

文章编号:1001-4179(2011)19-0080-03

基于外部分类法的倒虹吸 CAD 系统研制

杨保军^{1,2}, 王宗敏¹, 王春磊², 姚高岭²

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省水利勘测设计研究有限公司, 河南 郑州 450016)

摘要:倒虹吸是南水北调中线工程中的主要跨河建筑物,为实现其自动化设计,使用 ObjectARX 2008 等工具,研制了倒虹吸结构与钢筋图绘的 CAD 系统(SPCAD)。通过借鉴外部分类法,对倒虹吸管段型式和钢筋型式进行了分类,编制了大量的几何形状和钢筋型式封装种类,既方便了系统的研制,也使软件代码具有复用性和可移植性。系统实现了任意孔数的倒虹吸(箱型)从荷载输入到内力计算、配筋计算、抗(限)裂验算,以及全部钢筋图 AutoCAD 绘制和钢筋表计算等全过程自动化设计。系统已应用于南水北调中线工程,极大地提高了倒虹吸结构的设计效率与设计质量,取得了良好的经济效益和社会效益。

关键词:倒虹吸; 结构设计; 钢筋图绘制; 外部分类法; CAD; 南水北调工程

中图分类号: TP391.72 **文献标志码:** A

南水北调中线工程从丹江口水库引水至北京、天津,干线总长 1 273.72 km,穿越了沙颍河、黄河、海河等流域大小河流数百条。总干渠在穿越这些河流时,一般都采用渠倒虹方案,因此,工程中倒虹吸建筑物很多,仅沙颍河流域就有近百座。

传统上进行倒虹吸设计时,一般采用结构内力和配筋计算软件计算,采用 AutoCAD 等软件手工绘制钢筋图,工作效率很低。为了实现自动化设计,国内近几年也出现了一些相关的系统软件,交通方面如武汉理工大学、长安大学的涵洞 CAD 系统^[1-2],水利方面如北京航空航天大学倒虹吸结构设计自动化系统^[3]、天津大学倒虹吸辅助设计系统等^[4]。总体上说,这些软件存在功能不全面、通用性差、不可移植的缺点。比如,水利方面的倒虹吸软件偏重于结构计算,绘图功能弱;交通方面的软件仅适用于水平管段,对复杂管段不适用;同时随着《水工钢筋混凝土结构设计规范》(SL191-2008)替代原 96 规范^[5],也需要研制与新规范配套的软件。因此,研制功能完善的倒虹吸 CAD 系统(尤其要具备绘制钢筋图功能),就显得十分迫切。

1 系统总体架构

1.1 功能分析

系统的总体目标是:真正符合工程设计需要、减少工作量、缩短设计周期、提高工作效率。为此,系统应具有以下功能:交互界面为 Microsoft 标准的图形用户界面(GUI);能完成任意孔数的箱涵,从荷载输入到内力、配筋、抗(限)裂等全过程计算;实现常用的各种管段(不只是水平管段)钢筋图绘制、钢筋表输出等功能;系统应采用软件复用的设计思想统筹各模块,提高 AutoCAD 二次开发的效率。

1.2 开发环境

SPCAD 系统选择 Windows XP 操作系统,图形支撑系统为 AutoCAD 2008,编程环境采用 Visual Studio 2003,二次开发工具采用 ObjectARX 2008。

1.3 总体结构

ObjectARX 是 Autodesk 公司为 AutoCAD 配置的面向对象的开发工具。它使用面向对象的 C++ 应用

收稿日期:2011-04-17

基金项目:南水北调中线工程科研基金

作者简介:杨保军,男,博士研究生,高级工程师,主要从事水工结构和水利信息方面的研究。E-mail:hns1308@163.com

程序开发机制,以动态链接库的形式与 AutoCAD 共享地址空间^[6],并可被其直接调用,具有较高的程序开发与执行效率。系统应用 ObjectARX 开发 AutoCAD 应用程序,在 AutoCAD 环境中以 CAD 命令的形式调用执行各模块。系统总体结构图见图 1。

2 技术路线及功能实现

2.1 技术路线

- (1) 使用面向对象的 C++ 应用程序开发机制,采用 AutoCAD 命令的调用方式,以对话框为人机交互界面。
- (2) 使用理论成熟的结构力学力法或位移法计算结构内力,根据《水工混凝土结构设计规范》(SL191 - 2008)规定,采取承载力极限状态计算配筋,正常使用极限状态验算截面和配筋。
- (3) 应用外部分类法,将各种管段和各种型式钢筋分门别类,方便系统实现、管理、维护。
- (4) 钢筋图绘制时,建立结构纵剖面、平剖面、横剖面等通用的剖面绘制类,编写不同型式钢筋的通用

