

大连理工大学博士学术丛书

高浊度水絮凝 投药控制

GAOZHUODU SHUIXU
NING TOUYAO KONGZHI

于水利 李圭白 著

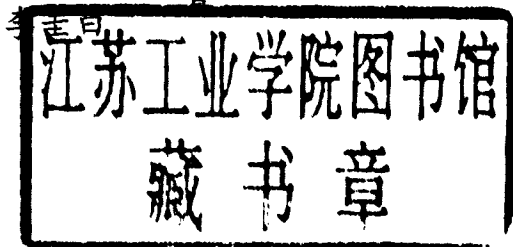
大连理工大学出版社

大连理工大学博士学术丛书

高浊度水絮凝投药控制

于水利

著



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高浊度水絮凝投药控制/于水利,李圭白著. —大连:大连理工大学出版社,1997.4

(大连理工大学博士学术丛书)

ISBN 7-5611-1271-8

I. 高… II. ①于…②李… III. 水絮凝-絮凝剂-控制 IV. TU991.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 06562 号

大连理工大学博士学术丛书

高浊度水絮凝投药控制

于水利 李圭白 著

* * *

大连理工大学出版社出版发行

(大连市凌水河 邮政编码 116024)

大连海事大学印刷厂印刷

* * *

开本:850×1168 1/32 印张:8.325 字数:202 千字

1997 年 4 月第 1 版 1997 年 4 月第 1 次印刷

插页:4

印数:1-3000册

责任编辑:刘 杰

责任校对:晨 阳

封面设计:孙宝福

* * *

ISBN 7-5611-1271-8

定价:12.00 元

X · 7

序

高浊度水处理是给水工程领域的一个重要分支,由于近年来我国工业化进程速度的不断加快,人民生活水平的不断提高,再加上我国的高浊度水河流较多,所以高浊度水水源的开发及高浊度水处理越来越受到人们的重视。高浊度水中的悬浊质以粗颗粒泥沙为主,但也含有一定数量的细颗粒泥沙,组成上的特点决定了其处理原理、处理工艺与一般浊度水显著不同。对此,人们从理论、试验、生产应用诸方面都做过大量有益的探索,并取得了丰硕的成果。利用高分子絮凝剂高效的絮凝作用使高浊度水产生絮凝,可以大大地加快高浊度水的浑液面沉降,提高沉降效率,是高浊度水处理技术研究的重大成果。对高浊度水絮凝的最佳工况的研究表明,高浊度水絮凝剂的存在状态、投加浓度、投加方式及投加量是影响高浊度水絮凝的重要因素。另外,高浊度水的絮凝装置及其运行应处于最有利于悬浊颗粒凝结成粗大、密实的絮凝体的状态,以更好地进行固液分离。这其中准确地控制高浊度水絮凝剂投量是高浊度水絮凝处理成败的关键。因为高浊度水通常泥沙含量变化迅速、变化幅度大,只有准确、实时地控制絮凝剂投量,才能使高浊度水絮凝处理系统良好运行。对此,过去也进行过很多研究,但均未取得令人满意的成果。

过去对高浊度水絮凝投药控制的研究,都是根据原水水质、水量及其变化情况来确定絮凝剂投量的,即所谓数学模型法。该方法对一般浊度水有成功应用的例子,但难以用于高浊度水。这主要是由于高浊度水含沙量、泥沙颗粒级配等目前尚不能在线连续检测

及数学模型精度不高等原因。欲使高浊度水絮凝投药技术有所发展,必须突破数学模型法,开辟新的研究思路。

作者正是基于上述思想,提出了以检测絮凝反应后的高浊度水絮凝体粒径来反馈控制高浊度水絮凝剂投量的设想,并成功地研制出了新型在线光学絮凝检测仪,同时开发出了以絮凝检测仪为基础的高浊度水絮凝投药自动控制系统。研制的絮凝检测仪检测灵敏、可靠,可在线连续测量;自动控制系统组成简单、功能可靠、控制性能好、精度高,是理想的控制高浊度水絮凝剂投量的新技术和新方法。这些都被实验室的模型试验和生产应用所证实。该成果是开拓性的,具有重要的理论价值和应用价值。

随着计算机技术的迅速发展,给水排水工程中很多工艺都实现了计算机自动监测、自动控制和自动管理,这是实现给水排水工程中的低能耗、高效率、安全运行的重要途径,也是我国给水排水工作者今后研究的方向之一。希望《高浊度水絮凝投药控制》一书的出版,会对计算机技术在给水排水工程中的应用研究有一定的促进和借鉴作用,进而使给水排水技术不断向前发展。

