国家水资源监控能力建设项目

灌区渠首取水在线监测技术指南

（试行版）

水利部国家水资源监控能力建设项目办公室

2017 年 5 月

目 录

1 概述 1
1.1 编制说明 1
1.2 适用范围 1
1.3 引用标准 1
2 灌区渠首取水在线监测系统总体要求 3
2.1 流量测验精度要求 3
2.2 总体技术要求 3
2.2.1 系统结构 3
2.2.2 信息传输 3
2.2.3 监测站设置 4
2.2.4 监测站典型结构与设备配置 4
2.2.5 监测站集成 5
2.2.6 监测站功能 6
3 灌区渠首在线测流典型方法 8
3.1 声学法测流 8
3.1.1 超声波时差法 8
3.1.2 多普勒流速仪（ADCP）法 9
3.1.3 应用要点 10
3.2 水工建筑物法 15
3.2.1 闸门、涵洞 15
3.2.2 水电站、泵站测流 15
3.2.3 应用要求 16
3.3 堰槽测流法 20
3.3.1 量水堰 20
3.3.2 测流槽 27
3.4 有压管道测流 31
3.4.1 电磁流量计 31
3.4.2 超声流量计 31
3.4.3 传感器选型考虑因素 32
3.4.4 安装注意事项 33
3.5 其他测流方法 33
3.5.1 比降面积法 33
3.5.2 雷达表面流速测流法 34
3.6 水位计、闸位计选型与安装 35
3.6.1 水位计、闸位计选型 35
3.6.2 水位计安装位置与方法选择 40
3.6.3 水位计安装要求 41
3.6.4 闸位计安装方法 42
4 渠首测流站勘测设计与选型 43
4.1 灌区渠首取水口主要类型 43

4.2 设计准备.....43
4.3 现场勘测.....44
4.4 测流方案比选.....44
4.5 技术设计书编制要求.....47
4.5.1 初步设计编制要求.....47
4.5.2 施工设计编制要求.....48
5 渠首取水在线监测站建设质量管理要求.....49
5.1 项目前期质量管理要点.....49
5.1.1 设计阶段.....49
5.1.2 合同签署后、开工前阶段.....49
5.1.3 安装调试阶段工作.....49
5.2 试运行考核.....50
5.3 系统验收工作.....50
5.4 缺陷责任期检验.....51
5.5 系统运行维护管理.....51
6 流量精度检验方法.....52
6.1 管道测流.....52
6.2 河（渠）道测流.....52
6.2.1 流量系数率定检验.....52
6.2.2 流量推算和测验不确定度估算.....53
附录 A:现场勘察表.....54
A.1 灌区基本情况调查表.....55
A.2 河（渠）道断面断面流量监测站现场勘察表.....57
A.3 水工建筑物流量监测站现场勘察表.....58
A.4 水工建筑物测流设施及有关水文测验情况登记表.....59
A.5 水电站（泵站）流量监测站现场勘察表.....60
A.6 水电（电力抽水）站基本情况表.....61
A.7 管道流量监测站现场勘察表.....62
A.8 隧、涵洞（管）、水库输水洞工程情况表.....62
A.9 明渠堰槽流量监测站现场勘察表.....64
附录 B:现场安装质量检查记录表.....65
B.1 系统安装质量检查项目及方法.....65
B.2 系统安装质量检查表.....67
附录 C:设计示例.....69
C.1 漳河灌区量测流设计示例.....70
C.2 江苏与山东交水断面——骆马湖控制断面测流设计.....74
C.3 江苏苏北灌溉总渠苏咀站断面测流率定示例.....79
C.4 江苏段扬州-淮安市界测流断面选择示例.....90

1 概述

1.1编制说明

在全国范围内开展国家水资源监控能力建设项目（2012-2014 年）（以下简称“一期项目”）基础上，为进一步提高全国水资源监控能力，2016 年 5 月，水利部启动国家水资源监控能力建设项目（2016-2018 年）（以下简称“二期项目”），进一步提高三大监控体系中农业用水监控比例，着重开展重点中型以上灌区渠首取水在线监测工作。

二期项目建设目标是针对设计灌溉面积 5 万亩以上灌区渠首取水全部实现在线监测，设计灌溉面积 1 万亩至 5 万亩一般中型灌区渠首取水实现在线监测或规范计量。

本指南针对二期项目中灌区渠首流量监测站的建设，重点在测流方案与测流断面的选择、测站设备配置与仪器选型、测流精度控制与质量管理等方面给出相应的技术指导，规范灌区渠首取水在线监测站技术方案遴选及建设管理过程。

1.2适用范围

适用于灌区渠首的河道、渠道、闸门、堰、涵洞、水电站、泵站等不同取水口类型的流量监测站的建设。

1.3引用标准

《国家水资源监控能力建设项目实施方案（2016~2018 年）》（水财务[2016]168 号）

GB/T 50138－2010　水位观测标准

GB 50179-2015　河流流量测验规范

SL 61－2003　水文自动测报系统技术规范

SL 337－2006　声学多普勒流量测验规范

SL 365－2015　水资源水量监测技术导则

SL 384－2007　水位观测平台技术标准

SL 537－2011　水工建筑物与堰槽测流规范

SZY 202－2016　水资源监测站点建设技术导则

SZY 203－2016　水资源监测设备技术要求

SZY 204－2016　监测设备现场安装调试

SZY 205－2016　水资源监测设备质量检验

SZY 206－2016　水资源监测数据传输规约

2 灌区渠首取水在线监测系统总体要求

2.1流量测验精度要求

参照 GB 50179-2015《河流流量测验规范》的规定，灌区渠首取水流量在线监测精度不得低于下列要求：

精度等级	误差范围	适用范围
一类精度	<9%	≥30 万亩的大型灌区渠首测流
二类精度	<10%	5~30 万亩的重点中型灌区渠首测流
三类精度	<12%	1~5 万亩中型灌区渠首测流

2.2总体技术要求

2.2.1 系统结构

水资源信息采集系统结构由水利部水资源监控管理平台、流域机构与省中心以及测站组成。系统结构图如图 1 所示：

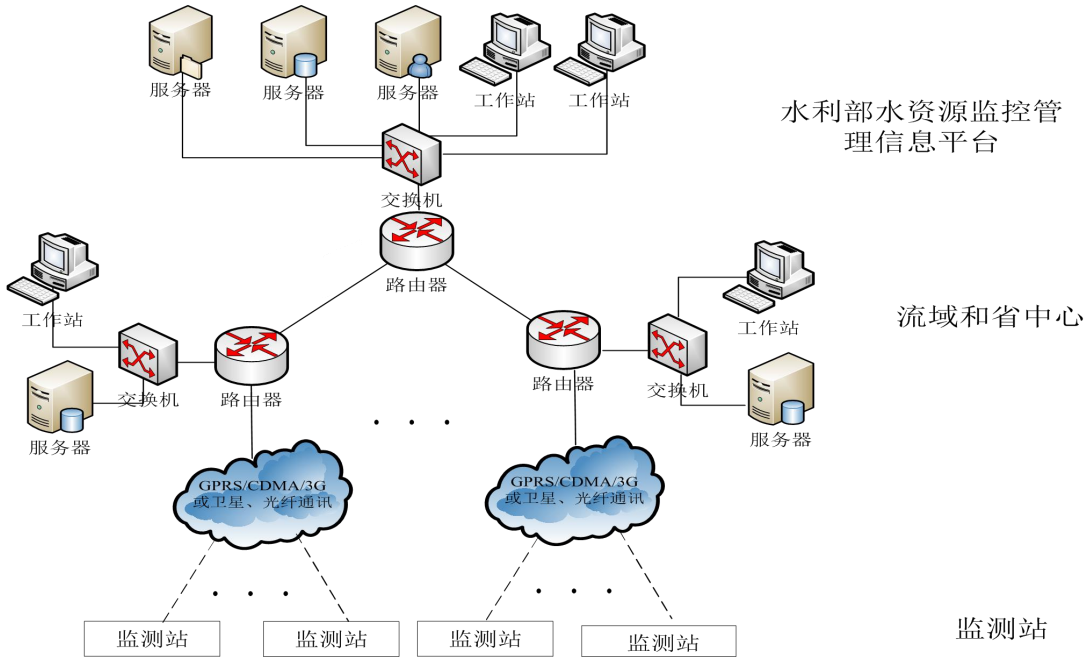


图 1 信息采集系统结构图

2.2.2 信息传输

1) 信息传输路由

数据信息传输由各自动监测站传送至所属的流域机构及省中心，再由各流域机构及省中心汇聚至水利部水资源监控管理平台。

2) 通信方式

自动监测站与各流域与省信息采集中心的信息传输优先采用无线公共通讯（GPRS/CDMA/3G/4G等）网。无线公共通讯网不能覆盖的地区或有特殊要求的站点可选用北斗卫星、超短波等其他通讯方式。

3) 信息采集与传输频度

信息采集设备应具备对水位、流量参数最高采集频度为5分钟自动采集1次，应根据需求选择采集频度；测站向中心站发送数据的时间间隔应根据调度和管理需求选择1或24小时，设备故障与参数预警信息应实时上报。

4) 通信规约

国家水资源监测站点建设选用的仪器设备应满足SZY203－2016和各级项目办设计文件及合同要求。其数据采集传输规约应符合SZY206-2016的全部功能项要求，数据采集传输终端设备应执行SZY205－2016等文件规定。

2.2.3 监测站设置

各省对灌区渠首取水在线监测站的站点布设应根据二期项目对取用水监测控制能力的具体目标进行统筹安排：

（1） 大型灌区（设计灌溉面积≥30 万亩）渠首自动监测站点的设置应保证对取水量监控能力达到 100%；

（2） 重点中型灌区（设计灌溉面积≥5 万亩）渠首自动监测站点的设置应保证对取水量监控能力达到 90%以上，其中通过水库的堰、涵、引水洞、水电站引水，及通过泵站提水灌溉的站点，取水量监控能力优先实现全覆盖；

（3） 具有多取水口的灌区，对水量取用占比小、引水频次低的取水口可采用人工观测的方式，在线监测的取水量监控能力应达到 85%以上；

（4） 对水系关系复杂的灌区，应着重调查分析水量引用关系，合理设立监测站，避免漏测或重复测（计）量；

（5） 灌区内如有非农代供关系的其它规模以上（年取水量 100 万 m^3 以上公共取用水户、年取水量 50 万 m^3 以上独立工业用水户）用水户类型，应设立监测站，单独监测分水量。

2.2.4 监测站典型结构与设备配置

（1） 监测站典型结构

监测站根据不同的测流方法配置测站设备，主要由传感器（水位计、流量计、

闸位计、功率计等）、RTU、电源和通信单元组成，监测站拓扑结构见图 2 所示：

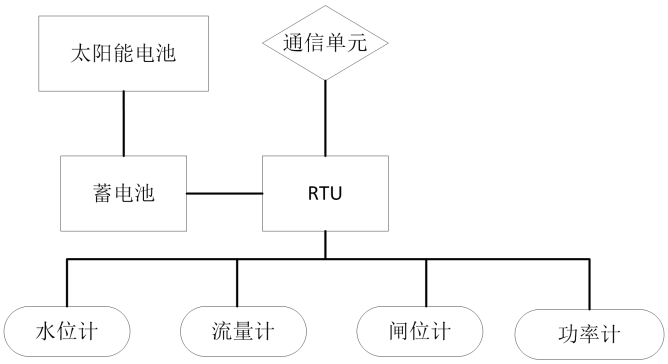


图 2　监测站拓扑结构图

（2）　监测站设备及配套设施配置

监测站设备及配套设施应根据各站设计进行统计，为项目工程量清单的编制提供依据，参见表 1。

表 1　　监测站设备及配套设施统计表

序号	站名	设备配置										备注
		测流装置与传感器			RTU	太阳能电池板或市电	充电控制器	蓄电池	通信单元	室外机箱	辅助设施	
		流量计/功率计	水/闸位计	堰槽								
1	监测站 1											
2	监测站 2											
…	…											
合计												

1) 辅助设施包括仪器安装支架、站房、测井、水尺、接地以及线路敷设等基础设施建设内容；

2) 测流方法需要现场率定/比测的站点，应在备注栏中列出要求和费用；

3) 每个站点蓄电池容量应根据传感器类型与数量、RTU 报信方式（自报、召测）、通讯单元等功耗详细计算后配置，蓄电池容量至少能保证在失去外电（太阳能、市电）时正常工作 30 天；

4) 电源优先选用自配太阳能电源，在测站采用的设备功耗较大时方可考虑采用市电；

5) 具有特殊安保要求的站点可增加视频监视设备。

2.2.5　监测站集成

（1）　对拥有多处取水口的取水用户，如监测点集中，可将多台传感器（不

超过 16 个）接入一台 RTU，其测站结构见图 3。

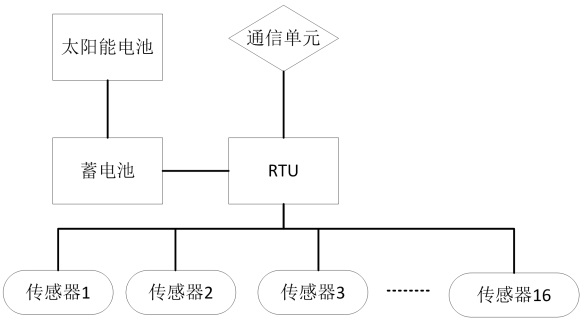


图 3　多测点监测站结构图

（2）　对水文、防汛或其他信息采集系统已建的流量监测站点，应采用各种方式集成获取信息，不得重复建设。

（3）　测站设备选用规定与要求

1) 选用的仪器设备除应具有产品合格证外，还应具备以下条件：

- 工业产品生产许可证；
- 制造计量器具许可证（CMC认证）；
- 进口产品应提交国家认可的检测机构所出具的型式检测报告。

2) 数据采集传输终端设备应通过SZY206-2016规约全项符合性检测并取得全项检测报告；特殊地区使用加密传输措施的设备，应加测加密传输协议。

3) 监测设备根据使用场合和地区的不同，应分别采取防寒、防高温、防腐蚀、防电磁干扰和防雷等措施。

4) 监测站点位于行洪区域内的设施建设应满足防洪标准，当出现防洪标准相应洪水时，应能保证建筑物、设施设备不被淹没、冲毁，保障人身安全。

5) 与水文共建并具有水情报汛需要的测站，应满足测洪标准的要求，当发生测洪标准相应及其以下洪水时，测验设施设备应能正常运行，当发生超标洪水时应有相应测洪预案。

2.2.6　监测站功能

1) 具备水位、闸位、功率、流速等相关信息自动连续监测功能；

2) 具备定时自报和召测报信功能；

3) 具备现地和远程参数配置、监测频度、时段和工作方式设置等功能；

4) 具备现地和远程数据下载功能；

5) 具备多路通信和主备通道自动切换功能；

6) 具备实时数据滤波、计算和处理功能；

7) 本地存储容量保证存储测量数据 1 年以上；

8) 具有设备故障、工作异常及参数越限自动报警功能。

测站 RTU 详细技术要求参考 SZY203-2016。

3 灌区渠首在线测流典型方法

渠（河）道流量测验的方法有流速面积法、水力学法、示踪法等，本指南针对灌区渠首的基本情况，重点给出以下常用流量测验方法：

1) 流速面积法：声学法测流（超声波时差法、超声波多普勒法）；

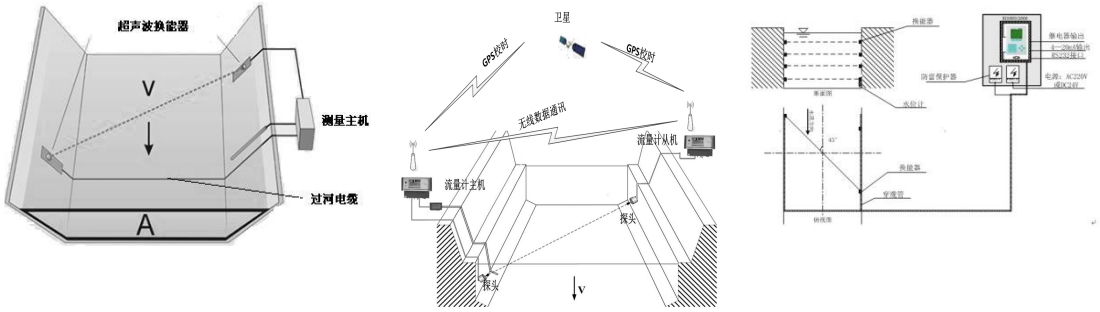
2) 水力学法：水工建筑物、堰槽、比降面积等测流方法。

3.1声学法测流

3.1.1 超声波时差法

（1） 测流原理

超声波时差法是采用声学时差法流速仪测流，其原理是在渠（河）道两岸与流速方向成一定的夹角（通常45度）安装一对换能器，一个换能器发射超声波，另一个换能器接受超声波（超声波传输路线称为声路），通过声学时差法流速仪测得顺、逆流方向的超声波传输时间差计算出测线平均流速，必须通过现场率定获得率定测线平均流速与断面平均流速的相关系数，并根据现场断面测量获取的水位与断面面积关系计算断面和流量。必要时同一测流断面可安装多对换能器，以便提高流量测验精度。



有线声学时差法　　无线声学时差法　　多声道声学时差法

图 4　声学时差法测量示意图

（2） 适用范围

超声波时差法流速仪发射频率较低，传感器发射角较窄，适合于渠（河）道较宽，水位变幅不大的断面，根据渠（河）道宽度参考表2选择流速仪。

表 2　频率与河宽关系表

频率	28kHz	200kHz	500kHz	1MHz
测量范围	200-2000m	1-200m	1-100m	0.5-15m
流速量程	± 10m/s	± 10m/s	± 10m/s	± 10m/s
流速误差	在测量的声路上应小于+/- 0.1%	在测量的声路上应小于+/- 0.1%	在测量的声路上应小于+/- 0.1%	在测量的声路上应小于+/- 0.1%
流量误差	通常误差应小于+/-3 % 现场校准后优于+/- 1%	通常误差应小于+/-3 % 现场校准后优于+/- 1%	通常误差应小于+/-3 % 现场校准后优于+/- 1%	通常误差应小于+/-3 % 现场校准后优于+/- 1%
分辨力	1mm/s	1mm/s	1mm/s	1mm/s

3.1.2　多普勒流速仪（ADCP）法

（1）　测流原理

利用多普勒效应原理进行流速测量。用声波换能器作为传感器，换能器发射声脉冲波，声脉冲波通过水体中不均匀分布的泥沙颗粒、浮游生物等反散射体反散射，由换能器接收信号，经测定多普勒频移而测算出测线范围内若干点流速，采用相关方法计算测线平均流速，必须通过现场率定获得测线平均流速与断面平均流速的相关系数，根据现场断面测量获取的水位与断面形态关系计算断面面积和流量。

（2）　适用范围

声学多普勒流速仪发射频率较高，适合于中型、水位变幅不大的渠（河）道，由于受传感器发射角的限制，不同的渠（河）宽对水深有对应的要求。根据渠（河）道宽度与水深参考下表选择流速仪：

表 3　常规声学多普勒流速仪技术参数表

频率	1200 kHz	600 kHz	300 kHz
盲区（m）	0	1.0	2.0
最大渠（河）宽度（m）	30	90	190
流速测量误差	0.5% ±0.2 cm/s	0.5% ±0.2 cm/s	0.5% ±0.2 cm/s
水位测量误差	0.5%±0.5cm	0.5%±0.5cm	0.5%±0.5cm

表 4　渠（河）宽与水深关系表

300KHz H-ADCP 测线距离与水深关系（换能器直径 0.15 米，声束开角 2.2°）

距离（m）	水深（m）	距离（m）	水深（m）
20	0.967	180	7.506
40	1.785	200	8.323
60	2.602	220	9.141
80	3.419	240	9.958
100	4.237	260	10.775
120	5.054	280	11.593
140	5.871	300	12.410
160	6.689		

600KHz H-ADCP 测线距离与水深关系(换能器直径 0.12 米，声束开角 1.5°)

距离（m）	水深（m）	距离（m）	水深（m）
10	0.399	60	1.792
20	0.677	70	2.070
30	0.956	80	2.349
40	1.234	90	2.627
50	1.513		

1200KHz H-ADCP 测线距离与水深关系（换能器直径 0.07 米，声束开角 1.5°）

距离（m）	水深（m）	距离（m）	水深（m）
2	0.126	16	0.516
4	0.181	18	0.571
6	0.237	20	0.627
8	0.293	22	0.683
10	0.349	24	0.739
12	0.404	25	0.767
14	0.460		

备注：以上计算是假设 H-ADCP 中心安装高程在一半水深处。

3.1.3　应用要点

3.1.3.1 声学法测流应用流程

声学法测流应用按照下列流程实施：

（1）　断面选择与断面测量（包括比测断面）；

（2）　流速仪选择；

（3）　仪器安装设计与安装高程确定；

（4）　安装调试；

（5）　安装检测；

（6）　流量系数率定、数据处理、流量计算。

3.1.3.2 超声波时差法

根据渠（河）通航情况与河道施工难易程度可选用有线或无线声学时差法测流方式。

根据渠（河）道几何形状、渠（河）道水位变化情况可分别配置单声路、交叉声路或多层声路的测流方式。

根据渠（河）岸坡情况及通航条件，可选用垂直或斜式安装方式。对影响航道的地段应采用渠（河）岸向后开挖方式，向后开挖长度保证安装支架不影响航道，开挖深度与宽度应根据向后开挖长度计算，确保超声波声道不受阻挡以及仪器支架、水位井的安装空间。

3.1.3.3 多普勒流速仪法

根据渠（河）宽、水深、河床形状、水流流速、通航以及渠（河）道淤积情况，选用水平或座底式安装法进行测流。

（1） 水平式安装

根据河道岸坡情况及通航条件，可选用垂直或斜式安装方式。对影响航道的地段应采用河岸向后开挖方式，向后开挖长度保证安装支架不影响航道、开挖深度与宽度应根据向后开挖长度计算，确保超声波声道（双束声道的夹角为40度）不受阻挡以及仪器支架、水位井的安装空间。

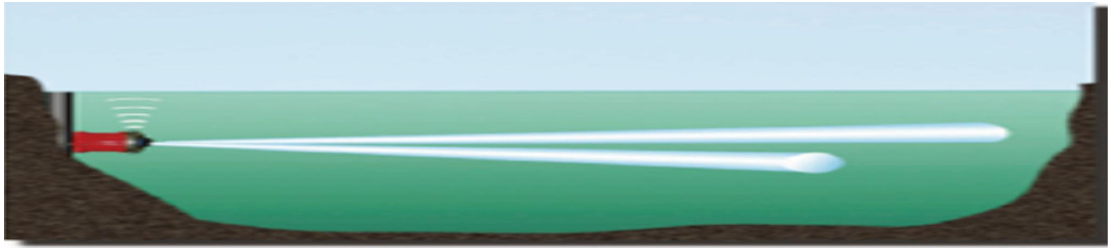


图 5 横向声学多普勒流速仪测量示意图

（2） 座底式安装（垂向代表线法）

座底式安装法适用于有较长漫滩或河床呈不规整形状的渠（河）道断面，座底式声学多普勒流速仪技术参数表见表5。

表 5　座底式声学多普勒流速仪技术参数表

频率	1MHz	2MHz
测量（渠宽）范围	50m	25m
流速量程	± 15m/s	± 5m/s
测量误差	±0.25%±2mm/s	±0.5%±0.2cm/s
分辨力	1mm/s	1mm/s
盲区	0.25m	0.2m
波束开角/声束宽度	1.4°	1.5°

