泵站拦污栅及其清污研究进展

高朝辉[1]，仇宝云[1,2]，问泽杭[3]

(1.扬州大学水利科学与工程学院，江苏 扬州 225009；2.江苏大学，江苏 镇江 212013；3.江苏省骆运水利工程管理处，江苏 宿迁 223800)

摘要：泵站拦污栅虽然是辅助设施，但对保证水泵机组安全、稳定必不可少。阐述了泵站拦污栅在应用过程中出现的阻水、振动、锈蚀问题和清污方面的研究进展，分析了拦污栅的水头损失；根据水泵装置特性研究了拦污栅及其污物阻水对泵机组运行的影响。介绍了国内外清污机械的研究概况；对拦污栅的结构形式作了分析，提出了拱形结构拦污栅。拦污栅的结构、布置和安装都应充分考虑来流污物的特性等因素，还应利用新材料和新技术来提高拦污清污性能和自身的稳定耐久性能；清污方式应充分考虑排灌泵站的运行和管理特点。

关键词：泵站；拦污栅；泵机组；运行；清污

中图分类号：TV693 文献标识码：A 文章编号：1005-6254(2006)02-0010-06

0 前 言

灌溉和排水泵站从引水河道取水，一般引水河道较长，河道内水生植物繁殖迅猛，水源情况复杂，包括稻草、塑料物品、死畜、编织袋、树枝等形成的大量污物群随水流流向泵站进水池，特别是污水泵站，来流污物量大、组成复杂。一旦污物进入水泵，有可能会打断叶片而损坏水泵；污物中的编织袋、成团的杂草很容易缠绕在叶片上，轻则使流量减小、效率降低，造成机组不平衡产生振动，重则使电机过负荷或产生堵转事故。站前污物成为影响泵站安全运行的一大隐患。在泵站进水口设置拦污栅的目的，就是防止水流中的污物进入泵机组，对机组的正常运转起到保护作用[1]。拦污栅拦截污物后，会对水流形成阻碍，并随着污物量的增加，栅前后水位差逐渐增大，为确保泵机组安全运行和拦污栅的正常工作，应适时清除栅前的污物，减小水头损失。因此，泵站对来流污物的拦截和清除影响到泵站的安全和经济运行，是值得关注和研究的课题，在这方面前人做了许多有益的工作。

1 拦污栅对泵机组运行的影响

泵站排涝期来流污物较多，如果清污设备不完善，水位差最大可达 2.0 m 以上。安装我国最大水泵的江苏皂河泵站拦污栅前后最大水位差高达 2.85 m。拦污栅阻水严重时，不仅起不到保护泵机组的作用，相反还会影响其安全与经济运行。南水北调东线工程梯级泵站来流污物量适中时，清污设备较好与较差的泵站拦污栅水位差分别为 0.5~1.0 m 和 1.5~2.0 m。拦污栅使泵轴功率增加值 $\delta_{栅}$ 如表 1 所示[2]。

表 1 泵站拦污对水泵轴功率的影响

水泵扬程/m	4(30ZWQ-30)		7(ZL30-7)		9.5(40CJ95)	
清污设备	较差	较好	较差	较好	较差	较好
栅水位落差/m	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0
$\delta_{栅}$	+0.364	+0.125	+0.107	+0.063	+0.067	+0.046

拦污栅对泵机组运行的影响主要表现在：拦污栅阻水水压力过大导致的拦污栅破坏(失去对泵机组的保护作用)、进水水力损失和水泵工况点的改变，从而增加运行费用，加剧水泵的空化和空蚀，引起振动和噪音等。

1.1 拦污栅破坏

水流所带来的杂物数量无法预期估计和控制，拦污栅前堆积的污物如果不能及时清理，则

基金项目：国家自然科学基金项目(50179032)、江苏省教育厅项目(LK0310070)和江苏省水利科技重点项目。

作者简介：高朝辉(1978-)，男，湖北黄石人，硕士生，主要从事水泵与泵站研究。仇宝云(1962-)，男，江苏扬州人，博士，教授，博士生导师，通讯作者；电话：0514-7978607，E-mail: yzdxqby@sohu.com。

