

中国灌溉排水发展中心 编著

# 大型泵站更新改造 关键技术研究

DAXING BENGZHAN

GENGXIN GAIZAO

GUANJIAN JISHU YANJIU



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



# 大型泵站更新改造 关键技术研究

中国灌溉排水发展中心 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书在“灌区大型泵站改造关键技术研究”课题研究的基础上,分析了我国大型泵站更新改造技术现状和技术需求,重点研究内容包括:泵站技术经济指标及综合评价体系研究、泵站工程老化评价研究、泵站机组检测及故障诊断方法研究、基于CFD的泵站流道优化与水力性能后评估研究、高扬程水泵压力脉动特性定量评估方法研究和灌区泵站安全高效运行决策支持技术研究等。

本书可供相关专业院校师生及科研人员在教学、科研、生产工作中使用,亦可供从事泵站工程规划、设计和管理工作者参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

大型泵站更新改造关键技术研究 / 中国灌溉排水发展中心编著. — 北京:中国水利水电出版社, 2011.9  
ISBN 978-7-5084-9049-6

I. ①大… II. ①中… III. ①泵站—技术改造 IV.  
①TV675

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第202473号

|      |  |
|------|--|
| 书 名  | 大型泵站更新改造关键技术研究   |
| 作 者  | 中国灌溉排水发展中心 编著  |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn        |
| 经 售  | 电话: (010) 68367658 (发行部)<br>北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点 |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心  |
| 印 刷  | 三河市鑫金马印装有限公司   |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 12.25印张 290千字   |
| 版 次  | 2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷  |
| 印 数  | 0001—1500册   |
| 定 价  | 38.00元   |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 《大型泵站更新改造关键技术研究》 编写单位及人员

**主编单位：** 中国灌溉排水发展中心

**参编单位：** 武汉大学  
中国农业大学  
河海大学  
扬州大学

**主 编：** 李 琪（中国灌溉排水发展中心）

**副 主 编：** 许建中（中国灌溉排水发展中心）

于永海（河海大学）

**编写人员：**（按姓氏笔画排序）

王福军（中国农业大学）

刘德祥（武汉大学）

李 娜（中国灌溉排水发展中心）

李端明（中国灌溉排水发展中心）

成 斌（河海大学）

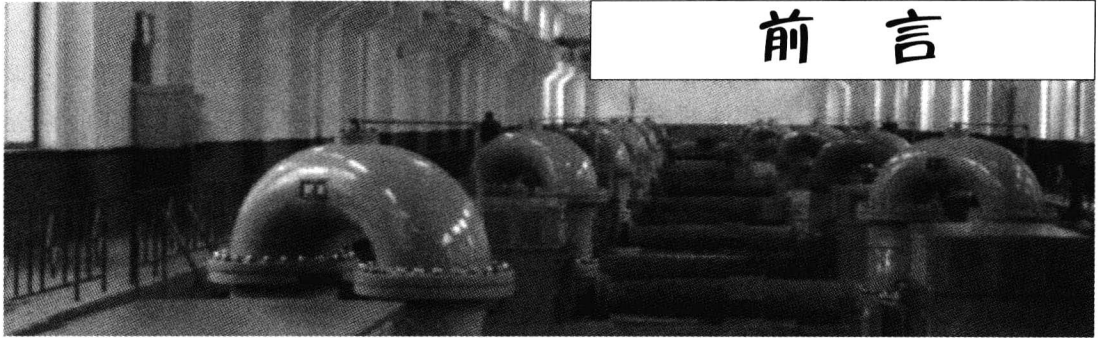
陈 坚（武汉大学）

陈光大（武汉大学）

周济人（扬州大学）

肖若富（中国农业大学）

# 前言



新中国成立以来，特别是20世纪60年代以来，我国机电灌排泵站建设取得了举世瞩目的成就。据统计，截至2009年底，全国机电灌排泵站共有44.65万处，装机功率2447.4万kW，其中大型灌溉排水泵站450处，装机功率560多万kW；中型泵站约5000座，装机功率约600万kW。全国机电灌排泵站有效灌排面积约2.37亿亩，占全国机电灌排总面积6.0亿亩的40.0%，有力地提高了各地抗御自然灾害的能力，为我国国民经济持续、稳定、健康发展提供了强有力的保障。但是，我国现有大型灌溉排水泵站约90%建于20世纪80年代及以前，普遍存在建设标准低、布局不合理，技术落后，产品不配套，工程及机电设备老化失修、功能下降，装置效率低、能耗高等突出问题；同时，还存在泵站管理水平低、手段落后等问题。

