《湟水河流域水生植物栽培技术规程》
编制说明

标准名称：湟水河流域水生植物栽培技术规程

项目编号：DB63JH-158-2022

制、修订类型：制定

主要起草单位：青海省湿地保护中心

协作单位：青海大学、互助土族自治县南门峡湿地公园保护管理中心

归口单位：青海省林业和草原局

起草时间：2022 年 4 月---2023 年 7 月

《湟水河流域水生植物栽培技术规程》
编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

2022 年 3 月 24 日，由青海省湿地保护中心、青海大学、互助土族自治县南门峡湿地公园保护管理中心申请地方标准的立项。根据青海省市场监督局下达的《关于印发 2022 年度青海省地方标准制修订项目计划的通知》（青市监函〔2022〕119 号），批准《湟水河流域水生植物栽培技术规程》DB63JH-158-2022 的制定。

（二）起草单位、协作单位

起草单位：青海省湿地保护中心

协作单位：青海省林业和草原局、青海省草原总站、青海互助南门峡国家湿地公园、青海大学农牧学院、互助县林业和草原局、青海西宁湟水国家湿地公园管理服务中心、青海西宁林业站、湟源县林业和草原局、祁连山国家公园青海服务保障中心、青海省气象科学研究所、西宁市森林病虫害防治检疫站、青海省国有林场总站、克鲁克湖-托素湖省级自然保护区服务中心、西宁市北山林场、大通北川河源区国家

级自然保护区管理、大通县林业草原局、青海省林业工程监理中心、大通县桥头镇人民政府、青海省气象灾害防御技术中心

（三）主要起草人

姓名	性别	职务/职称	工作单位	任务分工
肖　锋	男	高级畜牧（草原）师	青海省湿地保护中心	编制标准文本和编制说明
宋维菊	女	副处长	青海省林业和草原局	
李强峰	男	教授	青海大学	主持编写
马春艳	女	副主任	青海省湿地保护中心	编制标准文本中基本要求部分
陆阿飞	男	高级畜牧（草原）师	青海省草原总站	
马元杰	男	林业助理工程师	青海省湿地保护中心	编制标准文本中养护管理部分
季海川	男	林业中级工程师	青海省湿地保护中心	
郭发新	男	林业高级工程师	青海互助南门峡国家湿地公园	编制编制说明
谢得娟	女	讲师	青海大学农牧学院	
张引娥	女	林业副高级工程师	青海省湿地保护中心	负责征求各地意见
吉震宇	男	林业中级工程师	青海省湿地保护中心	
莫玉花	女	林业中级工程师	青海省湿地保护中心	
祁有琛	男	林业助理工程师	互助县林业和草原局	
吴　谦	男	林业中级工程师	青海互助南门峡国家湿地公园	
宋秀华	女	高级园林工程师	青海西宁湟水国家湿地公园管理服务中心	

李雪林	男	正高级林业工程师	青海西宁林业站	
贾顺斌	男	畜牧（草原）师	青海省草原总站	调查取样
刘　华	女	畜牧（草原）师	青海省草原总站	
郭永超	男	林业助理工程师	湟源县林业和草原局	
雅　琴	女	高级林业工程师	祁连山国家公园青海服务保障中心	
李　菲	女	助理工程师	青海省气象科学研究所	
祁骁杰	男	林业中级工程师	西宁市森林病虫害防治检疫站	
李永存	女	林业中级工程师	青海省国有林场总站	各地资料收集
孔繁燕	女	林业助理工程师	克鲁克湖-托素湖省级自然保护区服务中心	
谢贤蓉	女	高级工程师	西宁市北山林场	
叶有青	女	林业工程师	大通北川河源区国家级自然保护区管理	资料整理
袁凯旋	女	助理工程师	大通县林业草原局	
陈永红	女	林业助理工程师	青海省林业工程监理中心	
朵旦增	男	林业助理工程师	祁连山国家公园青海服务保障中心	数据分析
卢文义	男	林业工程师	大通县桥头镇人民政府	
侯永慧	女	助理工程师	青海省气象灾害防御技术中心	

二、制定标准的必要性和意义

湿地具有不可替代的生态功能，越来越多的湿地被应用

在绿地建设中，水生植物作为湿地重要构成要素，应用也越来越广泛。随着当下人们生活质量提升，对环境的要求逐渐增长，环境保护工作成为当下重点。水生植物作为环境保护的主要途径，需要得到科学的栽培与管理。湿生植物有草本植物和木本植物 2 大类，草本植物应用较多，主要包括沉水植物、挺水植物、浮水植物等。种植于水体中的植物通过光合作用释放氧气，可增加水体中的溶氧量，吸收氮、氨、磷等有机物，降低水体中的总氮、总磷等物质，改善水体富营养化状况；对重金属具有富集作用；在驳岸边种植湿地植物，可起到消浪、避免水土流失和固土固岸作用；湿地植物能为许多生物提供栖息地和食物链，为微生物提供附着点。湟水河流域水生植物栽培技术规程的编制对于规范湟水河流域乡土水生植物的繁育，促进湟水河流域湿地生态的修复等具有重要意义。

通过对芦苇（*Phragmitesaustralis(Cav.)Trin.exSteud.*）、水蓼（*PolygonumhydropiperL.*）、千屈菜（*LythrumsalicariaL.*）、水葱（*ScirpusvalidusVahl*）、莎草（*Juncellusserotinus*）、菖蒲（*Acoruscalamus*）、香蒲（*Typhaorientalis*）、黄花鸢尾（*Iriswilsonii*）、花菖蒲（*Irisensatavar.hortensisMakinoetNemoto*）、睡莲（*Nymphaeatetragona*）、三裂碱毛茛

（*Halerpestestricuspis(Maxim.)Hand.-Mazz.*）、杉叶藻（*HippurisvulgarisL.*）、碱毛茛（*Batrachiumbungei(Steud.)L.Liou*）、眼子菜（*PotamogetondistinctusA.Benn.*）、三棱水葱(*Schoenoplectustriqueter(Linnaeus)Palla*）的水生植物栽培技术的研究，为湿地水生植物栽培提供技术支持。

芦苇、水蓼、千屈菜、水葱、水莎草、菖蒲、香蒲、黄花鸢尾、花菖蒲、睡莲、三裂碱毛茛、杉叶藻、碱毛茛、眼子菜和三棱水葱为湿地优势植物，在湿地生态修复和美化中具有重要地位。为响应湿地生态修复中高效、高产、高质的用材，结合湿地修复要求，对湿地乡土水生植物进行栽培技术研究，以便更好地为湿地建设提供服务。