万方数据

会加大拦污栅前后的水位差，水流对拦污栅的破坏力增大，栅条受压变形甚至压断；同时使水泵流量减小、扬程增大、机组过载直至被迫停机。

拦污栅因为阻水严重而导致栅体破坏的实例很多，例如广东斗门县西安大泵站的钢拦污栅，在拦污栅阻水后，压力超过拦污栅材料弯曲应力的极限值，致使拦污栅在运行中变形失稳，被卷进大泵辗成铁饼，以后进行多次加固乃至更新仍无济于事[3]。

1.2 增加机组运行费用

拦污栅阻水使水泵工况点发生改变，水泵流量减小，机组偏离高效区，效率降低，功率增大造成能量损失，从而增加运行费用。

水泵的工作点由抽水装置需要扬程曲线 $Q\sim H_{需}$ 和水泵 $Q\sim H$ 曲线的交点所确定。曲线 $Q\sim H_{需}$ 为

$$H_{需}=H_{实}+SQ^2 \tag{1}$$

式中，S 为管路沿程损失和局部阻力参数之和；$H_{实}$ 为实际的净扬程[4]。

图 1 为江苏省江都四站拦污栅阻水后泵站需要扬程曲线及工况的变化。随着拦污栅局部水头损失的增加，需要扬程曲线 $Q\sim H_{需}$ 更陡，水泵工作点将沿着 $Q\sim H$ 曲线向左上方移动。泵装置效率公式为：

$$\eta=\rho gQH_J/N \tag{2}$$

式中：ρ 为水体密度；g 为重力加速度；H_J 为净扬程，设为常数；N 为泵轴功率[2]。

由于拦污栅水头损失的增加，工况点由 A 点移至 B 点，流量减小，轴功率升高，因此泵装置效率降低。

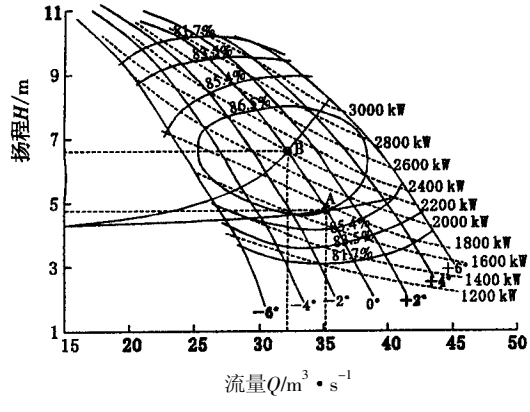


图1 拦污栅阻水前后水泵工况变化

泵站拦污栅前后的水位差通常在 0.5~1.0 m 左右。江苏皂河泵站拦污栅前后的水位差曾达到 1.8 m。以江都抽水站四站为例，如果因为拦污栅阻水而造成 0.7 m 的水头损失，则单机增加功率约为 200 kW。按每年运行 5 000 h 计算，则一年增加耗电量 100 万 kW·h，电价以 0.50 元/(kW·h)计，一年增加费用 50 万元，并且拦污栅水力损失增加后，单机流量减小约 1/10，为了抽提同样体积的水，需要机组增加运行时间 1/10，即 500 h，则需另增加运行费用为 2 200×500×0.5=55 万元。江都第四抽水站全站 7 台 3 000 kW 机组一年将增加电费 105×7=735 万元，装机容量为 53 000 kW 的江都抽水站全部 4 座泵站一年因为拦污栅阻水增加的电费约 1 800 万元。若能及时有效地清污，使拦污栅水力损失减小一半，则每年可节省运行费用 900 万元。再例如江苏省淮安第二抽水站，运行近 10 年来，阻水造成的总能量损失达 3 000 余万元[5]。

1.3 加剧水泵空化和空蚀

拦污栅没有阻水时，泵站进水水位正常，泵装置有效汽蚀余量满足要求，泵机组运行正常。拦污栅阻水时，泵站进水水位降低，水泵叶轮中心至实际最低进口水位高度增加，装置有效汽蚀余量减小；而水泵由于偏离设计工况，必需汽蚀余量增加，严重时水泵将会发生汽蚀。同时，由于水泵工况点的改变，水泵流量减小，叶片进口段背面可能发生脱流及空蚀，严重时叶片背面空蚀区域向叶片中部发展。

