

中华人民共和国国家标准

河流悬移质泥沙测验规范

GB 50159-92

条文说明

1992 北 京

前 言

根据国家计委计综【1986】250号文的要求，由水利部负责主编，具体由水利部黄河水利委员会水文局会同有关单位共同编制的《河流悬移质泥沙测验规范》GB50159—92，经建设部1992年8月10日以建标【1992】516号文批准发布。

为便于广大水文测验及有关单位人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《河流悬移质泥沙测验规范》编制组根据国家计委关于编制标准、规范条文说明的统一要求，按《河流悬移质泥沙测验规范》的章、节、条的顺序，编制了《河流悬移质泥沙测验规范条文说明》，供国内有关部门和单位参考。在使用中如发现本条文说明有欠妥之处，请将意见函寄水利部黄河水利委员会水文局《河流悬移质泥沙测验规范》国标管理组。

本《条文说明》仅供有关部门和单位执行本规范时使用，不得外传和翻印。

目 录

第一章	总 则	(1)
第二章	悬移质测验仪器的选择 and 操作要求	(3)
第一节	仪器的技术要求	(3)
第二节	不同悬移质测验仪器的适用条件	(4)
第三节	仪器的操作要求	(8)
第三章	悬移质输沙率及颗粒级配测验	(9)
第一节	一般规定	(9)
第二节	悬移质输沙率及颗粒级配分析的测次分布	(10)
第三节	悬移质输沙率的测验方法	(10)
第四节	悬移质输沙率颗粒级配的取样方法	(14)
第五节	相应单样的采取	(16)
第六节	沙质河床用间接法测定全沙输沙率	(16)
第七节	误差来源及控制	(17)
第四章	单样含沙量测验	(19)
第一节	一般规定	(19)
第二节	单样含沙量测验的测次分布	(19)
第三节	单样颗粒级配的测次分布	(19)
第四节	单样含沙量的测验方法	(19)
第五节	单样含沙量的停测和目测	(20)
第六节	误差来源及控制	(21)
第五章	高含沙水流条件下的泥沙测验	(22)
第一节	含沙量及颗粒级配测验	(22)
第二节	流变特性的测定	(22)
第三节	泥石流、浆河、揭河底观测	(23)
第六章	悬移质水样处理	(25)

第一节	一般规定	(25)
第二节	烘干法	(25)
第三节	置换法	(26)
第四节	过滤法	(26)
第五节	误差来源及控制	(27)
第七章	悬移质泥沙测验资料的计算、 检查与分析	(28)
第一节	实测含沙量的计算	(28)
第二节	断面输沙率及断面平均含沙量的计算	(28)
第三节	实测成果的合理性检查	(28)
第四节	简化悬移质输沙率测验方法的分析	(28)
第五节	简化颗粒级配取样方法的分析	(30)
第六节	单样取样位置的 analysis	(30)
第七节	悬移质输沙率及颗粒级配的间测分析	(30)
第八章	悬移质泥沙测验不确定度估算	(32)
第一节	一般规定	(32)
第二节	悬移质泥沙测验误差组成及所需资料的 收集	(32)
第三节	分项不确定度的估算和控制指标	(33)
第四节	总随机不确定度和系统误差估算	(33)

第一章 总 则

第 1·0·3 条 对国家基本泥沙站，根据设站目的要求和重要性不同进行正确的分类和区别要求，是河流泥沙测验的一个首要问题。本条明确地将国家基本泥沙站分为三类，其主要依据是：

一、国家基本泥沙站网是建立在国家基本流量站网基础上的。国家基本泥沙站网的布站原则和分类，与国家基本流量站网是一致的。因此，泥沙站网的分类，应以流量站网的分类为基础。国家基本流量站网，根据设站目的要求和布站原则不同，分为大河控制站、区域代表站和小河站。流域面积大于 $3000\sim 5000\text{km}^2$ 的为大河控制站，按直线原则布站；流域面积小于 $3000\sim 5000\text{km}^2$ 的为区域代表站，按区域原则布站；流域面积小于 $200\sim 500\text{km}^2$ 的为小河站，按分区、分类、分级原则布站。国家基本泥沙站网采用同样的原则进行布站和分类；