三、主要起草过程

由青海省湿地保护中心申请地方标准立项，根据青海省林业和草原局下达的《关于征集 2022 年林业和草原系统地方标准制定项目计划的通知》，批准《湟水河流域水生植物栽培技术规程》的制定。青海省湿地保护中心、青海大学组建了标准起草小组、制定工作实施方案，并明确各自职责，项目起草人及成员开展了大量的调研工作，查询了相关的标准、法律法规。标准下达后，依托青海省科技厅重点研发与转化项目——《湟水流域国家湿地公园植物选配及湿地修

复技术研究》，在青海大学、互助土族自治县南门峡湿地公园保护管理中心的大力支持下，通过整理项目研究数据、实地考察、查阅资料、咨询专家等方式，完成标准的撰写。

四、制定（修订）标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

（一）标准的编制原则

1、遵循《中华人民共和国标准法》、国家《林业标准化管理办法》和国家标准化工作的有关规定。力求做到技术先进，经济合理，切实可行，有利于推动技术进步。

2、有利于合理利用资源，提高社会经济效益。

3、有利于相关标准协调、配套，有利于建立科学合理的林业标准体系和开展综合标准化工作。

（二）标准的编制依据

1、青海省林业和草原局《关于征集 2022 年青海省地方标准制定项目计划的通知》。

2、青海省地方标准管理办法。

（三）与现行法律、法规、标准的关系

完全符合国家的《标准化法》和《中华人民共和国标准化实施条例》的有关规定，与有关现行法律、法规和强制性国家标准、行业标准没有任何冲突。

五、主要条款的说明

本规程规定了湟水河流域水生植物栽培技术规程，其中对以下几个关键技术环节做了特别规定。

（一）研究地点及时间

2022 年 3 月 ~ 2023 年 7 月，在南门峡国家湿地公园合理利用区磨尔沟村，南门峡水库大坝下尕安定河滩地渔场及其周边水塘，海拔 2734 米，地理坐标为东经 101°53'42"，北纬 36°57'46"，本研究以南门峡乡土水生植物为研究材料，即杉叶藻、北水苦荬、碱毛茛、三棱水葱、画眉草，了解水生植物的生长发育规律，筛选出最佳的栽培深度，通过对南门峡湿地公园水生植物的天然水生生境的调查，掌握南门峡乡土水生植物的适生条件，在此基础上进行箱式培养，再进行水质净化试验。

（二）试验材料及方法

1　水生植物水生境调查

2022 年 6 ~ 10 月对南门峡湿地公园进行部分乡土水生植物现场实地调查，调查水系范围包括互助县南门峡镇七塔尔，岔巴峡，卷槽，水库，湿地体验区。以北水苦荬（*Veronica anagallis-aquatica*），碱毛茛（*Halerpestes tricuspis*），画眉草（*Eragrostis pilosa*），三棱水葱

（*Schoenoplectus triqueter*），杉叶藻（*Hippuris vulgaris*）5 种乡土植物的水生植物群落为调查对象。设置 1mx1m 样方，分别对水生植物的种类、数量、高度、盖度、流速、水深、水生植物类型（挺水型、沉水型、浮水型）等进行调查，每种植物群落调查三次，共选取 15 个样地。并对以上数据取平均值。

野外调查设备: GPS、望远镜、照相机、测绳、钢卷尺、植物标本夹、枝剪、手铲、小刀、植物采集记录本、标签、样方记录所用表格、不锈钢管、多参数水质分析仪、消解仪、水位仪、水流测速仪。

2　5 种水生植物净水功能研究

2.1 试验材料

本试验选择大小均匀、长势良好，能够代表互助南门峡湿地公园乡土水生植物种的三棱水葱（*Scirpus validus Vahl*）、画眉草（*Eragrostis pilosa (Linn.) Beauv.*）、杉叶藻（*Hippuris vulgaris L.*）、北水苦荬（*Veronica anagallis-aquatica L.*）、碱毛茛（*Halerpestes tricuspis*）（水生植物生长发育规律如表 1 所示）5 种湿地植物作为供试材料，试验材料均取自互助南门峡湿地公园。

表 1 水生植物的形态特征及物候期

种名	生活型	花色	观赏性	物候期	适应性

三棱水葱	多年生草本	深棕色	观赏性强	花果期 6 月～10 月	喜潮湿环境
杉叶藻	多年生水生草本	花丝细，花药红色	观赏性强	花果期 8 月~11 月	湿性强，抗旱，喜湿，耐水淹，抗旱，抗寒
北水苦荬	多年生草本	浅蓝色、浅紫色或白色	观赏性强	花果期 6 月～8 月	喜湿润
画眉草	1 年生草本	暗绿色或带紫黑色	观赏性较强	花果期 8 月～11 月	耐湿
碱毛茛（水葫芦苗）	多年生草本	黄色或表面白色	观赏性强	花果期 5 月～9 月	喜湿润，耐盐碱

试验中采用的水为人工配置的富营养化水体，超纯水中加入磷酸二氢钾、硝酸钾配置营养液（参照湖泊富营养化标准设定 P 浓度为 0.02mg/L，磷源为磷酸二氢钾；N 浓度为 0.5mg/L，氮源为硝酸钾。），同时加入一定量的 Cu、Cr、Cd、Zn 标准溶液，配置成复合 Cu、Cr、Cd、Zn 污染水体，参照《地表水环境质量标准（GB3838-2002）》V 类水质。

2.2 箱式培养

试验采用同种型号的塑料水箱做为种植水生植物的容器，其规格为长 51cm，宽 38cm，高 29cm。试验开始前将南门峡湿地公园内培育的 5 种水生植物移植到水箱中，植物移植时保留原有的底泥，保持各处理组底泥体积一致，去除枯叶，依据每种植物的绿量，在水箱内完全随机均匀种植植物，将其置于自来水中培养一周，待植株正常生长后开始试验。具体设置为：三棱水葱试验组中，每组种植 50 株；碱毛茛（碱毛茛（水葫芦苗））试验组中，每组种植 60 株；

杉叶藻试验组中，每组种植 60 株；北水苦荬试验组中，每组种植 50 株；画眉草试验组中，每组种植 20 株。

2.3 净水试验设计

试验设置为 5 个植物组和 1 个无植物但有底泥的对照组（CK），共 6 个处理组，每个处理组进行 3 个重复。试验期间通过添加蒸馏水来补充蒸发、植物蒸腾所耗的水分，确保实验水箱中水位保持稳定。水生植物水质净化试验持续 30 天，每 4 天取样一次，期间对水体的 pH，温度，总氮、总磷、氨氮、COD 等指标进行测定，每次取水样 200ml，并用蒸馏水补充桶内水位至刻度线。试验在室外进行，保证水生植物能够充分接受自然光照射。

