

结构的概念性设计及其应用

胥传喜

(河海大学,江苏 210098)

张光富

(长江水利委员会设计院,湖北 430010)

提 要 本文结合某大型水利工程升船机机房整体网架结构方案的研究,论述了结构的概念性设计及其在本工程中应用的可能性。

关键词 概念设计,计算设计

Conceptual Design of Structure and its Application

XU Chuanxi(Hohai University, Jiangsu 210098)

ZHANG Guangfu(Yangtze Water Conservancy Commission Design Institute, Hubei 430010)

Abstract This paper demonstrates the practicality of conceptual design of structure and its application in certain large scale water conservancy project concerning the study of the scheme of an overall lamella structure used as the machine room of ship hoisting crane.

Keywords conceptual design, numerical design

结构的概念设计(Conceptual Design)是相对于计算设计(Numerical Design)而言的,它是设计者根据经验和概念,结合必要的静力计算,对设计项目作出符合物理力学理论的推理和判别。近年来,概念性设计受到了学术界和工程界的普遍重视,国际薄壳及空间结构学会(IASS)于1996年10月在德国斯图加特召开了结构概念性设计国际学术讨论会。本文结合某大型水利工程升船机机房整体网架方案的研究,探讨了概念性设计在该工程中应用的形式及其可能性。

1 工程背景及机房结构方案

升船机是一种快速过坝设施。在通航

河流上兴建水利工程后,船只过坝通常是借助于船闸。当上、下游水位落差过大时,往往需要多级船闸。这样,船只过坝耗费的时间就很多。升船机类似于高层建筑中的电梯,是一种垂直运输设置,船只从下游开进承船厢,经升船机提升后直接开往上游,反之亦然。因此经升船机过坝可节省许多时间。对某大型水利工程而言,如按设计船只经多级船闸过坝,约需2.5h,而经升船机过坝则仅需20多分钟。

该工程升船机的承船厢有效尺寸为长×宽×水深=120m×18m×3.8m,悬吊升程113m,最大起重量为118000kN,采用钢丝绳卷扬提升平衡重方案。卷扬机布置在距基岩150m高的四个“双日字”型钢筋混凝土筒体塔柱的顶部,每个“双日字”型塔柱的平

面尺寸为 53.2m × 16.0m, 壁厚为 1m; 塔柱顶部钢筋混凝土平台厚 2.5m, 4 个塔柱间用钢筋混凝土梁板体系相连接, 中间开有 13.6m 宽的吊物孔, 见图 1。因检修卷扬机等需要, 在柱顶平台上布置有一台吊轨中心距 48m, 高 26m, 起重量为 200t 的大型门机。因此, 柱顶机房要求跨度不小于 57.1m 净高不小于 28.0m, 长度为 120m, 同时在两侧及下游设有附机房。

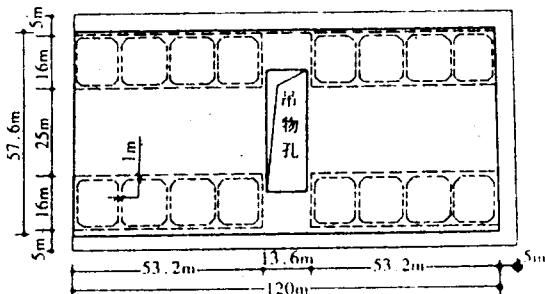


图 1 柱顶平台平面布置图
(外轮廓细线为附房)

针对本工程的特点, 其柱顶机房宜采用空间网架结构。由于塔柱由四个“双日字”型钢筋混凝土筒体组成, 仅在顶部以梁板体系相连接且还开有较大的吊物孔, 同时, 上、下游筒体下部实体混凝土厚度不一样导致各筒体刚度不同, 因此, 在风、地震、日照等作用下四个筒体间将产生不协调变形; 同时, 厂房位于 150m 高的柱顶, 地震经塔柱传到机房下部将有较大的放大(初步研究结果表明将放大 2 ~ 2.5 倍), 且工程地处谷口, 基本风压达 0.5kN/m^2 , 在风载作用下塔柱和机房都将产生变形和振动。因此, 机房结构方案应能较好地适应不协调变形, 并便于控制结构的反应。