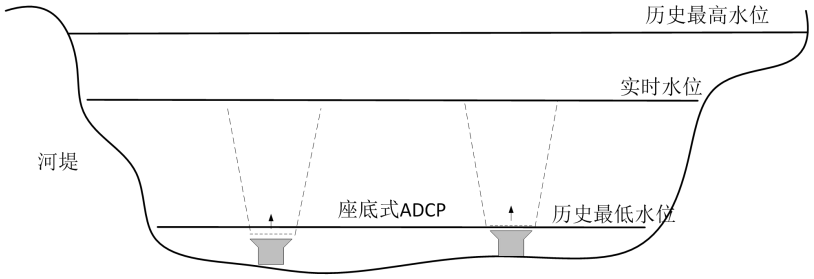


图 6　座底式声学多普勒流速仪法测流示意图

（3）　走航式声学多普勒流速剖面仪法

走航式声学多普勒流速剖面仪法可直接采集渠（河）道的断面点流速，并计算断面过流量。该设备由ADCP传感器、三体船、软件和无线通讯系统等组成。走航式声学多普勒流速剖面仪测流需要人工操作，现主要用于现场流量率定。

设备选型根据测验河段水文特性、监测站特征和水深、流速、含沙量等水文要素特征综合考虑。走航式声学多普勒流速剖面仪的工作参数见表6。

表 6　走航式声学多普勒流速剖面仪的工作参数

系统频率(khz)	1200	600	300	150
最小盲区(m)	0.5	0.5	1	2
最大工作水深(m)	20	60	160	300
最大流速	根据测流模式设定,最大为 20m/s			

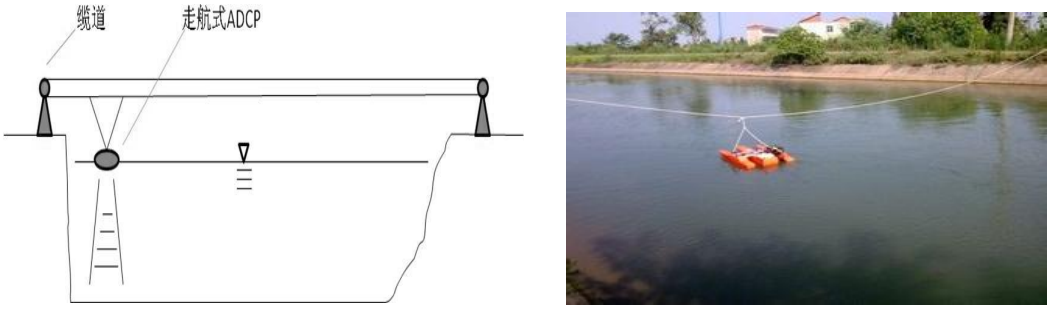


图 7　走航式声学多普勒流速剖面仪测流法测流示意图

3.1.3.4 断面选择要点

（1） 时差法流速仪发射频率较低，传感器发射角较窄，适合于河道较宽断面，对断面水位变幅大的渠（河）道断面应考虑布置多层传感器；

（2） 水平式多普勒流速仪法适用于测流断面水位变幅较小的河道；

（3） 座底式多普勒流速仪法适用于测流断面水位变幅较大、淤积较小的非通航河道；

安装断面要求如下：

1) 测流断面河床稳定，无明显冲淤变化，无水草影响；

2) 断面水位面积关系稳定；

3) 测流断面流态稳定，无回流漩涡，流速分布均匀，层流速分布有规律；

4) 含沙量小。

3.1.3.5 仪器安装

（1） 安装方式选择

超声波流速仪安装方式有垂直（栈桥）式、斜（坡岸）式、后退开挖式等多种方式，应根据河道岸坡情况、通航、泥沙淤积、水草及土建工程量等条件进行选择。

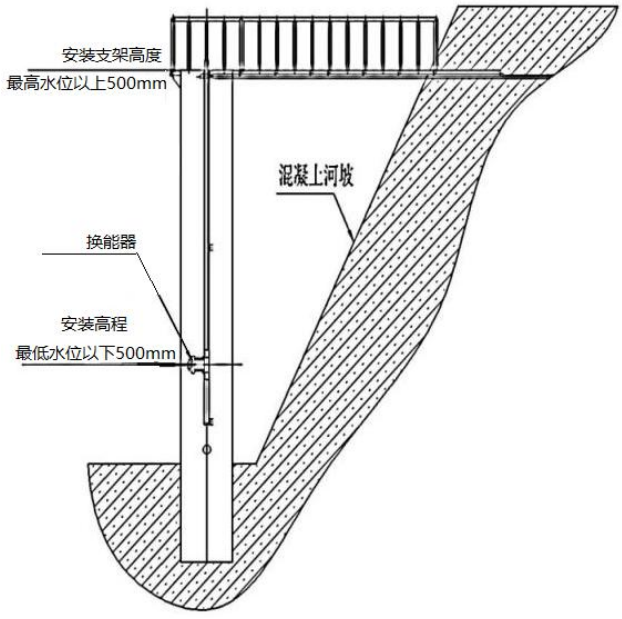


图 8 垂直安装示意图

垂直（栈桥）式适用于水位变幅大、坡岸条件差的河道，仪器安装在垂直导轨上升降移动，便于维护。垂直（栈桥）式应用在通航河道应设置防撞桩。

1) 斜（坡岸）式

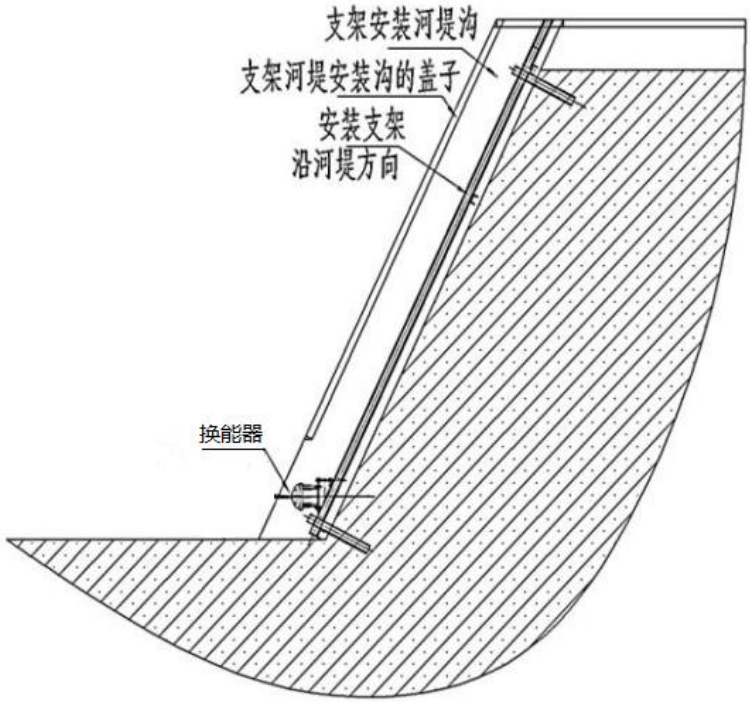


图 9 斜式安装示意图

斜（坡岸）式适用于水位变幅小、坡岸条件较好的河道，仪器安装在沿坡岸斜式安装的导轨上升降移动，便于维护。

2) 退后开挖式

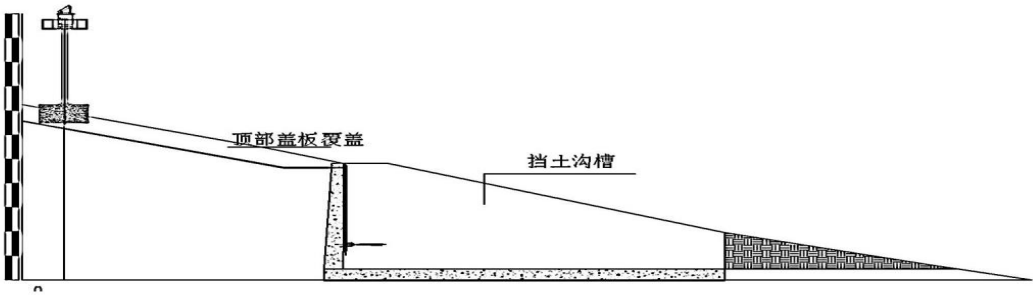


图 10 后退开挖式安装示意图

退后开挖式适用于通航河道，且航道部门不允许在河道内设置安装支架的断面。采用河岸向后开挖方式，开挖长度应保证安装支架不影响航道，开挖深度与宽度应根据向后开挖长度计算，对多普勒流速仪要确保声道（H-ADCP 双束声道的夹角为 40 度）不受阻挡、仪器支架、水位井有足够的安装空间。

（2） 安装要求

1) 对预选的测流断面应按 SL58-2014《水文普通测量规范》的要求实施水准、地形与断面勘测，确定测流断面及水位—断面面积关系及流速分布情况；

2) 传感器安装高程确定：根据传感器声束扩散角计算，保证在最低水位时不触及水面和河底），参照水文测验规范，传感器安装高程优选在 0.6H(水深）处；

3) 采用超声波时差法测流，根据河道几何形状、河道水位变化情况可分别选用单声路、多层声路或交叉声路的安装方式。

3.2水工建筑物法

利用河、渠、湖、库上已有的堰闸、涵洞、抽水站、水电站等水工泄水建筑物，通过实测水头（水头差）、闸门开启高度等水力因素，经率定分析或利用经验公式确定流量系数或效率系数，用水力学公式计算得到流量（参考SL537-2011）。

启闭式水闸、涵洞放水口、叠梁式闸门、跌水、倒虹吸、渡槽、小水库台阶式卧管等均可用于流量测量，且无附加水头损失。

用于测流的水工建筑物应满足一定的边界条件和水力条件，可以通过现场率定、模型实验、同类综合和经验系数等方法来确定流量系数。它既可以减少因灌溉系统设置其他量水设施产生水头损失，又可以节省大量建设费用。采用水工建筑物测流的测站，测验精度应满足GB 50179的要求。

水工建筑物法测流适用于建筑物配套标准较高的渠首及干、支渠的量水，若配以水位传感器及数据采集系统，可实现水量的自动量测和控制。

对多年运行老化、破损严重的水工建筑物，应进行必要修缮后方可运用。

3.2.1 闸门、涵洞

闸门、涵洞测流是通过测量水工建筑物上游水位（如有淹没出流，还需测量下游水位），根据水流的流态（自由流、淹没流等），选用不同的流量计算公式。流量系数可根据流速仪法实测建筑物出流量和实测水头等水力因素，用水力学公式计算得出。

3.2.2 水电站、泵站测流

水电站和泵站流量推算是根据电机单机功率N、实测水头h（水电站）或扬程（水泵），通过建立的流量和水位、功率关系曲线查得单机流量q，将各单机流量求和，即得总流量。

3.2.3 应用要求

3.2.3.1 一般规定

（1） 堰、闸、涵洞和水电站（含泵站）等水工建筑物可用于流量测验。

（2） 用于测流的水工建筑物，其边界条件和水力条件应符合下列要求：

1)水工建筑物对水流产生垂直或平面的约束控制作用，形成水面明显的局部降落，产生一定的水头差。遇有淹没出流时，建筑物上下游的水头差一般不应小于 0.05m。

2)水工建筑物的上下游进出口和底部均不能有明显冲淤变化和障碍阻塞。

3)位于河渠上的堰闸进水段，应有造成缓流条件的顺直河槽。河槽的顺直段长度不宜小于过水断面总宽的 3 倍。有淹没出流的堰闸，下游顺直河段长度不宜小于过水断面总宽的 2 倍。

（3） 确定流量系数可采用现场率定、模型实验、同类综合和经验系数等方法，按 SL537—2011 水工建筑物与堰槽测流规范要求进行。

（4） 采用水工建筑物测流的测验精度应满足 GB50179－2015 河流流量测验规范中一类精度水文站的要求。为了保证测流精度，应采用采用现场率定方法确定流量系数。

（5） 利用水工建筑物测流的测站，应对建筑物的型式、结构、水力特性及边界条件等作详细调查了解，搜集有关资料，编制“考证簿”，并作为技术档案长期保存。如工程型式、结构、标准、水力特性及边界条件等发生变化，或上下游河槽、水准点、基面、断面、测验设施发生变化，应及时补充修订考证簿。考证簿的表式内容和填制应求见附录 A。

3.2.3.2 测验设施布设与观测

（1） 水位测量断面布设

1）堰闸水位测量断面布设应符合下列要求：

a）河、渠堰闸上游水位测量断面应设在堰闸进口渐变段的上游水位平稳处，其距离可根据表 7 确定。

表 7 上游水位测量断面距堰闸距离 单位 m

B	L
< 50	3～5 H_{max}
50～100	5～8 H_{max}
> 100	8～12 H_{max}
B—堰闸总宽；L—上游水位测量断面与堰闸进口渐变段的距离,当堰闸进口无渐变段时，水尺断面距离应从堰口或闸门处算起；H_{max}—渠道最大水深。 水位测量断面设立水位自动测量装置，同时设立水尺；当堰闸上游水流受到弯道、浅滩等影响可能产生横比降时，则应在两岸同一断面线上分别设立水位测点。	

b）水库溢洪闸（道）上游水位测量断面，应根据下列情况布设：

①当堰闸上游进水段长度满足表 7 的规定时，则按表 7 的规定设立闸上游水位测量断面；

②当堰闸进口前为开阔水面（如湖泊或水库），如坝前水位测量断面距堰闸较近（不宜超过 500m），且水流不受阻隔时，可用坝前水位测量断面代替堰闸上游水位测量断面；

③当堰闸上游虽无顺直进水段，坝前水位测量断面距堰闸较远（超过 500m），坝前水位对堰闸出流反映不灵敏时，则应在堰闸上游进口附近、避开堰闸引起的壅水或跌水影响处，设立专门的上游水位测量断面。

c）堰闸下游水位测量断面位置应设在堰闸下游水流平稳处，距消能设施末端的距离，应不小于消能设施距堰闸距离的 3 倍。

d）有淹没出流的堰闸，应在堰闸后淹没水跃区附近设立辅助水位测量断面。

2）涵洞水位测量断面布设应符合下列要求：

a）涵洞上游基本水位测量断面断面应设在进水口附近水位平稳处。

b）有淹没出流的涵洞，除在进水口设立水位测量断面外，还应在洞出水口附近水流平稳便于观测处，设立下游辅助水位测量断面。

3）水电站、泵站水位测量断面布设应符合下列要求：

a）水电站、泵站的站上（下）水位测量断面，应设于建筑物进水口（出水口）附近水流平稳，便于观测的地方。

b）符合下列条件之一的水电站和泵站,可不设站下水位测量断面：

①计算水头用站上水位减喷嘴中心高程的水电站；

②出水管口位于水面以上，用管口中心高程减站上水位计算扬程的泵站。

4）测流断面布设要求

a）为便于流量系数进行现场率定和检验，应在泄水建筑物的上游或下游附

近，设立可采用流速仪或走航式 ADCP 进行测验的测流断面。

b）测流断面宜设在建筑物下游河（渠）道整齐、顺直，水流平稳的河（渠）段上。测流断面距消能设备末端的距离应不小于消能设备距堰闸距离的 5 倍。

c）在建筑物下游无满足要求的测流断面时，可在建筑物上游的适宜位置设立测流断面，并应符合下列要求：

①建筑物上游应有足够长度的顺直平缓河段，流速分布正常，处于缓流状态，顺直河段长度，一般应不小于过水断面总宽的 3 倍。当堰闸宽度小于 5m 时，顺直河段长度应不小于最大水头的 5 倍；

②无闸门的堰，测流断面设于堰上游水流平稳处，与堰进口的距离，应不小于水尺断面至堰的距离。高堰则应避开堰坎对断面垂线流速分布的影响；

③有孔流出现的堰闸，测流断面距闸的距离应满足避开闸门阻水对断面流速分布的影响。

d）测流断面离开建筑物不宜过远，应避免区间分流或汇入以及河槽调节水量的影响。

（2） 观测设备的安装

1）每孔闸门上，应安装自动闸位计；闸位测量误差应小于 1cm（10m 变幅），需要时误差应小于 5mm；

2）水位观测设备、水准点、测量标志等设施的设置要求，均应按照 GB/T50138—2010 水位观测规范规定执行。

（3） 高程、断面、建筑物尺度测量

1)水准点、水尺零点高程、大断面等测量的技术要求和精度，应符合 GB50179－2015 河流流量测验规范、GB/T50138—2010 水位观测规范和 SL58－2014 水文测量规范的有关规定。

2）堰顶、闸（洞）底高程，水电站、泵站出水管口中心高程，应采用三等或四等水准测量。

（4） 水位观测与水头计算

1）使用自记水位计和水尺观测水位除按照 GB/T50138—2010 水位观测规范规定执行外，还应满足下列要求：

a）人工观测水尺时，在每次闸门开启和关闭过程中，应在开始、终止以及过程中及时加测水位，以控制水位变化过程。闸门变动终止、水位基本稳定后，再观测一次水位。

b）淹没出流时，建筑物上下游基本水位测量和闸下辅助水位测量，应同步观测。

2）水头计算应符合下列要求：

a）实测水头用建筑物上游基本水位测量断面水位减堰顶（闸底）高程。

b）下游实测水头（h_L），用建筑物下游水位测量断面观测水位减堰顶（闸底）高程。

c）总水头计算：

①基本水位测量断面距建筑物较近时，总水头按下式计算：

$$H = h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \qquad (1)$$

式中：H——总水头，m；

h——实测水头，m；

α——动能修正系数，一般可用 1.0；

v_0——进口段基本水尺断面处的断面平均流速，m/s。

注：v_0 值可用实测或根据推求的流量除以进口段水尺断面的过水面积求得。

②当堰闸上游基本水位测量断面与堰闸距离比较远，沿程水头损失达到或超过 1cm 时，应将实测水头加行近流速（行近流速是行近河槽内某断面的平均流速）水头改正后，再减沿程损失水头作为总水头，用下式计算：

$$H = h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} - h_w \qquad (2)$$

式中：h_w——沿程损失水头，m。可用下式计算：

$$h_w = \frac{n^2 L \bar{v}^2}{R^{4/3}} \qquad (3)$$

式中：L——闸间上游水位测量断面至堰闸的距离，m；

$\bar{v}$——堰闸上游水位测量断面至堰闸间河道断面平均流速，m/s；当堰闸上游河道顺直、河槽宽度一致时，可用上游水位测量断面处的平均流速；如河宽差别较大，则用该河段上下游两个断面平均流速的平均值；

n——河床糙率；

R——水力半径（m）。

d）水头差（同水位差）（ΔZ），用上游水头减堰闸下游水头求得。

e、闸门开启高度和开启孔数观测

（1）每次开闸、关闸及闸门有变动时，应随时测记闸门的开启高度、开启孔数、开启时间及闸孔自左至右的编号。

2）小型闸门开启高度应测记至 0.005m，大型闸门开启高度测记至 0.005m 或 0.01m。

（5） 流态观测与判别

1）在选取水工建筑物过流流量计算公式之前，应进行过流形式和流态判别。

2）流态观测以目测为主，当遇到不易识别的流态，以及缺乏流态观测记录时，可辅以有关水力因素的观测资料进行分析计算，确定流态。流态观测应与水位观测同时进行并作记录。

3）流态的判别方法详见 SL537—2011 水工建筑物与堰槽测流规范。

3.2.3.3 流量系数率定检验

详见 6.2 节。

3.3堰槽测流法

测流堰槽一般是由行近渠槽、量水建筑物和下游段三部分组成，通过量水建筑物主体段过水断面的科学收缩，使得上、下游形成一定的水头落差，即可得到较为稳定的水位与流量关系。测流堰槽量水的结果比较准确，但要增加设备费用，加大水头损失。按照结构形式，现有的设施主要有量水堰、测流槽等。

量水堰槽一般在没有水工建筑物或现有水工建筑物不能用以量水时，或是要求的量水精度超过水工建筑物量水能达到的精度时，可采用。当渠系上水工建筑物不能满足量水的需要，或为取得特定渠断、地段的量水资料，也可以利用量水堰槽进行量水。

量水堰槽不可避免的会带来一定的水头损失，而且不同形式的量水堰槽的测流精度、测量范围、抗干扰能力差异很大，因此根据灌区的具体情况和对量水精度的不同要求以及具体的边界条件，选择不同的量水设备。

3.3.1 量水堰

量水堰有薄壁堰、平顶堰、复合断面堰和曲线堰。薄壁堰又有矩形、三角形（30°、60°、90°）、梯形、凹口矩形和复合形等，具有结构简单、量水精度高、流量计算简单等优点，但仅能用于清水。平顶堰又称量水槛，其上游进口有直角形、斜坡形和圆弧形。复合断面量水堰又有三角剖面堰和平坦 V 形堰，这种堰

型能适应大小流量的变化，小流量有较高的量测精度。曲线堰又称曲线实用堰，主要修建在水利枢纽的泄水工程上，施工要求较高，灌溉渠道测流较少采用。

3.3.1.1 一般规定

（1） 严格按照本规范规定的结构、规格、尺寸、材料等建造和安装的测流堰，可按给定的公式计算流量，其流量系数可采用规范（SL 537－2011）给出的值，一般情况下无需进行率定检验。否则，应采用现场或实验室校验，率定流量系数。