泵站工程存在的突出问题得到中央及各级政府的高度重视，2005年以来连续7年的中央1号文件都提及大中型灌溉排水泵站更新改造问题，特别是2006年国家启动实施了“中部四省大型排涝泵站更新改造”项目，2009年国家又启动实施了“全国大型灌溉排水泵站更新改造”项目，同时，各地也积极筹措资金对中小型灌溉排水泵站实施更新改造，使我国机电灌排事业迎来了第二个春天。

为了支撑全国大型灌溉排水泵站更新改造工作，2006年10月，科技部和水利部将“灌区大型泵站改造关键技术研究”课题列入“十一五”国家科技支撑计划进行研究。课题由中国灌溉排水发展中心主持，武汉大学、中国农业大学、河海大学、扬州大学、中国农业机械化研究院等单位共同参与完成。课题在分析我国大型泵站更新改造技术现状和技术需求的基础上，重点研究了泵站技术经济指标体系及其综合评价方法、泵站工程老化及设备故障诊断方法、泵站系统模拟仿真及测试技术、泵站系统优化配套与运行管理技术和

泵站相关标准等内容。经过近4年的研究，取得的成果在试点泵站应用后，提高泵站装置效率10%以上，降低能源单耗 $1\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{kt}\cdot\text{m})$ 以上。

本书共分6章，主要内容包括泵站技术经济指标及综合评价体系研究、泵站工程老化评价研究、泵站机组检测及故障诊断方法研究、基于CFD的泵站流道优化与水力性能后评估研究、高扬程水泵压力脉动特性定量评估方法研究和灌区泵站安全高效运行决策支持技术研究等。本书可供相关专业院校师生及科研人员在教学、科研、生产工作中使用，亦可供从事泵站工程规划、设计和管理工作者参考使用。

本书由中国灌溉排水发展中心组织“灌区大型泵站改造关键技术研究”课题组成员编著，各章节主要参编人员：第1章由周济人、许建中、李端明执笔；第2章、第3章由陈坚、陈光大、刘德祥、李娜执笔；第4章、第5章由王福军、肖若富执笔；第6章由于永海、成斌执笔。本书由李琪任主编，许建中、于永海任副主编。

“灌区大型泵站改造关键技术研究”课题研究过程中，得到了山西省运城市大禹渡扬水工程管理局、安徽凤凰颈排灌泵站管理处等单位及相关专家的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平所限，书中缺点和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

**编著者**

2011年5月

# 目 录

## 前言

|   |     |
|---|-----|
| <b>第 1 章 泵站技术经济指标及综合评价体系研究</b> .....        | 1   |
| 1.1 泵站技术经济指标体系的改进 .....                     | 1   |
| 1.2 泵站技术经济指标的计算与考核 .....                    | 2   |
| 1.3 泵站综合评价 .....                            | 6   |
| 参考文献 .....                                  | 20  |
| <b>第 2 章 泵站工程老化评价研究</b> .....               | 21  |
| 2.1 泵站工程老化评价的理论基础和方法.....                   | 21  |
| 2.2 泵站工程老化评价指标体系的建立及分析.....                 | 30  |
| 2.3 泵站工程老化综合评价模型与应用.....                    | 50  |
| 2.4 大型泵站老化评价软件的开发及应用.....                   | 54  |
| 参考文献 .....                                  | 66  |
| <b>第 3 章 泵站机组检测及故障诊断方法研究</b> .....          | 67  |
| 3.1 泵站机组检修方法及振动原因.....                      | 68  |
| 3.2 泵站机组常见故障及征兆.....                        | 69  |
| 3.3 泵站机组故障诊断方法.....                         | 81  |
| 3.4 泵站机组检测与故障诊断系统开发.....                    | 97  |
| 参考文献.....                                   | 115 |
| <b>第 4 章 基于 CFD 的泵站流道优化与水力性能后评估研究</b> ..... | 117 |
| 4.1 CFD 概述 .....                            | 117 |
| 4.2 控制方程 .....                              | 118 |
| 4.3 湍流模型及数值解法 .....                         | 119 |
| 4.4 进水池流动计算模型 .....                         | 122 |
| 4.5 进水池流动计算结果 .....                         | 125 |
| 4.6 进水池尺寸优化 .....                           | 141 |
| 参考文献.....                                   | 147 |
| <b>第 5 章 高扬程水泵压力脉动特性定量评估方法研究</b> .....      | 149 |
| 5.1 水泵流场计算与性能预测方法 .....                     | 149 |
| 5.2 研究对象 .....                              | 151 |
| 5.3 实体建模和网格划分 .....                         | 151 |
| 5.4 内部流场定常分析结果 .....                        | 153 |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 5.5 压力脉动特性分析 .....                  | 155        |
| 参考文献 .....                          | 165        |
| <b>第6章 灌区泵站安全高效运行决策支持技术研究</b> ..... | <b>166</b> |
| 6.1 灌区泵站运行管理决策支持系统软件总体设计 .....      | 166        |
| 6.2 灌区泵站运行管理决策支持系统软件功能模块设计 .....    | 168        |
| 6.3 灌区泵站运行管理决策支持系统软件应用 .....        | 170        |
| 参考文献 .....                          | 186        |