水泵发生空化、空蚀时，大量气泡的存在改变了流道内特别是叶轮内过流面积和流动方向，而使叶轮与水流之间能量交换的稳定性遭到破坏，气泡连续发育膨胀和溃灭而发出的巨大噪音和引发的振动，造成水泵运行不稳定，工作性能恶化，反过来进一步影响水泵效率。

1.4 机组频繁开停机

拦污栅阻水后，为了保证泵站的正常运行，必须经常对拦污栅进行清污。没有自动清污装置的泵站，只能进行人工清理，需要频繁开停机。机组频繁起动、停机及工作闸门频繁启闭，对泵站机电设备及工程的安全不利。开停机水泵系统的过渡过程对泵站的危害很大，由于工况的变化而产生的非恒定流会引起整个机组的压力发生剧烈的变化，产生振动破坏。根据国内外泵站事故原因分析[6]，几乎 90%以上的泵站的事故原因都是由于机组过渡过程引起的。

万方数据

2 拦污栅水头损失

2.1 水头损失的原因

水头损失是由于液流内部质点的相对滑动，因粘滞性的作用产生切应力的结果。当液流沿纵向边界流动时，只要局部边界的形状或大小改变或有局部障碍，液流内部结构就急剧变化，液体质点间的相对运动加强，产生较大的能量损失，这种发生在局部范围内的水头损失就是局部水头损失。

拦污栅的水头损失由两部分组成：一是固有水头损失，即水流在通过拦污栅时，栅条对水流有局部的阻碍作用，产生局部水头损失，这是不可避免的。影响这种水头损失的因素有：栅条的几何形状、过栅水流的雷诺数、进口前断面的流速分布等。另一部分是附加水头损失，其产生的原因是由于拦污栅所拦截的污物部分地阻塞栅孔，或水流的腐蚀作用而导致的锈蚀，使拦污栅原有的过流面积减小，加剧了对水流的阻碍作用，致使过栅局部水头损失增加。这部分损失通过清除污物，可以全部或部分清除。

来流污物阻水造成的拦污栅局部水头损失要比固有局部水头损失大得多，并随阻水率的增加而急剧加大。当阻水率为 50%和 62.5%时，水头损失分别为阻水率为 33%时的 2 倍和 4 倍[7]。

2.2 水头损失的计算

计算拦污栅水头损失常采用开司其曼(Kirschmer)公式[8]：

$$h_{栅}=\xi\frac{v_x^2}{2g} \tag{3}$$

式中，$\frac{v_x^2}{2g}$为栅前平均流速水头，m；ξ 为拦污栅水头损失系数。拦污栅水头损失系数与栅条断面形状系数、栅条厚度、栅条净距、主梁框架型式和拦污栅与进栅水流方向及结构和污物遮挡栅叶面积程度有关。

在考虑拦污栅安放角度和清污方式的情况下，拦污栅的水头损失也可按下式计算[9]：

$$h_{栅}=\beta\sin\theta\left(\frac{t}{b}\right)^{4/3}\frac{v^2}{2g} \tag{4}$$

式中，θ 为拦污栅的倾角，人工清污 θ 一般为 35°~70°，机械清污 θ 一般为 70°~80°；β 为拦污栅的断面形状系数；t 为栅条厚度，m；b 为栅条间的净距，m；v 通过拦污栅的流速，m/s。

优化泵站拦污栅结构设计，可减小过栅水头损失。

3 拦污栅振动

拦污栅一般由栅条、主梁及边框构成，面积较大，结构刚度较小，动态特性复杂，如果设计安装不当，在高速过栅水流作用下，可能会产生剧烈的振动，甚至破坏。国内外有许多这样的案例[10]。