（2） 测流堰的分类

1）根据测流堰顶厚度与堰上水头的关系及其对过堰水流的影响，测流堰可分为薄壁堰、实用堰、宽顶堰三种类型。

2）根据堰口形状，测流堰又可分为矩形堰、V型堰、三角型剖面堰、梯形剖面堰、圆缘顶堰五种类型。

3）根据堰下游水位对堰过流能力的影响情况，测流堰可分为自由出流堰和淹没出流堰。

4）根据水流通过测流堰的收缩情况，测流堰又可分为收缩堰、全宽堰两种。

不同堰顶宽和剖面形状的组合，可制做多种形式的测流堰，流量测验中常用的主要形式有：矩形薄壁堰、三角形薄壁堰、矩形宽顶堰、V形宽顶圆堰、圆缘宽顶堰、梯形宽顶堰等。

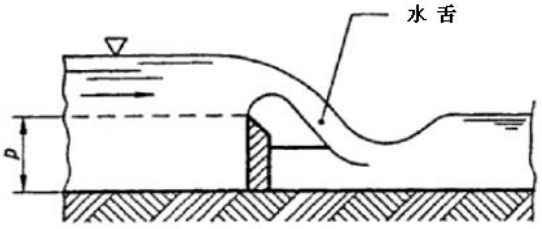


图 11 薄壁堰

图 12 薄壁缺口堰

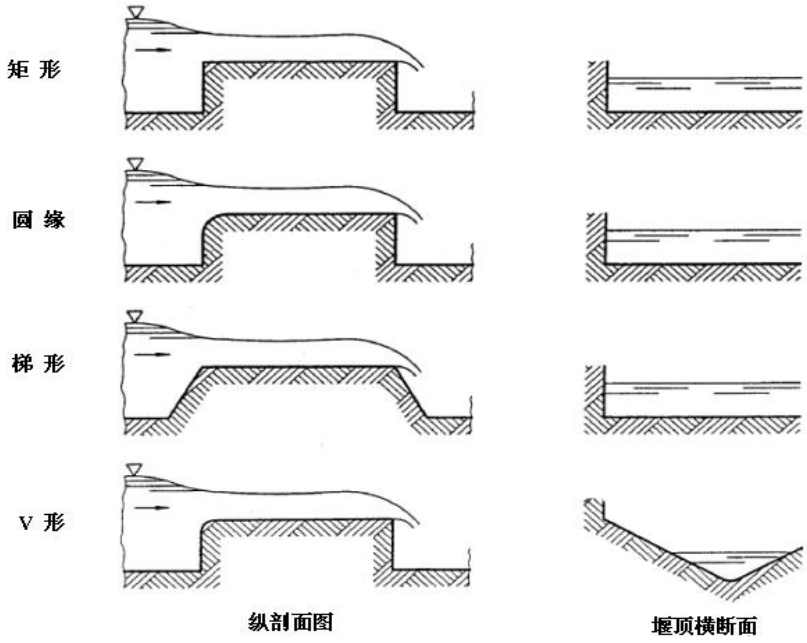


图 13　宽顶堰

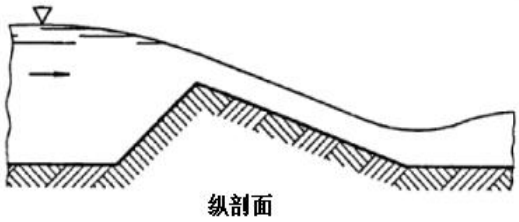


图 14　三角形剖面堰

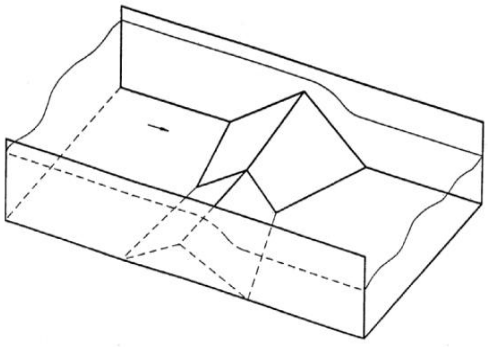


图 15　平坦 V 形堰

3.3.1.2 测流堰的设置与水头测量

（1）　堰的设计

1）测流堰设计前，应对测验河段的自然特征、水文特性、水力条件等进行详细调查了解和实地勘测，开展建堰的可行性研究和堰型的选择，并编写勘测研究报告。

2）所选择的堰型应能满足兴建堰的主要目的，其技术性能要符合河段的水文水力特性。当河段条件不能全部满足设堰要求时，可进行人工改造。

3）应尽可能选用单一测量堰型来满足整个流量变幅测验要求。当单一测量堰应用条件受到限制时，可采用复合堰、组合堰或并列堰形式完成流量测验。

4）行近河槽应有足够长度的顺直段，使水流呈缓流状态，弗汝德数（*Fr*）不应大于0.5，并符合下列规定：

a）行近河槽水头观测断面以上的顺直长度不应小于最大水面宽的5倍。当上游入口以上是弯道或有支流汇入时，河槽的顺直段还应适当延长。当用导流板或导流墙时，其导流板墙与堰顶的距离不应小于设计最大水头的10倍。

b）当行近河槽上游坡度较陡有可能发生水跃时，水跃至堰顶的距离不应小于设计最大水头的30倍。

c）行近河槽上游进口收缩段应对称于河槽中心线，可建弧形翼墙，翼墙的曲率半径不宜小于2倍最大水头。翼墙下游的切点与水头测量断面的距离不宜小于最大水头。

d）在有悬移质输移的河流（渠道）上建堰，应采取有效的防沙和清淤措施。在有漂浮物的河流上建堰，应在行近河槽以上建造拦污栅。

e）堰下游的扩散段除另有具体要求者外，可采用扩散比不小于1:3～1:4（垂直于流向与平行于流向的长度比）的渐变扩散形式。在保证自由出流的条件下，下游扩散段也可在允许范围内截短。

f）在有充分水头可利用的河槽上建造测流堰，宜将其设计成在整个测流变幅内都处于自由流状态下。在可利用水头有限的情况下，允许在低水头运用时呈淹没状态。这时必须根据下游河槽的水位流量关系和所要求的测流幅度，确定适合的堰顶高和非淹没限。

（2） 测流堰安装

1）堰槽中心线应与河渠轴线完全重合，两边呈对称布置。垂直流向的堰板应竖直，迎水壁面应光滑平整。各部分装置应准确牢固，且不致因水流和温度的变化而腐蚀变形。

2）应做好基础处理，保证安装质量，不致因各种原因发生倾覆、滑动、断裂、沉陷和漏水情况。为防止可能发生的下游冲刷，必要时可建造消能池。消能池以下的河床和岸边宜用块石护砌。

3）堰顶应经常保持良好的光洁度，距堰顶上下游最大水头距离以内应平整

光滑。现场浇筑的堰，其堰顶应采用优质水泥抹面，或用优质不腐蚀材料整饰表面。

薄壁堰的堰口宜用工厂加工的整体金属构件，并嵌于混凝土中。堰板可用不锈钢、低炭钢或铸铁等材料制做。薄壁堰的堰顶表面光洁度应相当于滚轧金属板或刨平、砂磨并涂漆的木板的光洁度。

4）堰安装后应进行竣工测量，经验收合格后方可使用。各部位尺寸的允许偏差应符合下列规定：

a）堰顶宽的允许偏差为该宽度的0.2%，且最大绝对值不大于0.01m；

b）堰顶的水平表面允许倾斜偏差为堰顶水平长度的0.1%的坡度；

c）堰顶长度的允许偏差为该长度的0.5％；

d）控制断面为三角形或梯形的横向坡度允许偏差为该坡度的0.1%～0.2%；

e）堰的上下游纵向坡度的允许偏差为该纵向坡度的1%；

f）堰高的允许偏差为设计堰高的0.2%，且最大绝对值不应大于0.01m。

（3） 测量

1）水头测量应在各类标准堰所规定的断面位置上进行。上下游水头观测，宜设置在堰槽的同一岸。

2）水头测量采用自动测量设备，当水头变幅小于0.5m或要求水位计分辨力≤1mm，误差≤最大量程1/5的1%。

3）采用自动测量水位计时，除执行国家标准GB/T50138—2010水位观测规范的有关规定外，还应符合下列要求：

a）连通管的进水口应与行近河槽正交平接，管口下边缘与槽底齐平。连通管宜水平埋设，接头处要严防渗漏，管的内壁应光滑平整，并做防护处理；

b）连通管的进水口，一般应设适合的多孔管帽，以减弱水流扰动和防止泥沙输入，但又要避免由此产生水流滞后现象；

c）静水井口缘应超出最大设计水头0.3m，井底应低于进水管下边缘0.3m；

d）井口大小应与观测仪器和清淤要求相适应。浮筒和平衡锤与井壁的距离不应小于75mm，二者也应保持适当的间隔。

4）应在堰附近的适当位置设立基本水准点，用来测定水头零点的高程。水准点高程应从国家统一的水准基面接测，不具备条件时可采用假定基面。

5）水头零点高程必须精确测定。控制断面为三角形的顶点高程、水平堰顶高程要采用不同方法在不同部位进行多次测量，再取其平均值确定。为避免表面

张力和水面起伏度的影响，任何堰均不得用静止水面间接推求水头零点高程。

3.3.1.3 各类测流堰的基本性能和适用条件

（1） 各类标准堰的基本性能

1）可利用的水头差。薄壁堰需要足够的水头差，以保证有完全通气的自由水舌（应确保由于堰的水位壅高不至影响渠堤安全）；宽顶堰导致的水位壅高较小。

2）测流范围和应用范围。薄壁堰用于施测小流量，其中三角形薄壁堰用于施测更小的流量。宽顶堰和三角形剖面堰用于施测大流量。平坦V形堰的测流幅度更大。

几种标准堰的测流范围及应用限制见附表。

3）河槽形状和尺寸。矩形薄壁堰的尺寸相对于行近河槽的尺寸相差大时，行近河槽的形状对水流无显著影响。若相差不大，则行近河槽应是矩形断面，且其长度不应少于最大水头时溢流水舌宽的10倍。宽顶堰最好在矩形河槽中使用，但如有一段两倍最大水头长度的平坦光滑的行近河槽，在非矩形河槽上，也能取得很好的精度。

下游河槽的形状和尺寸，在淹没出流时，必须在整个测流范围内与给定的非淹没限进行校核。

4）泥沙和漂浮物。有悬移质输移的河流上，应尽量避免使用薄壁堰，除非上游设置拦污栅。应特别避免在有漂浮物的河流上使用三角形薄壁堰。宽顶堰和三角形剖面堰可通过一定的漂浮物。

5）河槽坡度和水流条件。坡降小于1/1000或弗汝德数（Fr）小于0.25的河流，适用于任何类型的堰。坡降在1/1000～1/500或Fr在0.25～0.50之间的河流，测流槽的输沙能力比测流堰好。坡降大于1/250或Fr在0.50～0.60之间的河流，若没有泥沙输移，仍可选用；若有泥沙输移且Fr>0.6时，如无特殊需要，不宜选用。

（2） 测流堰的适用条件

1）薄壁堰适合在有良好保养条件、能保证堰顶不致受损的环境下使用，大都用于需要高精度的场合，三角形薄壁堰适合于施测非常小的流量，三角形和矩形薄壁堰都应优先选用定型工业产品现场安装。

2）宽顶堰现场施工工程量大，宜用于能够定期清淤除草的矩形河槽上。圆缘宽顶堰适合小型河流；V形宽顶堰的测流范围大，同时适用于小河和落差小的人工渠道。

3）三角形剖面堰适用于水头损失小和测流精度要求高的天然河道。它有一个良好的非淹没限，测流范围大，坚固耐用，且可在挟沙河流上运行。这种堰型在相当大的水头和流量范围内，流量系数是一常数。

4）平坦V形堰的测流幅度非常大，既能测低水，也能测高水，特别适用于暴涨暴落的山溪性河流。因为它不需要做补充的低水测流设施，所以当用水平堰顶施测低水流量达不到要求时，宜采用这种堰型，现场施工时应严格控制几何精度。

表 8　几种标准形式的测流堰测流范围及应用限制表

堰槽形式	尺寸				流量幅度 (m^3/s)		计算流量的不确定度范围 (%)	几何限制	非淹没限 (%)
	堰高 *P* (m)	堰宽 *b* (m)	边坡	堰长 *L* (m)	最大	最小			
三角形薄壁堰	θ=90°				1.80	0.001	1～3	*H/P*≤2	水舌下通气
矩形薄壁堰（全宽）	0.2	1.0			0.67	0.005	1～4	*H/P*≤2	水舌下通气
	1.0	1.0			7.70	0.005	1～4	*H/P*≤2	水舌下通气
矩形薄壁堰（收缩）	0.2	1.0			0.45	0.009	1～4	*H/P*≤2	水舌下通气
	1.0	1.0			4.90	0.009	1～4	*H/P*≤2	水舌下通气
锐缘矩形宽顶堰	0.2	1.0		0.8	0.26	0.030	3～5	*H/1.5*	80
	1.0	1.0		2.0	3.07	0.130	3～5	*H/1.5*	80
圆缘矩形宽顶堰	0.15	1.0		0.6	0.18	0.030	3～5	*H/1.5*	66
	1.0	1.0		5.0	3.13	0.100	3～5	*H/1.5*	66
V 型宽顶堰	0.3	θ=90°		1.5	0.45	0.007	3～5	1.5＜*H/P*＜3.0	80
	0.15	θ=150°		1.5	1.68	0.010	3～5	1.5＜*H/P*＜3.0	80
三角形剖面堰	0.2	1.0			1.17	0.010	2～5	*H/P*≤3.5	70
	1.0	1.0			13.0	0.010	2～5	*H/P*≤3.5	70
平坦 V 形堰	0.2	4.0	1:10		5.00	0.014	2～5	*H/P*≤2.5	74
	1.0	80.0	1:40		630	0.055	2～5	*H/P*≤2.5	74

注:*H* —上游总水头；*P* —堰高

3.3.2 测流槽

测流槽是一种由明渠收缩段构成的测流设备。收缩段的作用是使水流通过测流槽时形成临界流，并具有不受下游水流条件影响的单一水位流量关系。收缩段既可以通过束窄横向宽度实现，又可以用束窄渠道宽度和抬高槽底板高度相结合的方式形成。测流槽根据渠道形式，通用的有用于梯形或矩形渠道的巴歇尔测流槽、无喉道测流槽、孙奈利测流槽、U 型渠道抛物线形喉口式测流槽、P-B 测流槽、长喉道测流槽、直壁式测流槽等。

根据渠首实际情况选用量水堰槽的原则有以下几个方面：

（1） 准确度：应具有一定的量水精度和准确度，以满足需求为原则。

（2） 适应性：量水设备应与渠道的过流能力相适应，造价低廉，施工简易，观测方便。

（3） 便捷性：测算要简捷，观测和计算要简单，测流范围要大。

（4） 灵敏度：测水设施应具有适当的灵敏度，能够正确及时感知水情变化。

（5） 抗干扰：水质、水温、泥沙等影响。

3.3.2.1 一般规定

（1） 测流槽分类

常用的测流槽分为长喉道槽和短喉道槽。长喉道槽主要有矩形、梯形和 U 形 3 种，短喉道槽主要有巴歇尔槽和孙奈利槽 2 种。

（2） 适用范围

1）测流槽主要适用于小河或人工河渠施测流量，通常用于高精度连续流量测验。

2）长喉道槽仅限于在自由流条件下应用，喉道内的流速必须通过临界流速，喉道内底高程应能使整个设计流量范围内产生自由流。测流槽设计安装前必须确定下游河槽的水位流量关系，可参照河道特性用曼宁公式近似估算下游水位。

3）在稳定流或缓变流条件下，短喉道槽适用于自由流和淹没流。

4）测流槽测流范围

a）长喉道测流槽测流范围为 0.07m^3/s～40.0m^3/s。

b）短喉道槽测流范围：中等尺寸的巴歇尔槽，喉道宽一般在 0.15m 至 2.5m 之间，测流范围 0.0015m^3/s～4.0m^3/s；大型巴歇尔槽的喉道宽大约在 3m 至 15m 之间，测流范围 0.75m^3/s～93.0m^3/s；孙奈利槽出流断面的宽度在 0.3m 到 1.0m

之间，测流范围为 0.03m³/s～2.0m³/s。

（3） 测流槽设计要求

1）测流槽设计前，应对测验河段的自然特征和水文、水力条件进行详细调查了解和实地勘测，以便进行建槽的可行性研究和对槽型式的选择。

2）所选择的槽型要能满足兴建测流槽的主要目的，其技术性能要符合河段的水文水力特性。当测验河段条件不能全部满足测流要求时，可进行人工整治。

3）行近河槽应有足够长度的顺直段，保证产生正常的流速分布，水流必须呈缓流状态，弗汝德数（*Fr*）不应大于 0.5。并满足下列规定：

a）行近河槽水头观测断面以上的顺直长度不应小于最大水面宽的 5 倍。当上游入口以上是弯道或有支流汇入时，河槽的顺直段还应适当延长。

b）行近河槽上游进口收缩段，应对称于河槽中心线建成弧形翼墙，翼墙的曲率半径不宜小于 2 倍最大水头（H_{max}）。翼墙下游的切点与水头测量断面的距离不宜小于最大水头。

c）测流槽下游的扩散段，除另有具体要求者外，可采用扩散比不小于 1：3～1：4（垂直于流向与平行于流向的长度比）的渐变扩散形式。在保证自由出流的条件下，下游扩散段也可在允许范围内截短。

（4） 测流槽水头测量

测流槽水头测量要求同测流堰的要求。

3.3.2.2 测流槽的选用

（1） 槽型选择的因素

槽型选择应考虑的因素：用途、被测流量的变化范围、有效水头、非淹没极限及最大淹没系数、河道或渠道特性、通过测流槽所能允许的水头损失总量、测验精度、水流是否挟沙以及建设费用等。

（2） 测流槽选择的综合标准

测流槽型式的选用取决于各级流量的下游条件、最大流量、容许的水头损失和比率 h / b 以及河流挟带泥沙情况。

1）长喉道槽适用于含沙量较大的河流，其喉道长，施工工程量大、技术要求高，仅适用于自由出流。

2）短喉道槽允许在自由流和淹没流条件下运行，应用较广的为巴歇尔测流槽，有一定的排沙（悬移质）能力，尤其适用于没有足够水头可被利用的平原排水渠道，在淹没比小于 95%时都可以利用。

3.3.2.3 设置地址选择

（1） 地址选择原则

测流槽应设置在河槽的顺直段，避开局部障碍物、粗糙或不平整的河床。

（2） 地址选择条件

选择地址时，应特别注意下列条件：

1）是否有足够长的规则的顺直河段。

2）现有流速分布的均匀性。

3）避开陡峭的河槽。

4）避开由于测流建筑物引起的上游水位升高影响。

5）避开下游潮汐、河流汇合、泄水闸、水坝和季节性杂草等影响。

6）应采用必要的加固和防渗措施，确保槽体的稳固和无渗漏。

7）确保最大流量时河槽上游堤防的防洪安全。

8）运用过程中应保证槽体及上下游护岸几何形态的稳定。

9）河槽上游渠道断面几何形态应保持均匀。

10）宽浅渠道，应避免风的影响。

11）避免水草生长及泥沙输移的影响。

（3） 地址取舍

如果站址不能满足测流要求，应对河槽进行人工改造再予实施。

3.3.2.4 测流槽安装要求

（1） 一般要求

全部测流装置包括行近槽、槽体建筑物和下游河道三部分，其中任一部分的条件都影响测流精度。槽体表面的光洁度、河道的断面形状及河道糙率也对测流精度有显著影响。

（2） 行近槽

行近槽应符合以下要求：

1）顺直、均匀、比降不变，在最大流量时长度为最大水面宽的 5 到 10 倍。

2）河床比降应能保证亚临界流水流状态，弗尔德数 *Fr* 应小于 0.5，最大流量时不大于 0.7。

（3） 槽体

1）测流槽中心线应与河渠轴线重合，两边呈对称布置。垂直流向的导流板应竖直，迎水壁面应光滑平整。各部分装置应准确牢固，且不致因水流和温度的

变化而腐蚀变形。

2）应做好基础处理，保证安装质量，不致因各种原因发生倾覆、滑动、断裂、沉陷和漏水的情况。为防止可能发生的下游冲刷，可建造消能池。消能池以下的河床和岸边，应衬砌。

3）喉道应经常保持良好的表面光洁度，其距喉道上下游各 $1/2H_{max}$ 距离以内应平整光滑。现场浇筑的槽体，其喉道应采用优质水泥抹面，或用优质不腐蚀材料贴面。

（4） 下游条件

建筑物下游的水流条件对尾水位影响很大，并会影响测流槽的运用。长喉道测流槽应保证在各种运用条件下，不致变成淹没流。在河流中建造测流槽会改变水流条件，引起建筑物下游的冲刷，并可能使较远的下游河床淤积。淤积在低流量的时候可能会抬高正常水位，破坏测流槽测流条件。

（5） 竣工测量

1）堰槽安装后要进行竣工测量，经验收合格后方可使用。竣工测量应计算各有关尺度的平均值和它们的 95%置信限的标准差。前者用于流量计算，后者用来推求流量计算的不确定度，各部位尺寸的允许偏差应符合下列规定：

a）喉道底宽小于 0.2%，且不大于 0.0lm；

b）喉道水平表面的水平偏差不大于 L 的 0.1%；

c）喉道两竖直表面之间的宽度不大于 0.2%，且不大于 0.0lm；

d）喉道底部的平均纵、横向坡度不大于 0.1%；

e）喉道斜面坡度不大于 0.1%；

f）喉道长度不大于的 1%；

g）喉道以上的进口渐变段柱面或锥面的偏差不大于的 0.1%；

h）喉道以上的进口渐变段水平表面的水平偏差不大于的 0.1%；

i）喉道以下的出口渐变段水平表面的水平偏差不大于的 0.3%；

j）其它竖直或倾斜表面的平面或曲面偏差不大于 1%；

k）衬砌的行近河槽底部的平面偏差不大于的 0.1%。

2）巴歇尔槽各部位尺寸安装的允许偏差，应符合下列要求：

a）喉道底面纵横向平均坡度的偏差不大于 0.1%；

b）上游进口渐变段长度的偏差不大于 0.1%；

c）下游进口渐变段长度的偏差不大于 0.3%；

d）其他垂直和倾斜面上的平面或曲线偏差不大于 1%。

3.4 有压管道测流

水电（泵）站测流在输水管道直管段较长，便于管道流量计安装的站点，应优先考虑采用管道流量计测流。本指南所指的管道流量测量方法仅适用于满管（有压管道）流量测量，采用的流量传感器主要有：电磁流量计、超声流量计以及电子远传水表等。

3.4.1 电磁流量计

电磁流量计是一种根据法拉第电磁感应定律来测量管内导电介质体积流量的流量计。

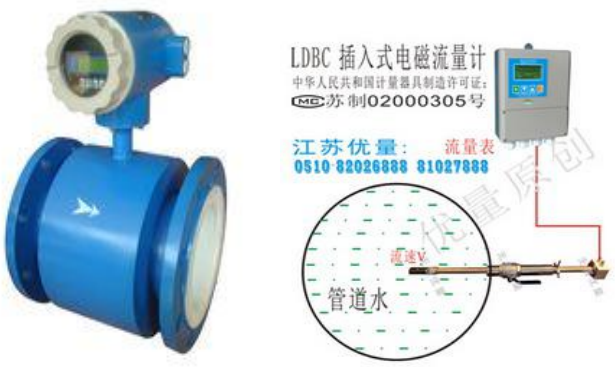


图 16　电磁流量计

选用电磁流量计时应注意下列事项：

1) 根据被测介质的性质，确定是否采用电磁流量计；
2) 根据被测介质的性质，确定电极材料；
3) 根据被测介质温度确定采用内衬材料；
4) 根据被测介质压力，选择表体法兰规格。