2.4 水样的采集和分析

每次用量筒采集水样 200ml（采集时在水样上、中、下三个部位采取并且混匀），采集来的水样应当尽量减少震荡，采集时间均在 9:00－10:00。为避免试验误差，取样后当天测定，以 3 个重复组的测定结果平均值进行数据分析。

根据国家规定的水体指标及标准和参考各种资料，本试验选取测定的水体指标有 pH、温度、总氮、总磷、氨氮、COD、铜、镉、铬、锌。

水样的测定方法：通过多参数水质分析仪测定总氮、总磷、氨氮、COD 等指标。

各水体中污染物去除率公式为:

$$去除率=\frac{(C_0-C_i)}{C_0}\times 100\%$$

式中:C_0 为试验开始时水体中的污染物浓度;C_i 为第 i 天水体中的污染物浓度。

（三）结果与分析

3.1 试验种水生植物群落的水生境调查研究

表 2 群落基本指标测定结果

样地	总株数/株	平均高/cm	盖度/%	流速 m/s	水深/cm	PH	总磷/mg/L
YD1	82	60.44	76.52	0.459	26.2	8.36	0.109
YD2	85	54.6	73.58	0.457	26.25	8.38	0.139
YD3	89	63.16	75.54	0.444	24.8	8.33	0.124
YD4	150	58.32	95.63	0.235	27.7	8.11	0.12
YD5	146	59.38	94.71	0.228	26.8	8.12	0.125
YD6	142	57.35	94.68	0.229	27.5	8.35	0.115
YD7	145	70.23	85.37	0.529	11.3	7.81	0.155
YD8	152	74.32	82.34	0.521	11.33	7.88	0.163
YD9	148	69.64	83.37	0.535	11.8	7.89	0.157
YD10	85	57.48	73.25	0.154	20.5	8.13	0.185
YD11	91	55.37	72.5	0.149	21.52	8.37	0.212
YD12	88	57.63	70.23	0.149	20.9	8.36	0.196
YD13	116	28.47	97.56	0.068	21.1	8.34	0.145
YD14	118	28.51	98.52	0.061	22.18	8.11	0.158
YD15	110	29.42	98.56	0.058	21.7	8.11	0.147

（接上表）

样地	总磷 /mg/L	总氮 /mg/L	硝酸盐（以N计）/mg/L	氨氮（NH4）/mg/L	主要水生植物	主要水生植物类型	科名
YD1	0.109	0.611	34.182	0.025	三棱水葱	挺水植物	莎草科
YD2	0.139	0.538	35.62	0.021	三棱水葱	挺水植物	莎草科
YD3	0.124	0.598	32.946	0.035	三棱水葱	挺水植物	莎草科
YD4	0.12	0.317	29.145	0.156	画眉草	挺水植物	禾本科
YD5	0.125	0.4	33.93	0.058	画眉草	挺水植物	禾本科
YD6	0.115	0.473	44.582	0.064	画眉草	挺水植物	禾本科
YD7	0.155	0.474	45.645	0.047	杉叶藻	挺水植物	杉叶藻科
YD8	0.163	0.453	45.545	0.045	杉叶藻	挺水植物	杉叶藻科
YD9	0.157	0.425	45.627	0.049	杉叶藻	挺水植物	杉叶藻科
YD10	0.185	0.649	45.62	0.785	北水苦荬	挺水植物	玄参科
YD11	0.212	0.682	45.557	0.75	北水苦荬	挺水植物	玄参科
YD12	0.196	0.689	45.586	0.748	北水苦荬	挺水植物	玄参科
YD13	0.145	0.489	35.674	0.853	碱毛茛	挺水植物	毛茛科
YD14	0.158	0.475	37.552	0.864	碱毛茛	挺水植物	毛茛科
YD15	0.147	0.476	35.89	0.828	碱毛茛	挺水植物	毛茛科

根据调查，如表 1 所示；样地 1-3 主要水生植物为莎草科的三棱水葱，样地 4-6 主要水生植物为禾本科的画眉草，样地 7-9 为杉叶藻，样地 10-12 为玄参科的北水苦荬，样地 13-15 为毛茛科的碱毛茛。其中仅碱毛茛群落为沉水植物，其余皆为挺水植物。其余指标分析如下：

平均高度：调查期间，挺水植物杉叶藻群落长势较好且平均高度高于其他群落，杉叶藻平均高度为 71.4 cm，北水苦荬群落、画眉草与三棱水葱群落次之，碱毛茛平均高度最低；

盖度: 碱毛茛群落与画眉草群落的盖度皆高于其他群落，杉叶藻群落次之，三棱水葱群落与北水苦荬群落的盖度最低;

流速：以碱毛茛群落所处生境的流速最快，三棱水葱群

落与杉叶藻群落次之，画眉草群落与北水苦荬群落最低；

水深：画眉草群落所处生境的水深最深，平均水深为27.33cm，三棱水葱群落次之，为 25.75cm。其次是北水苦荬群落、杉叶藻群落以及碱毛茛群落；

PH 值：群落中三棱水葱群落、画眉草群落、北水苦荬群落与碱毛茛群落所处生境 PH 值大于 8，且以三棱水葱群落与碱毛茛群落最高，杉叶藻群落 PH 值最低；

总磷：北水苦荬群落所处水生境中总磷浓度最高，杉叶藻群落与碱毛茛群落次之，三棱水葱群落与画眉草群落最低；

总氮：所有样地皆处于Ⅰ类标准，其中三棱水葱群落与北水苦荬群落所处生境总氮浓度最高，杉叶藻群落与碱毛茛群落次之，画眉草群落最低；

硝酸盐：杉叶藻群落与北水苦荬群落所在生境硝酸盐浓度最高，三棱水葱群落与画眉草群落相对较低，碱毛茛群落最低；

氨氮；碱毛茛群落所在生境氨氮浓度高于 0.8mg/L，处于Ⅱ类标准，其余群落皆处于Ⅰ类标准，其中以北水苦荬群落最高，画眉草群落与杉叶藻群落次之，以三棱水葱群落最低。

3.2 不同水生植物的栽培深度对比

选择不同的水生植物进行不同水深条件下，植物成活率

试验。不同水生植物繁殖材料在不同水深条件下各 80 个，设置 0cm~10cm 、10cm~20cm 、20cm~30cm 、30cm~40cm、40cm~50cm 和 50cm~60cm 六个不同水深梯度，在繁殖材料栽培完成后的第 20 天测定各水生植物的成活率。

