

基于 objectARX 的水轮机选型软件

唐 列¹, 王晓龙², 周普会³

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098 ; 2. 国家电力公司昆明勘测设计研究院, 云南 昆明 650051
3. 紧水滩水力发电厂, 浙江 丽水 323000)

摘要 : 介绍了基于 objectARX 开发的水轮机选型软件的主要功能和结构 , 软件由水轮机选型模块、模型综合特性预处理模块和水轮机数据库三部分组成 , 采用面向对象的开发技术 , 设计并实现了水轮机特性曲线类 , 简化了插值计算和数据维护工作 . 工程应用表明 , 该软件能极大地提高水轮机选型设计的效率 .

关键词 水轮机选型 ; AutoCAD ; objectARX ; 关键类

中图分类号 : TK730 **文献标识码** : B **文章编号** : 1006-764X(2005)01-0053-03

ObjectARX-based software for type selection of hydraulic turbines // TANG Lie¹, WANG Xiao-long², ZHOU Pu-hui³
(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ; 2. Kunming Hydroelectric Investigation and Design Institute, State Power Corporation, Kunming 650051, China ; 3. Jinshuitan Hydroelectric Power Plant, Lishui 323000, China)

Abstract : An introduction was given to the main functions and structure of the software, which consisted of three parts, i. e. the type selection module, the module for preprocessing of synthetic characteristic curve, and the database of hydraulic turbines. By adoption of the object-oriented technique, the design and implementation of turbine characteristic curves simplified the interpolation and database maintenance. The application of the software in engineering can greatly improve the efficiency of design and type selection of hydraulic turbines.

Key words : type selection of hydraulic turbine ; AutoCAD ; objectARX ; critical class

水轮机选型是水电站设计中的一项重要任务. 水轮机的机型和参数的选择是否合理对于水电站的动能经济指标及运行稳定性、可靠性有重要影响. 目前我国在水电站初步设计中广泛采用的是按水轮机系列型谱选择水轮机的方法, 针对这种方法也开发了不少计算机辅助选型软件, 如叶浩亮等应用 VB6.0 开发的水轮机选型 CAD 程序^[1], 宋文武等应用 Delphi 开发的水轮机选型设计软件包^[2]等. 但这些软件往往存在着水轮机模型综合特性曲线输入困难、输出结果不易修改和传播、运行速度较慢的问题, 为了解决这些问题, 笔者开发了一套基于 AutoCAD 二次开发工具 objectARX 的水轮机选型软件.

1 开发工具简介

AutoCAD 是 PC 平台上主流的 CAD 系统, 在国内各水电站设计单位应用广泛. AutoCAD 采用开放式的体系结构, 允许用户扩充新的功能和设计各种应用程序, 为此它为用户提供了众多的二次开发工具, 例如 AutoLISP, VBA, Visual Lisp, objectARX 等, 其

中应用 objectARX(AutoCAD Runtime eXtension) 开发的 ARX 程序与 AutoCAD 在同一地址空间内运行, 能够直接利用 AutoCAD 的内核代码, 直接访问 AutoCAD 的数据库, 建立与 AutoCAD 本身的固有命令方式相同的新命令, 从而实现与 AutoCAD 平台的无缝集成. ARX 应用程序还采用了与 AutoLisp 和 VBA 完全不同的运行机制, 使运行速度和程序功能大大增强^[3]. 此外, objectARX 还充分利用了 Windows 的基本类库 MFC(Microsoft Foundation Class) 和 Visual C++ 可视化编程环境, 可方便、高效地设计具有友好人机界面的 CAD 应用程序. ARX 类库、MFC 类库和 MSVC 开发工具三者结合起来构成 AutoCAD for Windows & Windows2000 强有力而方便的二次开发与调试平台^[4]. 笔者选择的开发工具包括 objectARX2000 SDK, AutoCAD2000 和 Visual C++ 6.0 SP2.

