长,

土建工程造价也较高。对于大体积埋地水池,此抗浮设计方案的抗浮相当有效,其优点是池体的整体抗浮效果好,还能通过合理布置桩基很好地解决大型水池的局部抗浮问题^[7]。

由于水池基础一般为平板结构,如果单桩抗拔力过大,对底板产生的集中力会较大,此时底板必须进行局部加强或改变底板的结构型式,从而增加土建工程造价。因此,一般情况下,抗拔桩宜选用桩径较小、单桩抗拔力相应较小的桩,减小桩距。于此同时,抗拔桩的桩长应尽量控制在单节桩的长度范围内,这样可以避免由于接桩不牢固造成的单桩抗拔力损失。由于桩端承载力对抗拔力无贡献,所以抗拔桩一般无需打入硬土层。

2.2.6 锚钉抗浮

利用锚钉将底板与地基连接起来,利用其抗拔力进行抗浮。优点是经济,节约用料;缺点是施工周期长,需要专业队伍作业^[7]。

2.3 工程设计方案

曝气池属于超大型水池,底面面积大,水池的底面和侧壁受到地下水的浮力影响较大,在地下水位较高的情况下,水池侧壁易因水池产生上浮而变形。为了解决水池池体的抗浮问题,克服工程造价高和施工周期长等缺陷,考虑池底地基承载力较高,设计综合考虑池内压重和池底外挑压重两种抗浮方案,提出一种新型的无桩浅基础抗浮方案,具有很大的创新性。应用创新的结构型式,提高了曝气池建设的经济性,缩短了建设周期。

曝气池侧壁采用扶壁式侧壁加肋结构(外趾长3.5 m,每10 m设置一个肋减少侧壁底部剪力和水平位移),侧壁采用变截面设计(上端700 mm,下端1 200 mm);底板厚1 000 mm,底板上依次回填土层及300 mm混凝土面层;利用池体混凝土及回填料自重、外趾上的土自重达到抗浮的目的。同时较大侧壁截面既能增加自重,又能减少自由端的位移。

由于曝气池平面面积非常大,属于超长超大结构,设计及施工必须慎重对待。根据美国标准,将曝气池分为6段,纵向约34 m设伸缩缝,伸缩缝采用橡胶止水带止水。曝气池结构主要依照美国标准进行计算,结合英国标准及德国标准,采用MIDAS有限元软件进行详细计算,并采用国内计算软件进行复核,计算及复合结果表明曝气池分段及结构设计合理,能满足安全使用要求。

2.4 抗浮设计方案比较

表1 抗浮设计方案比较

Table 1 Comparison of the Anti-floating Design Options

抗浮方式	特点	增加投资/万元
无桩浅基础抗浮	侧壁采用变截面设计(上端700 mm,下端1 200 mm),底板厚1 000 mm,压重厚1.3 m,常规施工技术,对工期影响不大	0
增加自重抗浮	底板厚3.0 m,侧壁2.0 m;常规施工技术,对工期影响不大	3 467
池内压重抗浮	底板厚1.4 m,侧壁1.4 m,压重厚2.0 m;常规施工技术,对工期影响不大	553
池底外挑压重抗浮	底板厚1.8 m,侧壁1.5 m;常规施工技术,对工期影响不大	749
池底配重抗浮	底板厚1.5 m,侧壁1.5 m,配重厚2.0 m;常规施工技术,对工期影响不大	598
抗拔桩抗浮	Φ350管桩约3 400根,单根桩长16 m;需增加打桩工种,打桩和试桩对工期有一定影响	386
锚钉抗浮	锚钉约450根,单根桩长20 m;施工时的技术控制对质量起关键作用,需专业队伍施工	490

3 结论

曝气池采用无桩浅基础抗浮设计,降低了工程造价,缩短了建设周期。该新结构型式的应用,将为类似工程提供设计方法和实践经验。

曝气池已经顺利施工完毕,从施工及运行情况看,效果良好,满足了设计及使用要求。

参考文献:

- [1] 给排水工程结构设计手册(第二版)[Z].北京:中国建筑工业出版社.2007.
- [2] GB 50069—2002,给排水工程构筑物结构设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社.2002.
- [3] 许萍,张丽,张雅君.地下水池抗浮方案[A].施工技术,2011,40(增刊):345-348.
- [4] 刘森虎,刘萍,支伟英.某5 000 m³水池的综合抗浮设计方案[A].甘肃科技纵横,2007,36(2):144-199.
- [5] 吴晚成.浅谈水池结构的抗浮[A].科技信息,2011,专题论述:376-377.
- [6] 郭雷勇.水池抗浮水位的确定与抗浮方案合理选用[A].科技信息,2010,24(1):696-697.
- [7] 毕雅明.水池抗浮设计方案的分析与比较[A].结构工程师,2008,24(1):11-14.

(责任编辑 高春萌)