作者等人经研究提出了三种机房结构方案: 一是钢筋混凝土梁柱体系加平板网架屋盖方案, 网架分上、下游两片; 二是钢结构梁柱体系加平板网架屋盖方案; 三是整体网架结构方案, 最后认为第三方案即整体网架

方案较好。

整体网架结构方案是指屋盖及四周墙体均由网架组成, 即除了屋盖采用网架外, 四周采用垂直放置的平板网架(压型钢板围护)作为屋盖承重与围护墙板的支承, 屋盖与墙体之间通过网架节点连成一整体, 将支座降低到塔柱顶部的平台上, 整个机房相当于一个倒扣在平台上的长方形网架盒子。采用这样的整体网架方案具有如下好处:

(1) 机房的整体抗扭性能好, 自重小, 延性好, 对抗震有利。

(2) 避免上、下游塔柱间 13.6m 范围内围护结构难以处理的矛盾。

(3) 由于支座降到了平台上, 支座的处理要方便得多, 有可能采取一些措施, 以适应塔柱的不协调变形并可控制机房结构的振动反应。

(4) 便于抗风设计。

(5) 方便施工, 技术先进, 经济效果好, 并能体现该工程雄伟壮观的特色, 富有现代气息。

经选型分析, 采用正放四角锥体系, 网架的网络尺寸为: 屋盖部分长向 $33\text{m} \times 3.6\text{m}$, 跨度方向 $16\text{m} \times 3.6\text{m}$, 网架厚 4.0m, 单向双坡起拱, 起拱高 1.2m; 墙体长度方向 $33\text{m} \times 3.6\text{m}$, 跨度方向 $16\text{m} \times 3.6\text{m}$, 高度方向 $7 \times 3.6\text{m} + 5.5\text{m}$, “墙体”网架厚 3.0m, 门洞处作抽空处理。整个结构共有 2870 个节点, 11276 根杆件。

2 结构抗震概念设计

概念性设计主要是从概念和经验上对设计项目作出推理和判别, 就本工程而言, 如果能在塔顶部平台与机房结构间采取适当的措施, 将经塔柱放大后传来的地震波过滤掉, 那么机房结构的地震反应就必然会较小。对网架结构来讲, 设计时如选用适当的“隔振支座”或采用“阻尼杆件”、“耗能节点”

等可较好地控制其振动反应^[1]。目前,工程中所普遍采用的各种支座,其隔振功能,已在实践中获得证明,但在实际应用中往往很少被考虑采用,究其原因有三:一是由于网架结构本身的抗震性能较好,对一般工程而言通过提高强度的办法来满足要求并不一定增加造价(网架杆件截面更多情况下是由稳定条件控制的);二是人们习惯于计算设计,而目前尚难以精确计算支座的隔振效果,再加之一般的工程在柱顶或圈梁上设置隔振支座有一定的难度;三是隔振材料尚未有成熟的产品供应。所以在国内,尚未有在工程中使用的实践经验。

本工程由于前述原因,对其采用适当的隔振措施就显得更为重要,也更有意义。特别是对于本文所述的整体网架方案,整个机房网架的支座直接落在平台上,在网架与平台接触处设置合适的隔振支座,在强烈地震或脉动风振作用下,整个机房在柱顶平台上就犹如船浮在水平面上,这样,机房结构的振动反应就会大大降低,见图2。

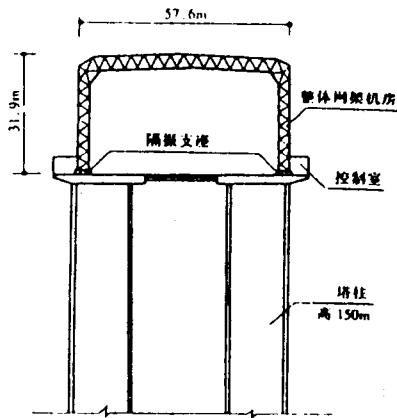


图2 结构抗振概念设计示意图

隔振效果及安全性能如何,关键在于支座。为防止机房在平台上滑移过大,可采用适当的限位装置。

采用上述概念性设计方法,除能消耗地震及风振能量、控制结构的振动反应外,还

有两个明显的好处:一是便于释放温度应力,对于这样的大型工程,温度应力的影响是不容忽视的,理想的方法是将其释放,而隔振支座恰恰能很好地释放温度应力;另一个好处是可以较好地适应下部结构,尤其是上、下游塔柱间可能出现的不协调变形。