王 金 良

1996年12月12日

前 言

近年来,开发高浊度水资源越来越受到给水工程界的重视。虽然我国水资源总量约为 2.8 万亿立方米,仅次于巴西、前苏联、加拿大、英国、印度尼西亚,居世界第六位,但人均水资源量很低,约 2400 立方米,只相当于世界人均拥有量的四分之一,其中可供城市、工农业生产和人民生活使用的只有约 45%^[1]。有限的水资源时空分布还很不均匀,降水量和径流量在年内、年际变化幅度很大,降低了水资源的可利用程度;在地区分布上,东南多(占 81%),西北少(占 19%),黄河流域水资源的人均拥有量不足世界平均值的十分之一^[1,2,3,4],黄河已成为我国西北、华北地区的重要水源。特别是由于近年来我国工业的迅速发展,人民生活水平的不断提高,黄河中、下游地区取用黄河水作为给水水源的城镇越来越多,因此,高浊度水的有效处理,是我国水处理工作者必须很好解决的课题。

我国是高浊度水河流较多的国家之一,年平均输沙量在一千万吨以上的河流有 42 条,年最大输沙量超过一千万吨的有 60 条。直接入海泥沙总量年平均为 19.4 亿吨,其中黄河占 59%,长江占 25%,海河及其他河流占 16%,黄河是世界罕见的高浊度水河流^[5,6,7]。黄河泥沙主要来自中、上游黄土高原地区,在黄河中游 58 万平方公里的流域面积内,分布有四十多万平方公里的黄土高原,黄土高原土质松散,植被差,极易遭受侵蚀。并且该地区在汛期暴雨集中,降雨强度大,进一步加剧了其水土流失的程度。据统计,世界的大河流中,年输沙总量超过一亿吨的有 13 条,我国黄河年输沙总量和年平均含沙量为 16.4 亿吨和 37.6 公斤/立方米,均居世

界首位。一些支流的年平均含沙量接近 500 公斤/立方米,最大含沙量有达到每立方米一千五六百公斤的,相当于含沙体积百分比 56.6%~60.4%,重量百分比 77.6%~80%;其次是印度、孟加拉国的恒河,年总输沙量为 14.51 亿吨,但年平均含沙量只有 3.92 公斤/立方米;孟加拉国的布拉马普特拉河居第三,年总输沙量为 7.26 亿吨,年平均含沙量为 1.89 公斤/立方米。我国黄河、长江的总输沙量占世界 13 条大河流总输沙量的 29.3%^[5,6,7]。

我国给水工程中,通常将含沙量较高,有清晰界面分选沉降的含沙水体称为高浊度水^[4]。这同国外高浊度水的概念有所不同。

高浊度水中泥沙的沉淀跟一般浊度水不同,属于拥挤沉淀,沉淀缓慢,处理困难,高分子絮凝剂能大大加快其浑液面沉淀,提高其沉淀效率。我国 1965 年开始研究用聚丙烯酰胺(PAM)处理高浊度水,获得成功,实现了高浊度水处理技术的一次重大突破。在 70 年代和 80 年代初对高浊度水絮凝剂的性质,例如,絮凝剂种类、高分子絮凝剂的聚合度、水解度、毒理性、带电性质等的研究,以及对高浊度水絮凝的优化工况,例如,最佳 GT 值、投药方式、投药浓度、投药量等的研究都取得了很多重要成果,并由此开发出了很多新型高效的适合高浊度水絮凝特点的混合、絮凝装置,使高浊度水絮凝沉淀处理技术趋于完善^[8,9,10]。

然而,高浊度水絮凝的最关键环节——投药量控制技术,近年来虽然也进行过大量研究,但始终没有突破性进展。多年来高浊度水絮凝剂投量一直是以含沙量为基本参数来确定,并只能人工投加。以单位水体中泥沙颗粒的总表面积来确定高浊度水絮凝剂投量,虽然精度有所提高,但颗粒表面积的测定比较麻烦,特别是难以在线连续检测,实现生产中计算机自动控制困难,故始终未见实用化。

哈尔滨建筑大学(原哈尔滨建筑工程学院)自 80 年代后期开始对高浊度水絮凝剂投量的准确、实时控制问题进行研究,并取得

了重要成果。提出了通过测定高浊度水絮凝体粒径来反馈控制絮凝剂投量的设想,并成功地研制出了以悬液浊透光率脉动值检测为基本原理的絮凝检测仪,它可以在线连续检测絮凝颗粒粒径。尔后,又研究出以絮凝检测仪为基础的高浊度水絮凝投药自动控制系统,并揭示了该系统的工作原理及工艺特性^[11,12,13]。自80年代后期以来,作者在学术刊物及国内外学术交流会上共发表有关高浊度水絮凝投药控制方面的论文20余篇。并且,研制的絮凝检测仪及以此为基础的高浊度水絮凝投药自控技术成果,荣获1996年度国家发明三等奖。