3.4.2 超声流量计

超声流量计是通过检测流体流动对超声束(或超声脉冲)的作用以测量流量的流量计。

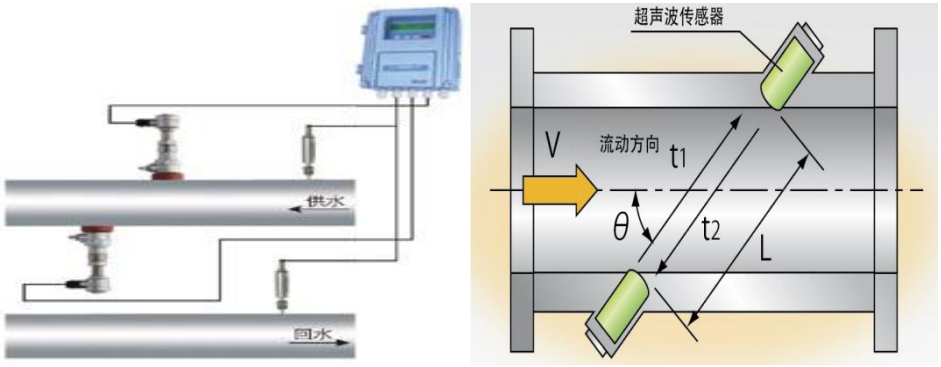


图 17　超声流量计

超声波流量计分时差法和多普勒法两种。流量计按换能器安装方式可分为插入式和外夹式两种形式；根据换能器的数目不同，分为单声道、双声道和多声道流量计。

超声流流量计的选型应根据管道材质、管壁厚度及管径、直管段长度、液体中杂质、气泡含量以及液体温度及施工等条件确定。

选用超声流量计时应注意下列事项：

1) 多普勒式超声流量计对被测介质要求比较苛刻，应具有一定的杂质含量；

2) 时差式超声流量计主要用来测量洁净的流体流量，也可以测量杂质含量不高(杂质含量小于 10g/L，粒径小于 1mm)的均匀流体；

3) 外夹式超声流量计限用于金属材质管道、无内衬、无锈蚀的场合，因衬里（或锈层）与内管壁剥离其夹层可能夹有气体会严重衰减超声波信号，内壁锈蚀严重的管道可能改变超声波传播路径，外夹式超声流量计不允许用于永久性测流断面；

4) 插入式超声流量计不受管道材质、衬里的限制，适用范围较宽。

3.4.3　传感器选型考虑因素

1) 测量误差

- 电磁流量计测量误差：≤±0.5%；
- 超声波流量计测量误差：≤±（1-1.5）% ；
- 电子远传水表测量误差：≤±3%。

2) 管道直径与测量范围

- 电磁流量计：适用管径小于 2000mm；
- 超声波流量计：适用管径一般大于 1m；

- 电子远传水表：适用管径小于 500mm；
- 流量测量范围在选型时应查阅产品技术指标进行选择。

3) 造价

- 电磁流量计造价高，一般用于中小型管道和测量精度要求高的场合；
- 超声波流量计价格中等，且管径对价格影响不大，适用于大中型管道；
- 电子远传水表造价低，适用用于小型管道。

4) 流量计接口与信号

- 流量计应具有瞬时值和累计值输出；
- 流量计数据输出接口（建议采用 RS-485）；
- 传感器数据传输采用 MODBUS 协议。

3.4.4 安装注意事项

传感器安装要求如下：

（1） 流量计安装位置需要管道具有一定长度的直管段，超声流量计、电子远传水表要求仪器安装位置前直管段长度大于管径的 10 倍，仪器安装位置后直管段长度大于管径的 5 倍；电磁流量计要求仪器前直管段长度大于管径的 5 倍，仪器后直管段长度大于管径的 3 倍。直管段长度不足的场合，应考虑采用多声道的超声测量方式保证测量误差。

（2） 在管道地埋的场合，可采取开挖安装井的方式，为仪器安装维护提供条件。安装井大小应满足施工安装与维护的空间要求，安装井须有排水防淹没措施。

（3） 在管道不允许加工（管道切割、焊接法兰）的场合，可选择插入式，一般不允许采用外夹式安装方式。

（4） 对大型非金属材料的管道（涵洞）场合，可选用声学时差法流量计，并采用换能器在管道（涵洞）内壁安装的方式。

（5） 设备安装与调试按 SZY 204-2016 要求执行。

3.5其他测流方法

3.5.1 比降面积法

比降面积法是依据水文测验河段实测的水位、断面等资料，用水力学公式计算河道瞬时流量的一种方法。当水文测站测验条件满足比降面积法要求时，该法

可作为一种常规流量测验方法；水文测站测验条件不完全满足时，该法可作为特殊情况下的一种流量测验方法。

比降面积法可作为测站常规流量测验方法时，应满足下列条件：

（5） 测验河段基本顺直，无明显收缩或扩散；

（6） 河床稳定，无冲淤变化；

（7） 水位等要素与糙率有较好的相关关系，且有 3 年以上糙率实测资料。

标准断面水位流量关系法是比降面积法的简化方法，是指测流断面的水位与通过该断面的流量之间存在稳定关系，通过测量断面水位推算流量的方法。

渠道断面水位流量关系是否稳定，主要取决于影响流量的渠道水力要素，可用曼宁公式来说明。

$$\bar{v} = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \tag{4}$$

则

$$Q = A\bar{v} = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} A \tag{5}$$

式中 Q—流量，m^3/s；

A—断面面积，m^2 ,A=f(h);

v—断面平均流速，m/s；

n—渠床糙率；

R—水力半径（m），（R=A/X，即过水断面面积 A 与湿周 X 之比）；

I—水面比降。

要使渠道水位流量关系保持稳定，必须在同一水位下，断面面积(A)、水力半径(R)、渠床糙率(n)、水面比降(I)等因素均保持不变，这样，同一个水位(H)，就只有一个相应的流量(Q)，H~Q 关系就成为一条单一的曲线。在天然河道中，能够长期的维持稳定的情况是很少的。只有在人工渠道中，可以通过工程措施实现水位流量关系的稳定，这就是所谓的标准断面。

作为灌区渠首的流量测量，比降面积法的计量误差较大，受边界条件影响较大，除非在有专业人员指导的情况下，一般不适合作为常规的测流手段。

3.5.2 雷达表面流速测流法

雷达流速仪测流是利用雷达流速仪测量河道表面点流速，通过率定表面点流速与断面平均流速的关系计算断面过流流量。该方法应用受以下条件限制：

1) 河道平顺、液态稳定、风浪较小的断面；

2) 无冲淤变化；

3) 不受回水跌水影响；

4) 经率定验证点流速与断面平均流速的关系稳定。

作为灌区渠首的流量测量，此方法不适合作为常规的测流手段，而更多的适用于洪水测流。

3.6水位计、闸位计选型与安装

3.6.1 水位计、闸位计选型

（1） 水位计

常用的水位计有浮子式、雷达、激光、压力式、电子水尺、磁致伸缩等多种型式，应综合考虑岸坡条件、通航条件、水位变幅、精度要求与土建投资等因素进行选择。

1) 浮子式水位计

浮子式水位计分为水位感应部分、水位传动部分、水位记录或水位编码器三部分。水位感应部分由浮子、水位轮、悬索和平衡锤组成；水位传动部分将水位轮的转动传动到水位编码器，使水位的变化能与水位编码器的输入准确地对应起来；水位编码器将水位轮的旋转角度、位置转换成代表相应水位的数字信号或电信号。水位编码器的输出可以是一个模拟量，如电流、电压等，也可以是一组代表数字量的开关状态或电信号。

图 18 浮子式水位计

浮子式水位计术指标:

- 浮子直径： Φ150mm；

- 水位轮工作周长：320mm；
- 平衡锤直径：　Φ20mm；
- 悬索：Φ1mm 多股（19 股）不锈钢丝绳，或防滑带球钢丝绳；
- 测量范围：　0～40m；
- 分辨力：　0.1cm、1cm；
- 水位变率：　≤1m/min；
- 测量误差：量程≤10m 时，±2cm；量程＞10m 时，±0.2%；
- 输出形式：　12bit 格雷码；
- 显示方式：　5 位机械数字显示；
- 工作环境：　温度：-10℃～+50℃（水体不结冰）；
　　湿度：≤95%RH（40℃无凝露）。

浮子式水位计具有结构简单、测量精度高、稳定性好的提点，是水位测量的优先选择的方式。但是浮子式水位计需要建设水位井，土建投资较大。

2)　雷达水位计

雷达水位计的工作原理是一种非接触式水位测量仪器，它是通过雷达发射器向水面发射和接收微波脉冲，采用脉冲雷达技术对水位进行测量。雷达发射接收的是微波，所以雷达水位计也称为微波水位计。

图 19　雷达水位计外形图

雷达水位计可采用支架悬臂安装方式，安装方便。水位计自身测量误差小，但易受水面漂浮物影响。一般用于水位升降幅度大，地形不适于建造水位井的观测站点。

产品技术性能如下：

- 水位测量范围：0～20、30、90 m；
- 分辨力：　0.1cm、1cm；

- 测量误差：±1cm、±2cm；
- 使用环境：－20℃～+70℃，湿度不限；
- 信号输出：4～20mA；
- 电源：12VDC；
- 工作频率：24GH。

3) 激光水位计

激光水位计的工作原理和微波水位计类似，应用激光测距原理，向水面（反射板）发射激光光波，光电元件接收水面（反射体）反射的激光束，计时器测定激光束从发射到接收的时间，计算出到水面的距离，计算水位。另一种方法是通过接收水面（反射板）对激光的反射，测量对比发射、接收两束激光的相位差，从而测得水位。

图 20 激光水位计

激光光速极为稳定，光的频率更高，传播的直线性很好,所以激光水位计的水位测量精度高，稳定好。室内测试时，10m 水文变幅时，水位测量误差可以达到≤±3mm。

4) 压力水位计

压力水位计有投入式和气泡式，压力传感器或气泡水位计的气管口固定安装在水下的测点位置上，通过测量测点压力计算水位值：

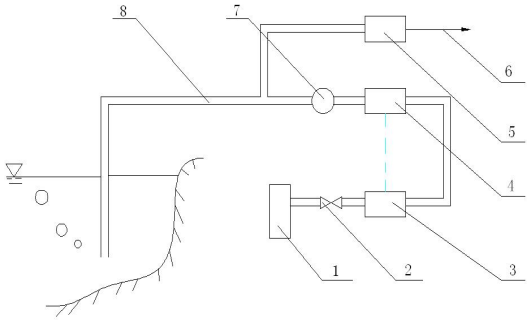
$$h = P_{静} / \gamma \qquad (6)$$

式中：$P_{静}$—测点的静水压强(g/cm^2)；

h—测点水深，即测点至水面距离(cm)；

γ—水体容重(g/cm^3)。

投入式压力式水位计



1.高压气瓶；2.阀；3.调压器；4.恒流阀 5.压力传器；6. 测得压力值输出；7. 流量计；8.吹气管

气泡式压力式水位计

图 21　压力式水位计

产品的基本技术要求如下：

- 水位分辨力：可为 0.1cm、1.0cm；
- 水位测量范围：0～5m、10m、20m、40m；
- 水位变率：不小于 60cm/min；
- 测量误差：在 0～10m 水位变化范围内，误差为±1cm、±2cm；
- 使用环境：水下温度：0～40℃；
- 水上环境温度：－5～50℃，95%RH；
- 水质：有含沙量和盐度限制；
- 可靠性要求：MTBF 大于三年；
- 信号输出要求：标准接口；
- 其它要求：波浪抑止功能；水体容重（含沙量、盐度）修正功能；温度修正功能；水位显示及高程零点予置功能；水下部分耐压、防水功能；
- 气泡（压力）式水位计采用气管伸入水底，通过测量出气口压力来换算水位深度。水位计观测精度高，一般用于岸堤坡度较缓长，不适合建设水位井的河道。

5)　　电子水尺

普通水尺上有刻度，可以人工读取水位。如果将刻度改为等距离设置的导电触点，一定水位淹到某一触点位置，相应的电路扫描到接触水的最高触点位置，就可判读出水位。这样的水尺称为电子水尺，其外形如下图所示。

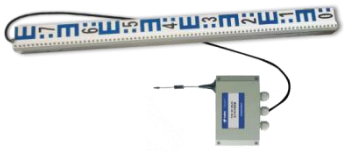


图 22　触点式电子水尺

技术性能如下：

- 水位测量范围：不限，单尺长 1m、3m，可设置多根连接；
- 水位分辨力：0.5cm、1.0cm、2.0cm；
- 测量误差：±1cm、±2cm；
- 工作环境：－30～+50℃；
- 形状：φ32mm 圆柱形，可按需要改变形状；
- 信号传输：三芯电缆，最大传输距离不小于 5km；
- 检测仪信号输出：RS-232 或 RS485；
- 电源：15～36VDC。

6)　　磁致伸缩式水位计

磁致伸缩液位传感器应用“磁致伸缩”技术研制而成。此项技术由美国公司于 1975 年世界首创。现在这一技术已在国际范围内广泛的被应用在位移传感器技术之中，特别是用于要求测量精度高、使用环境较恶劣的位移和液位测量系统中。

图 23　磁致伸缩液位传感器

测量水位时，仪器由测杆、电子仓和套在测杆上的可滑动磁环（环状浮球）组成。如图所示。测杆由不锈钢材料或耐腐蚀工程材料制造，也可以用柔性管材制作。

磁致伸缩液位传感器是新型水位测量仪器，它具有精度高、重复性好、稳定可靠、寿命长、安装方便、环境适应性强等特点。它的输出信号是一个真正的绝

对位置输出，所以不存在信号漂移或变值的情况，因此不必像其它液位传感器一样需要定期重标定和维护。磁致伸缩液位传感器的水位量程不能太大，且需要有静水井，故影响其应用。

技术性能如下：

- 水位测量范围： 1m、3m；
- 水位分辨力：0.1 cm 、0.5 cm、1.0cm；
- 测量误差：±0.1cm、±1cm；
- 工作环境：－10～+50℃；
- 检测仪信号输出：RS-232 或 RS485。

（2） 闸位计

闸位计是用来测量闸门开高的传感器。有接触式和非接触式等类型，原理与水位传感器相同。

（3） 选型要点

1) 河（渠）道、水工建筑物上下游水位测量，优先选择浮子式水位计；

2) 边岸条件恶劣，建设水位井造价过高的测点，可选择雷达、压力式或激光水位计；

3) 明渠堰槽水位测量，水位变幅较小时，应选择高精度等级的水位计如激光水位计、电子水尺、磁致伸缩水位计等。

3.6.2 水位计安装位置与方法选择

（1） 水位计安装位置选择

上下游水位计位置应布置在闸门引水对水位的影响区以外，一般距离至少是河宽的5倍～10倍；闸站前后有导流翼墙可利用时，可选择水位波动影响较小、无漂浮物处。

（2） 水位计安装方法

1) 浮子式水位计

浮子式安装需要建设水位井，常用的水位井有岛式和简易式两种，可根据站点条件选用，安装方式见下图。

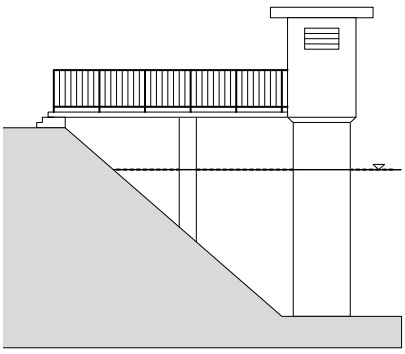


图 24　岛式水位井安装示意图

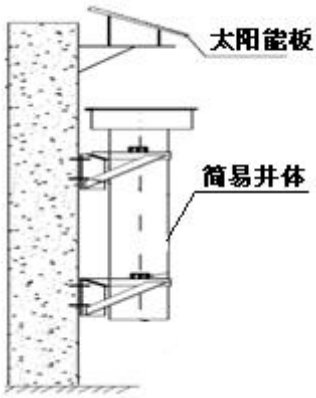


图 25　简易式水位井安装示意图

岛式水位井主要用于水位测量精度要求高的场合。岛式水位井用在通航和行洪河道中时还要考虑防撞、防洪措施；简易井主要应用于水位变幅较小、河岸有可利用翼墙或树（打）桩方便的场合。

2) 雷达水位计及气泡（压力）式水位计安装方式见下图。

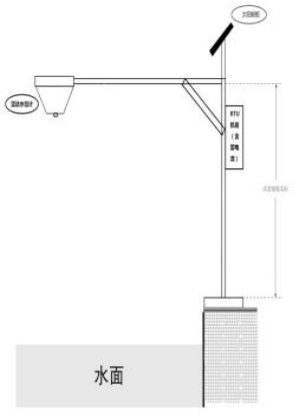


图 26　雷达水位计安装示意图

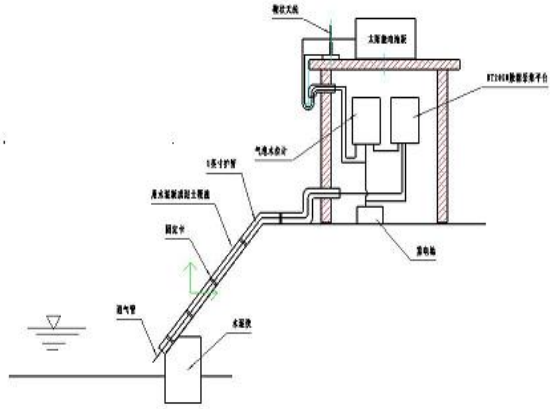


图 27　气泡（压力）式水位计安装示意图

3.6.3　水位计安装要求

水位计安装应满足下列要求：

a) 浮子式水位计要求井体垂直，测井直径足够安装水位计、浮子和平衡锤，并保证浮子和平衡锤吊索不缠绕，井内要有防淤积措施。简易井由于直径小，防浪效果差，在井底应增设格栅消浪装置；

b) 雷达、激光水位计安装支架应有足够的强度与刚度，防止风吹抖动。悬臂支杆一般不应超过 6 米，支架混凝土基础应有足够的重量，保证支架的稳定支撑；

c) 气泡水位计安装的气管置入水下时，应采用钢管护套，管道较长时应有

足够多的固定支撑，确保不被水流冲击损坏；取压口应与水流流向垂直，防止动水干扰测量，必要时应配置均压环；

d) 电子水尺、磁致伸缩水位计安装要求保证尺身垂直；

e) 水位监测站应设立水位标尺、高程标点（可采用参考标点），高程引入不低于 3 级；

f) 水位计安装应保证水位变幅范围内正常工作。

3.6.4 闸位计安装方法

根据闸门类型及启闭方式可选用齿轮传动、链轮传动、联轴器传动或自收缆式传动等安装方式。

4 渠首测流站勘测设计与选型

4.1灌区渠首取水口主要类型

1) 自然河（渠）道取水口；

2) 水库、河（渠）道闸门、堰、涵、水电站等水工建筑物取水口；

3) 泵站（河道、地下水）取水口。

4.2设计准备

（1） 资料收集

根据规划的站点统计表，根据测站取水口类型收集各站相关资料：

1) 河（渠）道

河宽、水深、取水量、水位变幅、历史最高与最低水位、坡降、含沙量、堤岸高度、通航、通讯、供电等；

2) 水工建筑物

查阅工程设计资料，采用水工建筑物测流站考证表式和测验记载表式，编制工程情况调查表以及测流情况；

除上表内容外，还需收集工程布置图、水库库容曲线；

水电站与泵站机组综合特性曲线等资料。

（2） 图上作业

在地图上标注站点位置；

（3） 测流方案预选

根据收集的资料和站点地图，分析取水口河渠测流条件，预选测流方案。

4.3现场勘测

现场勘测的目的是为站点测量断面与测流方法选择、测站设备配置及安装方式等提供全面真实的现场信息。由于灌区渠首现场条件非常复杂，必须对每一个站点认真细致地开展现场勘测，重点完成以下工作：

1) 填写现场勘测调查表

根据预选的测流方案，分类填写现场勘测调查表（见附录 A1~A9)。

2) 绘制现场草图

根据确定的测流方案绘制现场草图供设计参考。

草图至少包括：测流断面位置图、设备安装布置图、线路敷设图等。

3) 拍摄现场照片

现场勘测应拍摄照片至少包括：站点所在单位标志（建筑物)、测流断面、堤岸环境、站点与设备安装预定位置等。

4) 填写相关说明

现场勘测调查表填写的说明应包括电源、施工、设备安装与看护条件等，对下列情况须特殊说明：

1) 如该站点已建有测流监测站，勘查时应调查该测站的传感器类型、信号接口、RTU 资料、传输规约与路径等信息，确定该站信息接入方法，避免重复建设。

2) 对确定采用流速面积法的站点，需按照 GB 50179-2015《河流流量测验规范》要求对测流断面实施断面测量。

3) 对采用水工建筑物测流和流速面积法测流的站点，须确定比测断面的位置；

4) 新建水位测点应计确定安装位置，对已建的水位测点应判断是否满足规范要求。

5) 现场条件复杂，不能确定测流方案和断面时，应考虑其他备选方案，并按同样要求进行勘测、收集资料，供设计阶段进行比选。

4.4测流方案比选

测流方案选择要综合考虑方案的适应性（适用范围)、测流精度、经济性（造价)、运维方便等因素，选择的基本方法建议如下：

（1） 适应性

河（渠）道测流根据现场水文条件、堤岸条件、下游工程影响等，以及各种测流方法的适用范围和限制条件进行选择：

1) 超声波流速仪法适用于大型渠（河）道测流

时差法：适用范围宽（河宽 1~2000m）；

多普勒法：水平安装方式适用于渠（河）宽 2~200m 的断面，但有水深限制；

座底安装方式适用于水深变幅大的渠（河）道，河宽不限，但不适用通航和易淤积渠（河）道。

2) 测流堰槽法测流适用于中小渠（河）道测流

薄壁堰：适用于含沙量小的小型渠道，但该方法要求下游水位须低于堰口 100mm，因此会产生较大的阻水和壅高，堰口上游堤岸高度应保证在最大过流量时不溢流；

宽顶堰：适用于中小型渠（河）道，过沙能力强，阻水影响小，但现场施工难度大；

测流槽：适用于小型渠（河）道，过沙能力强，阻水影响小，便于成套生产，现场安装。

3) 其他测流方法

标准断面水位流量关系法：限用于具有多年率定资料证明水位~流量（Q~H）存在单一关系的断面；

水位+点流速测流法：限用于小型渠（河）道，渠宽小、渠道平直、断面稳定、流速分布均匀，长期率定证明点流速与断面平均流速关系稳定的断面。

（2） 测流方法比较

1) 堰槽如严格根据标准要求加工、限定条件满足时，测流误差符合规范要求，一般情况下不需现场比测。但大型堰槽在现场加工时会存在一些缺陷，测流精度有所降低。

2) 超声波流速仪测流，需要通过现场率定获得的测得的线流速与断面平均流速的关系，测流误差由现场率定确定。相比之下，时差法的误差优于多普勒法、座底式优于水平式。

3) 水工建筑物法测流也需现场比测（或率定）获得泄流关系曲线，测流误差由现场率定确定。在闸涵上下游水位差过小（小于 5cm）时泄流关系曲线将无法确定，应采用其他测流方法。

4) 水电（泵）站测流，采用机组综合特性曲线推流也需现场比测（或率定）获得 Q~N、H 关系曲线, 测流误差由现场率定确定。采用管道测流的误差优于采用机组综合特性曲线推流。

（3） 工程造价比选

测站工程造价包括：测站设备（RTU、电源、防雷、通信等）、测流仪器、土建与比测率定等费用。各种测流方案的测站设备基本相同，工程造价比选主要是针对测流仪器、土建与比测率定费用的比选。