类,实现系统的复用性、可移植性。

2.2 功能实现

2.2.1 外部特征分类法

倒虹吸在纵剖面上呈“∩”形,管段间分缝以防止开裂及不均匀沉降。常见的倒虹吸不仅总体布置有差别,而且各管段结构也有变化,同时钢筋型式也有几十种。因此需要借鉴分类法思想来解决倒虹吸种类、结构千差万别的问题。分类法一般分为两种,一是依据事物的外部特征进行分类,称之为外部分类法;另一种是根据事物的本质特征进行分类。本文借鉴外部分类法,将倒虹吸管段分为进出口段、渗控段、弯管段、斜管段和水平段 5 种,对各管段作为独立的模块进行编程,将钢筋分为直线形、圆弧形、折线形等,各单一管段或钢筋结构形式上的差异通过设置变量进行控制,管段及钢筋分类见图 2。通过以上分类,不仅在结构上涵盖了倒虹吸的所有形式,而且也方便编程开发。

2.2.2 数据交互输入

- (1) 尺寸参数输入,包括倒虹吸的孔数、孔宽、孔高、顶底板厚以及洞节长度等,也包括配筋直径及间距数据输入。

(2) 荷载参数输入,尺寸参数输入完成后,进入荷载参数输入对话框,包括洞顶底、左右侧及内壁的线性均布荷载和集中荷载输入。输入完成后可以即时显示计算简图。

上述数据保存为独立的数据文件,实现了计算模块和钢筋图模块间既独立又联系的内在关系。

2.2.3 内力及配筋计算

内力及配筋计算是本系统的主

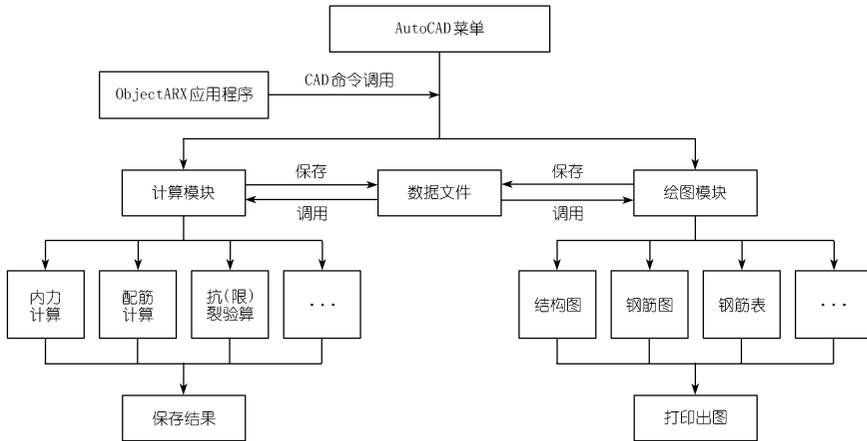


图 1 系统总体架构

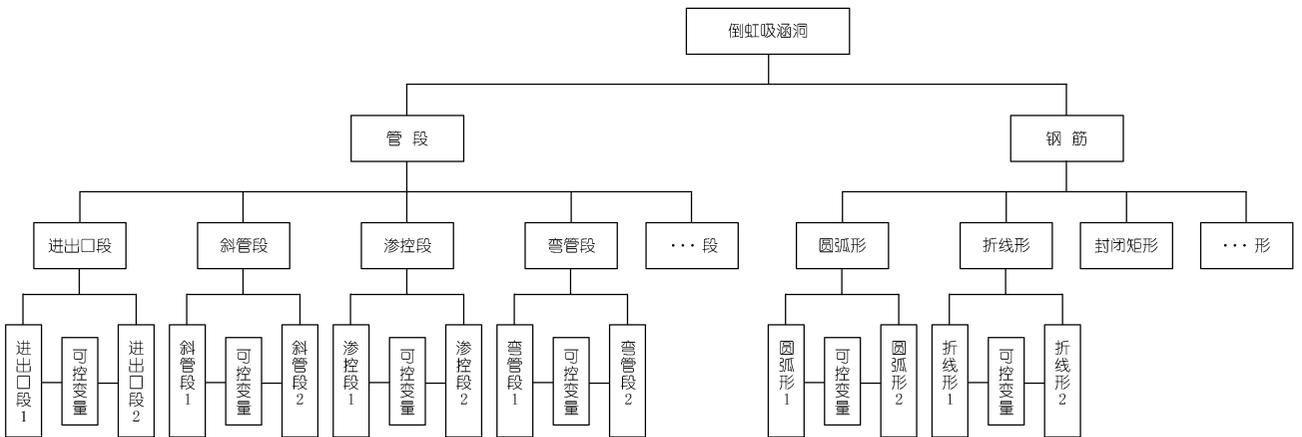


图 2 倒虹吸管段及钢筋分类

要内容,系统中计算截面为垂直管轴线的横断面。将倒虹吸结构横剖面简化为杆件结构,对作用于结构体的各部分荷载进行分解,使之作用在相应的杆件上,按照结构力学中的力法对每个杆件进行内力计算,相当于一个杆件体系内力计算模块,计算结果包括相应的弯矩、剪力、轴力。根据各杆件各个截面的计算结果绘制内力图。