# 第 1 章 泵站技术经济指标及综合评价体系研究

1980 年,原水利部颁布了《国营机电排灌站实行按八项技术经济指标考核的暂行规定》,明确了泵站技术经济考核指标。1986 年,原水利电力部编制了《泵站设计规范(技术管理分册)》(SD 204—86),2000 年水利部对该规范进行了修订,出版了《泵站技术管理规程》(SL 255—2000)。到目前为止,我国泵站管理单位每年均按 SL 255—2000 规定的 8 项技术经济指标进行考核,这有力地促进了泵站管理水平的提高和工程效益的发挥。现行的泵站管理规程颁布十多年来,我国的泵站工程事业得到了长足的发展,建设水平与管理水平得到了很大的提高,但该规程部分指标与泵站工程的发展存在一些不相称之处,有些指标的准确计算存在较大难度,因此,有必要深入研究泵站技术经济指标,同时对泵站综合评价体系与方法进行研究,使得泵站工程的考核工作更为合理。

## 1.1 泵站技术经济指标体系的改进

《泵站技术管理规程》(SL 255—2000)中衡量泵站技术经济的指标共有 8 项,分别为工程完好率、设备完好率、装置效率、能源单耗、供排水成本、供排水量、单位功率效益、安全运行率。其中反映技术指标的有工程完好率、设备完好率、安全运行率及供排水量等 4 项,反映经济指标的有装置效率、能源单耗、供排水成本和单位功率效益等 4 项。

### 1.1.1 技术指标的改进

实践证明,工程及设备的完好程度、设备安全运行率的高低是泵站安全运行的前提。由于泵站工程通常由进出水河道、前池、进水池、泵房、进出水涵闸等组成,它们协调工作完成泵站的设计任务,但是,SL 255—2000 中工程完好率中的“工程”概念难以准确把握,可以理解为整座泵站,也可理解为各分部建筑物工程,因此在《泵站技术管理规程》的修订稿(以下简称新规程)中将工程完好率改为建筑物完好率,概念将更为清晰。

### 1.1.2 经济指标的改进

水泵装置由水泵及进出水管道(流道)组成,抽水装置由水泵、动力机、传动机构、管道(流道)和各种管路附件组成,水泵装置效率  $\eta_{ps}$  及抽水装置效率  $\eta_{ms}$  可表示为:

$$\eta_{ps} = \frac{\rho g Q (\nabla_2 - \nabla_1)}{P_p} \quad (1.1)$$

$$\eta_{ms} = \frac{\rho g Q (\nabla_2 - \nabla_1)}{P_m} \quad (1.2)$$

式中  $\nabla_1$ ——进水池水位;  
 $\nabla_2$ ——出水池水位;



- $Q$ ——水泵流量；  
 $P_p$ ——水泵轴功率；  
 $P_m$ ——动力机输入功率；  
 $\rho$ ——水密度；  
 $g$ ——重力加速度。

SL 255—2000 中是对装置效率进行考核，由于泵站进出水闸、进出水池等建筑物还有水力损失，损失大小各泵站不一，因此，装置效率这一指标尚不能完全反映整座泵站的能量转换特性，因此，宜将泵站效率代替装置效率作为泵站的一个考核指标。

泵站效率为泵站输出的有效功率与泵站输入功率的比值。泵站输出的有效功率为将泵站流量  $Q$  提升高度  $H$  所耗用的功率，此处扬程  $H$  为泵站的净扬程，即近泵房处上、下游河道的水位差。泵站的输入功率为变压器输入泵站的功率。由于变压器输入泵站的功率包括电机、电气设备、辅助设备、管理及生活等消耗功率，为较为准确地反映泵站能量转换的性能，同时兼顾测试方便，此处泵站的输入功率宜定义为电动机的输入功率。考虑到现场测试的可行性，现场测试可以测试单台机组，以此代表泵站效率，也可测试整个泵站。