2 软件的主要功能和结构

2.1 软件主要功能

a. 完成水轮机选型设计中的计算和绘图工作,

例如计算水轮机转轮直径、额定转速、比转速、比速系数等选型参数,绘制水轮机运行范围图以及运转综合特性曲线,根据机组运行工况分布表计算水轮机加权平均效率等。

b. 实现模型综合特性曲线的管理,包括利用 AutoCAD 平台进行模型综合特性曲线的输入、修改、数据格式的转换以及数据文件的管理。

2.2 软件结构

本软件由水轮机选型模块、模型综合特性曲线预处理模块和水轮机数据库 3 个部分组成,具体模块划分如图 1 所示。

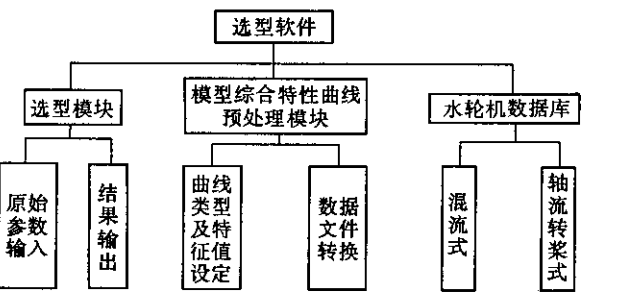


图 1 水轮机选型软件结构框图

2.2.1 选型模块

选型模块主要由原始参数输入模块和结果输出模块(主要选型结果包括水轮机运行范围图、运转综合特性曲线和加权平均效率等)组成,具体选型流程如图 2 所示。

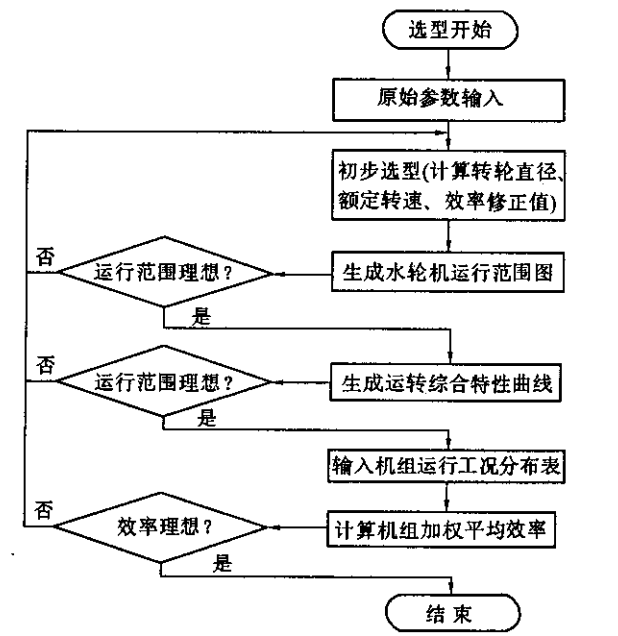


图 2 选型流程

水轮机选型的具体计算方法参见文献[5]。

2.2.2 模型综合特性曲线预处理模块

以往采用的存储水轮机模型综合特性曲线的方法主要有用于混流式或轴流定桨式水轮机的正交网格离散法和用于轴流转桨式水轮机的非正交网格离

散法^[3],但这两种方法比较烦琐而且在转换的过程中会产生较大的误差。通过 AutoCAD 平台的数字化仪接口,采用数字化仪将模型综合特性曲线转换成 dwg 文件,可有效避免上述问题,高效、准确地解决水轮机模型综合特性曲线的输入和存储问题。模型综合特性曲线处理流程如图 3 所示。

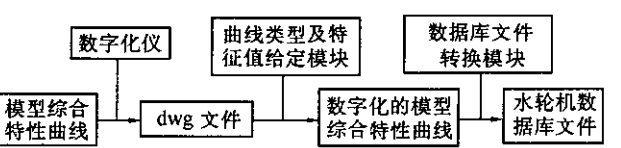


图 3 模型综合特性曲线处理流程

模型综合特性曲线预处理模块的主要功能是帮助用户建立新的水轮机数据库文件,方便选型设计。该模块由两个子模块构成:

a. 曲线类型及特征值设定模块。水轮机模型综合特性曲线通常由等效率线、等开度线、等空化系数线等构成并且每条曲线所代表的值是不同的,本模块的主要功能是通过交互的方式由用户给选定的曲线设定类型和其所对应的值,设定完成后,就可得到数字化的水轮机模型综合特性曲线。

b. 数据文件转换模块。该模块的主要作用是将数字化的模型综合特性曲线转换成数据文件,存入水轮机数据库中,这样用户就可以对新加入的水轮机进行选型设计。

2.2.3 水轮机数据库

水轮机数据库是本软件的数据支持模块,所有参与选型的水轮机型号都是数据库中存有的型号。如果用户想建立新的水轮机型号,可按前述的方法将完成预处理的水轮机型号存入水轮机数据库即可。