如表 3 所示，杉叶藻随着水深的增加，成活率有下降的趋势; 画眉草和三棱水葱在 0cm~10cm 和 10cm~20cm 两个水位梯度各水生植物苗成活率相近；北水苦荬在 20cm~30cm 水深条件下长势最好；杉叶藻和碱毛茛在水深为 30cm~40cm 条件下培育效果最好。

表 3 不同水深对水生植物苗成活率的影响

序号	植物名	不同水深下各种水生植物苗的成活率（%）					
		0cm~10cm	10cm~20cm	20cm~30cm	30cm~40cm	40cm~50cm	50cm~60cm
1	画眉草	85.34	83.48	-	-	-	-
2	北水苦荬	82.16	83.73	90.35	-	-	-
3	杉叶藻	-	85.28	88.15	90.68	83.16	76.50
4	碱毛茛	-	-	86.38	88.62	-	-
5	三棱水葱	85.98	84.23	-	-	-	-

3.3 水生植物净水功能的研究

3.3.1 不同水生植物对总磷的去除效果

磷是植物生长发育和光合作用中必不可少的营养元素，是植物体内大多数核酸、磷脂、ATP 和酶等化合物的主要组成成分，常常成为植物生长的限制因子，同时植物体内的各种代谢过程中都需要有磷的参与。但是水体中的氮、磷营养物质浓度过高则有可能引起水体富营养化，因此磷是衡量水体富营养化的重要指标之一。

由图 1 可知，在整个试验期间，随着时间的增加，各植物处理组中的总磷浓度均呈现前期下降迅速，中后期下降缓慢的趋势。各水生植物处理组均对总磷有较好的去除效果，且均好于空白对照组。试验前期，除对照组外各植物处理组总磷浓度下降较快，且下降程度高于试验后期，这是因为试验前期温度、光照等环境因素适宜，水体中有足够的营养物质，因此该阶段水体中磷的浓度下降速度快；但在后期，营养物质浓度下降，植物生长减慢，最终影响净化速率。以净化能力最强的星星草为例，试验开始时水体中总磷浓度为 0.428mg/L，到第 16 天下降为 0.175mg/L，到第 28 天时下降为 0.155mg/L;其余四种植物处理组均有类似的下降趋势。

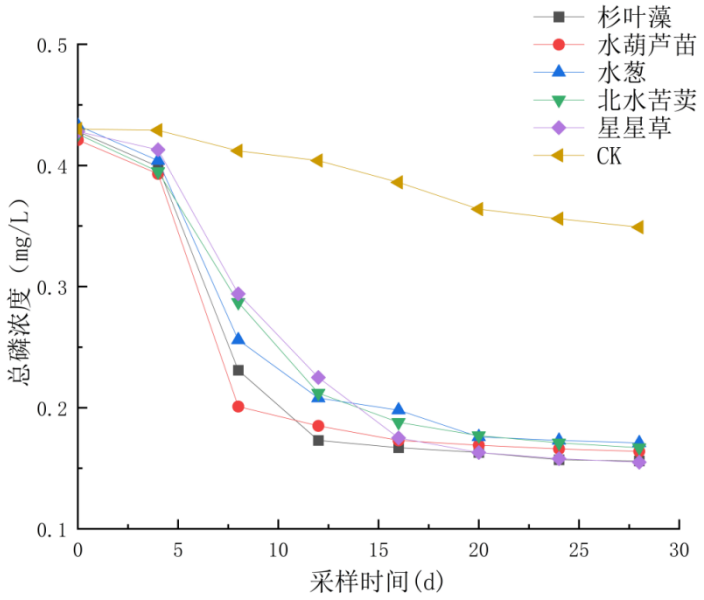

图 1　5 种水生植物对总磷的去除效果比较

3.2.2 水生植物对总氮的去除效果

氮作为植物必须的大量元素之一，水生植物对水中氮也有很强的吸收作用，氮通过植物根系进入植物体内，最终合成蛋白质。从下图 2 可以看出，在富营养化条件下，试验所选取的五种水生植均能够吸收水体中的氮元素。随着试验的进行，富营养化水体中各植物处理的总氮下降均呈现类似的趋势，试验前期下降速度快于试验后期；其中净化效果最好的水生植物为星星草和杉叶藻。试验前期下降速度较快是由于水生植物刚放入水体，需要吸收足够的养分，且根系能够富集营养物质，因此该阶段总氮下降速度较快；试验后期下降速度趋于缓慢是由于水生植物生长变缓，吸收量变少，导致总氮下降缓慢。

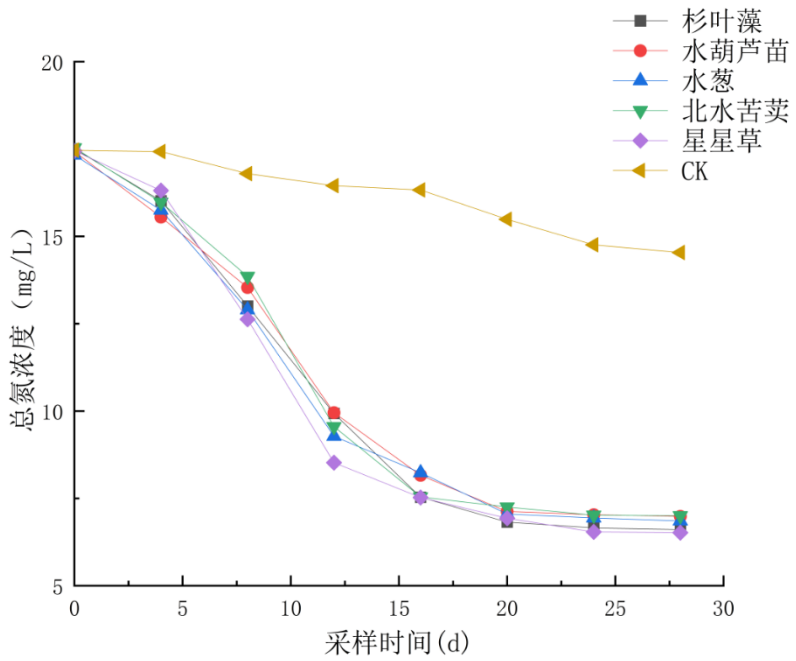

图 2　5 种水生植物对总氮的去除效果比较

3.3.3 水生植物对 COD 的去除效果

COD 是表示水质污染程度的重要指标，能够客观反映水体实际污染情况，而其值的大小能够说明水体污染的程度，其值越大则污染越严重。由图 3 可知，富营养化条件下，各植物处理组的 COD 浓度均有所下降；各处理组间的下降趋势类似，呈现为试验前期 COD 浓度下降速率快于试验后期。其中，在富营养化条件下，碱毛茛（水葫芦苗）对 COD 的净化效果最好; 其余四种水生植物中，水葱的净化能力较强。