栅条振动的原因主要有两个因素：(1) 水流激振；(2)自振频率。其中水流激振是拦污栅破坏的主要原因。水流在通过拦污栅时，在局部损失发生的范围内，栅条尾部脱流产生的卡门涡街引起横向激振力，该激振力的频率随流速的增加而增加。当拦污栅表面作用力的频率与拦污栅的固有频率一致或接近时，将引起拦污栅共振，从而导致拦污栅的破坏。随着水流雷诺数的增加，栅后可出现层流、周期性及紊流尾流 3 种流态。周期性尾流将激起拦污栅结构的周期性振动；紊流尾流则使结构产生随机性振动。

工程实例表明[11]，拦污栅短期内损坏的，主要是周期性尾流的作用。栅后尾流是一种常见的流动现象，也是拦污栅振动的主要振源。影响拦污栅绕流特性的主要因素有栅叶的剖面形状、栅叶的长宽比和栅叶的间距以及来流条件等。而栅叶前后缘形状是影响拦污栅栅叶振动强弱的最主要因素。因此，控制栅叶前缘水流的状况可以改变栅叶的振动响应特性。接近流线型栅叶的尾迹涡宽度小，同时卡门涡的强度也较弱，栅叶振动特性较好。随着栅叶前后缘倒角的增大，尾迹涡的强度逐渐减弱，栅叶的振动幅值也逐渐减小。

栅条的共振取决于与横梁的间距、栅条之间的相互连接、栅条形状以及栅条间距等。栅条的自振频率主要取决于栅条的尺寸、形状、连接方式。栅叶整体的振动计算，由于边界条件复杂，目前还无成熟的计算公式。文献[12]指出，栅条作为栅架体系组成构件之一，其自振频率并非是按 Levin 公式计算出来的计算值 f_n，而是一个和结构体系自振特性相关的频率值 f_n'，其值远小于 f_n。可见，栅条的自振频率会受到来自所在的栅架结构体系的自振特性的影响。

不考虑水流激振，拦污栅振动的原因[7]在于全部拦污栅构件的自振频率过低或侧向钢性过小。拦污栅以不规则的间距连接，并使用螺栓连

万方数据

接，设置拦污栅斜撑，同时在拦污栅横撑上通过夹紧连接将未加筋拦污栅固定在加筋构件上，运行经验表明，采用这种方法可以阻止拦污栅的有害振动。

4 拦污栅锈蚀

拦污栅由于长年淹没于水中，锈蚀影响其耐久性，因而应该得到重视。对于使用多年的拦污栅，栅条锈蚀也会导致拦污栅过水面积减少，增加水头损失。当拦污栅发生锈蚀或阻水而改变原来结构特征后，拦污栅锈蚀程度和阻水状态与水头损失增量存在一定的关系。拦污栅的阻水或锈蚀改变栅孔结构导致局部水头损失增加的现象可以概化为拦污栅的开孔率或锈蚀率与局部水头损失系数的关系。拦污栅开孔率是指拦污栅净过水面积与整个拦污栅面积的比值。拦污栅的开孔率的不同，表示拦污栅锈蚀程度不同；阻水率不同，表示拦污栅被污物阻水程度不同。

资料[13]显示：拦污栅局部水头损失 h_j 随着开孔率的不同而显著变化。拦污栅锈蚀后水头损失增量可达原进水口损失的 60%，说明栅条锈蚀对水头损失的影响很大。

拦污栅锈蚀还会影响拦污栅的稳定性，栅条的锈蚀会导致其强度和刚度下降，容易发生弯曲或变形。

通过在金属表面涂覆环氧树脂涂层防止锈蚀，是国外发展的一项新技术[14]，在我国还处于起步阶段。环氧涂覆材料分干粉和液体两种。干粉环氧树脂涂覆方法之一是静电法，其原理是将环氧树脂粉末涂覆在金属表面，通过加热，融化后的粉末便形成连续的薄膜。液态环氧树脂涂覆就是用刷子、喷枪等把环氧树脂涂覆在金属表面，干燥后形成涂层。这一方法工艺简单，且在现场操作，既可用于中小型建筑物钢筋的防腐，也可用于对结构中已锈蚀钢筋的处理。采用环氧涂覆金属能使金属的防腐能力明显加强. 从而能大大延长处于恶劣环境下的水工混凝土结构的寿命及安全性，大量地节省结构的维护费用.由此而产生的社会效益及经济效益远远超过使用防腐涂料所带来的一次性成本的增加。液态环氧树脂涂覆拦污栅，既可用于新建工程拦污栅的防腐，也可用于老化结构锈蚀拦污栅的处理。作为较有效的防腐措施之一，环氧树脂涂覆可在延长处于恶劣环境下的拦污栅的寿命及安全性方面发挥重要作用。