1) 水工建筑物测流：测流设备（水位计、闸位计、水尺、功率计、水位井或支架等）费用低，需要率定费用；

2) 管道测流的流量计价格略高于功率计，但不需测量水位，现场率定简单、费用较低；

3) 测流堰槽：测流仪器（水位计）与堰槽加工费用低，不需现场率定费用。但大尺寸的堰槽现场施工，如需围堰断流，则施工难度加大，费用较高；

4) 超声波测流：仪器费用高，需要率定费用。其中时差法设备造价最高、多普勒流速仪次之。

（4） 综合比选参考

综合上述分析结果，测流方案比选可参考表 9。

表 9 测流方案比选表

测流方法	适用范围	设备造价	土建造价	率定	误差	运行维护	备注	供电要求
水工建筑物闸、涵	现场条件	低	低	要	一般	方便	优先选用	
水电（泵）站特性曲线推流	现场条件	低	低	要	一般	方便	优先选用	
管道测流	现场条件	低	低	要	小	方便	优先选用	
薄壁堰	小型渠道	低	低		小	方便	渠宽小于 2 米	
宽顶堰	中小型渠（河）道	较高	中		小	方便	渠宽小于 10 米	
测流槽	中小型渠（河）道	较高	中		小	方便	渠宽小于 10 米	
超声波时差法	大型渠（河）道	最高	高	要	小	较难		
多普勒水平式	大型渠（河）道	高	略高	要	较小	较难		
多普勒座底式	大型渠（河）道	略高	略高	要	较小	困难		

（5） 测流方法选型准则

1) 有水工建筑物的站点，经调查与分析具备测流条件其优选考虑采用建筑物法测流，对现有的建筑物测量断面条件不能满足要求的站点，需要整治改造的

站点，应考虑工程整治费用；

2) 水电站、泵站取水管道条件满足测流仪器安装要求及施工方便的站点优先考虑采用管道测流；

3) 对渠（河）道宽度大于 100 米的断面应采用超声波时差法流速仪测流，对渠（河）道宽度为 10~100 米的断面应优先选用进口时差法超声波流速仪测流，在经费受到限制时，可选用多普勒流速仪测流（注：国产适用于渠（河）道宽度为 10~100 米测流的超声波时差法流量计已有产品，但设备的可靠性、稳定性需进一步考证）；

4) 对宽度 1~10 米的河（渠）道，目前国产的明渠超声波时差法流量计性能稳定、可靠，造价低廉，可供选用；

5) 对 1~5 米的渠（河）道，如现场土建施工条件方便，投资小的站点应优先选用堰槽法测流，该方法精度高、性能稳定、运维方便等优点；在实施灌区续建配套与节水改造的灌区，应在建设过程中同步考虑测流堰槽的建设；

6) 管道测流优先考虑采用电磁流量计；在不具备截管施工条件时，可采用插入式超声波流量计；在管道直管段长度不能满足要求、又不具备安装电磁流量计条件的站点，应采用超声波多声道时差法流量计；一般情况下不建议采用外敷式超声波流量计，不允许采用点流速式流量计；

7) 标准断面水位流量关系法、水位+点流速测流法在不具备长期率定（比测）条件和能力的站点不建议采用。

8) 渠（河）道渠首存在自然跌水的地方，可采用末端深度测流法测流，有条件的地方应对河道进行整治，形成标准堰流，提高测量精度。

4.5技术设计书编制要求

4.5.1 初步设计编制要求

设计单位在完成资料收集、现场勘测后编制初步设计（实施方案）。项目初步设计是招投标的依据，

1) 体例格式依照 SLZ332-2005《水利信息系统初步设计报告编制规定》执行。

2) 技术要求符合规范：

- SL61－2003《水文自动测报系统技术规范》；
- 水资源项目标准 SZY（202、203、204、205、206）；

- 国家水资源监控能力建设项目实施方案（2016-2018）。

3) 技术内容完整性要求：

- 测站与系统结构、通信、信息路由
- 系统、设备功能与技术指标以及安装工艺
- 安装检测、试运行考核与验收；
- 培训以及文档资料等；

4) 设计深度要求：

逐站确定测流方案、设备配置、安装方式（完成测站土建设计图与设备安装总图），设计给出的工程边界清晰、工程量清单完整，为招投标提供准确依据。

4.5.2 施工设计编制要求

承建方在签署合同后规定的时间内完成施工设计：

1) 逐站现场复勘，补充完善初步设计和招标文件提供的勘测资料；

2) 确认设计方案及招标任务，承建方有责任对原设计中测流方案存在的缺陷提出修改建议和优化方案，并细化完成施工技术设计和施工图设计；

3) 施工图包括：测站系统总图、设备接线图、设备安装图、配套土建施工图等；

4) 变更项目应按建设管理要求履行变更程序；

5) 编制施工设计报告，内容包含：建设任务、建设目标与依据标准、系统总体结构、子系统结构、技术说明、通信及路由、测流方案、设备型号、生产厂家、功能与性能指标、施工工艺、安装检测、试运行考核与验收、施工安全与质量保证措施、培训计划、工作进度表及施工图纸、工程量清单等。

5 渠首取水在线监测站建设质量管理要求

项目建设质量管理应贯穿建设全过程，针对项目前期、建设期、系统试运行考核及项目验收等控制节点，分别给出以下质量管理要求：

5.1项目前期质量管理要点

5.1.1 设计阶段

建设单位应选择具有水文测验能力和经验的单位承担设计工作。初步设计审查应根据第 4 章的要求，重点衡量：

1) 建设目标与范围对项目总体要求的满足度；

2) 站点设计的规范性、可行性、合理性和测流精度要求；

3) 总体方案的完整性，造价的合理性。

5.1.2 合同签署后、开工前阶段

1) 承建方与建设方双方应密切保持沟通协调，明确建设需求；

2) 承建方完成现场复勘（完善现场勘测表、设备安装布置图、现场照片等，确认招标的测流方案、选用测流断面与仪器是否合理，如有问题必须提出变更建议）；

3) 承建方完成施工组织设计（包括施工图纸，制定建设过程中各质量控制环节的管理措施，以及方案优化和变更手续）；

4) 施工设计经建设方审查获得通过后，方可开工。

5.1.3 安装调试阶段工作

1) 设备采购与加工；

2) 软件开发与配置；

3) 设备供货检查：

承建方提交供货清单报建设方查验。验收组成员包括建设方、承建方、监理方组成。验收依据经建设方批准的出厂试验大纲进行，主要依据招标要求及投标响应指标进行检查。项目强制要求的检测项目，建设方应委托具备相关资质的检测机构进行检测试验。

承建方应向建设方、检测机构提供完整供货资料，包括：

- 供货清单（建设方与承建方双方确认签字）；

- 硬件/软件的随机文件：合格证、生产许可证、计量检定/校准证书、操作手册、运行维护手册、软件授权证书、样本、电子文档等；
- RTU 规约符合性检测及供货抽检合格证明。

4) 单站设备的安装调试记录；

现场安装调试记录按照 SZY204 附录 B 实施;安装检查记录表见附录 B。

5) 系统联调记录；

系统联调检查记录表，见附录 B。

6) 承建方项目自检（承建方自检报告，建设方与监理方复核检测报告）；

7) 培训与知识转移工作完成情况。

5.2试运行考核

试运行检验由承建方负责，监理方协助建设方监督与配合完成，对系统各项技术性能指标、功能、精度和可靠性等进行检验。

1) 编制试运行考核大纲，确定参与人员、组织分工、不低于 3 个月的试运行时段、试运行考核项目、考核方法、评判标准、奖惩措施等；

2) 试运行期内按考核大纲规定内容对系统的各项考核指标进行比测与验证，并提供完整的日志记录、统计表、故障及处置记录；

主要考核的项目指标：

- 设备可靠性指标 MTBF≥25000h；
- 系统（站群）运行完好率≥95%；
- 系统到报率：≥90%；
- 系统功能检测（见附表 B ）；
- 流量、水位等数据的准确性满足相关标准要求。

3) 依照不同考核项目，应分别委托有相关（计量、水文测验）资质的第三方进行质量检测；

4) 试运行期结束后根据记录进行统计分析与评判，编制试运行工作报告；

5) 不合格项应限期完成整改与消缺，其结果需经监理方确认。

5.3系统验收工作

1） 试运行检验合格及项目按合同规定全部完工，质量符合要求，才能进行合同完工验收。

2） 验收前承建方应将完工报告（包括竣工图纸）及有关资料报监理方，监理方同意后报建设方。

3） 验收工作包括：

a) 检查工程是否已按合同完成；

b) 验收文档资料齐全；

c) 进行工程质量鉴定并对工程缺陷提出处理要求；

d) 检查工程试运行期间日记录和统计表，以及故障和处理记录，确认故障得到有效解决；

e) 检查工程是否已具备安全运行条件；

f) 对验收遗留问题提出处理要求；

g) 验收如发现有影响其它系统或影响全系统工程正常运行的问题，应暂停验收，要求卖方限期整改，待卖方处理完毕后，再进行验收。经验收委员会同意亦可采取部分验收移交措施。

5.4缺陷责任期检验

缺陷责任期满 7 天前，由建设方会同承建方、监理方一起对工程运行情况进行检验，检验合格，由监理方签发缺陷责任期满合格证。

缺陷责任期出现重大质量缺陷与事故，承建方未能及时消缺，可酌情延长缺陷责任期。

5.5系统运行维护管理

1) 落实看护与运维单位；

2) 建立运维管理制度；

3) 落实运维资金。

6 流量精度检验方法

测流设施的精度检验方法应由承建方负责，监理方监督实施与检查，应委托有水文测验能力和经验的第三方进行。

6.1管道测流

采用超声波多声道时差法（外夹式）流量计比测，方法参照 SZY 204-2012《监测设备现场安装调试》和 SZY 205-2012《水资源监测设备质量检验》。

6.2河（渠）道测流

采用流速——面积法比测，方法参照 GB 50179-2015《河流流量测验规范》。在不具备现场率定条件的情况下（如建站初期），可以采用其他方法（如同类型综合、经验系数、模型试验等），其要求按《水力学法测流规范》规定。

6.2.1 流量系数率定检验

（1） 流量系数现场率定

1）流量系数现场率定，可用流速仪法实测建筑物出流量和实测水头等水力要素，用水力学公式计算流量系数，通过多次测验，分析流量系数规律，建立流量系数与有关水力因素的相关关系。当有多种形式的泄水建筑物混合出流时，应分别逐个率定流量系数。

2）流量系数现场率定，应符合下列要求：

a）每一流量系数关系线或关系式，应积累不少于 30 次的实测资料，均匀分布于流量系数相关要素的全变幅内，至少应覆盖变幅的 75%。

b）由于水情和运用条件的限制，在短期内难以测得水力要素全变幅的流量测次时，可以分阶段率定流量系数推求流量。每条流量系数关系线上流量测次不应少于 20 次，且点据应均匀分布，控制相关水力要素的变幅不小于实测水力要素全变幅的 80%。

c）如当年实测流量不少于 10 次，且测点均匀分布，控制实测水力要素变幅不少于 80%，可用当年率定的流量系数推求流量。

3）现场率定流量系数关系线的实测流量点距或步长，应在相关水力要素变幅内均匀分布密集成带状，堰闸（潮流）站水力要素关系定线精度应满足

SL537-2011 水工建筑物与堰槽测流规范中一类精度站的规定要求。

（2） 流量系数检测与检验

1）现场率定的流量系数相关因素关系线，在使用过程中，关系线稳定的，应每隔 5 年～10 年进行一次检测；关系线不够稳定的，应每隔 2 年～5 年进行一次检测；当发现水工建筑物尺寸、形状、糙率变化时，应及时检测。每条流量系数关系线每次检测，用于检验的测点数应不少于 10 个。

2）流量系数关系线应进行符号检验、适线检验、偏离数值检验及 *t* 检验，检验方法及结果处理见 SL247—2012 水文资料整编规范。

6.2.2 流量推算和测验不确定度估算

水工建筑物流量推算和测验不确定度估算详见 SL 537-2011 水工建筑物与堰槽测流规范相关内容。

附录 A:现场勘察表

A.1　灌区基本情况调查表

A.2　河（渠）道断面断面流量监测站现场勘察表

A.3　水工建筑物流量监测站现场勘察表

A.4　水工建筑物测流设施及有关水文测验情况登记表

A.5　水电站（泵站）流量监测站现场勘察表

A.6　水电（电力抽水）站基本情况表

A.7　管道流量监测站现场勘察表

A.8　隧、涵洞（管）、水库输水洞工程情况表

A.9　明渠堰槽流量监测站现场勘察表

A.1　灌区基本情况调查表

灌区基本情况调查表

日期：　　年　　月　　日　　勘察责任人：　　复核：

1.灌区名称：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿灌区代码：＿＿＿＿＿＿	2.经度：＿＿＿＿＿＿纬度：＿＿＿＿＿＿
3. 地形：山区＿＿＿＿%丘陵＿＿＿＿%平原＿＿＿＿%圩垸＿＿＿＿%	4. 取水水源：水库＿＿＿＿＿＿＿＿%　江河湖泊＿＿＿＿＿＿%
5. 主要土质类型：□沙土　□壤土　□粘土	6. 灌区水源灌溉类型：渠灌＿＿＿＿＿＿＿＿%　井灌＿＿＿＿＿＿＿＿%
7. 灌区土地构成：耕地＿＿＿＿%　林地＿＿＿＿%　园地＿＿＿＿%　牧草地＿＿＿＿%	8. 耕地构成：水田＿＿＿＿＿＿%　水浇地＿＿＿＿＿＿%　旱地＿＿＿＿＿＿%
9. 设计灌溉面积（万亩）：＿＿＿＿＿＿	10. 灌区规模：□大型　□重点中型　□一般中型　□小型
11.实际灌溉用水量（万 m^3）：　其中耕地＿＿＿＿林地＿＿＿＿　园地＿＿＿＿　牧草地＿＿＿＿＿	12. 近十年年均降水量（mm）：＿＿＿＿＿＿＿＿
13. 灌区外部供水水源数：水库＿＿＿＿＿＿个　　江河湖泊＿＿＿＿＿＿条（个）	14. 取水口数：＿＿＿＿＿　监测取水口数：＿＿＿＿＿　监测取水量比例：＿＿＿＿＿＿%
15. 设计取水流量(m^3/s)：＿＿＿＿＿＿	16. 近三年年均取水总量（万 m^3）：＿＿＿＿＿＿其中 地表：＿＿＿＿＿＿地下水：＿＿＿＿＿＿
17. 灌区弃（退）水比：＿＿＿＿＿＿%非灌溉用水量（万 m^3）：＿＿＿＿＿＿＿＿	18. 灌区内可供用水量（万 m^3）：＿＿＿＿＿＿＿＿可灌溉面积（万亩）＿＿＿＿＿＿＿＿
19. 灌溉期灌溉次数：＿＿＿＿＿＿	20 起灌日期：＿＿＿＿＿＿＿＿终灌日期：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿
21.作物种植结构（%）：早稻＿＿＿＿＿晚稻＿＿＿＿＿　小麦＿＿＿＿＿　玉米＿＿＿＿＿　棉花＿＿＿＿＿其它＿＿＿＿＿　复种指数＿＿＿＿＿	
22.作物灌溉定额（m^3/亩）：早稻＿＿＿＿＿晚稻＿＿＿＿＿　小麦＿＿＿＿＿　玉米＿＿＿＿＿　棉花＿＿＿＿＿其它＿＿＿＿＿	
23.灌区管理单位：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿.组织机构代码：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿	单位地址＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　联系人 ＿＿＿＿＿＿＿＿
24.上级管理单位：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿.组织机构代码：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿	单位地址＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　联系人 ＿＿＿＿＿＿＿＿
25.取水许可证编码：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿	

注：　1、灌区名称、代码按照 SZY102-2013 规定填写。一期项目已整理过基础数据的灌区可直接采用其名称和代码。

　　2、.经度：纬度：经纬度填写灌区大致中心处或灌区的管理单位所在地（必须在灌区范围内）的经纬度。

3、地形：是指地势高低起伏的变化，填写时在山区、丘陵、平原、圩垸中选择。

4、取水水源：分别填写灌区实际取水量中取自水库和江河湖泊的比例。

5、主要土质类型：土壤质地指各粒级土粒在土壤中的相对比例（质量百分数）或称土壤机械组成，包括砂土、壤土和粘土三大类。填写时注明所依据的土壤质地分类标准。

6、灌区灌溉类型：填写实际灌溉用水量中渠灌、井灌的比例。

7、灌区土地构成：填写灌区中耕地、林地、园地、牧草地的比例。

8、耕地构成：填写灌区中耕地中水田、水浇地、旱地的比例。

9、设计灌溉面积：按规定的灌溉设计保证率设计的灌溉面积。按照灌区上级主管部门最新批准的规划设计文件数据填写。如果没有规划设计文件，可填写灌区最近 5 年来的最大的年实际灌溉面积。

10、灌区规模：按照灌溉用水户的设计灌溉面积大小填写，设计灌溉面积大于等于 30 万亩的灌区为大型灌区，设计灌溉面积小于 30 万亩且大于等于 5 万亩的灌区为重点中型灌区，设计灌溉面积小于 5 万亩且大于等于 1 万亩的灌区为一般中型灌区，设计灌溉面积小于 1 万亩的灌区为小型灌区。

11、实际灌溉用水量：分别填写灌区中耕地、林地、园地、牧草地全年从外部水源取用的用于灌溉的水量。

12、近 10 年年均降水量（mm）：应填写当地雨量站记录的近 10 年多年平均降水量值。

13、灌区外部供水水源数：分别填写为灌区供水的水库、江河湖泊的个（条）数。

14、取水口数、拟建监测点取水口数、监测取水量比例：填写灌区内取水口总数，纳入监测的取水口数（包括已建和拟建监测的），以及实施监测的取水量占灌区总取水量的比例。

15、设计取水流量：主要灌溉水源取水的设计流量，按照灌溉用水户上级主管部门最新批准的规划设计文件数据填写。

16、近三年年均取水总量：灌区近三年平均的从地表（地下）水源取用的用于灌溉的水量。地表水、地下水应分别填写。

17、灌区弃（退）水比、非灌溉用水量：退（弃）水量灌区由于防洪、排涝、工程事故等未经过灌溉过程的水量。非灌溉用水量从水源取用的用于非灌溉的水量，包括城乡生活用水、工业用水、渔塘补水、畜禽用水等水量。

18、灌区内可供用水量（m^3）：应填写灌区内小坑塘、水坝、小水库等的年均可供水量以及灌溉面积。

19、灌溉期灌溉次数：填写灌区年度灌溉次数。

20、起灌时间、终灌时间：填写灌区的开始灌溉日期和最后一次灌溉日期。

21、作物种植结构：灌区内各种农作物播种面积占农作物总播种面积的比例。

22、作物灌溉定额：灌区内各种农作物的亩均灌溉用水量。

23、灌区管理单位信息：填写灌区管理单位名称，代码、地址、联系人等信息。已完成三证合一单位填写 18 位代码，否则填写 9 位码。

24、上级管理单位信息：填写灌区上级管理单位名称，代码、地址、联系人等信息。已完成三证合一单位填写 18 位代码，否则填写 9 位码。

25、灌区已取得取水许可证的，填写有效取水许可证编码，有多张证的依次填写

A.2　河（渠）道断面断面流量监测站现场勘察表

河（渠）道断面流量监测站现场勘察表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

<table>
<tr><td>管理部门</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td colspan="2"></td><td>联系方式</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>区界类型</td><td colspan="3">省界□市界□县界□</td><td>行政属地</td><td colspan="2"></td><td>灌区代码</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>测站名称</td><td colspan="3"></td><td>测站编码</td><td colspan="2"></td><td>测站类型</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>测站地址</td><td colspan="3">省市县</td><td>测站经纬度</td><td colspan="6">东经：北纬：</td></tr>
<tr><td rowspan="6">基本情况</td><td>河宽：</td><td colspan="2">m</td><td rowspan="6">测流方式</td><td>超声波时差法□</td><td rowspan="6">水位计类型</td><td>浮子式</td><td rowspan="6">信号输出接口</td><td></td><td>流量计</td><td>水位计</td></tr>
<tr><td>设计水位：</td><td colspan="2">m</td><td>水平 ADCP □</td><td>雷达式</td><td>4-20mA</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>历史水位：</td><td colspan="2">最高：　m，最低：　m</td><td>座底式 ADCP □</td><td>超声波</td><td>RS232</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>设计流量：</td><td colspan="2">立方米/秒</td><td>走航式 ADCP □</td><td>压力式</td><td>RS485</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>是否通航</td><td colspan="2">是□否□</td><td>其他：</td><td>气泡式</td><td>格雷码</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>其他：</td><td colspan="2">断面勘测资料</td><td></td><td>其他：</td><td>其他：</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">信道选择</td><td colspan="3">北斗卫星主信道□备用信道□</td><td rowspan="3">终端箱安装方式</td><td>杆式□</td><td rowspan="3">流量计安装方式</td><td colspan="4">垂直安装□</td></tr>
<tr><td colspan="3">水利卫星主信道□备用信道□</td><td>壁挂式□</td><td colspan="4">斜式安装□</td></tr>
<tr><td colspan="3">GPRS　主信道□备用信道□</td><td>基座式□</td><td colspan="4">后退开挖安装□</td></tr>
<tr><td colspan="3">CDMA　主信道□备用信道□</td><td rowspan="3">线缆</td><td>电源线</td><td colspan="5">规格：长度：　m</td></tr>
<tr><td colspan="3">SMS　主信道□备用信道□</td><td>信号线</td><td colspan="5">规格：长度：　m</td></tr>
<tr><td colspan="3">超短波主信道□备用信道□</td><td>接地线</td><td colspan="5">规格：长度：　m</td></tr>
<tr><td colspan="3">有线通讯主信道□备用信道□</td><td>接地施工</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="3">雷电多发区是□否□</td><td>水位井施工</td><td colspan="6">岛式□简易水井□支架立杆□其他：</td></tr>
<tr><td colspan="10">备注：电源保证--太阳能供电/市电
看护条件—安保措施
施工条件—护坡、水位井位置、仪器安装位置</td></tr>
</table>