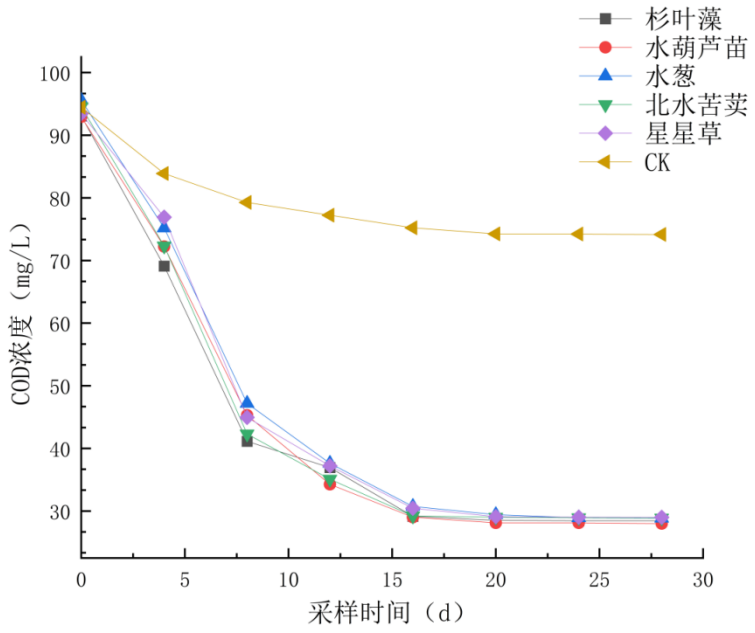

图 3　5 种水生植物对 COD 的去除效果比较

3.3.4 水生植物对总镉的吸收能力

镉作为一种重金属元素，进入水体中会对水生态系统造成巨大的毒素累积损害，福建等地有报道过水体镉污染导致当地居民患骨痛严重甚至患骨癌。镉在水中易被植物富集，通过食物链传递积累，人类误食含大量镉的鱼虾或者使用镉污染水体种植稻米，会导致体内镉严重超标，危害生命健康。随着试验时间的进行，各试验组的总镉浓度均低于对照组（无水生植物），说明各组水生植物对总镉均具有很强的净化能力。通过图 4 可以看出，与空白对照组相比，五种水生植物都对镉有较强的净化能力，尤其是碱毛茛和水葱在前 4d 对镉的净化速率相近，且净化能力优秀，而 4d 到 6d 时，北水苦荬和水葱的净化能力最强。8d 到 10d 时种植杉叶藻的

水体中镉的含量有略微反弹，12d 后，四种植物对镉的吸收率都有所下降逐渐趋于不吸收；总体来看，碱毛茛对镉的吸收能力与其他三种水生植物相比最优。

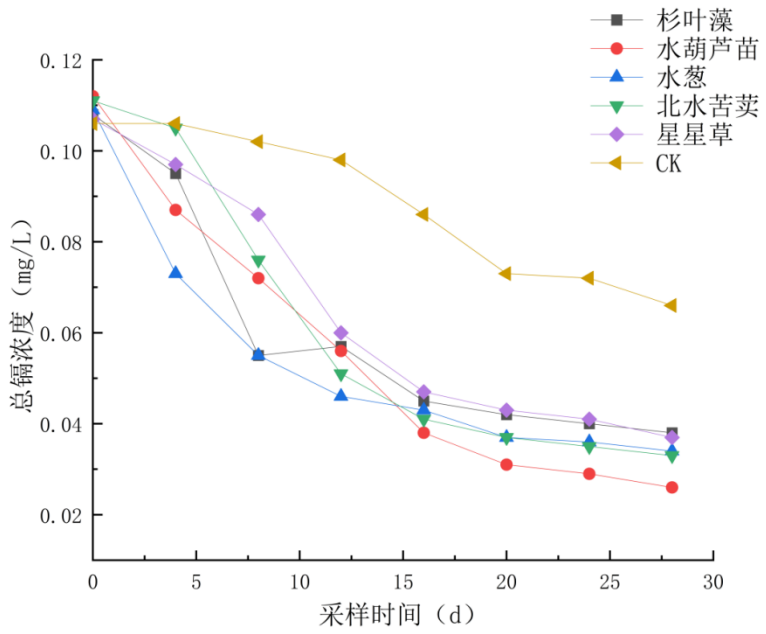

图 4　5 种水生植物对总镉的去除效果比较

3.3.5 水生植物对总锌的吸收能力

锌虽然是人体必须的微量元素，但锌过量仍会污染水质，长期引用含锌过量的水会导致铜的缺失和高密度脂蛋白的下降。水中锌的含量也是本次试验的的重要指标之一。从图 5 中可以看出，水葱的对总锌的去除效果最好，其次是碱毛茛（水葫芦苗）和水葱，在锌的去除效果比较试验中，水葱比其他四种植物的去除效果更好。

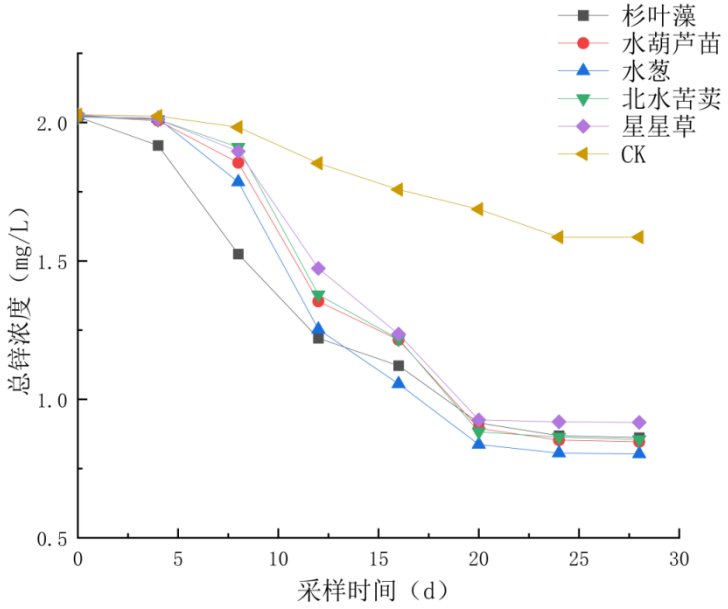

图 5　5 种水生植物对总锌的去除效果比较

3.3.6 水生植物对总铜的去除效果

铜作为水污染中常见的重金属离子，在水中的含量十分容易超标，也十分容易被检测出来。本次试验中种植五种水生植物的培养中铜离子的初始含量不相同，但可以通过折线图处理数据直观的看出五种水生植物对铜离子的去除能力对比。