拦污栅锈蚀引起的阻水、栅体破坏会导致泵站运行与维修费用的增加。对拦污栅进行防腐防锈蚀处理，虽然一次性成本较高，但是与锈蚀导致费用的增加相比，还是经济合理的。

5 拦污栅的清污

为了解决泵站清污问题，我国很早就进行了泵站清污机研制项目，但多数是研究机械的清污功能，没有充分考虑排灌泵站的运行和管理特点。排灌泵站一般年均运行时间较短，一年中大概有 80%的时间清污机都是处于闲置状态，在露天状态下难以达到良好的维修保养，一旦泵站开机运行却不能保证正常工作，紧急的清污工作只能依靠人工清污[15]。

拦污栅清污设备的选择对泵站的能量消耗有很大影响。先进的清污设备可使拦污栅水位落差减小至 0.5 m 以下[2]。清污方式的选择与拦污栅的结构形式和水位变幅大小有关。

拦污栅清污有两种方式：人工清污和机械清污。机械清污的清污效果主要取决于清污机的性能，清污机械可分为回转、耙斗、自动抓脱梁、挖斗和抓斗等结构型式，见表 2。

表 2 清污机主要性能和应用情况

名 称	主要性能	应用情况
栅链回转式拦污机	能清除树枝、垃圾、浮石、冰块；移动速度 3–7 m/min。占地面积小，安装维护检修方便。	适用于大中型泵站，在华北等地水电站已经广泛应用。
回转式拦污栅清污机	能清除污物及冰块；回转速度 5–10 m/min，清污重量 1–10 t。	已应用于淮安抽水站、谏壁抽水站等；在新疆、青海等地中小型水电站广泛使用。
抓斗式清污机	能清除栅条间污物，并可清除流木、树枝、树根及动物尸体等较大污物，常与自动抓脱梁配合使用，稳定性好。	已应用于谏壁抽水站等国内中小型泵站、水电站，并已出口非洲多个国家。
门式移动清污机	工作速度 3–5 m/min，上升和下降匀速，控制性能好。	已在湖南马迹塘等电站使用。
耙斗式机械清污机	清污量超过 3 t/次，操作简便，时间短，能较好地清除杂草、树叶等比较柔软的物质，并可清除细长的树干、竹子等。	适用于中小泵站的倾斜式拦污栅清污，已在江西长岗、西洱河等水电站使用。

万方数据

(1)回转式清污机械

回转式清污机械是集合拦污与清污为一体的链式除污栅,它由固定框架、转动栅叶、板式滚子链和动力传动装置组成。栅叶装配在板式滚子链上,当后者在链轮带动下回转时,栅叶跟着回转,污物由栅叶的栅齿在回转中带出水面,使污物自动脱落于排污槽中。回转式清污机械已被应用于广东省东江至深圳供水工程泵站、引黄济青调水工程、引滦工程等泵站中,能较好地清除小杂物及漂浮物,而且还可用于北方地区排冰。此种清污机械仅适用于中小型水泵站。

(2)耙斗式清污机械

这种清污机械的耙斗的耙齿成栅条形,间距与拦污栅栅条间距相等,耙齿能插入栅条内一定深度,以便耙取塞在栅条间的污物。为防止卡阻,在耙齿上设压力弹簧,遇障碍时将耙齿上抬,越过障碍继续工作。另外还设有拐臂对耙齿施加一定压力以确保齿尖插入栅条内耙取淤积的污物。耙斗依靠自重沿导轨下降,利用卷扬机通过钢丝绳牵引上升。此种清污机械能较好地清除杂草、树叶等比较柔软的物质,适用于中小型的倾斜式拦污栅清污。