3 结构抗风概念设计

由于该工程地处谷口,基本风压达 0.5kN/m^2 ,同时机房处于150m高的塔柱顶部,机房本身的体型尺寸又很大,因此,风荷载是机房结构受力分析的主要荷载。然而,就目前而言,精确分析机房结构的风载影响尚有困难,这主要是因为:①如此高度、如此大型建筑的风载体型系数是否仍可按现行规范取值?②竖向风载如何考虑?竖向风载的体型系数、风振系数如何取值?③竖向承重网架的自振频率及振型如何确定?采用隔振支座后的整体网架风振效应如何,是否可认为是独立振动等等。

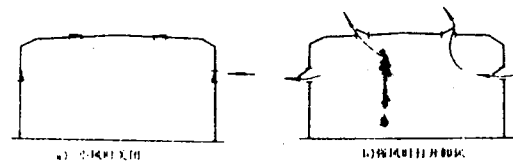


图3 重力自闭窗卸风示意图

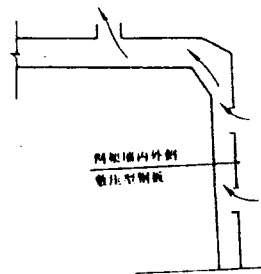


图4 导风系统示意图

(下转第35页)

从1995年7月10日(锚杆静压桩开始施工)起,就对工联大厦进行沉降观测,观测结果见图3。图中,沉降是以7月10日为零点,时间是从7月10日开始计时。由观测结果得到:工联大厦的平均沉降量为42mm,沉降差为1/1062,都在容许范围内。

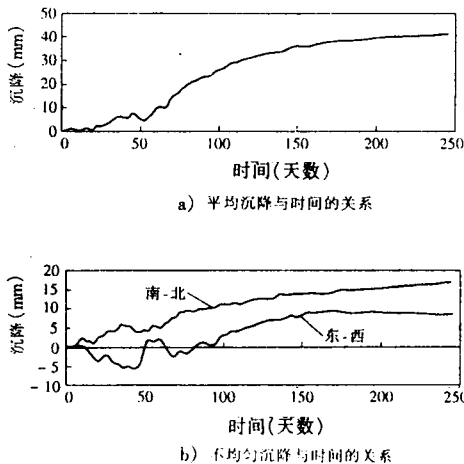


图3 沉降观测结果

(上接第21页)

尽管由于上述问题的存在,还很难精确分析荷载的影响,即难以精确地计算设计,但仍可以通过概念设计的方法来减小风荷载对机房结构的影响。具体的方法可以有如下几种:

(1) 采用前述隔振方法,消耗脉动风载的能量,控制机房结构的振动。

(2) 用增大结构表面粗糙度的方法来减小风载。可以将压型钢板安装在网架的内侧,使网架部分迎风,增大表面粗糙度,减小风载。

(3) 适当开孔,卸风和导风。这又可以有两种方法:一种是在机房较高处的适当部

5 结论

在闹市区建筑拥挤的环境中,进行地基基础设计和施工时,除了应满足建筑物的地基承载力、沉降的要求外,还应考虑建筑物沉降对相邻建筑物的影响、建筑施工对周围环境的影响,考虑现场条件对施工方法的限制等因素。

锚杆静压桩具有无振动、无噪声、无污染、工期短以及施工场地小等优点。工联大厦基础工程的例子说明,锚杆静压桩可以用于一些高层建筑的基础,特别对上海市闹市区的城市建设和改造具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 中华人民共和国行业标准。锚杆静压桩技术规程, YBJ 227-91。北京, 1991
- [2] 锚杆静压桩通用图集, YJD-92-S1。北京, 1991

位采用专门设计的重力自闭窗,平常风比较小时,窗子是关闭的;当出现强风时,窗子会自动打开卸风,风小后在重力作用下又会自动关闭,如图3所示。第二种方法是在网架墙体及屋盖中设置类似于烟囱的导风系统,如图4所示,这种方法网架内外两侧均需安装压型钢板。

实际应用时,可综合运用上述方法。

参考文献

- [1] 胥传喜,钱若军。隔震技术及其在空间网格结构中应用。第六届空间结构学术会文论文。地震出版社,1992