二、在站网规划中，对大河控制站的布站密度，要求在干流沿线的任何地点，以内插年输沙量的误差不超过 $10\%\sim 15\%$ 为原则，在条件特别困难的地区，内插的允许误差可放宽到 20% 。对区域代表站的布站密度，要求在分区内任何地点，以内插年输沙模数的误差不超过 $15\%\sim 20\%$ 为原则，在条件特别困难的地区，内插的允许误差可放宽到 25% 。大河控制站与区域代表站的精度要求是不同的；

三、几十年来，我国河流泥沙测验，对大河控制站中的一部分重要控制站，提出了较一般控制站更高的要求，实践证明这是符合客观需要的；

四、国外的泥沙测验（如美国、原苏联等国）也是分类要求

的。

综上所述，在我国泥沙测验规范中应将大河控制站与区域代表站区分开来，将重要控制站与一般控制站区分开来，这就是本规范进行测站分类的基本依据。

第1·0·4条 本条对各类站的测验项目和测验要求，分别作了总的原则规定，作为其他章节分别制定系统的具体规定的依据。其中，关于全沙输沙率测验和颗粒级配测验的规定，是在总结我国泥沙测验和资料应用要求的经验基础上制定的。泥沙测验的目的在于满足资料应用的需要。在国家基本泥沙站网上进行河流泥沙测验，原则上应是全沙测验，观测不同粒径级泥沙的输移和沉积过程。根据我国情况，对河流开发和工程建设影响最大的一类站应要求提供比较完整的河流泥沙资料，对大部分二类站和部分三类站，则要求提供比较完整的悬沙资料，并在测验精度上分别要求，目的是为了使我我国河流泥沙测验能更好地符合国情和实际需要。

第1·0·5条 水文巡测，在我国日益发展，泥沙巡测比流量巡测困难得多，目前经验甚少。本条对实行悬移质泥沙巡测的站，根据不同情况对如何确定悬移质泥沙巡测方案作了原则规定。根据目前条件提出的两种巡测方案，显然，还不能像流量那样可实行无人值守的完全巡测。要做到无人值守有两种途径：一是采用可靠的自动测沙装置；二是研究产、输沙模型或充分利用流量输沙率关系，这是需要研究的一个重要课题。

第1·0·6条 本条对二、三类站的悬移质输沙率及颗粒级配测验关于间测条件的原则规定，显然是指采用单断沙关系和单断颗关系进行测验和资料整编的站。对于不测单沙和单颗的站，采用断沙和断颗过程线法进行测验和资料整编，这种站是否能实行间测，尚待研究。

第二章 悬移质测验仪器的选择和操作要求

第一节 仪器的技术要求

第2·1·1条 本条规定为各种积时式采样器取样性能和不同使用条件下的技术要求。仪器的进口流速系数是评价取样性能的主要参数，其指标系根据我国多年研制仪器和在长江、黄河进行多种仪器比测的实践经验确定的。当流速和含沙量超出规定范围时，仪器的进口流速系数如何要求，应由试验确定。

第2·1·3条 不同类型的现场测沙仪，其工作原理是不同的。如国内应用的同位素测沙仪和振动式测沙仪；

一、同位素测沙仪，系根据核物理学的散射效应原理，建立含沙量与放射源散射强度之间的半理论半经验公式：

$$I = K_1 C_s^h \cdot e^{K_2}$$

式中 I ——散射强度；

C_s ——含沙量；

K_1 、 h 、 K_2 ——经验常数。

通过仪器测量河水中某一测点的放射源散射强度，即可由关系曲线求得或数码管显示含沙量；

二、振动式测沙仪，系根据振动学原理，当水流通过两端固定的金属空管时，管子的谐振频率与管内水流的含沙量之间有如下近似关系：

$$C_s = K(T_n - T_0)$$

式中 K ——由传感器的机械结构、振动管材料及清、浑水

密度等因素决定的系数，由率定确定；

T_n ——含沙水流通过振动管时管子的振动周期；

T_0 ——清水水流通过振动管时管子的振动周期。

通过仪器测量河水中某一测点的水流通过振动管子时管子的振动周期，并根据测量时的水温查取清水振动周期；经数字电路处理，即可显示出含沙量。

本条的第一款，规定了此类仪器间接测定含沙量的稳定可靠性技术要求。第二款规定了在施测低含沙量时与积时式采样器比测的精度要求。这些内容，是在总结经验基础上提出来的，是必要的。“施测低含沙量”，系指仪器适用于测沙范围中靠近最小含沙量的附近，也就是相对误差最大的部分。进口流速系数符合要求的积时式采样器，可以作为比测的校核仪器。瞬时式采样器不能作为校核仪器。比测主要是检验现场测沙仪的率定误差和比较两种仪器的随机不确定度。

