

## 深井潜水泵和普通离心泵串联运行试验

徐树宝

新泰市水利局, 山东 新泰 271200

**摘要:** 针对遭遇干旱以及地下水超采导致地下水位严重下降, 造成大批深井供水失常, 甚至报废的情况, 试验采用深井潜水泵与普通离心泵串联运行的方式取代传统的分级提水以及更换设备等老办法, 取得了满意的效果。

**关键词:** 深井潜水泵; 普通离心泵; 串联运行

**中图分类号:** S277.9+2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2016)05-0765-03

## The Attempt of the Series Operation of Deep Well Submersible Pump and Ordinary Centrifugal Pump

XU Shu-bao

Xintai Water Conservancy Bureau, Xintai 271200, China

**Abstract:** Considering drought and over-exploitation of groundwater resulting in a serious decline in groundwater levels, a large number of deep wells were in disorder and even scrapped, the test had achieved satisfactory results by adopting the series operation of deep well submersible centrifugal pump and general centrifugal pump to replace some old ways, such as traditional hierarchical pumping and equipment replacement.

**Keywords:** Deep well submersible pumps; ordinary centrifugal pump; series operation

### 1 问题的提出

山东省新泰市地处鲁中山区, 总面积 1946 km<sup>2</sup>, 人口 140 万, 是一个以煤炭工业为基础, 加快转型升级的新型县级市。全市境内河流众多, 山丘区面积约占 70%。近年来, 随着经济社会的快速发展, 全市用水量逐年递增, 特别是在工矿区和井灌区, 地下水超采严重。由于新泰多山, 且煤炭资源丰富, 矿井分布集中, 煤矿排水破坏水资源生态平衡已成为新泰的一个特殊问题。由于采煤要疏干煤层以上的地下水, 形成以煤矿为中心的漏斗疏干区。随着矿坑向纵深发展, 漏斗范围越来越大, 造成附近地下水位下降, 水源干枯。据泰安市水文观测资料分析, 全市以新汶、楼德为中心形成了约 300 km<sup>2</sup> 的两个奥灰水漏斗区, 基岩地区最大降深已达 75 m 以上。

由于超采地下水, 导致地下水位严重下降, 造成大批深井供水失常, 甚至报废。一些配套深井在丰水期尚能供水, 但在枯水期, 由于水位下降过大, 扬程增加过多, 导致供水中断。针对在深井提水中存在的问题, 为了挖掘深井提水设施的潜力, 充分发挥工程效益, 节省投资, 我们大胆革新, 先后在小协镇陈角峪、横山等村试验深井潜水泵与普通离心泵串联运行新方法, 获得成功。经使用证明, 这项技术不仅节省了工程投资, 而且运行经济合理, 有广泛的推广应用价值。

### 2 工作原理

当水源离用户较远, 供水管线很长时, 如果一次用高扬程水泵来满足要求, 非但抽水装置效率低, 而且对配套设施的要求也很高; 或者因地下水位严重下降, 原供水工程不能满足供水要求时, 若更换原设备, 势必造成很大的经济损失, 如果采用分级提水, 即先将水提至井外, 蓄入调节池, 然后再修建二级扬水站, 向较高用户供水, 不但投资大, 而且不利于管理。为了解决这一问题, 满足最远用户的需要, 且能满足深井附近的灌溉和用水, 投资最省, 我们采用了水泵串联运行的形式, 其工作原理如下:

设潜水泵的扬程为  $H_1$ , 当把水提至井外后, 压力下降到较小值 (一般 5~10 m), 再由串联离心泵把压力提高到  $H_2$  的高度, 这样满足了全部用户的压力要求, 如图 1。否则潜水泵的扬程应到虚线