由图 6 可知，富营养化条件下，各植物处理组的总铜浓度均有所下降；各处理组间的下降趋势类似，呈现为试验前期总铜浓度下降速率快于试验后期。其中，在富营养化条件下，杉叶藻对总铜的去除效果最好；其余四种水生植物中，碱毛茛（水葫芦苗）和水葱的去除能力较强。对照组中总铜浓度也有明显的下降趋势，分析原因是铜离子被底泥所吸收。

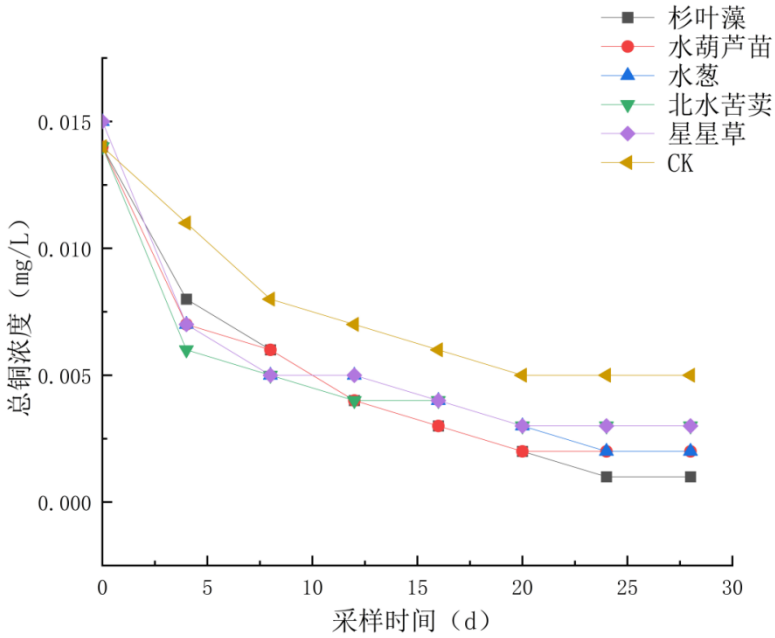

图 6　5 种水生植物对总铜的去除效果比较

3.3.7 水生植物对六价铬的净化效果

Cr^{6+}有致癌作用，美国疾控中心毒害物质及疾病登记署(ASDTR，CDC)在 2007 年-2011 年均将 Cr^{6+}列为前 20 位优先监测的物质之一。国际癌症研究机构（IARC）及美国政府工业卫生学家协会(ACGIH)都已确认 Cr^{6+}化合物具有致癌性。目前世界公认某些铬化物可致肺癌，称之为“铬癌”。所以水体中六价铬的含量也是本次试验的指标之一。

图 7 可以得出，五种水生植物对六价铬都有较强的净化作用，尤其是试验开始到试验的前 12d，其中种植杉叶藻的培养中，六价铬浓度下降最快，其次是水葱、北水苦荬、碱毛茛、星星草，试验开始 12d 后，各处理组

对六价铬的吸收速率都趋于平稳。

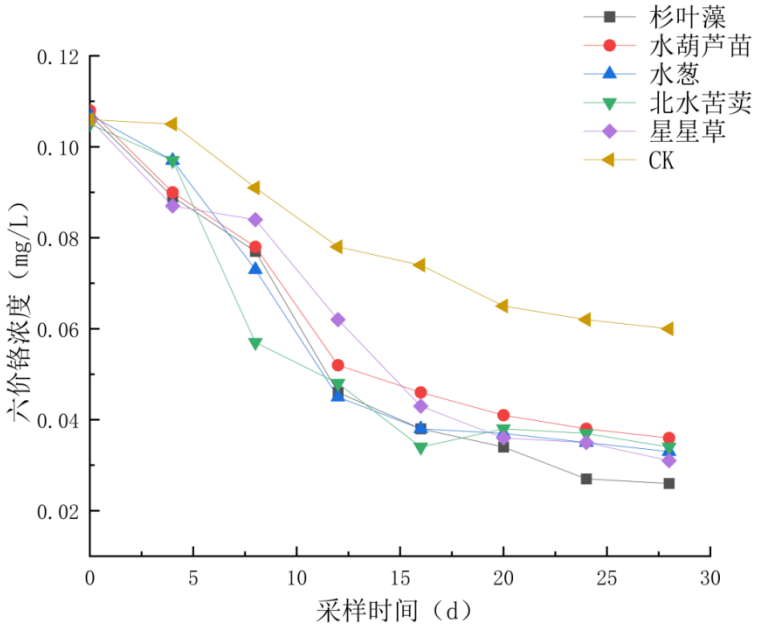

图 7　5 种水生植物对六价铬的去除效果比较

3.3.8 水生植物对氨氮的吸收效果

水体中的氨氮是指以游离态氨 NH^3 和离子态铵 NH^{4+} 形式存在的氮。氨氮中的氮元素作为一种营养盐污染物，在水体中含量较高时会引发水体富营养化。从图 8 中可以得出，对照组相比五种水生植物均对氨氮有更明显的去除效果，其中北水苦荬处理组对氨氮浓度去除最明显，试验开始 4d 之后，北水苦荬对氨氮的浓度变化较快，直到 12d 以后逐渐变缓，其他四种植物也均在 16d 之后放缓，最后阶段中，氨氮的含量相差无几，说明四种植物整个试验过程期间对氨氮的去除效果相似，但去除效果的优势期不同。