A.3　水工建筑物流量监测站现场勘察表

水工建筑物流量监测站现场勘察表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

<table>
<tr><td>管理部门</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td colspan="2"></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>取水户名称</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td colspan="2"></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>取水户地址</td><td colspan="2"></td><td>取水证编号</td><td colspan="3"></td><td>灌区代码</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>测站名称</td><td colspan="2"></td><td>测站编码</td><td colspan="3"></td><td>测站类型</td><td colspan="2">水工建筑物测流</td></tr>
<tr><td>测站地址</td><td colspan="2">省市县</td><td>测站经纬度</td><td colspan="7">东经：　　北纬：</td></tr>
<tr><td rowspan="6">基本情况</td><td>闸孔数：</td><td></td><td rowspan="6">闸位计
安装方式</td><td>齿轮传动☐</td><td rowspan="6">水位计类型
量程
分辨率
精度</td><td>浮子式☐</td><td rowspan="6">信号
输出
接口</td><td></td><td>闸位计</td><td>水位计</td></tr>
<tr><td>闸门类型：</td><td>平板☐弧形☐人字☐其他：</td><td>链轮传动☐</td><td>雷达式☐</td><td>4-20mA</td><td>☐</td><td>☐</td></tr>
<tr><td>闸孔尺寸：</td><td>m(宽)　　m(高)</td><td>联轴器传动☐</td><td>超声波☐</td><td>RS232</td><td>☐</td><td>☐</td></tr>
<tr><td>设计水位：</td><td>上游：　　m，下游：　　m</td><td>自收缆式传动☐</td><td>压力式☐</td><td>RS485</td><td>☐</td><td>☐</td></tr>
<tr><td>启闭方式：</td><td>卷扬☐螺杆☐液压☐其他：</td><td>其他：</td><td>气泡式☐</td><td>格雷码</td><td>☐</td><td>☐</td></tr>
<tr><td>其他：</td><td>堰流、孔流、自由测流、淹没出流、
最小落差</td><td></td><td>其他：</td><td>其他：</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">信道选择</td><td colspan="2">北斗卫星主信道☐备用信道☐</td><td rowspan="3">终端箱
安装方式</td><td colspan="5">杆式☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">水利卫星主信道☐备用信道☐</td><td colspan="5">壁挂式☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">GPRS　　主信道☐备用信道☐</td><td colspan="5">基座式☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">CDMA　　主信道☐备用信道☐</td><td rowspan="3">线缆</td><td>电源线</td><td colspan="4">规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">SMS　　主信道☐备用信道☐</td><td>信号线</td><td colspan="4">规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">超短波主信道☐备用信道☐</td><td>接地线</td><td colspan="4">规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">有线通讯主信道☐备用信道☐</td><td>接地施工</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">雷电多发区是☐否☐</td><td>水位井施工</td><td colspan="5">岛式☐简易水井☐支架立杆☐其他：</td></tr>
<tr><td colspan="10">备注：电源保证--太阳能供电/市电
看护条件—安保措施
施工条件—翼墙及护坡、上下游水位井位置</td></tr>
</table>

A.4　水工建筑物测流设施及有关水文测验情况登记表

水工建筑物测流设施及有关水文测验情况登记表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

<table>
<tr><td colspan="2">管理部门</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">区界类型</td><td colspan="2">省界□市界□县界□</td><td>行政属地</td><td colspan="2"></td><td>灌区代码</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">测站名称</td><td colspan="2"></td><td>测站编码</td><td colspan="2"></td><td>测站类型</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">测站地址</td><td colspan="2">省市县</td><td>测站经纬度</td><td colspan="5">东经：　　北纬：</td></tr>
<tr><td rowspan="4">测验断面位置</td><td>闸上游水尺断面距闸</td><td>m</td><td>水位观测设备</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>闸下游水尺断面距闸</td><td>m</td><td>测量设备形式</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>测量断面距闸上(下)</td><td>m</td><td>闸门开高观测设备</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>闸下水尺断面距闸</td><td>m</td><td>测量方法</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">各测验断面位置、适宜程度评价及其变动情况</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="3">各测验设备运转可靠性、精确性评价及其变动情况</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">水位开始观测日期</td><td colspan="2">年　月　日</td><td colspan="2">流量开始测验日期</td><td colspan="4">年　月　日</td></tr>
<tr><td colspan="2">流量系数率定情况</td><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td colspan="2">推流方法</td><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td colspan="2">出现过的最大流量</td><td colspan="2">m^3/s</td><td>日期</td><td colspan="4">年　月　日　时</td></tr>
<tr><td colspan="2">出现过的最高水位</td><td colspan="2">m</td><td>日期</td><td colspan="4">年　月　日　时</td></tr>
<tr><td colspan="2">水工建筑物上、下游河段情况概述</td><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td colspan="2">流域概述</td><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td colspan="2">流域面积</td><td colspan="2">km^2</td><td>河长</td><td colspan="4">km</td></tr>
<tr><td colspan="2">自然地理概况</td><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td colspan="2">上游水利工程情况</td><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td colspan="2">备注</td><td colspan="8"></td></tr>
</table>

A.5　水电站（泵站）流量监测站现场勘察表

水电站（泵站）流量监测站现场勘察表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

<table>
<tr><td>管理部门</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td>取水户名称</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td>取水户地址</td><td colspan="3"></td><td>取水证编号</td><td colspan="2"></td><td>灌区代码</td><td></td></tr>
<tr><td>测站名称</td><td colspan="3"></td><td>测站编码</td><td colspan="2"></td><td>测站类型</td><td>泵站（水电站）测流</td></tr>
<tr><td>测站地址</td><td colspan="3">省市县</td><td>测站经纬度</td><td colspan="4">东经：北纬：</td></tr>
<tr><td rowspan="6">基本情况</td><td>机组台数：</td><td colspan="2"></td><td rowspan="6">水位计类型（上下游水位变幅）</td><td>浮子式□</td><td rowspan="6">信号输出接口</td><td></td><td>功率计</td><td>水位计</td></tr>
<tr><td>机组类型：</td><td colspan="2">轴流□混流□其他：型号</td><td>雷达式□</td><td>4-20mA</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>设计水位：</td><td colspan="2">上游：　　m　下游：　　m 变幅　　m</td><td>超声波□</td><td>RS232</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>机组设计流量：</td><td colspan="2">立方米/秒</td><td>压力式□</td><td>RS485</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>单机额定功率</td><td colspan="2">KW</td><td>气泡式□</td><td>格雷码</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td>其他：</td><td colspan="2">触点信号、电压等级</td><td>其他：</td><td>其他：</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">信道选择</td><td colspan="3">北斗卫星主信道□备用信道□</td><td rowspan="3">终端箱安装方式</td><td colspan="4">杆式□</td></tr>
<tr><td colspan="3">水利卫星主信道□备用信道□</td><td colspan="4">壁挂式□</td></tr>
<tr><td colspan="3">GPRS　　主信道□备用信道□</td><td colspan="4">基座式□</td></tr>
<tr><td colspan="3">CDMA　　主信道□备用信道□</td><td rowspan="3">线缆</td><td>电源线</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">SMS　　主信道□备用信道□</td><td>信号线</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">超短波主信道□备用信道□</td><td>接地线</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">有线通讯主信道□备用信道□</td><td>接地施工</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">雷电多发区是□否□</td><td>水位井施工</td><td colspan="4">岛式□简易水井□支架立杆□其他：</td></tr>
<tr><td colspan="9">备注：现场勘察时应收集机组综合特性曲线资料，便于后期根据水头、功率来推算流量。
电源保证--太阳能供电/市电
看护条件—安保措施
施工条件—翼墙及护坡、上下游水位井位置</td></tr>
</table>

A.6　水电（电力抽水）站基本情况表

水电（电力抽水）站基本情况表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

<table>
<tr><td>管理部门</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td>区界类型</td><td colspan="2">省界□市界□县界□</td><td>行政属地</td><td></td><td>灌区代码</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>测站名称</td><td colspan="2"></td><td>测站编码</td><td></td><td>测站类型</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>测站地址</td><td colspan="2">省市县</td><td>测站经纬度</td><td colspan="6">东经：北纬：</td></tr>
<tr><td rowspan="3">发电(电动)机</td><td>型号</td><td></td><td rowspan="3">水轮机或水泵</td><td colspan="2">型号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>装机台数</td><td></td><td colspan="2">装机台数</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>装机容量</td><td>kW</td><td colspan="2">设计流量(每台)</td><td colspan="3">m^3/s</td></tr>
<tr><td rowspan="4">进水管(流道)</td><td>管长</td><td>m</td><td rowspan="4">出水管(流道)</td><td colspan="2">管长</td><td colspan="3">m</td></tr>
<tr><td>断面形状</td><td></td><td colspan="2">断面形状</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>断面面积</td><td>m^2</td><td colspan="2">断面面积</td><td colspan="3">m^2</td></tr>
<tr><td>管口中心高</td><td>m</td><td colspan="2">管口中心高</td><td colspan="3">m</td></tr>
<tr><td rowspan="3">抽水池水位(m)</td><td>最高</td><td rowspan="3">出水池水位(m)</td><td>最高</td><td rowspan="3" colspan="2">设计水头(m)</td><td colspan="3">正常</td></tr>
<tr><td>最低</td><td>最低</td><td colspan="3">最大</td></tr>
<tr><td>正常</td><td>正常</td><td colspan="3">最小</td></tr>
<tr><td>备注</td><td colspan="8"></td></tr>
</table>

A.7　管道流量监测站现场勘察表

管道流量监测站现场勘察表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

<table>
<tr><td>管理部门</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td>取水户名称</td><td colspan="2"></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td>取水户/地址</td><td colspan="2"></td><td>取水证编号</td><td colspan="3"></td><td>灌区代码</td><td></td></tr>
<tr><td>测站名称</td><td colspan="2"></td><td>测站编码</td><td colspan="3"></td><td>测站类型</td><td>管道测流</td></tr>
<tr><td>测站地址</td><td colspan="2">省　　市　　县</td><td>测站经纬度</td><td colspan="5">东经：　　北纬：</td></tr>
<tr><td rowspan="6">测量管道</td><td>管道材质：</td><td>钢管☐ PVC☐铸铁☐其他：</td><td rowspan="6">流量计类型</td><td>声学时差法流量计☐</td><td rowspan="6" colspan="2">信号输出接口</td><td>脉冲☐</td><td></td></tr>
<tr><td>管径：</td><td>mm</td><td>声学多普勒流量计☐</td><td>4-20mA ☐</td><td></td></tr>
<tr><td>管道壁厚：</td><td>mm</td><td>电磁管道流量计☐</td><td>RS232 ☐</td><td></td></tr>
<tr><td>直管段长度：</td><td>mm</td><td>电子远传水表☐</td><td>RS485 ☐</td><td></td></tr>
<tr><td>设计流量：</td><td>立方米/秒</td><td>冷水表☐</td><td>格雷码☐</td><td></td></tr>
<tr><td>其他：</td><td></td><td>其他：</td><td>其他：</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">信道选择</td><td colspan="2">北斗卫星主信道☐备用信道☐</td><td rowspan="3">终端箱安装方式及位置</td><td colspan="4">杆式☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">水利卫星主信道☐备用信道☐</td><td colspan="4">壁挂式☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">GPRS　　主信道☐备用信道☐</td><td colspan="4">基座式☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">CDMA　　主信道☐备用信道☐</td><td rowspan="3">线缆</td><td colspan="3">电源线</td><td>规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">SMS　　主信道☐备用信道☐</td><td colspan="3">信号线</td><td>规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">超短波主信道☐备用信道☐</td><td colspan="3">接地线</td><td>规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">有线通讯主信道☐备用信道☐</td><td>接地施工</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">雷电多发区是☐否☐</td><td>其他：</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="6">备注：电源保证--太阳能供电/市电
看护条件—安保措施
施工条件--停工、断水</td></tr>
</table>

A.8　隧、涵洞（管）、水库输水洞工程情况表

隧、涵洞（管）、水库输水洞工程情况表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

管理部门		组织机构代码		联系人姓名		联系方式	
区界类型	省界□市界□县界□	行政属地		灌区代码			
测站名称		测站编码		测站类型			
测站地址	省市县	测站经纬度	东经：	北纬：			
工程主要指标				单位：长、宽、高、水位(m) 面积(m^2)流量(m^3/s)			
闸门型式		闸门底边形式					
过水断面形状		弧形门弧半径					
过水断面高、宽或洞径		弧形门转轴高度					
孔数		闸门槽处断面形状					
洞进口形状		进口洞底高程					
洞管断面积 a1		出口洞底高程					
洞管断面积 a2		洞出口情况					
洞底坡		设计最高水位					
洞总长度		设计最大流量					
闸门距洞口距离							
拦污栅材料形式							
洞前进水段顺直长度							
备注							

A.9　明渠堰槽流量监测站现场勘察表

明渠堰槽流量监测站现场勘察表

日期：　　年　月　日　　勘察责任人：　　复核：

<table>
<tr><td colspan="2">管理部门</td><td></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">取水户名称</td><td></td><td>组织机构代码</td><td></td><td>联系人姓名</td><td></td><td>联系方式</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">取水户地址</td><td></td><td colspan="2">取水证编号</td><td colspan="2"></td><td>灌区代码</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">测站名称</td><td></td><td colspan="2">测站编码</td><td colspan="2"></td><td>测站类型</td><td>明渠堰槽测流</td></tr>
<tr><td colspan="2">测站地址</td><td>省市县</td><td colspan="2">测站经纬度</td><td colspan="2">东经：</td><td colspan="2">北纬：</td></tr>
<tr><td rowspan="6">河道情况</td><td>河宽：</td><td>m</td><td rowspan="6">流量计类型</td><td>薄壁堰□</td><td rowspan="6">水位计类型
量程
分辨率
精度</td><td>浮子式口</td><td rowspan="6">信号输出接口</td><td>脉冲□</td></tr>
<tr><td>坡降：</td><td></td><td>宽顶堰□</td><td>磁致伸缩口</td><td>4-20mA □</td></tr>
<tr><td>水位/水深：</td><td></td><td>三角形剖面堰□</td><td>超声波口</td><td>RS232 □</td></tr>
<tr><td>设计流量：</td><td>立方米/秒</td><td>无喉道槽□</td><td>压力式口</td><td>RS485 □</td></tr>
<tr><td>含沙量：</td><td></td><td>巴歇尔槽□</td><td>雷达式口</td><td>格雷码□</td></tr>
<tr><td>其他：</td><td>护坡、上游堤防高度、渠道周边植物等</td><td>其他：</td><td>其他：</td><td>其他：</td></tr>
<tr><td rowspan="8">信道选择</td><td colspan="2">北斗卫星主信道□备用信道□</td><td rowspan="3">终端箱安装方式及位置</td><td colspan="3">杆式□</td></tr>
<tr><td colspan="2">水利卫星主信道□备用信道□</td><td colspan="3">壁挂式□</td></tr>
<tr><td colspan="2">GPRS　　主信道□备用信道□</td><td colspan="3">基座式□</td></tr>
<tr><td colspan="2">CDMA　　主信道□备用信道□</td><td rowspan="3">线缆</td><td>电源线</td><td colspan="2">规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">SMS　　主信道□备用信道□</td><td>信号线</td><td colspan="2">规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">超短波主信道□备用信道□</td><td>接地线</td><td colspan="2">规格：长度：　　m</td></tr>
<tr><td colspan="2">有线通讯主信道□备用信道□</td><td>接地施工</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">雷电多发区是□否□</td><td>其他：</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="9">备注：电源保证--太阳能供电/市电;看护条件—安保措施;施工条件--断水、围堰</td></tr>
</table>

附录 B:现场安装质量检查记录表

B.1 系统安装质量检查项目及方法

检验项目			检查项目	检查内容及方法
1	监测站 外观观察		✓ 有明显标识,器件齐全、清洁完好 ✓ 接线端，接插件及连接部位光洁、无锈蚀 ✓ 支架及接地牢固、无锈蚀和损伤 ✓ 不同回路，不同电压等级和交流电与直流电的电线，不穿在同一护管内 ✓ 仪器结构应便于安装、调整、使用和维修	✓ 产品规格型号与通过审查的设计方案一致，标识正确清晰。电缆首端、末端设标识牌，具有端子接线图（表） ✓ 各部件布置合理，固定可靠，接线整齐 ✓ 信号线、交流电源线分管布设，室内布管采用 PVC，横平竖直。室外布管采用镀锌钢管或铠装电缆，可靠接地。室外布管在北方冻土地区埋深应不小于 50cm，南方无冻土地区应不小于 20cm。车行走的地方埋深不小于 60cm。 ✓ 接线、电缆头成端符合规范要求。管内电缆无接头、保护管弯曲半径符合规范要求 ✓ 仪器结构应便于安装、调整、使用和维修。
2	流量计、水位计 安装（传感器、换能器）	一般要求	✓ 安装设备类型选择合理 。 ✓ 与数据采集终端（RTU）的连接电缆采用 RVVP 屏蔽电缆。 ✓ 信号电缆和电源电缆分管敷设。 ✓ 户外电缆放置于镀锌钢管内进行保护。 ✓ 室内电缆用 PVC 管进行保护。 ✓ 户外电缆穿管埋地。	✓ 安装设备类型应符合 SZY 204-2012《监测设备现场安装调试》规定。 ✓ 在管道保持某一供水压力的情况下观察 3 次以上流量计测出的瞬时流量值，每次观察 1 分钟以上，若几次流量计显示的瞬时流量值相互误差均在 1%以内，则流量计工作正常。.或采用比被测流量计高一级精度的便携式管道流量计安装在被检测流量计后，同时对管道内的流量进行检测，在管道内不同流量情况下比测 3 组以上数据，若对比误差均≤3%，则可视为正常，否则应重新调试。 ✓ 水位变幅≤10 m：±2 cm；水位变幅＞10 m～15 m：全量程±0.2%；水位变幅＞15 m：±3 cm。 ✓ 检查是否有计量证书、检验文件。
		安装位置	✓ 安装位置选择合理。	✓ 浮子水位计 ✓ 高于历史最高水位 0.5 m，浮子与井壁间隙≥5 cm，钢丝绳长度满足最低水位要求。 ✓ 雷达、超声波水位计 ✓ 应垂直安装在待测水面之上。从探头到水面之间的周边，保证探头的发射角内不能有障碍物。 ✓ 明渠测流设备 ✓ 检查测流断面选择是否合理，换能器安装位置是否符合规范，方法参照 SZY204-2012。 ✓ 管道流量计 ✓ 电磁流量计安装前 5 倍后 3 倍管径的直管段。水表安装位置满足直管段前 5 后 3 的要求，外敷式和插入式超声波管道流量计前 10 后 5 倍管径的直管段等。
3	测流精度		✓ 测流方案是否合理 ✓ 测流精度是否符合要求	✓ 管道测流：采用超声波多声道时差法（外夹式）流量计比测； ✓ 河道测流：采用流速—面积法比测； ✓ 方法参照 SZY 204－2012 执行。

检验项目		检查项目	检查内容及方法
4	遥测终端机（rtu）	✓ 显示屏数据显示是否清晰完整。 ✓ 与仪表数据一致。复位恢复正常。 ✓ 控制面板指示灯正常。 ✓ 自报数据，召测数据是否正常。	✓ 查验检测报告 ✓ 显示值清晰，且与现场传感器数值一致 ✓ 自报、召测、补数功能符合标准要求，数据采集、存储正确，中心站指令执行正确。 ✓ 本地下载固态存储数据与中心站数据应一致。
5	通信设备	✓ 信号稳定。 ✓ 运行正常。 ✓ 信号线通断有故障提示。	✓ 中心站数据到报率符合要求。 ✓ 主备信道互为备份、信道切换正常。 ✓ 通讯故障指示正常。
6	蓄电池	✓ 摆放合理，铭牌、标称等便于查看； ✓ 接线端牢固、无凝结、锈蚀；	✓ 摆放合理，铭牌、标称等便于查看； ✓ 接线端牢固、无凝结、锈蚀；
7	太阳能板	✓ 上方无遮挡物。 ✓ 方向南偏西约 5°。	✓ 上方无遮挡物。 ✓ 朝向方向南偏西约 5°，倾角布置合理。
9	避雷设施	✓ 电源防雷器。 ✓ 信号防雷器。 ✓ 天线防雷器。 ✓ 防雷器接地可靠。	✓ 检查防雷设施是否齐全（包括电源、信号、天线防雷器） ✓ 天线应在避雷针的保护角内，同时天线电缆应配备同轴避雷器加以保护。 ✓ 接地电阻≤10 Ω，接地线与地网要求焊接，必要时穿线钢管或铠装电缆应两端接地。
10	机柜安装		✓ 安装位置合理，室外机柜应符合设计要求。 ✓ 柜体固定牢固。柜内隔板完整牢固，门锁灵活、齐全。 ✓ 柜门开关动作准确，接触可靠。
11	水位基准高程引入		✓ 参照历史资料，从溢洪道底板以三等级水准测量方法引至水位计（或水尺），并在溢洪道侧墙顶、水位计附近灌溉涵洞墩墙处埋设标石。

B.2 系统安装质量检查表

系统信息检查表

序号	检查内容			检查情况		检查情况备注
1	验收资料		项目立项、项目设计文件、部项目办批复文件	□有	□无	
			项目招标文件、投标文件	□有	□无	
			施工组织设计文件（如有规模变更应附变更说明）	□有	□无	
			安装调试报告（开发商提供硬件与软件逐项自检报告）	□有	□无	
			试运行报告（含评估时间、范围、内容、方法、传感器与流量精度比测与系统可靠性分析结论）	□有	□无	
			监理工作报告	□有	□无	
			建设管理报告	□有	□无	
2	技术文档	硬件部分	硬件设备清单	□有	□无	
			设备合格证、系统图	□有	□无	
			安装布置图、接线图、端子图	□有	□无	
			监测站安装调试记录表	□有	□无	
			流量（水位）计安装调试、率定记录表	□有	□无	
			监测站施工图纸、现场照片	□有	□无	
		软件部分	应用软件清单	□有	□无	
			说明书（包括操作系统、程序设计、应用程序、数据库管理、源程序及注释）	□有	□无	
3	随机文件	外购硬件/软件	合格证	□有	□无	
			操作、运维手册	□有	□无	
		项目规定证明	工业产品生产许可证	□有	□无	
			计量检定证书（管道流量计）	□有	□无	
			RTU 规约符合性检测证明及购货抽检合格证明	□有	□无	

设备安装质量检查表

监测站点		所属地(州)		检查日期	
序号	检查项目		检查结果		检查情况备注
1	监测站外观观察	有明显标识	□有	□无	
		部件齐全、清洁、完好	□是	□否	
		接线端，接插件及连接部位光洁、无锈蚀	□是	□否	
		支架及接地牢固、无锈蚀和损伤	□是	□否	
		不同回路，不同电压等级和交流电与直流电的电线，不穿在同一护管内	□是	□否	
		仪器结构应便于安装、调整、使用和维修	□是	□否	
2	水位计安装	安装设备类型选择合理	□是	□否	
		安装设备类型选择合理	□是	□否	
		安装位置选择合理（1*浮子水位计应安装在水位升降幅度不大的水位测井中；2*压力气管出气口应安装并固定在最低水位处，其引线（压力气管）也应固定；3*雷	□是	□否	

监测站点			所属地(州)		检查日期	
序号	检查项目		检查结果		检查情况备注	
		达、超声波水位计应垂直安装在待测水面之上。从探头到水面之间的周边，保证探头的发射角内不能有障碍物）				
		信号电缆和电源电缆分管敷设	□是	□否		
		户外电缆放置于镀锌钢管内进行保护、埋深、接地（地埋深度在北方有冻土地区埋深应≥50cm，南方无冻土地区应≥20cm）	□是	□否		
		室内电缆用 PVC 管进行保护	□是	□否		
3	RTU	显示屏数据显示是否清晰完整	□是	□否		
		与传感器、仪表数据一致	□是	□否		
		复位恢复正常	□是	□否		
		控制面板指示灯正常	□是	□否		
		自报数据，召测数据是否正常	□是	□否		
4	通信设备	运行正常（指示灯亮）	□是	□否		
		信号线通断有故障提示	□是	□否		
5	电源设备	电源线布局合理	□是	□否		
		电缆敷设规范	□是	□否		
		电源指示灯、充电控制灯正常	□是	□否		
6	蓄电池	摆放合理，铭牌、标称等便于查看	□是	□否		
		接线端牢固、无凝结、锈蚀	□是	□否		
7	太阳能板	上方无遮挡物	□是	□否		
		方向南偏西约 5°	□是	□否		
8	避雷设备	电源防雷器	□有	□无		
		信号防雷器	□有	□无		
		天线防雷器	□有	□无		
		防雷器接地可靠（接地电阻≤10Ω）	□是	□否		