本书主要介绍了高浊度水絮凝投药控制的原理、特点和方法,特别着重介绍了作者开发的高浊度水絮凝体粒径检测单回路高浊度水絮凝投药自控系统的原理、组成、控制性能和控制效果以及絮凝检测仪的检测原理和工作性能,以期这一创新成果能尽快地转化为生产力,为我国的经济建设服务。

本书结构的安排原则是在保证重点内容突出的前提下,充分考虑全书的系统性和完整性,因此,本书的总体结构是这样安排的。第一章首先介绍了高浊度水的组成及各种性质,以期能更好地理解后续介绍的高浊度水的絮凝机理、絮凝方法;第二章介绍了高浊度水的絮凝机理、絮凝的优化工况及絮凝剂投量控制研究的沿革和现状;第三章扼要地阐述了絮凝检测仪的原理、制作及它对絮凝体粒径灵敏、可靠的检测性能,并提出了絮凝检测仪检测值法高浊度水絮凝研究的新方法;第四章在讨论了高浊度水絮凝沉淀工艺理论的基础上,提出了R值单回路高浊度水絮凝投药自动控制的新方案,并对该方案的控制原理进行了深入分析;第五章和第六章分别介绍了R值单回路高浊度水絮凝投药自动控制系统的信号测量与变换、硬件、软件的设计与实现;第七章探讨了R值单回路高浊度水絮凝投药自控系统的控制性能;第八章介绍了R值单回路高浊度水絮凝投药自控系统在生产中的应用情况。其中,第三

章、第四章、第五章、第六章和第七章是本书的主体。

全书由于水利执笔,最后由李圭白统一定稿。

本书的出版得到了哈尔滨建筑大学水污染治理研究中心主任、中国环境科学学会理事、国务院学位委员会学科评审组成员、国际水质协会(IAWQ)理事王宝贞教授的关心和大力支持,并为本书作序。在此,作者谨致以深深的谢意。

本研究课题是在国家自然科学基金资助下完成的。

限于作者的学识水平,书中偏颇、不妥甚至错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

于水利 李圭白

1996年12月

目 录

序

前 言

第一章 高浊度水的组成与性质	1
1.1 黄河高浊度水的组成	1
1.2 高浊度水的性质	8
1.2.1 引言	8
1.2.2 高浊度水中泥沙的自絮凝现象	8
1.2.3 高浊度水的粘性和流变特性	10
1.2.4 高浊度水的浑液面沉速	15
1.3 小结	19
第二章 高浊度水的絮凝	20
2.1 概述	20
2.2 高分子絮凝机理	20
2.3 影响高分子絮凝的主要因素	23
2.4 高浊度水絮凝剂	25
2.4.1 高浊度水絮凝剂的种类和絮凝效果	25
2.4.2 聚丙烯酰胺的最佳水解度	26
2.4.3 聚丙烯酰胺的使用标准	29
2.5 高浊度水絮凝投药控制技术现状	31
2.5.1 高浊度水絮凝的优化工况	31
2.5.2 高浊度水絮凝投药控制技术现状	33
2.6 小结	43
第三章 高浊度水絮凝过程的在线监测	45

3.1	概述	45
3.2	絮凝检测仪原理	47
3.2.1	悬浊液浊度	47
3.2.2	悬浊液浊度变化理论	50
3.2.3	悬浊颗粒粒径分析	63
3.3	絮凝检测仪的设计与制作	65
3.3.1	引言	65
3.3.2	总体结构	65
3.3.3	主要技术参数	67
3.4	高浊度水絮凝过程的在线监测	69
3.4.1	引言	69
3.4.2	高浊度水絮凝试验	70
3.4.3	高浊度水絮凝过程的在线监测	75
3.5	小结	88
第四章	高浊度水絮凝投药自控系统	90
4.1	概述	90
4.2	高浊度水絮凝沉淀工艺理论	91
4.3	高浊度水絮凝投药自控系统的总体结构	98
4.3.1	引言	98
4.3.2	R 值单回路控制系统	99
4.3.3	R 值、浑液面标高并行串级控制系统	102
4.4	小结	104
第五章	高浊度水絮凝投药自控系统的信号测量与变换	106
5.1	概述	106
5.2	信号测量	107
5.3	信号变换原理	109
5.3.1	引言	109
5.3.2	采样	110

5.3.3	量化和编码	112
5.3.4	保持	113
5.3.5	信号的输入与输出通道	115
5.4	信号预处理	116
5.4.1	信号的统计处理	116
5.4.2	标度变换	117
5.4.3	信号滤波	118
5.5	小结	122
第六章	高浊度水絮凝投药自控系统的硬件和软件	124
6.1	概述	124
6.2	计算机及其结构	125
6.3	信号采集、保持及变换的实现	129
6.4	电压/电流 变换电路、干扰抑制及系统电源	138
6.4.1	电压/电流 变换	138
6.4.2	干扰抑制	140
6.4.3	系统电源	142
6.5	执行机构	142
6.6	絮凝检测仪	144
6.7	控制系统软件的设计与实现	145
6.8	小结	148
第七章	高浊度水絮凝投药自控系统的控制性能	150
7.1	概述	150
7.2	高浊度水处理工艺及其投药自控原理	154
7.2.1	高浊度水处理工艺	154
7.2.2	高浊度水絮凝投药自控原理	155
7.3	高浊度水絮凝投药自控试验系统及其调试	156
7.3.1	引言	156
7.3.2	自动控制试验系统	156