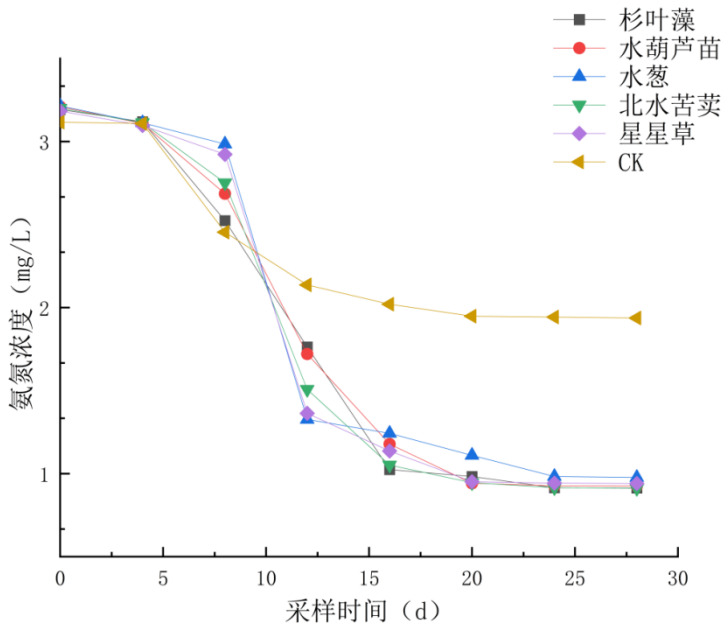

图 8　5 种水生植物对总镉的去除效果比较

3.3.9 5 种水生植物对污染物的去除率

将 6 个处理组植物种植于自配富营养化水样中，经过 30d 的观察与测定，分析得出结果。实验结果表明，6 个处理组对供试水体中的 TP、TN、COD、氨氮等起到了不同的净化效果。供试植物水体中的 PH 值在 6.5-8.5 之间，从表 4 中可以得出，五种水生植物对铜的含量比其他污染物敏感，对铜的去除能力也最强，杉叶藻能高达 90.70%，除此之外碱毛茛对镉的净化能力远超其他三种水生植物 可达 76.42%。五种水生植物对富营养化水体的去除效果明显，杉叶藻均占优势，其他四种植物的污染物去除效果不相上下。

表 4 供试植物对富营养化水体的去除率（%）

处理组/变化值	TP	TN	COD	氨氮	总镉	总锌	总铜	六价铬
杉叶藻	63.63	62.26	69.43	71.40	65.02	57.34	90.70	75.47

碱毛茛	61.05	59.92	69.87	71.19	76.42	58.12	88.10	66.67
水葱	60.51	60.44	69.80	69.60	68.6	60.33	86.36	69.47
北水苦荬	60.58	60.05	69.44	71.49	70.36	57.67	80.39	67.94
画眉草	63.86	62.64	68.97	70.42	65.31	54.78	81.82	70.85
空白	18.76	16.76	21.50	37.83	37.62	21.82	64.29	43.22

（四）结论

本研究以南门峡乡土水生植物为研究材料，即碱毛茛、杉叶藻、北水苦荬、三棱水葱、画眉草，了解水生植物的生长发育规律，通过对南门峡湿地公园水生植物的天然水生生境的调查，掌握南门峡乡土水生植物的适生条件，在此基础上进行箱式培养，再进行水质净化试验。主要研究目标是调查五种乡土水生植物的天然水生生境，以及研究在一定时间内富营养化水体中的氮、磷、COD、硝酸盐、铜、镉、铬、锌的变化量，选出净化能力最好的植物。调查与试验结果如下：

（1）供试植物在富营养化水体中生长良好并对水体中总磷（TP）、总氮（TN）、化学需氧量（COD）、氨氮、PH值等有明显的改善效果。随着时间的增加，各植物处理组中的污染物浓度均呈现前期下降迅速，中后期下降缓慢的趋势。

（2）杉叶藻对总铜、六价铬的去除效果最好；画眉草对总磷和总氮的去除效果最好；碱毛茛对化学需氧量和总镉的去除效果最好，水葱对总锌的去除效果最好；北水苦荬对

氨氮的去除效果最好；底泥可以吸收一部分的重金属离子，对水生植物去除率有一定的影响。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

标准起草单位于 2023 年 6 月 24 日召开预审会，分别向西宁市种苗站、西宁市南山公园、西宁市湟水林场、青海省林业技术推广总站、青海省南北山绿化指挥部、西宁市林业站、西宁北山林场进行征求意见工作。经汇总整理归纳出 54 条，具体处理意见见附件，未出现重大分歧意见。本编写组认为修改意见有利于本标准的完善，部分采纳。

七、贯彻标准的要求、措施等建议

在前有技术成果的基础上，通过关键技术环节的完善，总结集成了湟水河流域水生植物栽培技术规程。在集成过程中对未完善的技术环节，通过试验的设计、开展、分析、总结，寻找出最佳技术措施，解决了湟水河流域水生植物栽培技术规程中存在的主要问题。

《湟水河流域水生植物栽培技术规程》

标准起草小组

二〇二三年七月二十七日

附件：

预审意见汇总处理表

负责起草单位：青海省湿地保护中心

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
1	全文	建议“植物品种”完善为“植物种类”；“种植”完善为“栽培”；建议规范章、条编号；建议将规范性附录完善为资料性附录；建议去除本段中“为宜”“不宜”“一般适宜“必须”“及时”等字词。	张文莲	采纳
2	4.1.1	建议完善为“水生植物种类和规格在符合设计要求的同时，还应符合下列要求：”	张文莲	采纳
3	4.1.1（1）	建议将“茁壮匀齐”，完善为“健壮整齐”。	张文莲	采纳
4	4.1.1（2）	建议“水生植物选择要求见附录 A”完善为“水生植物种类及规格要求见附录 A”。	张文莲	采纳
5	4.3.1.2	建议将“种植前对土壤应进行消毒”与“pH 值以 6.0～8.5 之间为宜”提到“小于 30 度”之后。	张文莲	采纳
6	4.3.1.3	建议“且应符合以下要求”完善为“要求如下”建议增加资料性附录，说明种类、数量、施用时间等关键技术。	张文莲	采纳
7	4.3.1.6	建议将“辅助设施”完善为“辅助材料”。	张文莲	采纳

8	4.3.1	建议本条款完善为栽培时间的内容，将其中的扦插、播种、移植等栽培方式的内容另列条款，明确不同种类水生植物具体的栽培方式。	张文莲	不采纳，扦插、播种属于繁育内容
9	4.3.2	建议根据容器苗、裸根苗，容器苗种苗类型分开完善描述种苗选择标准、栽培方法等。	张文莲	采纳
10	4.3.4	建议将“种植水深”完善为“注水要求”；建议增加沉水植物的相关内容；“原有水体有条件的话，种植时可适当降低水位”完善为“原有水体，种植时降低水位”。增加资料性附录，说明种类、数量、施用时间等关键技术。 建议将“辅助设施”完善为“辅助材料”	张文莲	采纳
11	4.3.5	建议与 4.3.2 条款合并描述。	张文莲	不采纳，密度和方法需要分开叙述
12	5.3	建议增加根外追肥的资料性附录。	张文莲	采纳
13	附录 B	建议质量要求中芦苇一调整为 3-5 芽/丛，二调整为 2-3 芽/丛；水葱一调整为 6-8 芽/丛，二调整为 2-5 芽/丛。	张文莲	采纳
14	附录 C	建议种植密度中芦苇与香蒲一调整为 4-9 芽/丛，二调整为 9-16 芽/丛。	张文莲	采纳
15	1.范围	第二条建议明确多少海拔以下	时保国	采纳
16	4.1.2 后面序号	应该是 4.1.3;4.1.4;4.1.5;4.1.6.后面还有，请仔细核对。	时保国	采纳
17	4.2.3	栽培施工期在三天以上时，数量词应该是 3	时保国	采纳
18	4.2.栽培要求	第三条建议删除“无空缺株，种植边廓清晰的要求”。	时保国	采纳