我国现行泵站技术经济指标体系中没有反映泵站财务评价的考核指标，许多泵站由于经费投入不足导致工程及设备养护管理不到位，老化严重，管理队伍也不稳定，因此，有必要增加泵站财务评价考核指标以促进泵站管理。

我国现有大型泵站运行费用多为国家或地方财政补贴，即便是灌溉泵站，水费回收率比较低，更谈不上盈利，泵站运行大多靠财政补贴。因而，做好财务会计工作是泵站财务的重点，泵站的费用支出必须与财政补贴挂钩，不能因资金规划不合理，导致泵站运行资金短缺，影响泵站运行质量。因此，新规程中增加泵站财务年度考核指标，即财务收支平衡率。

单位功率效益指标实际的统计中比较繁琐，难度较大，因此新规程去掉该指标。

综上所述，改进后的泵站技术经济指标包括建筑物完好率、设备完好率、泵站效率、能源单耗、供排水成本、供排水量、安全运行率、财务收支平衡率等 8 项。

## 1.2 泵站技术经济指标的计算与考核

### 1.2.1 建筑物完好率

建筑物完好率可按下式计算：

$$K_{jz} = \frac{N_{wj}}{N_j} \times 100\% \quad (1.3)$$

式中  $K_{jz}$ ——建筑物完好率，即完好的建筑物数与建筑物总数的比值；

$N_{wj}$ ——完好的建筑物数；

$N_j$ ——建筑物总数。

泵站主要建筑物包括进水建筑物、泵房及出水建筑物。进水建筑物包括进水闸、进水涵洞、进水河道、前池、进水池等；出水建筑物包括出水池、压力水箱、出水涵洞、出水控制闸等。



根据大中型泵站改造规划调查资料统计,我国供水泵站(多为灌溉泵站)建筑物完好率均值为84%,排水泵站(多为排涝泵站)建筑物完好率均值为79%,考虑到中南四省及国家“十一五”泵站改造的实施,以及近十年来各地兴建了大量泵站,因此,新考核指标中建筑物完好率拟定为85%,比SL 255—2000增加了5个百分点。

### 1.2.2 设备完好率

设备完好率可按下式计算:

$$K_{sb} = \frac{N_{ws}}{N_s} \quad (1.4)$$

式中  $K_{sb}$ ——设备完好率,即泵站机组的完好台套数与总台套数的比值;

$N_{ws}$ ——机组完好的台套数;

$N_s$ ——机组总台套数。

主要机电设备包括主水泵、主电动机、主变压器、主要管道及阀门、低压互感器、断流互感器、油开关、隔离开关、母线、电抗器、开关柜、控制柜、低压空气开关、电缆、电气仪表、转动机械、(启闭设备)。根据大中型泵站改造规划调查资料统计,我国供水泵站设备完好率为87%,排水泵站设备完好率均值为80%,考虑到中南四省及国家“十一五”泵站改造的实施,以及近10年来各地兴建了大量泵站,因此,新规程中设备完好率拟定为95%,比SL 255—2000也增加了5个百分点。

### 1.2.3 泵站效率

泵站效率通过现场测试得到。

(1) 如测试单台机组,泵站效率可表示为:

$$\eta_{bz} = \frac{\rho g Q_b H_{bz}}{1000P} \times 100\% \quad (1.5)$$

式中  $\eta_{bz}$ ——泵站效率, %;

$\rho$ ——水密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$g$ ——重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ ;

$Q_b$ ——水泵流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$H_{bz}$ ——泵站净扬程,  $\text{m}$ ;

$P$ ——电机输入功率,  $\text{kW}$ 。

(2) 如测试整个泵站,泵站效率可表示为:

$$\eta_{bz} = \frac{\rho g Q_z H_{bz}}{1000 \sum P_i} \times 100\% \quad (1.6)$$

式中  $Q_z$ ——泵站流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$P_i$ ——各电机输入功率,  $\text{kW}$ 。

对于多机组泵站,应至少抽测一台机组,以此代表整个泵站效率;如站内安装的水泵机组型号不同,则需对不同型号的机组进行抽检,以各型号台数作为权重通过计算加权平均值作为泵站效率。

