文章编号: 1001-6791(2001) 01-0095-04

漏斗式全沙排沙技术及其应用*

周 著[1], 邱秀云[1], 侯 杰[1], 王顺久[2]

(1. 新疆农业大学, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 四川大学水电学院, 四川 成都 610065)

摘要: 主要介绍了一种新型泥沙处理技术, 即“漏斗式全沙排沙术”。该项技术既可以排除粗颗粒的推移质泥沙, 也可以排除细颗粒的悬移质泥沙。对 0.5 mm 以上的粗颗粒泥沙的截沙率为 100%, 对 0.5 mm 以下细颗粒泥沙的截沙率为 90%, 排沙耗水量仅占渠道引水量的 2%～5%。

关 键 词: 排沙漏斗; 螺旋流; 推移质泥沙; 悬移质泥沙

中图分类号: P 335+.1 文献标识码: A

新疆河流多属山溪性河流, 具有含沙量大、粒径粗等特点, 特别是在洪水期, 水流含沙量一般达 7～14 kg/m^3, 其中推移质约为悬移质泥沙的 8%～15%。针对这一特点, 自 50 年代以来, 先后引入了印度式、原苏联的费尔干式、底栏栅式及分层式等多种形式的引水防沙渠首, 同时在干渠渠首段布设二级甚至三级的泥沙处理设施, 如曲线沉沙池和厢型沉沙池、排沙涡管等。这些引水形式及防沙排沙措施对防止泥沙进入渠道都起到积极作用。随着生产的迅速发展, 对引水的数量和质量的要求也愈来愈高。首先, 对水资源需求量愈来愈大, 因此要求渠首的引水比日益提高, 而用于冲沙的水量愈来愈少。其次, 供水目标对引水枢纽提出不含泥沙的水质标准要求也愈来愈高, 为此, 1984 年开始, 经过多年的试验研究和实际应用, 成功地研制出“漏斗式全沙排沙技术”(简称“排沙漏斗”), 解决了河渠泥沙难题。

1 排沙漏斗的基本结构和工作原理

1.1 基本结构形式

排沙漏斗结构主要包括漏斗进水管道、调流装置、漏斗室、溢流堰、侧槽、排沙底孔和排沙廊道。含沙水流由进水管道进入漏斗室, 在漏斗圆形边壁的约束与调流装置的综合作用下产生一稳定的螺旋流, 通过螺旋流的水沙分离作用, 泥沙从排沙底孔进入排沙廊道排走, 清水从溢流堰进入原引水渠道 (图 1)。

1.2 工作原理

排沙漏斗之所以有高效而稳定的排沙与节水性能, 这是由其科学的水流工作原理所决定的: 即由进水管道进入漏斗的含沙水流的动能, 在漏斗圆形边壁的约束下促使水体产生一个强迫涡,

* 收稿日期: 1999-09-22; 修订日期: 1999-12-13
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59379394)。
作者简介: 周 著 (1937-) 男 (土家族), 湖南龙山人, 新疆农业大学教授, 主要从事水工水力学和河流泥沙研究工作。