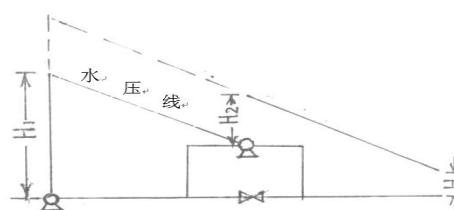


图 1 水泵串联运行原理

Fig.1 The principle of series operation of pumps

$H_1$ :一级泵扬程 Level 1  $H_2$ :二级泵扬程 Level 2

收稿日期: 2016-08-23

修回日期: 2016-08-30

作者简介: 徐树宝(1964-),男,工程师,主要从事水利、水资源管理工作. E-mail: laoxu01234@163.com

数字优先出版: 2016-10-13 <http://www.cnki.net>

所示的高度，这是显然不经济的。

### 3 改造方案对比

以陈角峪供水工程为例。

#### 3.1 基本资料

①井位：村西北 1035 m 处；②钻井深度：202 m；③井径：273 mm；④动水位：100 m；⑤井台与供水控制点地面高差：81.20 m；⑥设计流量：50 m<sup>3</sup>/h。

#### 3.2 一级提水方案

已知上水量 50 m<sup>3</sup>/h，压力管选用φ125 mm 无缝钢管（此时管内流速为 1.13 m/s，符合经济流速的要求）。

$$h_{沿} = 10.3 n^2 \frac{1}{d^{5.33}} Q^2 \tag{1}$$

得  $h_{沿}=21.14$  (m)

局部水头损失忽略不计，则潜水泵设计总扬程： $H_{设}=181.20+21.14=202.34$  (m)

查阅我省主要潜水泵生产厂家，尚无此高扬程的潜水泵，可见，采用一级提水显然是不经济的。

#### 3.3 分级提水方案

在不适宜采用一级提水的情况下，一般考虑采用二级提水。经设计计算，深井配套选 200QJ50-130/10 型潜水泵为一级提水设备，选 DA<sub>1</sub>-100×6 型多级泵为二级提水设备。整个供水工程分设两套提水设施，两处管理房，并增加一座蓄水池，如图 2。

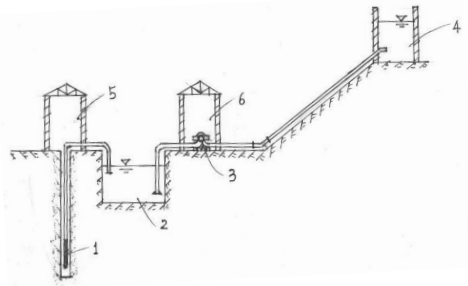


图 2 水泵分级提水示意图

Fig.2 Schematic diagram lifting water with pumps step by step

- 1. 潜水泵 Submersible pump; 2. 蓄水池 Pool; 3. 离心泵 Centrifugal pump; 4. 出水池 Discharge pool;
- 5. 机房 1 Machine room 1; 6. 机房 2 Machine room 2

#### 3.4 水泵串联运行方案

水泵串联与分级提水的目的基本相同，都是为了增加扬程而流量不变。将潜水泵与离心泵串联后，实测上水量 50 m<sup>3</sup>/h，潜水泵的输入功率为 26.5 kw，离心泵的输入功率为 25.6 kw，负荷率均在高效区。

在潜水泵与离心泵串联的地方并联一条管道，能兼顾机井附近的灌溉和供水，如图 3。

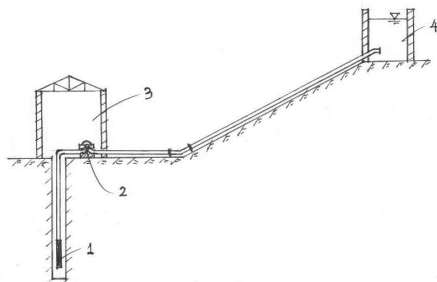


图 3 水泵串联运行示意图

Fig.3 Schematic diagram of series operation with pumps

- 1. 潜水泵 Submersible pump; 2. 离心泵 Centrifugal pump; 3. 机房 Machine room; 4. 出水池 Discharge pool