第二节 不同悬移质测验仪器的适用条件

第 2·2·1 条 我国目前使用的悬移质测验仪器主要有：调压积时式采样器，皮囊积时式采样器，横式采样器，普通瓶式采样器和同位素测沙仪等几种。根据不同河流的水沙特性、设备条件和精度要求等情况，选用性能较好的仪器，更换或限制性能较差的仪器，是提高泥沙测验质量的一个重要方面。

第 2·2·2 条 调压积时式采样器，设置调压系统，有开关控制，主要由头仓、铅鱼体、调压仓、水样仓、排气管、控制仓和尾翼等部分组成。调压系统包括调压孔、调压仓、水样仓和排气管。

在取样前，调压孔进水，压缩调压仓内空气经连通管至水样仓，使水样仓内的空气压力与器外静水压力平衡。当用控制系统打开进水管开关取样时，排气管开始排气，使水样仓内气压接近于排气管口的压力（静水压力和动水负压之和），使进口流速与

天然流速一致。调压历时与调压孔的大小有关，一般为 5s。适用于选点法和各种混合法取样，可用于缆道测沙。

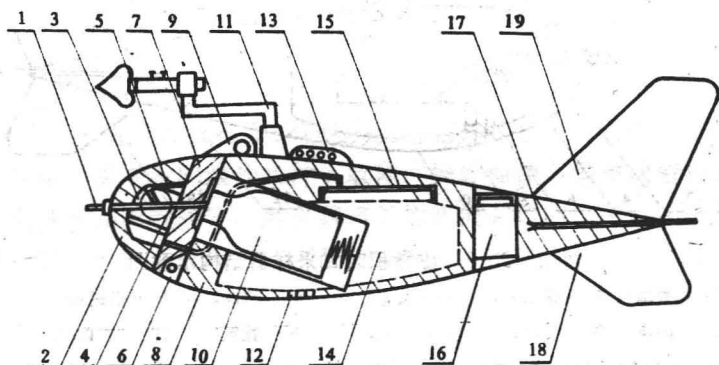


图 2·2·2 调压积时式采样器结构示意图

- 1—管嘴； 2—头舱； 3—电磁阀； 4—进水管； 5—排气管；
 6—铰链； 7—侧座； 8—鱼身； 9—挂钩； 10—取样瓶；
 11—悬杆； 12—调压孔； 13—挂板； 14—调压仓； 15—调压管；
 16—控制仓； 17—横尾翼； 18—下纵尾翼； 19—上纵尾翼

第 2·2·3 条 皮囊积时式采样器，系借助皮囊容器的柔性以传导和调整仪器内压力与仪器外静水压力使其平衡，不另设调压系统。主要由取水系统和铅鱼体壳两大部分组成。取水系统包括管嘴、进水管、电磁开关和皮囊。铅鱼体壳侧面设有弧形活门和若干进水小孔。取样前，将皮囊内空气排出，仪器入水后，铅鱼空腹进水，皮囊始终保持内外压力平衡。当打开进水开关取样时，借助管嘴的锥度及铅鱼体的进水小孔传递负压的作用，使进口流速与天然流速保持一致。具有结构简单和瞬时调压的特点，能适于高流速、大含沙量和不同水深条件下积深法、选点法和各种混合法取样。

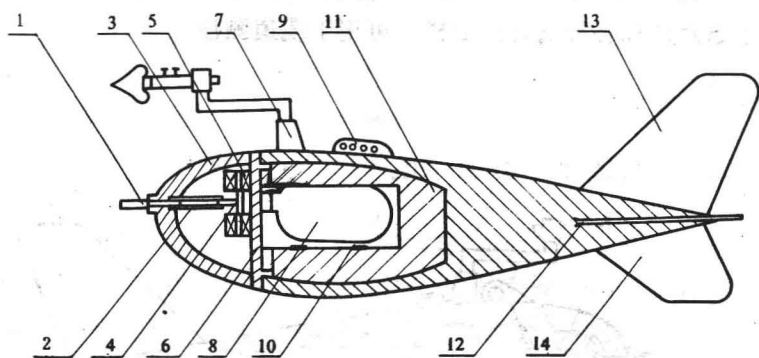


图 2·2·3 皮囊积时式采样器结构示意图

- 1—管嘴； 2—进水管； 3—头仓； 4—滑阀； 5—电磁铁；
 6—阀座； 7—悬杆； 8—皮囊； 9—挂板； 10—皮囊门；
 11—配重； 12—横尾翼； 13—上纵尾翼； 14—下纵尾翼