3 软件设计

本软件采用面向对象的设计方式,软件中所用的数据(包括真机的基本数据、模型基本数据、模型综合特性曲线、水轮机运转综合特性曲线、水轮机运行范围图)都以对象的方式进行组织和存储。软件的对象层次结构如图 4 所示。

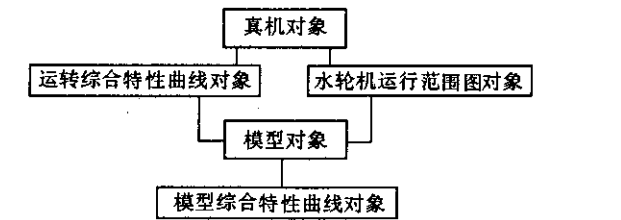


图 4 对象层次结构

从图 4 中可以看出,在这个层次结构图中最重要的是水轮机模型综合特性曲线对象,它是水轮机选型设计的主要依据,因此本软件的关键是对该对

象进行抽象并设计一个水轮机模型综合特性曲线类 利用该类的接口函数来完成工况点参数的插值计算.此外借助于类的封装性 既可以有效地避免对原始数据可能的破坏,又提高了软件的可重用性.

由于不同类型水轮机的模型综合特性曲线存在差异,处理方法也各不相同,因此有必要设计一个水轮机模型综合特性曲线基类 TurbineModel,而不同类型水轮机所对应的类则由该基类派生.类的层次结构如图 5 所示.

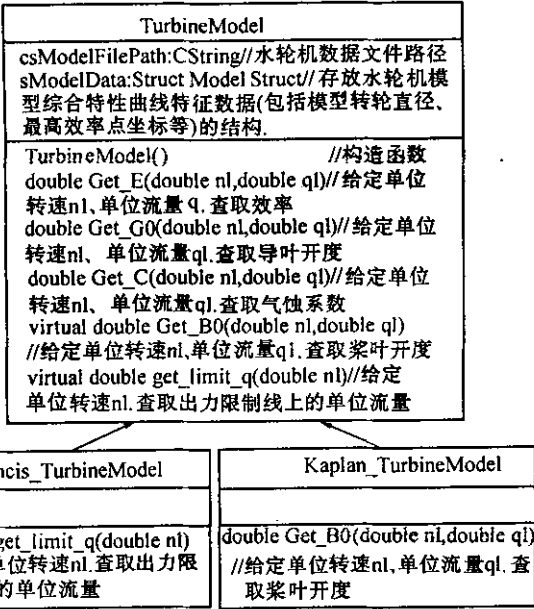


图 5 水轮机模型综合特性曲线类设计

混流式(Francis)和轴流转桨式(Kaplan)水轮机模型综合特性曲线类是水轮机模型综合特性曲线类的派生类,继承基类 TurbineModel 的所有属性和行为,又由于两者具有不同的特点,需要在基类的基础上分别进行扩充和虚函数重定义以适应不同对象的要求.使用面向对象技术,充分利用类的继承性、封装性、多态性,可提高软件的稳定性、可重用性及可维护性.

4 工程实例

本软件已经由昆明勘测设计研究院在某水电站选型设计中投入使用,电站的基本参数如下:最大水头 251 m,水轮机额定水头 216 m,加权平均水头 222.41 m,最小水头 164 m,水轮机安装高程 980 m,发电机额定出力 700 MW,发电机效率 98%,模型转轮直径 0.2 m.电站机组运行工况分布见表 1.

初步选型的结果如下:水轮机型号 A789,水轮机额定转速 150 r/min,水轮机转轮直径 6.50 m,效率修正值 1.67%,水轮机额定出力 714.29 MW,水轮机比转速 153.1 m·kW,水轮机额定流量 362.97 m³/s,

表 1 电站机组运行工况分布

出力/MW	不同水头下水轮机运行效率加权因子/%					
	200 m	205 m	215 m	225 m	235 m	245 m
515	2	1	1	1	1	2
580	5	2	1	2	3	4
625	11	6	4	5	9	10
700	3	2	5	6	11	3

水轮机比速系数 2 250.0,加权平均效率 94.19%.图 6和图 7 分别为所选型号(A789)水轮机运行范围和运转综合特性曲线.