系统自动选取每个杆件的固端和跨中弯矩,按承载力极限状态计算配筋面积,按正常使用极限状态进行关键部位的抗(限)裂计算。配筋计算和抗(限)裂计算都按照规范规定的常规做法进行计算^[5],这里就不再详述。

2.2.4 钢筋图绘制

钢筋图绘制是该系统的核心内容,主要包括各剖面图绘制、钢筋布置和钢筋表计算。分析各种剖面型式的异同,对共性剖面封装为通用类,供各管段模块调用,其余剖面在本模块内实现。根据钢筋型的分类,对每种型式钢筋编写通用封装类,可供所有模块调用。钢筋绘制函数定义如下:

```
void DrawGjA( AcGePoint3d Pt1, AcGePoint3d Pt2,
AcGePoint3d Pt3, AcGePoint3d Pt4, double kuan, CString
bianhao, int gjzhijing, double gjjianju, double baohuceng,
int FirType, int SecType, double BackAngle, int zuoyou,
int shangxia, BOOL outORin, AcDbBlockTableRecord *
pB, BOOL gangjin);
```

其中 Ptn 为齿墙四个角点, zuoyou, shangxia 表示位于管段的左右和上下, outORin 表示为内层还是外层钢筋。

```
void DrawDonut_Curve( AcGePoint3d Pt, double di-
amdbl, double startangle, double yuanxinjiao, int intcolor,
CString bianhao, int gjzhijing, int gjjianju, int shangxia,
```

```
AcDbBlockTableRecord * pBlockTableRecord);
```

其中 Pt 为右端端点, diamdbl 为圆弧半径, startangle 为右端切线水平角度, yuanxinjiao 圆心角度, shangxia 为钢筋标注位于上侧或下侧。

钢筋表包含钢筋编号、直径、单根长、根数及总长等数据。钢筋最大编号为出现的钢筋型号的最大数,其他数据的确定依赖于钢筋封装类,封装类中包含钢筋直径、单根长及根数等属性,在需要从该钢筋类的对象中读取,并输出到钢筋表中。

3 结 语

在计算机普及的今天, CAD 技术已被广泛应用与工程设计中,但由于受种种原因限制, CAD 在水利行业中的应用还远远落后于设计实践的需要。本系统从工程设计需求出发,结合南水北调工程实际实现了倒虹吸涵洞智能化设计。经过工程实例应用,证明该系统功能齐全、可靠性高,极大提高了倒虹吸的设计质量和效率,取得了良好的经济效益和社会效益。它不仅适用于水利倒虹吸,同时也适用于公路、铁路桥涵,具有较大的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 王长波, 杨克俭. 基于 ObjectARX 的涵洞 CAD 系统的开发[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2002, 26(5): 78-81.
- [2] 潘兵宏, 赵一飞, 杨少伟. 基于部件的涵洞 CAD 系统[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(2): 41-44.
- [3] 张孟玫, 施法中. 倒虹吸涵洞结构设计 CAD 系统的设计与实现[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(4): 509-511.
- [4] 王云仓. 倒虹吸计算机辅助设计系统开发与应用[J]. 河北水利水电技术, 2001, (1): 49-51.
- [5] SL191-2008 水工混凝土结构设计规范[S].
- [6] 邵俊昌, 李旭东. AutoCAD ObjectARX2000 开发技术指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000. (编辑: 郑毅)

CAD system development for inverted Siphon based on external taxonomy

YANG Baojun^{1,2}, WANG Zongmin¹, WANG Chunlei², YAO Gaoling²

(1. School of Water Conservancy and Environment Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001 China; 2. Henan Water Conservancy survey Design and Research Co. Ltd, Zhengzhou 450016, China)

Abstract: Inverted siphon is an important water river crossing structure in the Middle Route Project of South-to-North Water Diversion. To realize its automatic design, the SPCAD system for structure design of inverted siphon and steel bar drawing is developed by using the tool of Object ARX2008. By referencing ideas of external taxonomy, types of inverted siphon pipes and steel bars are divided into various categories, plenty of geometric shapes and encapsulation classes for different steel bars types are drawn up. As a result, it facilitates the development of system, and makes the code have the characteristics of reusability and portability. The system realized the whole process automated design for inverted siphon pipe from load input to internal force calculation, reinforcement calculation, checking computation for crack resistance, and the whole AutoCAD of steel bar drawing and calculation for steel table. The system has been applied in the South-to-North Water Diversion Project, which has greatly increased the design efficiency and quality of inverted siphon and obtained great economic and social benefits.

Key words: inverted siphon; structure design; steel bar drawing; external taxonomy; CAD; South-to-North Water Diversion Project