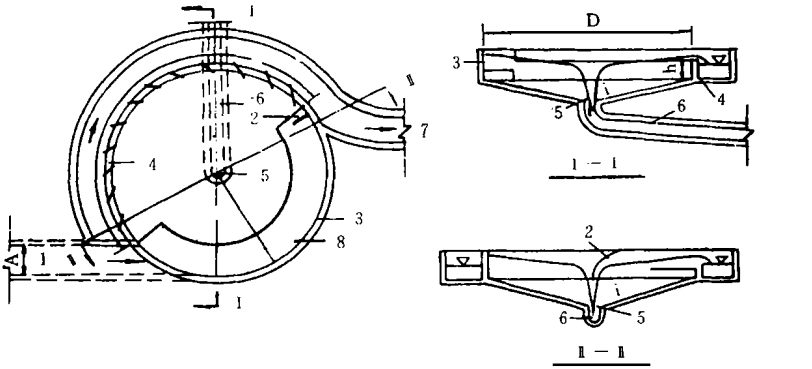

图 1 排沙漏斗结构示图

Fig. 1. Structual of sand funnel

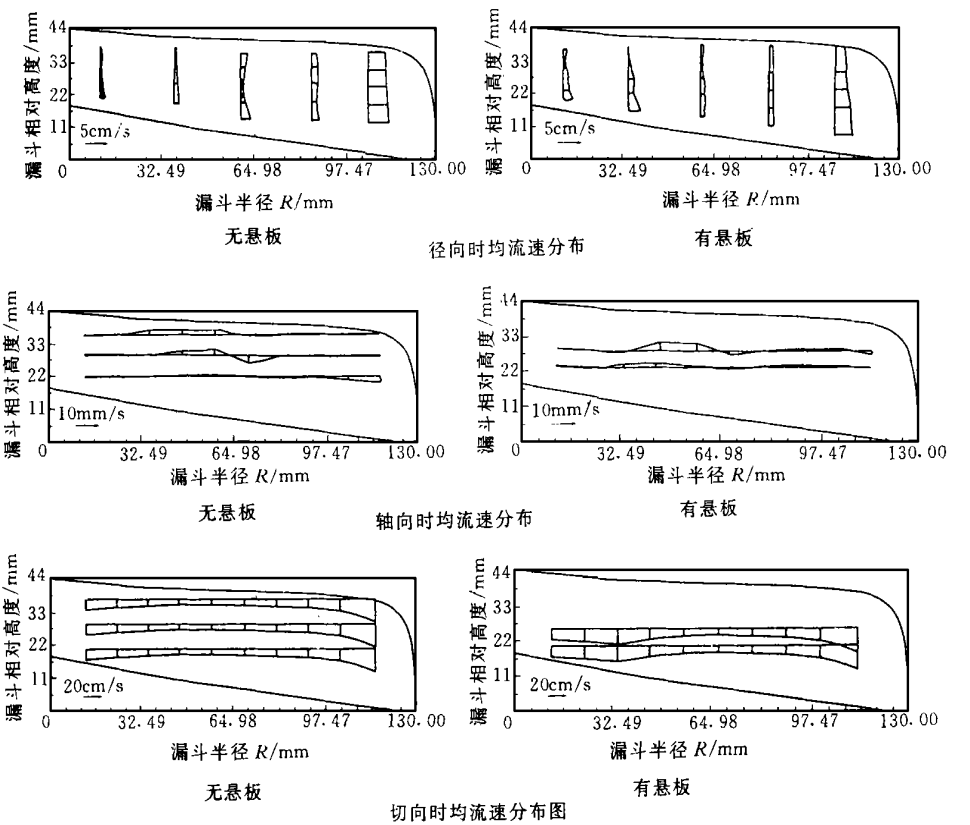

图 2 排沙漏斗流场流速分布

Fig. 2. Velocity distribution of sand funnel

同时在漏斗底孔附近由重力引起一个势涡，两涡在漏斗内调流装置的作用下，耦合成稳定的螺旋流，此螺旋流系典型的三维水流，切向、轴向与径向均存在较大的流速，如图 2 所示。这些流速加速泥沙向漏斗底部和中心的排沙底孔运动 (这种流场在厢型沉沙池中是不存在的)。螺旋

流在中心排沙底孔中形成一空气漏斗，空气漏斗周围形成具有高排沙能力的涡流，它将运动至漏斗排沙底孔附近的泥沙迅速带入排沙底孔，并通过与排沙底孔连接的排沙廊道排走。因此泥沙随螺旋水流运动的同时，粗颗粒泥沙很快进入排沙底孔排走，细颗粒泥沙随螺旋水流运转数周后进入排沙底孔排走。另外，调流装置使空气漏斗稳定在排沙底孔轴线上，且得以充分发展，使排沙底孔过水断面减小，这是排沙漏斗排沙耗水量很少的关键所在。

1.3　工作条件

由于排沙漏斗的输沙作用主要是靠旋转水流的特性所决定，水流在漏斗圆形边壁的约束下作旋转运动，必须要有一定的水头，经试验和实际应用证明，其工作水头只需要大于 20 cm 即可，对已建电站渠道的泥沙处理时，只需进水管道前壅高 20 cm 以上水位，这是很容易做到的，且又不用降低原电站的发电水头。

排沙漏斗的另一工作条件是经排沙廊道输移的泥沙的出路问题，即要求排沙廊道后有适当的落差，以保证经排沙廊道排出的泥沙顺利进入河道或者人工收沙池（收集后作建筑材料）。

2　排沙漏斗的研究成果及其应用

“排沙漏斗”的研制始于1984 年，测试工作是在四川大学高速水力学国家重点实验室及新疆农业大学水工实验室进行的，先后采用了激光测速仪、五孔毕托球三维测试装置和电磁式浑水测沙仪等测试仪器，对漏斗涡流的清、混水流场进行了测试。该项技术在理论上是可靠的。经过十余年的室内研究与实际工程应用，技术已经成熟。该项目获国家发明专利（专利号: 96114757·1），新疆维吾尔自治区 1998 年科学技术进步一等奖。

经过多年的研究并经实际应用证明，“排沙漏斗”具有以下特点: 与曲线型沉沙池和厢型沉沙池等设施比较，排沙耗水量小（每处理 10 m^3/s 含沙水流，一年即可节约冲沙水量 2 000 多万 m^3，相当一座中型水库的水量）、截沙率高、结构简单、造价低廉（仅为前两种设施的 1/2～1/5）、运行可靠及管理方便。它的主要技术指标为:

（1）处理流量范围不限（已建工程达 0.02～65 m^3/s）。

（2）截沙率高: 对粒径大于 0.5 mm 的泥沙直至数十厘米的卵石 100% 排除; 对小于 0.5 mm 的细沙可排除 90% 以上。

（3）排沙耗水量平均仅占引水量的 3%。

（4）漏斗进口水头大于 0.2 m 即可，用于已建水电站可不降低发电水头。

（5）工作稳定可靠，能在设计流量变幅达 80% 的范围内正常工作。

目前，该项技术已广泛用于灌溉、发电、工业及人畜饮水等领域的泥沙处理，现已签约修建 26 座，其中 15 座已投入运行，其中用于灌溉的 15 座，电站 7 座，人畜饮水及工业含沙水处理的 4 座，其中排沙漏斗的最小直径为 2.4 m，最大直径为 33 m，处理流量为 0.02～65 m^3/s。

漏斗式全沙排沙技术的研制成功，使工程泥沙难题的研究取得了突破性进展，从而为多年来长期被泥沙所困扰的有关部门解决了一大难题，并带来了巨大的经济效益。如 60 年代修建的新疆石河子红山嘴发电厂，由于泥沙问题，引水渠道每年汛后泥沙淤积达 2 m 多厚，因此每年要花费大量人力物力进行清淤。1998 年该厂采用了“漏斗式全沙排沙技术”，修建了排沙漏斗工程。该排沙漏斗的直径 30 m，设计处理渠道的引水流量实际达 65 m^3/s，工程于 1998 年 5 月 28 日开始运行。该厂委托新疆石河子水文水资源勘测大队进行了原型观测（观测工作于 6 月至 9 月

的整个汛期内进行), 其结果为: 该排沙漏斗的平均耗水量占电站渠道引水量的2.71%, 对粒径大于0.5 mm 以上的泥沙排除率达100%, 对水轮机最为有害的粒径为0.25～0.5 mm 级配的泥沙的排除率平均达96.1%。电站两次停水检查渠道淤沙情况, 结果渠内无淤沙。使淤积问题彻底解决, 在整个汛期内安全地超设计流量引水发电。由于引水量的保证和泥沙对水轮机的磨损大大减轻, 仅半年时间, 其发电量就比头一年发电量增加1 159万度, 仅此一项的净收入就达451万元, 而排沙漏斗工程的总投资才180万元(含其它辅助工程投资)。

3 排沙漏斗的施工与运用管理

"排沙漏斗"是经过多年的反复试验与实践总结出的科技成果, 它具有很高的科技含量, 因此必须严格按照设计部门所提供的数据进行施工, 并且在实际运行管理中, 应按其部门提出的要求进行严格管理, 否则, 其排沙效果将达不到设计要求和预期效果, 甚至会使整个工程报废, 这已由首座原型工程的沉痛教训所证明。

4 结 论

漏斗式全沙排沙技术具有结构简单、排沙效果好、冲沙耗水量少等优点, 是目前运用较为成功并能同时排除粗颗粒的推移质和细颗粒的悬移质两种类型泥沙的全沙排沙设施, 很好地解决了这些领域泥沙的处理问题。现已作为新疆维吾尔自治区的科技新兴项目大力推广, 并在四川、湖南、湖北、辽宁和陕西等省推广。

参考文献:

[1] 邱秀云, 侯 杰, 周 著. 排沙漏斗流场的特性及输沙机理[J]. 中国农村水利水电. 1999,(4): 3- 6.

[2] 周 著, 等. 强螺旋流排沙漏斗的模型试验和原型观测[J]. 水利水电技术, 1999,(11): 44- 48.

[3] 周 著. 排沙漏斗螺旋流试验研究. 1995年全国水力学及水工水力学学术讨论会论文集. 1995: 51- 57.

The Total Sand Flushing Funnel and Application*

ZHOU Zhu[1], QIU Xiu-yun[1], HOU Jie[1], WANG Shun-jiu[2]

(1. *Xinjiang Agricultural University Wulumuqi* 830032, *China*; 2. *College of Hydraulic and Electric Engineering, Sichuan University, Chengdu* 610065 *China*)

Abstract: This paper introuduces a new desilting works mainly, the funnel total sand flushing works. This works can drain bed sediment of coarse grain and suspended sediment of fines. The desilting rate for coarse grain which diameter more than 0.5 mm is 100 percent, and for fines which grain diameter less than 0.5 mm is 90 percent, the water consumption is only 2-3 percent of channel diversion.

Key Words: sand funnel; sprial flow; bed sediment; suspended sediment

* The Project is Supported by National Natural Science Fund of China(No. 59379394).