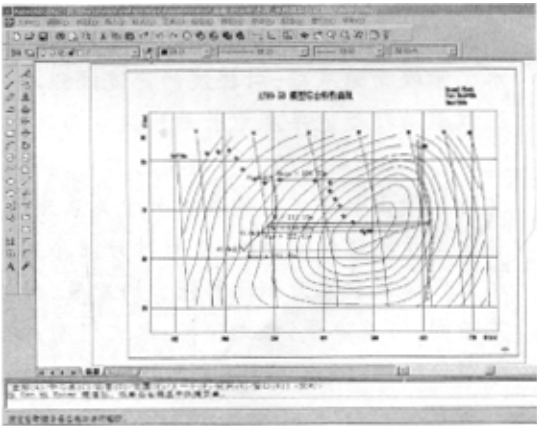


图 6 A789 型水轮机运行范围

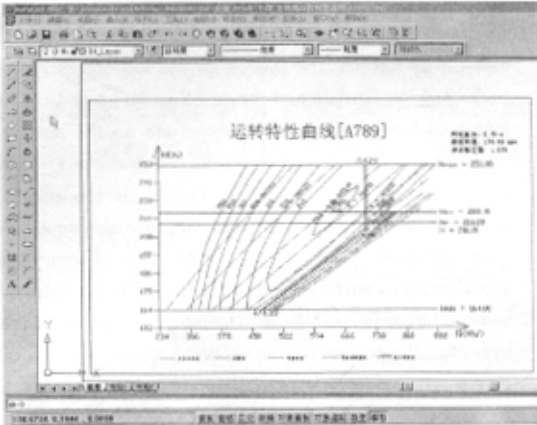


图 7 A789 型水轮机运转综合特性曲线

从该次选型的结果来看,本软件可大大提高选型的效率,同时,与其他水轮机选型软件相比,所生成曲线的质量也有较大的提高.此外本软件所生成的曲线符合 AutoCAD 标准文件格式,易于修改和传播.

5 结 语

水轮机选型软件采用对话框式的人机交互界面,使用简单、方便,设计人员只需按照界面提示输入相应的设计参数,就能很快地完成选型工作.此外本软件支持用户快速、简便地向水轮机数据库中添加新的转轮型号,可方便选型设计.与其他的选型软件相比,本软件功能还不够强大,笔者将在以后的工作中对其进行完善.

(下转第 60 页)

[20] Hipel K W ,McLeod A I. Time series modelling of water resources and environmental systems[M]. Amsterdam :Elsevier , 1994 .

[21] Thompson R M ,Hipel K W ,McLeod A I. Forecasting quarter-monthly riverflow [J]. Water Resources Bulletin ,1985 ,21 (5) :731—741 .

[22] Bender M ,Simonovic S. Time-series modeling for long-range stream-flow forecasting[J]. J Water Res Plan Manag ,1994 , 120(6) :857—870 .

[23] Montanari A ,Rosso R ,Taqqu M S. A seasonal fractional ARFIMA model applied to the Nile River monthly at Aswan [J]. Water Resources Research 2000 ,36 :1249—1259 .

[24] Ooms M ,Franses P H. A seasonal periodic long memory model for monthly river flows[J]. Environmental Modeling & Software 2001 ,16 :559—569 .

[25] 王文. 黄河流量过程时间序列分析与建模[D]. 北京 :中国科学院研究生院 2003 .

[26] Awadallah A G ,Rousselle J. Improving forecasts of Nile flood using SST inputs in TFN mode[J]. Journal of Hydrologic Engineering 2000 ,5(4) :371—379 .

[27] Kuo I T ,Sun Y H. An intervention model for average 10 day streamflow forecast and synthesis[J]. Journal of Hydrology , 1993 ,151(1) :35—56 .

[28] 冯国章 ,王比银 ,王学斌. 自激励门限自回归模型在枯水径流预报中的应用[J]. 西北农业大学学报 ,1995 ,23 (4) :78—83 .

[29] Solomatine D P ,Dulal K N. Model trees as an alternative to neural networks in rainfall-runoff modeling[J]. Hydrol Sci J , 2003 ,48(3) :399—411 .

[30] Birikundavyi S ,Labib R ,Trung H T ,et al. Performance of neural networks in daily streamflow forecasting[J]. J Hydrol Eng , 2002 ,7(5) :392—398 .

[31] Zealand C M ,Burn D H ,Simonovic S P. Short term streamflow forecasting using artificial neural networks[J]. J Hydrol ,1999 , 214 :32—48 .

[32] Markus M. Application of neural networks in streamflow forecasting[D]. Colorado :Colorado State University ,1997 .