对于低扬程泵站,进出水建筑物及管路系统的水力损失占泵站净扬程的比例较高,SL 255—2000中仅对净扬程大于3m及小于3m的两种情况进行了要求,不利于对低扬



程泵站的考核，因此，新规程对扬程范围进行了适当细分，并对泵站效率作了相应规定，见表 1.1。

表 1.1 泵站效率规定值

| 泵站类别         |           | 泵站效率 (%) |
|--------------|-----------|----------|
| 轴流泵站或导叶式混流泵站 | 净扬程小于 3m  | ≥55      |
|              | 净扬程为 3~5m | ≥60      |
|              | 净扬程为 5~7m | ≥64      |
|              | 净扬程 7m 以上 | ≥68      |
| 离心泵站或蜗壳式混流泵站 | 输送清水      | ≥60      |
|              | 输送含沙水     | ≥55      |

根据对我国供水泵站、排水泵站的调查，目前供水泵站抽水装置效率平均为 57%，排水泵站抽水装置效率均值 52%。根据对国内部分低扬程大中型泵站模型试验的调查，对于对泵装置进行过优化的泵站，其平均水泵装置效率可达 70% 以上。调查还发现，即使是净扬程较低的泵站，只要优选水力模型，对进、出水流道进行优化，仍能获得较高的水泵装置效率，见表 1.2。

表 1.2 部分大型泵站模型试验资料统计

| 泵站序号 | 所在地   | 原型泵叶轮直径 (mm) | 装机台数 | 进水流道形式 | 出水流道形式 | 设计装置扬程 (m) | 装置效率 (%) |
|------|-------|--------------|------|--------|--------|------------|----------|
| 1    | 江苏盐城  | 1750         | 4    | 平面竖井   | 虹吸     | 1.15       | 63.10    |
| 2    | 江苏淮安  | 3300         | 5    | 直管     | 灯泡后置   | 2.35       | 78.38    |
| 3    | 湖南常德  | 2900         | 4    | 肘形     | 直管     | 2.60       | 76.13    |
| 4    | 江苏连云港 | 3100         | 12   | 肘形     | 直管     | 2.93       | 71.00    |
| 5    | 江苏常熟  | 2500         | 9    | 双向     | 双向     | 3.23       | 70.23    |
| 6    | 江苏镇江  | 2800         | 6    | 双向     | 双向     | 3.26       | 69.05    |
| 7    | 广东中山  | 3000         | 4    | 簸箕形    | 低驼峰式   | 3.32       | 59.36    |
| 8    | 江苏淮安  | 3190         | 6    | 直管     | 灯泡后置   | 3.79       | 75.14    |
| 9    | 江苏淮安  | 1600         | 12   | 肘形     | 直管     | 4.40       | 74.20    |
| 10   | 江苏宿迁  | 6000         | 2    | 钟形     | 直管     | 4.70       | 66.05    |
| 11   | 江苏扬州  | 2000         | 10   | 对称蜗壳   | 虹吸     | 6.00       | 76.83    |
| 12   | 江西南昌  | 1430         | 5    | 钟形     | 直管     | 7.29       | 77.51    |
| 13   | 江苏扬州  | 3200         | 4    | 肘形     | 虹吸     | 7.60       | 73.32    |

#### 1.2.4 能源单耗

能源单耗可按下式计算：

$$e = \frac{\sum E_i}{3.6\rho \sum Q_{si} H_{bei} t_i} \quad (1.7)$$



式中  $e$ ——能源单耗，即水泵每提水 1000t、提升高度为 1m 所消耗的能量， $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{kt} \cdot \text{m})$  或  $\text{kg}/(\text{kt} \cdot \text{m})$ ；

$E_i$ ——泵站各机组运行某一时段消耗的总能量， $\text{kW} \cdot \text{h}$  或燃油  $\text{kg}$ ；

$Q_{zi}$ ——泵站各机组在某一时段运行时的平均流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$H_{bzi}$ ——相应运行时段的水泵净扬程， $\text{m}$ ；

$t_i$ ——运行时间， $\text{h}$ 。

泵站能源单耗考核指标应分别符合以下规定：

(1) 对于电力泵站，净扬程小于 3m 的轴流泵站及导叶式混流泵站以及输送含沙水的离心泵站及蜗壳式混流泵能源单耗不宜大于  $4.95\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{kt} \cdot \text{m})$ ，其他泵站不应大于  $4.53\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{kt} \cdot \text{m})$ 。