从图中不难看出，采用水泵串联运行，可大大节省管路等设备，节省基建投资，且管理方便。

表 1 陈角峪供水工程改造方案对比 单位:万元  
Table 1 The comparison of reformed water supply project in Chenjiaoyu

项目 Item 方案 Project	设备费 Equipment cost	基建费 Construction cost	年维修费 Annual maintenance cost	年管理费 Annual administrative cost	合计 Total
一级提水	3.7	1.5	0.5	1.8	7.5
二级提水	2.3	4.2	0.3	3.6	10.4
水泵串联	2.0	1.5	0.2	1.8	5.5

## 4 效益分析

综上所述,对深井提水中出现的新问题,通过改造方案对比分析得出,采用水泵串联运行方案是最经济合理的,现归纳如下:

(1) 节省投资。以陈角峪供水工程为例,因用户距水源较远,采用二级提水,需两套提水设施,两处管理房和一座蓄水池(设计容量 250 m<sup>3</sup>,兼有水量调蓄作用),总造价 2.7 万元。采用潜水泵与离心泵串联后,可节省管理房一处,省去蓄水池一座以及部分管路、配件,折价 4.5 万元;

(2) 易于管理。潜水泵与离心泵串联后,结构紧凑,机电设备完全可以安装在同一管理房内,易于操作和管理。分二级提水需两名工作人员,尤其是中途设加压泵站更增添了管理的麻烦,而采用水泵串联后只需 1 人就可操作自如;

(3) 易于挖掘提水设备潜力,提高效率。一般配套潜水泵,都留有富余扬程 5~10 m,采用水泵串联运行,可使离心泵的吸程由潜水泵的富余扬程来提供,可减少离心泵的吸程 5~7 m,加上潜水泵的富余扬程 5~10 m,两项合计节约水能 10~17 m;

对于因地下水位变化而影响供水的工程,在丰水期,能充分利用原有的提水设备,而在枯水期地下水位下降时,又能发挥串联泵的效力,这样既挖掘了提水设备的潜力,又提高了效率。

(4) 能兼顾不同高程下的吃水和灌溉,适用性强。在潜水泵与离心泵串联处并联一条管道,当需要向机井附近供水时,截止离心泵,开通并联管道即可;当需要向较高地带供水时,截止并联管道,开启离心泵即可。不仅操作简单,而且经济合理,具有多功能性;

(5) 节能效果明显。以陈角峪供水工程为例,采用水泵串联运行后,省去了离心泵的底阀等附属设备,缩短了管路长度,减少了管路损失,提高了装置效率,节约了能源。根据理论计算,采用串联运行比分级提水每小时可节电 5.5 kw/h,年节电约 6000 kw/h,折款 4800 元。

## 5 几点说明

### 5.1 本项目使用范围

(1) 地下水位变化较大,原配潜水泵已不能满足供水要求的深井;(2) 总扬程较高(100 m 以上)需分级提水的深井;(3) 需满足不同高程下吃水和灌溉的深井。

### 5.2 注意事项

(1) 串联泵的流量应基本相等,否则流量小的泵会产生超负荷或者流量大的泵不能发挥作用;(2) 串联在后面的泵构造必须坚固,否则会遭到破坏;(3) 流量不同的泵串联时,流量较大的泵必须放置在第一级;(4) 在开机时,应先开潜水泵,等离心泵叶轮充满水时,在开离心泵,否则空转对离心泵产生不良影响。

## 6 结语

新泰及我国北方的许多城市是水资源比较贫乏的地区。由于经常遭受干旱,加之经济发展,致使地下水位逐年下降,造成大批深井出现供水失常。为了探讨这一问题的解决途径,我们结合实际,大胆对现有深井进行挖潜改造,试验采用水泵串联的方式取代传统的分级提水以及更换设备等老办法,取得了满意的效果。实践证明,采用水泵串联运行具有投资少,见效快,效率高,易管理,实用性强等特点,深受用户欢迎。

## 参考文献

扬州大学主编:水泵与水泵站[M].北京:中国水利水电出版社,2009