(3)自动抓脱梁

利用自动抓脱梁将铅直放置的拦污栅抓取提出水面清污后再放回原处拦污。自动抓脱梁可分为全机械操作式和液压穿轴式两大类。全机械操作式自动抓脱梁有自动挂钩式、重锤吊钩式、挂脱自如式等多种型式。自动挂钩式挂脱可靠性较差、结构复杂、维修保养不方便;液压穿轴自动抓脱梁,动作灵活,其挂脱可靠性较好,体积较小,起重容量大。

(4)挖斗式清污机械

挖斗为栅条型结构,可对拦污栅自下而上清污,挖斗用钢丝绳或用钢性臂架控制。装在钢性臂架上的挖斗,在水中作业时可承受各种水流冲击,比用钢丝绳起吊的挖斗性能优越可靠。此种清污机械适用于低水头泵站,尤其适用于直栅式拦污栅,清污能力较大,用钢性臂架控制的挖斗式清污机清污效果良好。

(5)抓斗式清污机械

抓斗有对称式栅条结构和非对称式栅条结构两种,而且抓斗张闭有油缸控制或钢丝绳控制之分。可自上而下对拦污栅清污。此种清污机仅能对直栅式拦污栅栅条间清污,清污效果较差,但其适于清除拦污栅前较大的污物,常与自动抓脱梁配合清污,效果更好。

6 拦污栅的结构形式

泵站机组运行时拦污栅如何能更好地拦截和及时清理污物又能够保证水头损失小,同时拦污栅具有较强的稳定性,成为拦污栅结构设计的主要目标。

拦污栅本身的布置,是一道栅还是多道栅,是垂直的还是倾斜的,是直线的还是多边形或圆形的,等等,要根据不同的要求和工程特点进行分析比较。另外,针对于水草等漂浮污物较多的来水水道,可以在距离进水口拦污栅较远的地方布置浮式拦污栅,可以随水位变动自动升降拦截漂浮物,有效地减少泵站进水口拦污栅的阻水,加强拦污和导污效果。浮式拦污栅轴线与水流来流方向的夹角应小于 30°[16],这样浮式拦污栅的受力减小,导污效果也好。

栅条稳定计算是结构设计的关键任务之一,栅条的控制工况往往是均布荷载和集中力同时作用的情况,实际工程中对组合荷载或集中荷载作用时无现成方法计算,往往引起很大误差,造成过于浪费材料或过于危险。所以按照拦污栅的运用情况及设计荷载确定合理的栅条间距及侧向支承间距,以便清污、减少水头损失及节省钢材。栅条的间距与水泵类型和口径大小有关。拦污栅体型的研究也具有重要的意义,拦污栅设计时应保证其具有足够的刚度和较高的固有频率,且有较小的局部阻力系数。

有关实验结果[17]证实:当拦污栅倾角大于 60°时,在其下部有少量的杂草堆积;而当倾角小于 45°时,各种水草均能被推向栅的顶部,不产生污物和栅条的缠绕。所以拦污栅最好倾斜一定角度安装,以便利用水流的冲击力将吸附在拦污栅上的漂浮物和悬浮物推至拦污栅顶部水面,确保拦污栅过水面积,同时也便于人工或机械清污。

将倾斜栅条改为拱形结构,且弧线切线与水平面大于 45°。这种结构更利于把污物杂草推向顶部,而且拱形结构强度与稳定性能更优。改进后的拦污栅即使污物不及时清理也只是形成上部阻水,使栅下部流速加大,这在一定程度上有利于均匀泵站进水池上下层的水流流速,对改善水泵的吸水条件有一定作用[18]。拱形结构拦污栅清污、施工及安装较为困难,有待进一步研究。

万方数据

7 结 语

(1)拦污栅虽然是泵站的辅助设施，但对保证水泵机组安全、稳定及经济运行必不可少。

(2)拦污栅在实际应用过程中容易出现污物堆积、破损、振动、锈蚀等问题。如果拦污栅前后水位差过大，则会造成水泵流量减小、扬程和功率增大，增加运行费用，并容易发生空蚀、振动等现象。

(3)考虑来流以及污物的特性等因素，合理设计拦污栅结构形式，正确布置和安装；充分考虑排灌泵站的运行和管理特点，寻求更高效的清污方式；充分利用新技术和新材料，提高拦污栅的拦污、清污性能和自身的稳定、耐久性能，实现泵站机组的安全、经济运行。

参考文献：

[1] 湖北省水利勘测设计院. 大型电力排灌站[M]. 北京：水利电力出版社，1984.