(2) 对于内燃机泵站能源单耗不应大于  $1.28\text{kg}/(\text{kt} \cdot \text{m})$ 。

(3) 对于长距离输水管道，能源单耗可适当增加。

### 1.2.5 供、排水成本

供、排水成本，包括油费、电费、水资源费、工资、管理费、维修费、固定资产折旧和大修理费等。供、排水成本的核算有 3 种方法，各泵站可根据具体情况选定适合的核算方法。

(1) 按单位面积核算：

$$U = \frac{f \sum E + \sum C}{\sum A} \quad [\text{元}/(\text{亩} \cdot \text{次}) \text{ 或 } \text{元}/(\text{亩} \cdot \text{年})] \quad (1.8)$$

(2) 按单位水量核算：

$$U = \frac{f \sum E + \sum C}{\sum V} \quad (\text{元}/\text{m}^3) \quad (1.9)$$

(3) 按  $\text{kt} \cdot \text{m}$  核算：

$$U = \frac{1000(f \sum E + \sum C)}{\sum GH_{bz}} \quad [\text{元}/(\text{kt} \cdot \text{m})] \quad (1.10)$$

式中  $f$ ——电单价， $\text{元}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，或燃油单价， $\text{元}/\text{kg}$ ；

$\sum E$ ——供、排水作业消耗的总电量  $\text{kW} \cdot \text{h}$  或燃油量  $\text{kg}$ ；

$\sum C$ ——除电费、油费外的其他总费用，元；

$\sum A$ ——供、排水的实际受益面积，亩；

$\sum G$ 、 $\sum V$ ——供、排水期间的总提水量， $\text{t}$ 、 $\text{m}^3$ ；

$H_{bz}$ ——供、排水作业期间的水泵平均扬程， $\text{m}$ 。

根据大中型泵站改造规划调查资料统计，我国供水泵站（多为灌溉泵站）灌排成本均值按水量  $0.33 \text{元}/\text{m}^3$ ，按  $\text{kt} \cdot \text{m}$  计算为  $3.34 \text{元}/(\text{kt} \cdot \text{m})$ ；排水泵站排水成本均值按水量  $0.05 \text{元}/\text{m}^3$ ，按  $\text{kt} \cdot \text{m}$  计算为  $5.95 \text{元}/(\text{kt} \cdot \text{m})$ 。

### 1.2.6 供、排水量

供、排水量可按以下公式计算：



$$V = \sum Q_{zi} t_i \quad (1.11)$$

式中  $V$ ——供、排水量,  $\text{m}^3$ ;

$Q_{zi}$ 、 $t_i$ ——泵站某时段的平均流量和相应的时段长,  $\text{m}^3/\text{s}$ 、 $\text{s}$ 。

### 1.2.7 安全运行率

安全运行率可按下式计算:

$$K_a = \frac{t_a}{t_a + t_s} \times 100\% \quad (1.12)$$

式中  $t_a$ ——主机组安全运行台时数,  $\text{h}$ ;

$t_s$ ——因设备和工程事故, 主机组停机台时数,  $\text{h}$ 。

根据大中型泵站改造规划调查资料统计, 我国供水泵站安全运行率均值为 91%, 排水泵站安全运行率均值为 89%, 这些统计的泵站均为需要改造的泵站。SL 255—2000 要求为 98%, 已是一个较高的数值, 故新规程考核指标拟保持原值 98%。

### 1.2.8 财务收支平衡率

财务收支平衡率是泵站年度内财务收入与运行支出费用的比值。泵站财务收入包括国家和地方财政补贴、水费、综合经营收入等; 运行支出费用包括电费、油费、工程及设备维修保养费、大修费、职工工资及福利费等。财务收支平衡率按下式计算:

$$K_{cw} = \frac{M_j}{M_c} \quad (1.13)$$

式中  $K_{cw}$ ——财务收支平衡率;

$M_j$ ——资金总流入量, 万元;

$M_c$ ——资金总流出量, 万元。

财务收支平衡率应不小于 1。

## 1.3 泵站综合评价

综合评价工作对进一步发挥大型泵站工程效益, 保证大型泵站的安全经济运行, 促进泵站管理的规范化、科学化和现代化, 提升泵站管理水平具有重要意义。

由于泵站综合性状的评价涉及多方面、多层次因素的分析, 包括机电设备和水工建筑物两大部分。而所有这些因素的重要性、影响力或优先程度往往难以量化, 存在大量模糊信息, 人的主观选择会起相当重要的作用, 这就给采用一般数学方法解决问题带来很大的困难。针对这一特定情况, 可在分析比较各类评价理论方法的基础上, 采用模糊数学理论结合层次分析方法进行研究。