[33] Jain S K ,Das A ,Srivastava D K. Application of ANN for reservoir inflow prediction and operation[J]. J Water Res Plann Manage ,1999 ,125(5) :263—271 .

[34] Kisi O. River flow modeling using artificial neural networks [J]. J Hydrol Eng 2004 ,9(1) :60—63 .

[35] 陈仁升 ,康尔泗 ,张济世. 应用 GRNN 神经网络模型计算西北干旱区内陆河流域出山径流[J]. 水科学进展 , 2002 ,13(1) :87—92 .

[36] Zhang B ,Govindaraju R S. Prediction of watershed runoff using Bayesian concepts and modular neural networks[J]. Water Resour Res 2000 ,36(3) :753—762 .

[37] Hu T S ,Lam K C ,Ng S T. River flow time series prediction with a range-dependent neural network[J]. Hydrol Sci J , 2001 ,46(5) :729—745 .

[38] Cigizoglu H K. Incorporation of ARMA models into flow forecasting by artificial neural networks[J]. Environmetrics 2003 , 14(4) :417—427 .

[39] Clark M P ,Hay L E. Use of medium-range numerical weather prediction model output to produce forecasts of streamflow[J]. J Hydrometeor 2004 ,5(1) :15—32 .

[40] 陈守煜. 中长期水文预报综合分析理论模式与方法[J]. 水利学报 ,1997(8) :15—21 .

[41] 白子岩. 模糊模式识别法在中长期预报中的应用[J]. 水利水电技术 ,1999 ,30(2) :50—51 .

[42] Zhu M-L ,Fujita M ,Hashimoto N ,et al. Long lead time forecast of runoff using fuzzy reasoning method[J]. J Japanese Soc Hydrol Water Resour ,1994 ,7(2) :83—89 .

[43] Mahabir C ,Hicks F E ,Fayek A R. Application of fuzzy logic to forecast seasonal runoff[J]. Hydrol Process ,2003 ,17 :3749—3762 .

[44] 夏军. 中长期径流预报的一种灰关联模式识别与预测方法[J]. 水科学进展 ,1993 ,4(3) :190—197 .

[45] 袁秀娟 ,夏军. 径流中长期预报的灰色系统方法研究[J]. 武汉水利电力大学学报 ,1994 ,27(4) :367—375 .

[46] 饶素秋 ,霍世青. 灰色系统模型在黄河径流量分析预测中的应用[J]. 人民黄河 ,1997(7) :39—42 .

[47] 蓝永超 ,康尔泗 ,徐中民. 龙羊峡水库年入库径流的 Markov 预测模型[J]. 中国沙漠 2000 ,20(1) :95—97 .

[48] 冯建英. 河西内陆河春季流量变化特征的分析 and 预测[J]. 甘肃气象 ,1998 ,16(4) :38—41 .

[49] 李杰友 ,熊学农 ,刘秀玉. 基于 EOF 迭代的月径流长期预报[J]. 河海大学学报(自然科学版) ,2001 ,29(2) :43—46 .

[50] Uvo C B ,Graham N E. Seasonal runoff forecast for northern South America :a statistical model[J]. Water Resour Res , 1998 ,34(12) :3515—3524 .

[51] 丁晶 ,邓育仁 ,傅军. 洪水变化的混沌特性和相空间预测[A]. 刘昌明. 第六次全国水文学学术会议论文集[C]. 北京 :科学出版社 ,1997 . 151—157 .

[52] Sivakumar B ,Berndtsson R ,Persson M. Monthly runoff prediction using phase space reconstruction[J]. Hydrol Sci J 2001 , 46(3) :377—387 .

(收稿日期 2003-10-29 编辑 熊水斌)

(上接第 55 页)

参考文献 :

[1] 叶浩亮 ,闵经书. 水轮机选型 CAD 程序设计[J]. 电脑开发与应用 2001(12) :11—13 .

[2] 宋文武 ,彭贵川. 水轮机选型设计软件包的开发研究[J]. 大电机技术 ,1997(6) :61—65 .

[3] 陈杉 ,王宁 ,郭剑峰. 用 objectARX 开发 AutoCAD2000 应用程序[M]. 北京 :人民邮电出版社 2000 .

[4] 李世国. AutoCAD 高级开发技术 ARX 编程及应用[M]. 北京 :机械工业出版社 ,1999 .

[5] 刘大恺. 水轮机[M]. 北京 :中国水利水电出版社 ,1996 .

(收稿日期 2004-01-12 编辑 熊水斌)