19	4.3.1.1 光照	此条内容中表述的“挺水、浮叶、漂浮植物”包括后面章节中出现的术语，都要与术语表述一致。	时保国	采纳
20	4.3.4 种植水深	建议修改为“新建水体,未注入水之前种植挺水植物,注入低水位后种植浮水植物,以后逐渐提高至设计水位。原有水体有条件的话，种植时可适当降低水位，随植物的生长逐渐提高水位。水生植物栽培适宜水深参见附录 A。”	时保国	采纳
21	5.5 作业安全要求	建议重新梳理语句,简捷明了。	时保国	采纳
22	1 范围	将“本标准……。”修改为：“本文件……”。	刘国强	采纳
23	2 规范性引用文件	引用的文件要在正文中用到，用不到的可以去掉。	刘国强	采纳
24	4 水生植物栽培	建议去掉“4.1 基本要求、4.2 栽培要求”。改“4.3 栽培地的要求”为“4.1 栽培地的选择”。增加“4.2 水生植物的选择”一节。	刘国强	采纳
25	4.3 栽培方法	把“4.3.2 种苗选择”一段并入新增加的“4.2 水生植物的选择”一节中。	刘国强	采纳
26	全部章节	文本中的“浮叶、漂浮植物、湿生植物”等名称应与“3 术语与定义”中的名称一致。	刘国强	采纳
27	原“4.3.1.2 土壤”	选择用国标，或者用具体的要求，并且要再精练文字。	刘国强	采纳
28	5.4 病虫害防治	引用的地标要放入第 2 章中，再校对地标编号。	刘国强	采纳
29	标准名	封面与正文的标准名称不一致。	刘国强	采纳
30	名称	建议改名为：青海省水生植物栽培技术规程。	殷光晶	不采纳，标准内容针对于湟水河流域
31	1 范围	规程范围中写到“分类”，而文本中没有，是否增加请考虑。	殷光晶	采纳

32	4.1	把文本中的基本要求、栽培要求和作业安全要求等建议合并。同时把有关要求直接章节中去，如对种苗的要求，直接可写到种苗选择中即可。	殷光晶	采纳
33	附录 B	建议将种苗质量分级（附录 B）去掉，附录 B 中的分级指标过于简单，本规程中就按一级栽培即可。另外建议修订种苗质量分级标准，将水生植物种纳入其中。	殷光晶	不采纳，分级标准需二级质量要求
34	附录 A	建议再丰富附录 A，将栽培方法、湿地地类等归纳在一体，使文本更简洁。	殷光晶	采纳
35	全文	本规程中多处提到按设计要求，这样就本末倒置了，设计应按规程走。	殷光晶	采纳
36	附录	建议将施肥章节放到附录中去参照，应该更清楚，因为湿地类型不同，施肥方法也不同。	殷光晶	采纳
37	2 规范性引用文件	将病虫害防治章节中的“水生植物病虫害防治按 DB13/T 1326-2010”写到规范性引用文件中，而没有引用到的标准可以不放。	殷光晶	采纳
38	全文	统一规程名称，如“规程”封面的名称为“湟水河流域水生植物栽培技术规程”，正文开头的名称为“湟水河流域水生植物栽培技术规程”；“说明”中有“湟水河流域水生植物栽培技术规程”、“本规程规定了湟水河流域水生植物栽培技术规程”等不同的表述；	李雪林	采纳
39	全文	严谨文字表述，建议前后对应、统一，如“规程”中的表述有“水生植物栽培技术”“水生植物种植技术”，“说明”中“水生植物栽培技术规程”的湿生植物、湿地植物、水生植物；	李雪林	采纳
40	4.3	核实规程“4.3 栽培地的要求”中的“挺水、浮叶、漂浮植物”表述是否正确；建议将“4.3.1.1”中的“浮叶、漂浮”修改为“ 浮水、沉水”以对应术语“浮水植物”和“沉水植物”；或在“3 术语与定义”中补允“漂浮植物”“浮叶植物”的定义或在编制说明中加经明确和说明；	李雪林	采纳

41	全文	“说明”中显示仅以南门峡乡土水生植物为研究材料，对南门峡湿地公园进行部分乡土水生植物现场实地调查得出所有数据，能否体现整个湟水河流域需斟酌，建议补允其它湟水河流域区域的调查数据或已有的技术成果；	李雪林	采纳
42	附录	加强说明、规程内容及附录之间的关联性；	李雪林	采纳
43	全文	将“说明”、“规程”中的名称及相关内容中涉及到的“规范”、“规程”、“本标准”统一表述为“规范”、或“规程”或“标准”。	李雪林	采纳
44	全文	技术规程内容与编制说明内容吻合，建议进一步修改完善。	马文斌	采纳
45	3.1.4	3.1.4 内容中应修改为“水生植物栽培应符合设计要求”。	马文斌	采纳
46	4.2	4.2 栽培要求中 3.2.1 内容与本技术规程内容无关，建议去掉。	马文斌	采纳
47	4.3.1.2	“景观水体底土”中“景观”二字去掉，类似出现“景观”也去掉。	马文斌	采纳
48	4.3.1.3	基肥应明确标明施肥量。	马文斌	采纳
49	4.3.2	种苗选择中“新芽饱满”中“新”去掉。	马文斌	采纳
50	附录 A	芦苇适宜水深应增加 50-80cm,黄花鸢尾适宜水深应增加 20-50cm,睡莲适宜水深应删除 20-50cm,易发生冻害。	马文斌	采纳
51	全文	本次编制规程是《湟水流域水生植物栽培技术规程》，而研究地点只是在南门峡国家湿地公园，能否有广泛的代表性需进一步考虑。	吴忠祥	不采纳，具有代表性
52	全文	水生植物的样地调查中增加宁湖湿地、北川河、南川河、城市公园等，更全面调查掌握湟水流域人工湿地内水生植物分布状况。	吴忠祥	采纳
53	附录 A	不同水生植物的栽培深度研究，试验中设计了每 10cm 为一对比，建议从 60cm 以上，设计为每 20cm 调查，直到 100cm 水深为宜。	吴忠祥	采纳

54	附录 A	常用水生植物还包括慈菇、荇菜、荷花、泽泻、梭鱼草、花叶芦竹、再力花、黄花鸢尾等。	吴忠祥	采纳