### 1.3.1 模糊综合评判模型

构造一个综合评价指标体系, 就是要构造一个系统, 而系统的构造一般是包括系统元素的配置和系统结构的安排两方面的。在综合评价指标体系这一系统中, 每个指标都是



系统元素，而各指标之间的相互关系则是系统结构，见图 1.1。

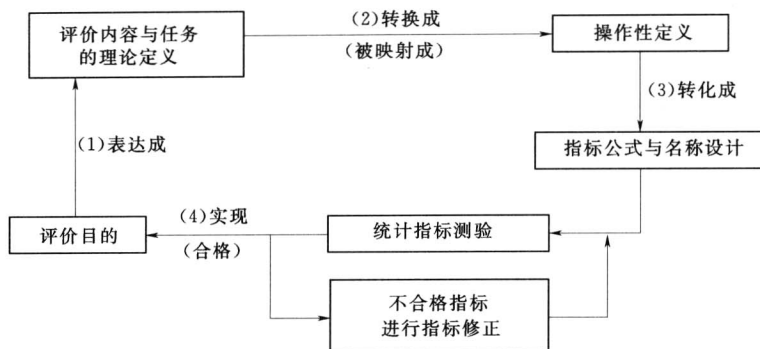


图 1.1 单项评价指标构造过程

### 1.3.1.1 体系构造的基本内容

#### 1. 系统元素构造

系统元素构造就是要明确该评价指标体系是由哪些指标组成，且各指标的概念、计算范围、计算方法、计量单位分别是什么，后几项内容实际上就是统计指标设计问题，它们是综合评价指标体系的基础。

#### 2. 系统结构构造

系统结构构造也就是明确该评价指标体系中所有指标之间的相互关系如何，层次结构怎样，因为越是复杂的综合评价问题，其评价目标往往是多层次的，理顺这种层次关系，对于提高评价效率与效果都有重要的作用。

任何评价指标体系都可以最简单的双层结构的形式出现：第一层为总目标层，第二层为指标层，如果将评价对象作为第三层（底层），则形式上成为“三层”结构，就指标而言，这种双层结构等于没有对指标体系进行结构分类。稍微复杂的综合评价指标体系一般都表现三层结构（不包括由评价对象所构成的底层，以下所有讨论都不包括“对象层”）：总目标层、子目标层、指标层。从综合评价指标体系结构的类型看，大致有两类，一类称为“目标层次式的”，另一类称为“因素分解式的”（杜邦指标体系）。前者主要用于对对象进行水平评价，后者则主要用于对评价对象的因素分析。在本项目研究中，采用前一种结构类型。

### 1.3.1.2 综合评价指标体系构建的过程

综合评价指标体系构建是一个“具体—抽象—具体”的辩证逻辑思维过程，是人们对象总体数量特征的认识逐步深化、逐步求精、逐步完善、逐步系统化的过程。一般来说，这个过程可大致分为以下 4 个环节：理论准备、指标体系初选、指标体系测验、指标体系应用。

泵站工程是其独立的个体工程，由于所处的地理自然环境、工程任务等不同，因而不存在相同的泵站或批量生产的泵站。特别是大型泵站，因为其复杂性和独特性，在建立大型泵站综合评价体系时，需要将工程的横向相同考察点和纵向考核点结合起来。

综合评价指标体系的初选方法主要有综合法和分析法两种。



### 1. 综合法

所谓综合法,是指对已经存在的一些指标群按一定的标准进行聚类,使之体系化的一种构造指标体系的方法。目前许多领域都有人在讨论有关综合评价问题,若将不同观点综合起来,就可以构造出相对全面的综合评价指标体系。例如,如果我们要设计一套反映泵站综合评价的指标体系,可以将理论界提出的许多方案进行分析比较,综合出一套标准的评价指标体系。不难看出,综合法特别适用于对现行评价指标体系的完善与发展。

### 2. 分析法

分析法即将综合评价指标体系的度量对象和度量目标划分成若干个不同组成部分或不同侧面(即子系统),并逐步细分(即形成各级子系统及功能模块),直到每一个部分和侧面都可以用具体的统计指标来描述、实现。这是构造综合评价指标体系最基本、最常用的方法。