[2] 仇宝云. 大中型水泵装置理论与关键技术[M]. 北京：中国水利水电出版社，2005.

[3] 张耀权. 解决西安大泵站拦污栅失稳的办法[J]. 广东水利水电，2003.1：37~39.

[4] 刘超. 水泵及水泵站[M]. 北京：科学技术文献出版社，2003.

[5] 郑源，刘益民，钱均，等. 泵站拦污栅阻水研究[J]. 水泵技术，2002.6：38~41.

[6] 金锥，姜乃昌，汪兴华. 停泵水锤及防护[M]. 北京：中国建筑工业出版社，1993.

[7] A Schleiss, A Fust. 莱茵河劳芬堡水电站进水口拦污栅振动研究[J]. 水电站设计，2000，16(1)：107~112.

[8] 铁汉. 水电站拦污栅水头损失的计算问题[J]. 西北水电，1998，65(3)：22~24.

[9] 丘传忻，李继栅. 泵站改造[M]. 北京：中国水利水电出版社，2005.

[10] SYAMALARAO B C, A Review of Trash rack Failures and Related Investigations[J]. Waterpower and Dam Construction，1989，41(1)：28~36.

[11] 阎诗武.水电站拦污栅的振动[J]. 水利水运工程学报，2001，(2)：74~77.

[12] 王光纶，张文翠，李未显.抽水蓄能电站拦污栅结构振动特性模型试验研究[J]. 清华大学学报，2001，41(2)：114~118.

[13] 任玉珊，高金花，杨敏.水电站进水口拦污栅水头损失试验研究[J]. 大坝与安全，2003，(4)：51~54.

[14] 郑永杰、辛宝美.环氧树脂涂覆钢筋防腐在水工混凝土结构中应用与探讨[J]. 水利建设与管理，2005，(3)：57~64.

[15] 韩向远.排灌泵站清污机械化的新途径[J]. 中国农村水利水电，2002，(6)：51.

[16] 吴淳.飞来峡水利枢纽电站进水口拦污排设计[J]. 人民珠江，2003，(5)：59~60.

[17] 袁乃华，林震，李蕙，等.大型泵站拦污清污方案选择[J]. 排灌机械，2005，23(3)：20~22.

[18] 张多峰，张多岭，时丕生，等.泵站人工清污拦污栅的改进[J]. 排灌机械，2001，19(4)：21~30.

Research Progress on Trash Rack and Feculence-clearing for Pump Station

GAO Zhao-hui[1], *QIU Bao-yun*[1,2], *WEN Ze-hang*[3]

(1. College of Hydraulic Science & Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 3. Luoyun Hydraulic Engineering Bureau of Jiangsu Province, Suqian 223800, China)

Abstract: Trash rack of pump station is indispensable for stability and safety of pump assembly though it is an auxiliary facilities. The research progress on hydraulic resistance, vibration, rust-easten and corrosion, and clearing feculence is introduced which appeared during the application of trash rack of pump station. The head loss of trash rack is also analyzed. Based on the characteristics of pump assembly, the influences of hydraulic resistance of trash rack and feculence on pump unit operation are investigated. General situation of rack feculence-clearing equipment at home and abroad is also briefly introduced. The structures and forms of trash rack are analyzed and arched trash rack is put forward. The structure, layout and installation of trash rack should be fully considered according to the peculiarity of flow sewage, and we should improve its property of clearing feculence and stability endurance by the application of new materials and techniques. The way of clearing feculence should take into account the property of management and operation.

Key words: Pump station; Trash rack; Pump unit; Operation; Feculence-clearing

万方数据