7.3.3 试验系统调试	158
7.4 高浊度水絮凝投药自控系统的控制性能	167
7.4.1 引言	167
7.4.2 含沙量变化时系统的控制性能	167
7.4.3 水量变化时系统的控制性能	168
7.4.4 控制系统的动态特性	170
7.4.5 控制系统的可靠性和经济性	170
7.5 小结	171
第八章 高浊度水絮凝投药自控系统的应用	172
8.1 概述	172
8.2 黄河一水厂概况	173
8.2.1 引言	173
8.2.2 黄河济南段水文特征	173
8.2.3 黄河一水厂概况	176
8.3 控制系统设备的现场安装	180
8.4 控制系统调试	183
8.4.1 引言	183
8.4.2 执行机构的调试	184
8.4.3 调节周期的选择	184
8.4.4 给定值 S_R 的设定	186
8.5 控制系统的控制性能	188
8.5.1 引言	188
8.5.2 控制系统的动态特性	189
8.5.3 控制系统对原水含沙量变化的调节性能	190
8.5.4 控制系统对水量变化的调节性能	194
8.5.5 控制系统的经济效益	194
8.6 小结	195
参考文献	197

附录	207
附录 1 典型月份原水含沙量的测定结果	207
附录 2 典型月份水量的变化	210
附录 3 辐流沉淀池的出水浊度	216
附录 4 含沙量的表达方法及换算关系	221
附录 5 浑水的容重及其与含沙量的关系	223
附录 6 泥沙性质及表示方法	225

CONTENTS

Foreword

Preface

Chapter 1	Composition and characteristics of high turbidity water	1
1.1	Composition of high turbidity water in the Yellow River	1
1.2	Characteristics of high turbidity water	8
1.2.1	Introduction	8
1.2.2	Self flocculation of silt in high turbidity water	8
1.2.3	Viscosity and flow characteristic of high turbidity water	10
1.2.4	Setting velocity of the interface between supernatant and concentrated layer in high turbidity water	15
1.3	Summary	19
Chapter 2	Flocculation of high turbidity water	20
2.1	General	20
2.2	Flocculation mechanism of high polymer	20
2.3	Main factors affecting flocculation of high polymer	23
2.4	Flocculants of high turbidity water	25
2.4.1	Variety of flocculants and their effects	

on flocculation	25
2. 4. 2 Optimal hydrolytic degree of polyacrylamide	26
2. 4. 3 Standard of using polyacrylamide	29
2. 5 Present situation of dosing control technology in flocculation of high turbidity water	31
2. 5. 1 Optimal operating mode in flocculation of high turbidity water	31
2. 5. 2 Present situation of dosing control technology in flocculation of high turbidity water	33
2. 6 Summary	43
Chapter 3 On-line monitoring in flocculation process of high turbidity water	45
3. 1 General	45
3. 2 Principle of flocculation detector	47
3. 2. 1 Turbidity of suspension	47
3. 2. 2 Theory of change in turbidity of suspension	50
3. 2. 3 Analysis of diameter of suspension particles	63
3. 3 Design and manufacture of flocculation detector	65
3. 3. 1 Introduction	65
3. 3. 2 Overall structure	65
3. 3. 3 Main technical parameters	67
3. 4 On-line monitoring in flocculation process of high turbidity water	69
3. 4. 1 Introduction	69

3.4.2	Flocculation test of high turbidity water	70
3.4.3	On-line monitoring in flocculation process of high turbidity water	75
3.5	Summary	88
Chapter 4 Auto-control system of dosage for flocculation of high turbidity water		
4.1	General	90
4.2	Technique of flocculation-sedimentation of high turbidity water	91
4.3	General structure of auto-control system of dosage for flocculation of high turbidity water	98
4.3.1	Introduction	98
4.3.2	Single-circuit control system for measremnt value R	99
4.3.3	Cascade control system for value R and the levelation of interface between supernatant and concentrated layer	102
4.4	Summary	104
Chapter 5 Measurement and transformation of signals for auto-control system of dosage for flocculation of high turbidity water		
5.1	General	106
5.2	Measurement of signals	107
5.3	Prinpl of signal transformation	109
5.3.1	Introduction	109
5.3.2	Sampling	110
5.3.3	Quantization and coding	112
5.3.4	Maintenance	113