在模糊综合评判中,泵站综合性状的评价层数为了保证评价的公正、合理和全面,既要反映影响泵站综合性状的主观因素,又要反映影响泵站综合性状的客观因素;既要考虑到影响泵站综合性状因素的复杂性,又要考虑到评价操作的简单性,因此,泵站综合性状的评价层数以三层为宜。模糊综合评判模型不仅考虑了决定泵站级别的、大量的和多层次的影响因素,而且能恰当反映泵站评级的模糊性,评价结果应当比较符合实际。

## 1.3.2 大型泵站工程评价指标体系的建立

### 1.3.2.1 评价指标体系构建原则

评价指标体系的构建十分关键,因为指标体系是综合评价的基础,没有科学合理的评价指标,指标结果就没有可信性。从一般意义上讲,综合评价指标体系构造时必须注意以下一些基本原则:

(1) 全面性原则。即评价指标体系必须反映被评价问题的各个侧面,绝对不能“扬长避短”,否则,评价结论将是不公平的。

(2) 科学性原则。即整个综合评价指标体系从元素构成到结构,从每一个指标计算内容到计算方法都必须科学、合理、准确。

(3) 层次性原则。即建立综合评价指标体系的层次结构,可为进一步的因素分析创造条件。

(4) 目的性原则。即整个综合评价指标体系的构成必须紧紧围绕着综合评价目的层层展开,使最后的评价结论能反映评价意图。

(5) 可比性原则。即所构造的评价指标体系必须对每一个评价对象是公平的、可比的,指标体系中不能包括一些有明显“倾向性”的指标。

(6) 与评价方法一致的原则。不同综合评价方法,对评价指标体系的要求存在一些差别。实际构建评价指标体系时,有时需要先定方法再构造指标。

(7) 可操作性原则。一个综合评价方案的真正价值只有在付诸现实才能够体现出来。这就要求指标体系中的每一个指标都必须是可操作的,必须能够及时搜集到准确的数据。

### 1.3.2.2 大型泵站综合评价指标体系

按照评价指标体系的构建原则,在广泛调研和查阅文献资料基础上,参考专家意见,





将泵站各影响因素指标层和对象层进行分类，见表 1.3。

表 1.3 各影响因素指标层和对象层分类

|             |             |                    |
|-------------|-------------|--------------------|
| 1. 泵站技术经济指标 | 1.1 建筑物完好率  |                    |
|             | 1.2 设备完好率   |                    |
|             | 1.3 泵站效率    | 1.3.1 泵站效率         |
|             |             | 1.3.2 泵站效率历年下降程度   |
|             | 1.4 供排水成本   |                    |
|             | 1.5 供排水量    |                    |
|             | 1.6 能源单耗    |                    |
|             | 1.7 财务收支平衡率 |                    |
|             | 1.8 安全运行率   |                    |
| 2. 泵站运行状态   | 2.1 水泵状态    | 2.1.1 设计参数与实际工况一致性 |
|             |             | 2.1.2 运行时振动、噪声     |
|             |             | 2.1.3 汽蚀           |
|             |             | 2.1.4 轴承、填料温升      |
|             |             | 2.1.5 漏水           |
|             |             | 2.1.6 间隙大小及磨损状况    |
|             | 2.2 电动机状态   | 2.2.1 设计参数与实际工况一致性 |
|             |             | 2.2.2 运行时振动、噪声     |
|             |             | 2.2.3 运行时温升        |
|             |             | 2.2.4 轴承状况         |
|             | 2.3 传动装置状态  | 2.3.1 传动装置的形式      |
|             |             | 2.3.2 传动装置运行       |
|             | 2.4 进水建筑物工程 | 2.4.1 进水池流态        |
|             |             | 2.4.2 进水渠道流态       |
|             |             | 2.4.3 拦污栅污物状况      |
|             |             | 2.4.4 前池的形式及流态     |
|             |             | 2.4.5 安装状况         |
|             |             | 2.4.6 附属设施或设备状况    |
|             | 2.5 出水建筑物工程 | 2.5.1 出水池流态        |
|             |             | 2.5.2 出水渠道流态       |
|             |             | 2.5.3 安装状态         |
|             |             | 2.5.4 附属设施或设备状况    |
|             |             | 2.5.5 断流设施形式及运行状态  |
|             | 2.6 其他      | 2.6.1 主机组配套状况      |
| 2.6.2 完善程度  |             |                    |
| 2.6.3 运行状态  |             |                    |