附录 C:设计示例

C.1　漳河灌区量测流设计示例

1 漳河二干渠首

1.1 测流方法选择

漳河二干渠首位于漳河二干渠 0+790 处，该站建有长喉槽，横纵断面相关参数如下：

横断面几何参数：

引渠测量断面

底宽　B1=9.300m；

边坡　M1=2.000 :1。

喉槽断面

底宽　Bc=7.200m；

边坡　Mc=2.000 :1。

尾渠测量断面

底宽　B2=9.300m；

边坡　M2=2.000 :1。

纵断面几何参数：

上游测点到收缩段坡脚距离　AL=2.500m；

上游收缩段长度　BL=3.500m；

喉槽段长度　TL=2.800m；

堰顶相对引渠底部高度　P1=0.800m；

堰顶相对尾渠底部高度　P2=0.800m；

下游扩散段坡降　EM=6.000 :1；

绝对糙率　RK=0.0002 m。

1.2 测站断面处基本情况

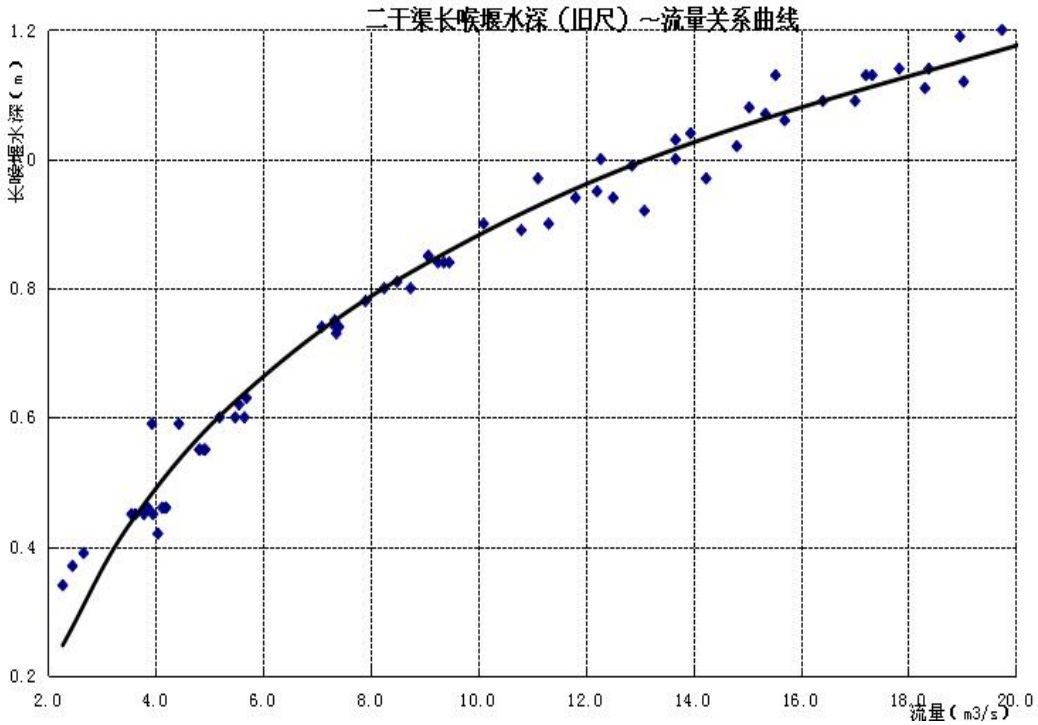
雷达探头位于上游收缩段 1/3 处。照片如下：

1.3 水位流量关系曲线的率定

根据长喉堰推求理论水位流量关系，通过二年多近 70 组实测流量资料进行校核，得出最终成果。

1.4 成果

由率定数据可得，率定成果与实测资料拟合较好，修正系数后误差可控制在正负（10~12）%。



2 漳河烟墩闸

2.1 工程概况

漳河烟墩闸位于漳河总干渠 0+200 处，断面，为规则梯形，全渠段混凝土衬砌，渠段较为顺直。渠底高程 110.042m（吴淞），底宽 24.4m ,渠堤高 5.4m，左侧边坡 1：2.11，右侧边坡 1：2.03，纵坡 1/20000，糙率 0.02。

2.2 测站断面处基本情况

测站东经 112 度 04 分 40 秒，北纬 30 度 57 分 35 秒，照片如下：

2.3 测流方法选择

该断面所处的河道顺直，边坡、河底均为混凝土衬砌，坡降与糙率稳定、断面规整、河底无淤积，测流方法选择雷达水位计测量水位，通过流速面积法率定水位—流量关系，实时监测水位推流。

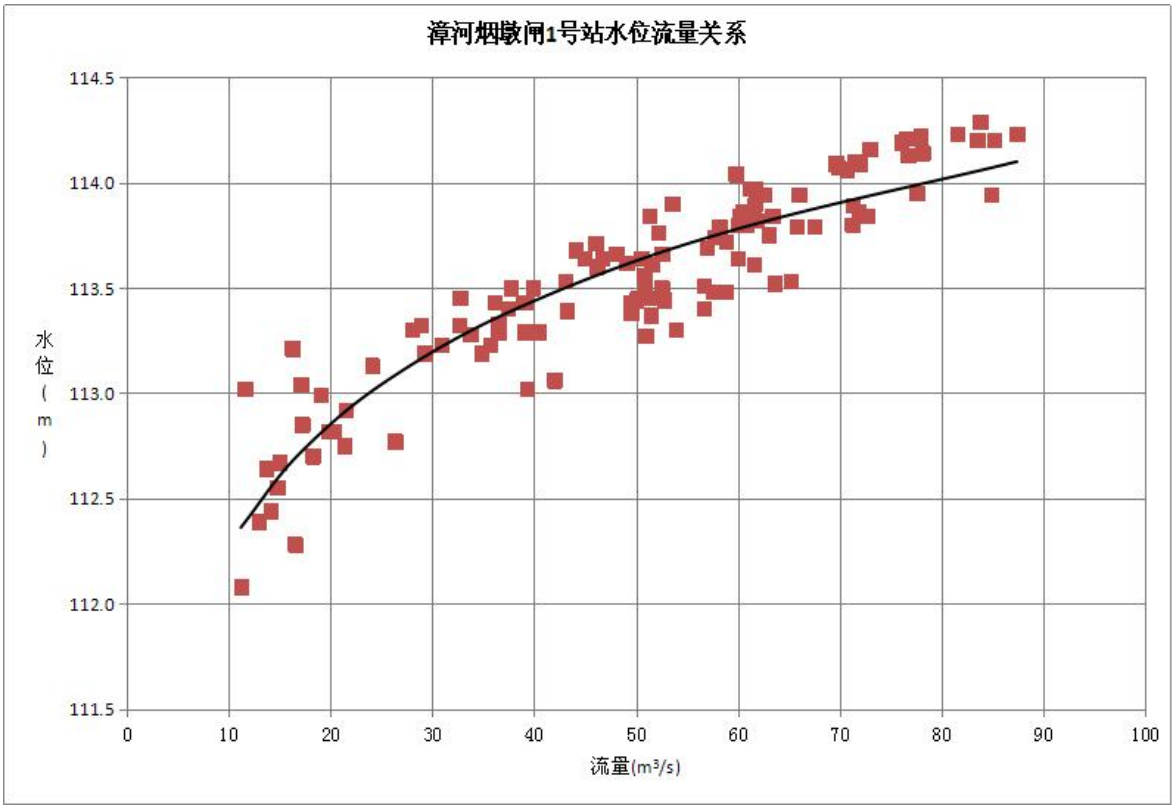
2.4 水位流量关系曲线的率定

测站采用标准断面水位流量关系法测流，采用流速面积法比测，通过三年多 100 余次比测资料，率定出该站水位流量关系曲线。

率定中发现渠首闸水位流量关系受闸上下游水位、下游用水、特别是离测站不远的二干渠用水影响较大，因此，在同一水位下，测得流量不同，点绘出来的关系散乱。经分析、修正后，才得由水位推算流量。

2.5 成果

经对比分析，率定水位流量关系曲线其误差在正负 20%左右。


漳河烟墩闸1号站水位流量关系
水位（m）
114.5
114.0
113.5
113.0
112.5
112.0
111.5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
流量(m³/s)

C.2　江苏与山东交水断面——骆马湖控制断面测流设计

（1）　资料收集

该断面位于江苏徐州韩庄运河泇口闸中运河段，为苏鲁省界交水计量断面。根据可研报告提供的该断面资料：

供水设计水位：22.9 m；

河底高程：16.4 m；

最低通航水位 20 m；

历史最高洪水位 26.98 m；

水深 3.6 ~6.5 m；

河宽近 80 m；

设计流量为 150 m^3/s，流速 0.5 m/s。

（2）　图上作业

在下载的 GOOGLE 地图上标注站点位置如下图所示：

站点位置图

枢纽布置图

根据枢纽布置情况分析，初步确定采用超声波时差法测流，测量断面选择在通航人字闸道内。

（3） 现场勘测

现场勘测了解到该闸由一座泄洪闸和一座通航人字闸组成，供水期泄洪闸关闭、通航人字闸常开，闸门控制电源常年供电，无线通信信号良好，交通便利，闸上设有闸管所，常年有人管理。

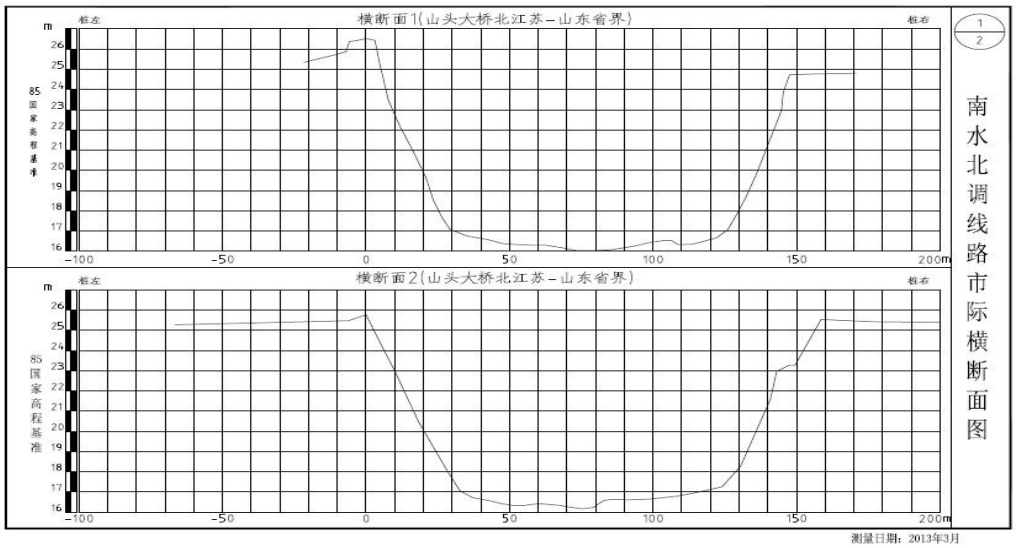
二闸中间有一绿岛，长度 300 米。该断面两岸及河底为浆砌块石护坡，河道规整，条件良好满足测流断面布置条件。

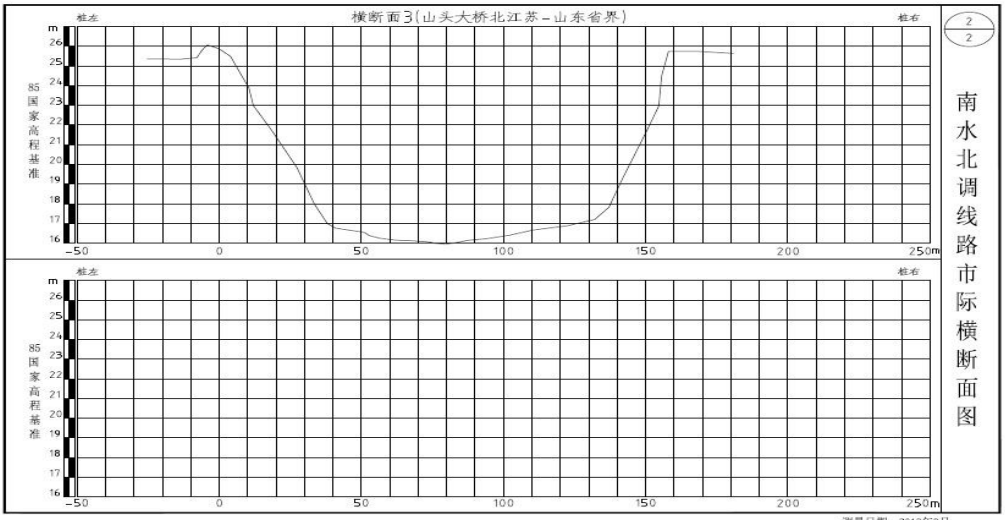
现场情况见照片如下：

确定了测流断面后，依据 GB 50179-2015《河流流量测验规范》对该断面实施了断面测量。测流断面勘测布置了三个断面（覆盖测流段），结果下图。

DM-1

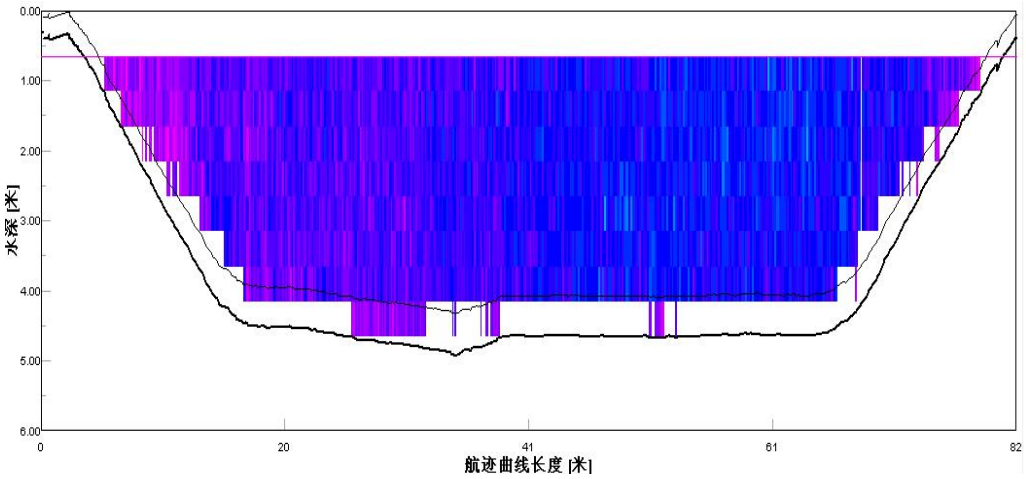
断面测量成果如下：





该成果为测流方案设计、仪器安装、断面面积与水位的关系曲线拟合提供了基础资料。

断面测量的同时，对断面的流速实施了测量，流速发布图可供设备选型参考：



（4） 方案设计

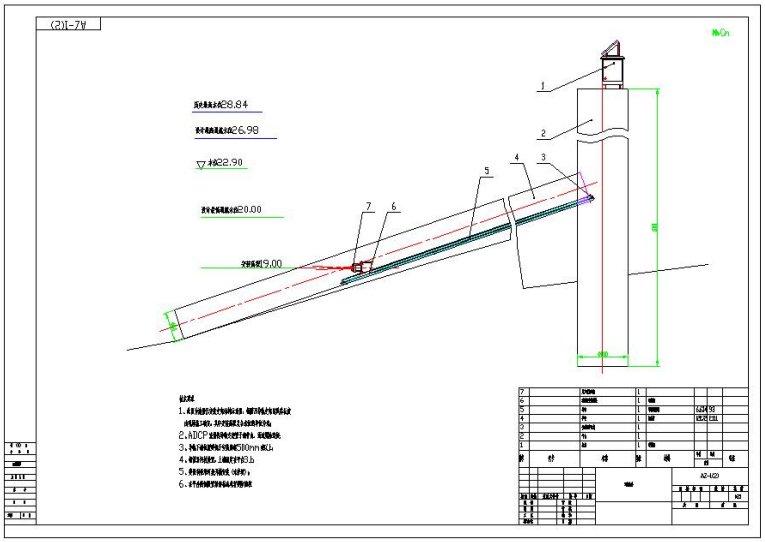
1) 测流方案选择

考虑到省界断面对流量精度的要求，该断面测流方案选用无线超声波时差法测流，并采用气泡式水位计测量水位。

2) 安装设计

时差法测流装置配备 1 对换能器，换能器之间的声道与测流断面成 45 度夹角。由于河岸为水泥护坡，换能器安装导轨直接沿河坡斜式安装，导轨底端伸至河底，上端伸在设计通航水位以上，河岸边浇注混凝土墩对其固定。

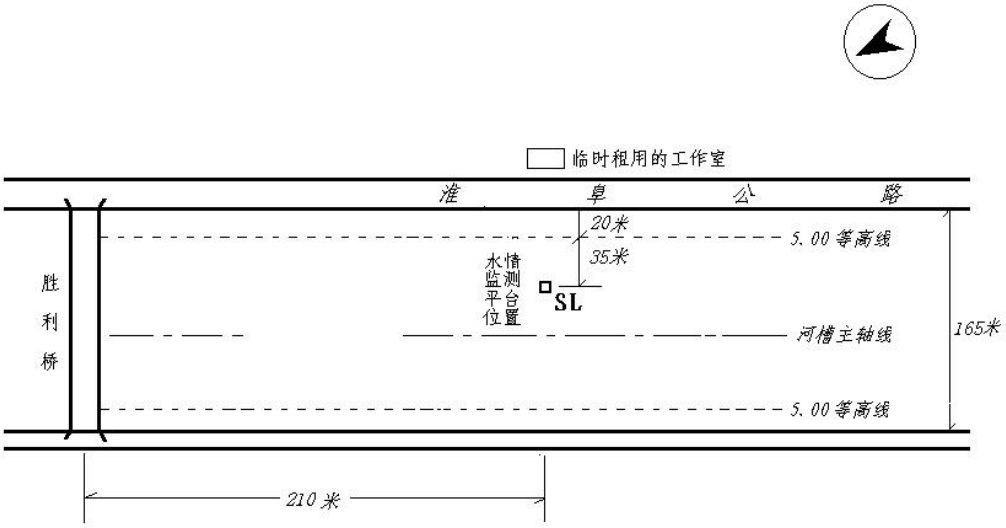
换能器安装高程根据设计供水水位 22.9m 与河底高程 16.4m,水深为 6.5 m，仪器安装高程布置在 0.6 水深附近，确定为 19 m 处，在最低通航水位 20 m 时，仍可正常工作。安装布置见下图所示。



C.3　江苏苏北灌溉总渠苏咀站断面测流率定示例

1.　断面选择

灌溉总渠苏咀站是苏北供水淮安、盐城两市交界的控制站。总渠苏咀段河道顺直，河床地形规整，为单式河床。出于安全性及管理方便的考虑，测验控制断面设在苏咀胜利桥上游 210m 处，河宽 160 m，水深 6 m，选用超声波多普勒（H-ADCP）法测流。



系统安装位置图

1.1 探头安装位置的选定

探头安装位置是否科学合理，决定了系统测验精度的高低。

1.1.1　水平位置

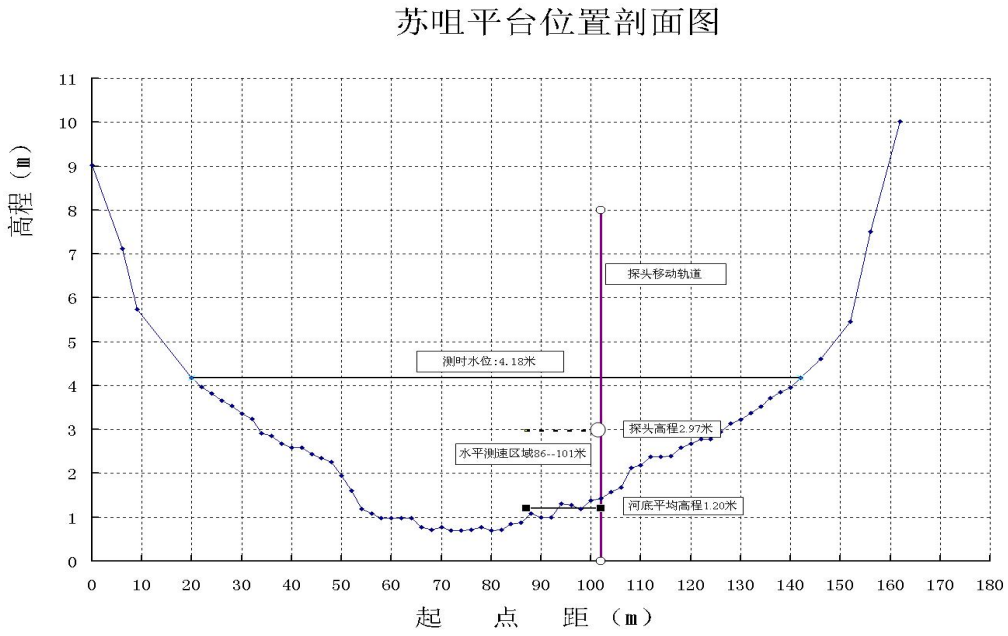
针对断面较宽（水面宽 160 m），水位较低时岸边有漫滩呈现的情况，结合 2000—2001 年共计 98 次实测流量成果资料进行综合分析表明，距离左岸断面桩 87—102m 处部分流速的代表性较好，根据断面的形状，将仪器安装在距左岸 102m 处。

1.1.2　垂直位置

由于苏咀站为 2000 年新设的苏北供水监测站点，之前没有水文资料，通过其上下游的总渠运东闸站、总渠阜宁腰闸站最近 10 年的水文资料以及 2000 年苏咀设站以来的资料对比分析，苏咀站的水位变幅为 3.70—6.80m，实际供水期水位一般在 4.80—6.00m，参照天然河流中流速沿垂线呈对数分布的特点，仪器正

常工作台的入水深度应接近断面该处平均水深的 0.6，首次仪器安装高程为 3.00m。

断面勘测与安装位置见下图。



仪器安装位置剖面图

1.2 施工设计

灌溉总渠为淮盐地区重要的通航河道，从稳定性、安全性角度考虑，必须对流速仪设计可靠的防撞保护设施。经过实地考察，结合仪器正常工作后的维护和保养，施工安装时，建设测验平台一座，如此建设的优点：①牢固可靠，能承受一定的碰撞；②目标位置醒目，过往船只容易注意，并以避让；③便于仪器及其它附属设备的安装；④正常的维护十分方便。

测验平台见下图。

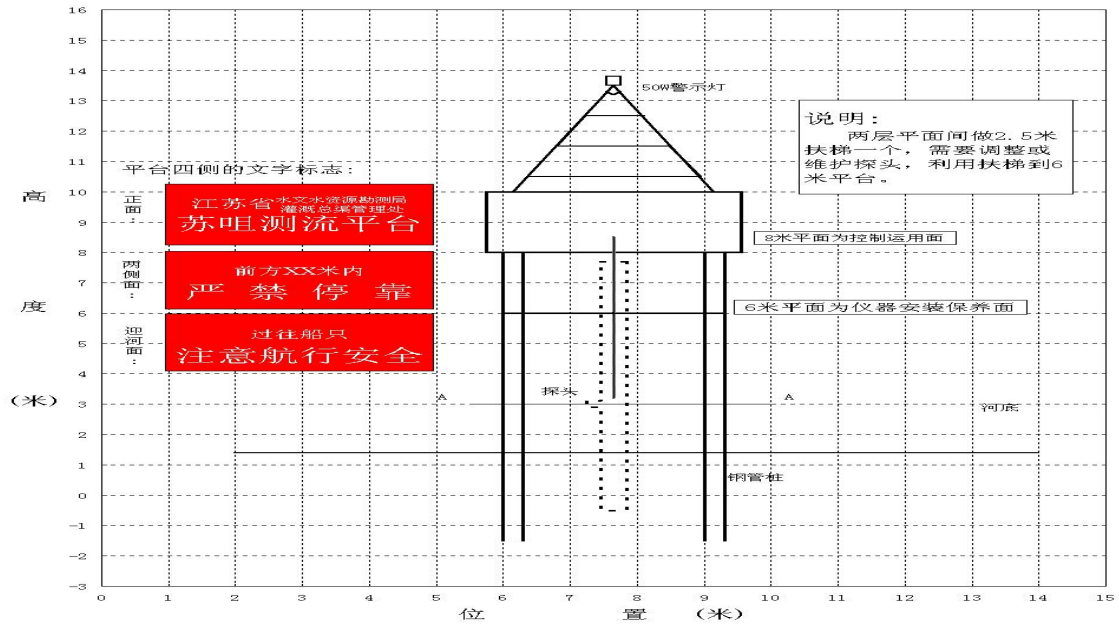


图 28　测验平台构造示意图

2.　流量测验方法和原理

采用回归法。即建立实测流速与河流或明渠断面平均流速之间的经验关系。这相当于用实测资料对系统进行率定。其做法是在河流或渠道中选择一有代表性的位置，如靠近河中心或桥墩(有利于安装)安装主机。在用流速仪进行采样的同时，用其他方法，如传统的流速仪定点测流法或 ADCP 走航法测出流量和断面面积，从而得到断面平均流速数据。这种同步采样需要在不同的流量情况下进行.这样就得到一组 V_{SL} 与 Vc 的数据。对数据进行回归分析(如采用最小二乘法)，即可以得到 Vc 与 V_{SL} 的关系曲线或回归方程。

回归方程的一般形式为：

$$V=f（V_{SL}）$$

式中：V 为断面平均流速。

流量由下式计算：

$$Q=VA$$

式中：A 为断面过水面积。断面过水面积由断面几何形状和水位确定。对于某一断面，过水面积仅为水位 H 的函数：

$$A=f（H）$$

这个函数关系由用户输入软件。水位则由主机中的压力传感器或上视声学探头测出并实时输入软件。

3. 系统比测

获取真实可靠的系统试验资料，验证系统性能及测验精度，为苏北地区水资源自动化监控调度网络系统仪器的采购应用提供科学依据和积累经验，是对系统进行比测的目的。

3.1 作业依据

（1）GBJ138-90《水位观测标准》

（2）GB50179-93《河流流量测验规范》

（3）SL58-93《水准普通测量规范》

（4）SL195-97《水文巡测规范》

（5）SL247—1999《水文资料整编规范》

3.2 测验方法

① 水准点设置：为方便使用，在苏咀胜利桥南桥头西侧设水准点“苏咀BM1”，引据国家水准点，按三等水准要求进行接测，取废黄河口基面（冻结基面），测得“苏咀 BM1”高程为 10.796m。在测流断面设水尺“P_1”、“P_2”，其零高分别取用为 4.49m 和 3.60m。

② 水位观测：每次流量测验前后人工观测水位各一次，读数精度记至0.01m。

③ 大断面测量：包括胜利桥和流速仪两处断面（胜利桥断面为比测断面），水下部分断面水深测量采用测深锤测深，每 1m 布设一根测深垂线，每条垂线实测水深 2 次，取平均值，由测时水位推算河底高程；岸上部分的高程，均采用四等水准测量，往返高差不符值均控制在$\pm 20\sqrt{K}$ mm 范围内；起点距采用钢卷尺直接量距法。

④ 流量测验：普通流速仪法测量在胜利桥断面进行，采用多点多线法，按一类站的标准控制测验精度；系统设定：探头高程 3.00m、测速区河底平均高程 1.20m、采样断面间距 84—99m、采样历时 180s、采样间隔 600s。比测计算时流速仪流速取每次桥测法时段的平均值。

3.3 测验时间

2001 年 11 月——2002 年 2 月

3.4 比测资料

由于比测试验时间属枯季非农业灌溉用水期，流域地区用水量较少，主要为航运用水，为保证试验的正常进行，通过上下游工程的控制运用，调节断面的水位流量。实际试验时主要的水情数据是：

水位　4.43—5.48m；

流量　11.8—89.3m^3/s；

断面平均流速　0.042—0.224m/s。

试验获得的主要资料为：

① 苏咀胜利桥实测大断面成果表；

② 苏咀流速仪断面成果表；

③ 苏咀站实测流量成果表。

4. 资料分析

4.1 测验断面水位——面积相关分析

根据断面成果，绘制水位 Z——面积 A 相关图，如附图 1，求得其 Z——A 关系公式为：

$$A=-1.2929Z^3+26.468Z^2-32.549Z+22.797 \quad (1)$$

相关系数 R=0.9999，说明该断面水位——面积关系良好。

4.2 与传统型流速仪测验流速比较

点绘测验的平均流速（V_{SL}）与实测断面平均流速（Vc）流速过程线，如附图 2。从过程线看，V_{SL}、Vc 具有相同的变化规律，趋势完全一致，流速过程稳定，没有系统偏离，说明 V_{SL} 值是真实可信的。

4.3 实测断面平均流速与测验流速率定分析

点绘 V_{SL}——Vc 相关图，见附图 3。计算 V_{SL}——Vc 相关关系式为：

$$Vc_{计}=-0.0158V_{SL}^2+1.3257V_{SL}-2.2915 \quad (2)$$

相关系数 $R^2=0.9928$。

利用公式（2）计算断面平均流速 $Vc_{计}$,与实测断面平均流速 Vc 作相关关系检验。

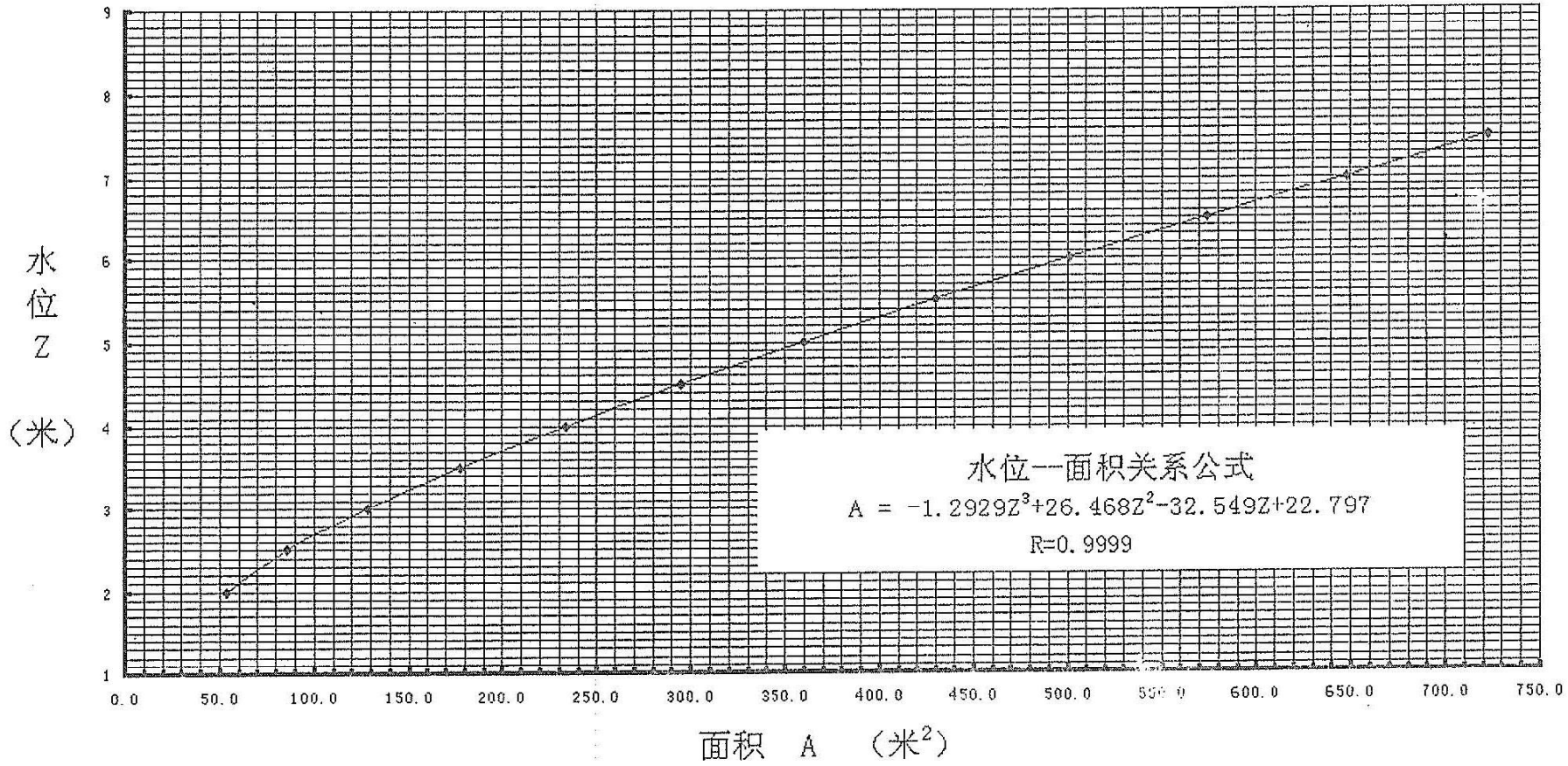
三种检验（符号检验、适线检验和偏离数值检验）结果表明，V_{SL}——Vc 相关关系定线合理。

5. 结论

测验精度较高。用回归法建立的实测流速与传统流速仪测得的断面平均流速关系，相关关系较好。本次比测试验结果表明：由测速，采用 V_{SL}——Vc 相关关系推流，最大相对误差 7.0%，平均误差 0.1%，标准差 4.1%，有 86.4%的测次误差在 5%以内，达到国家一类水文站的精度要求。

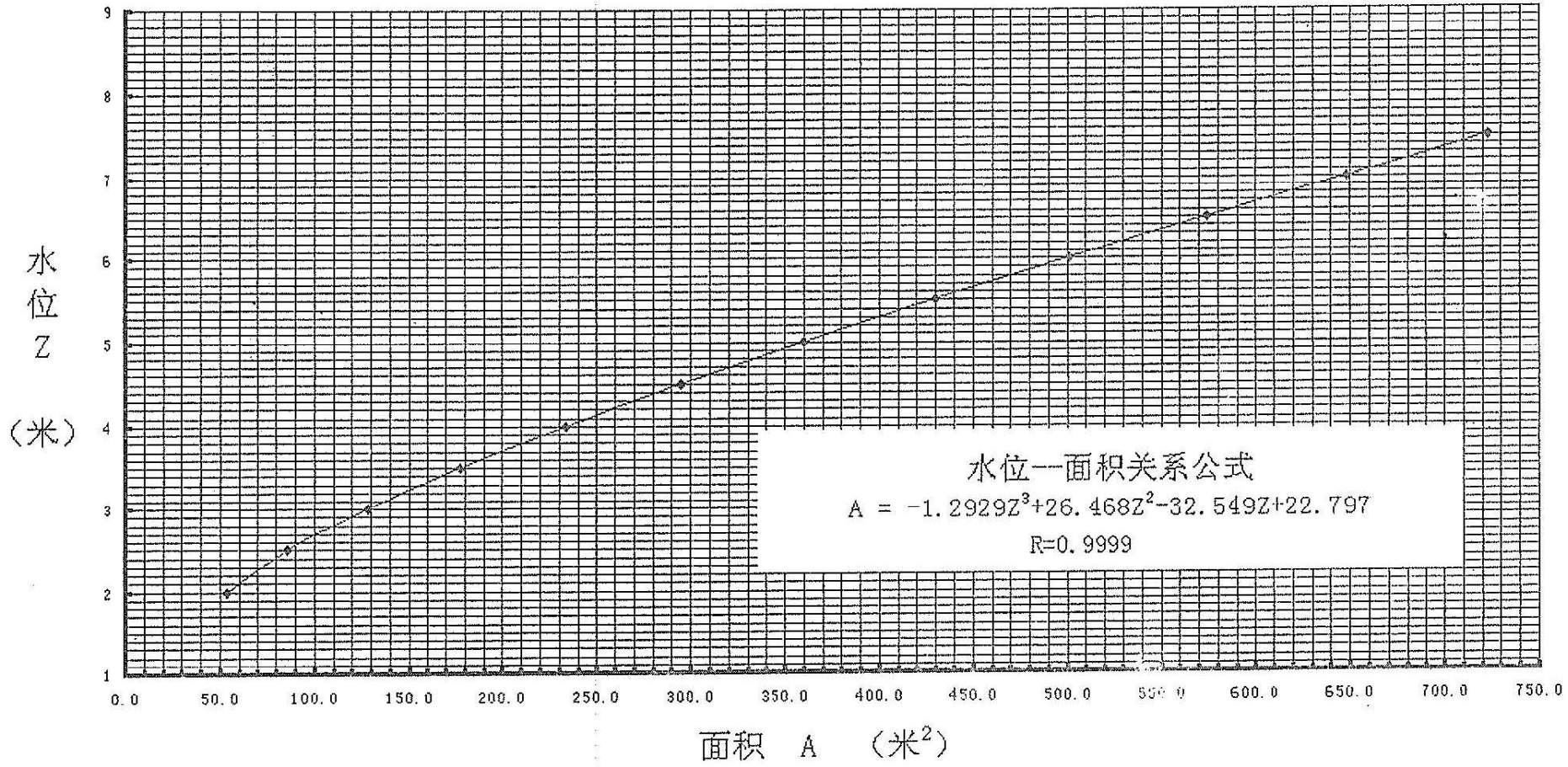
附图1：

SL仪器测验断面Z---A 相关图

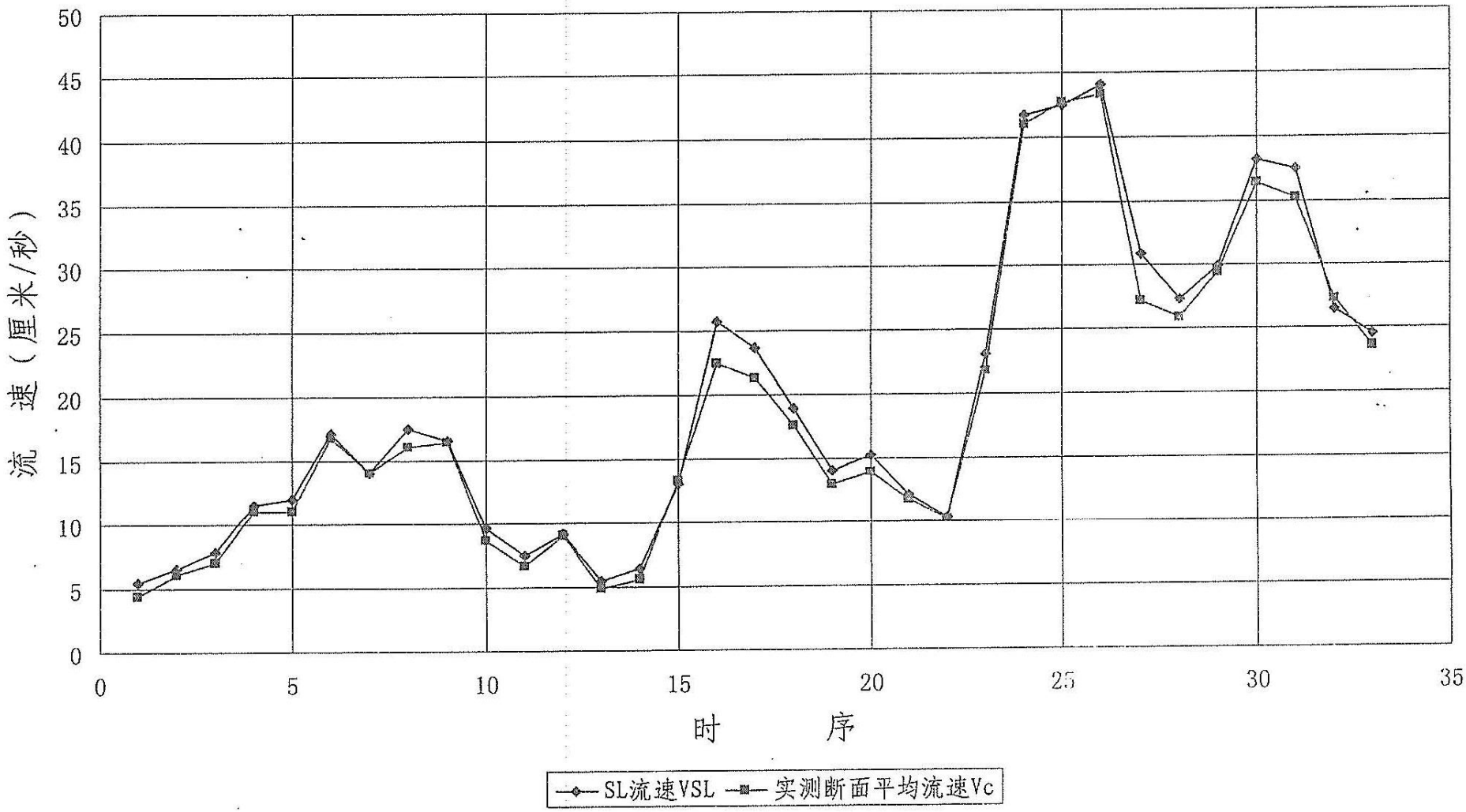


附图1：

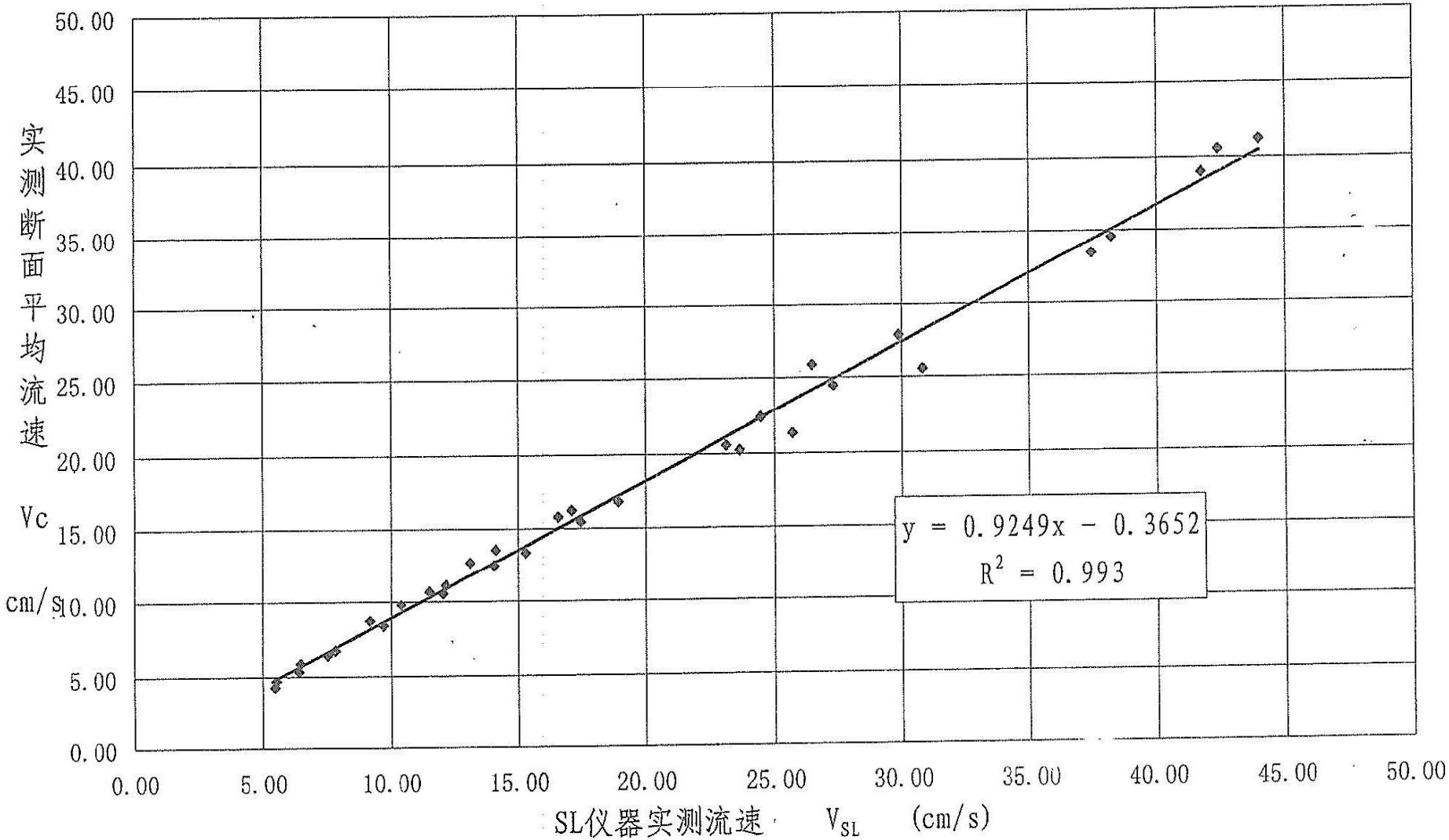
SL仪器测验断面Z---A 相关图



附图2：　　断面平均流速Vc与SL测验流速V_{SL}时序对比图



附图3:　　苏咀站实测断面平均流速与SL测速相关关系线



C.4　江苏段扬州-淮安市界测流断面选择示例

上图所示为江苏金宝航线，是扬州向金湖供水的市际交水断面。渠首为南运西枢纽，该枢纽由一座泄洪闸和一座船闸组成。渠首从大运河引水，利用金宝航道向洪泽湖供水，经调研和现场勘测，从运河至南运西闸间距离 600 米，河道不规整，北面还有一座船闸，流态紊乱，该处水文站多年测量证明，无法利用该水工建筑物实施测流，再加上引水期，船闸过流量也不易测量，所以该枢纽不能采用水工建筑物测流。

在南运西闸向西，河道已经整治，浆砌块石护坡，河道顺直，断面规整。在南运西闸西部 4 公里处，新建宝应湖节制闸一座，两枢纽间无其他口门，设有管理处，具备供电和看护条件，故选择宝应湖节制闸西 500 米处设立测流断面。该处河宽 130m，水深 6 米，选用超声波时差法测流方案。