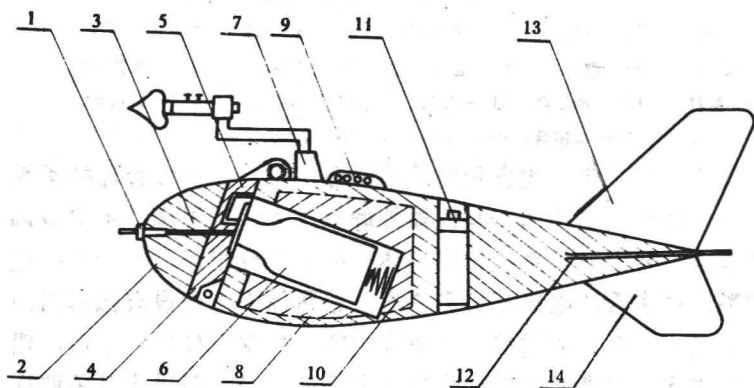


图 2·2·4 瓶式采样器结构示意图

- 1—管嘴； 2—头仓； 3—进水管； 4—阀座； 5—排气管；
 6—采样瓶； 7—悬杆； 8—鱼身； 9—挂板； 10—配重；
 11—信号源； 12—横尾翼； 13—上纵尾翼； 14—下纵尾翼

第 2·2·4 条 普通瓶式采样器，是利用进水管与排气管出口的高差来调整仪器的内外压力和进口流速，调压作用有限，无开关装置，不能取单点水样。瓶子容积为 500~3000ml，装于铅鱼体壳内或悬杆上，水深小于 2m 时宜水平装置。

该仪器仅适用于水深为 1.0~5.0m 双程积深和手工操作取样。

第 2·2·5 条 横式采样器为瞬时型，容积为 500~3000ml，开关形式有拉索、锤击和电磁吸闭三种。主要优点是结构简单，能在不同水沙条件下取样，操作简便，但单次取样成果受泥沙脉动影响较大，且受器盖干扰水流和口门击闭影响，易使测验成果产生系统误差，不便于缆道测沙使用。精度要求较高时，不宜使用横式采样器。

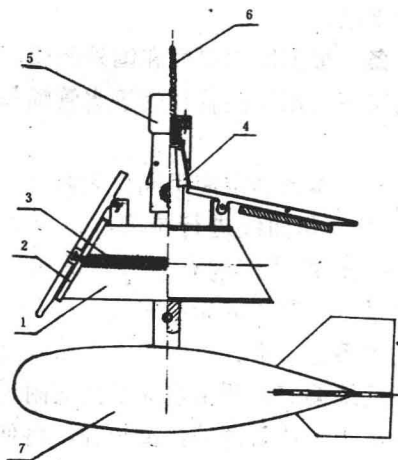


图 2·2·5 横式采样器结构示意图

- 1—水筒； 2—筒盖； 3—弹簧； 4—控制开关的撑爪； 5—铁锤；
6—钢索； 7—铅鱼

第 2·2·6 条 同位素测沙仪，主要由铅鱼、探头和晶体管自动计数装置等组成。应用时，将探头装入铅鱼腹中，放至测点

位置，接通电源，即可测出该测点含沙量，具有快速和不取水样的优点。目前使用的同位素测沙仪，适用于含沙量大于 20 kg/m^3 时选点法测沙。

第三节 仪器的操作要求

第 2·3·2 条 用积深法取样，如操作不严密，误差较大。本条规定：积深取样，应等速投放，投放速度不能太快，根据试验研究，对投放速度作了限制性规定。规定积深法的适用水深，一类站不作漏沙改正时一般要求不小于 2.0m，是为了控制系统误差。第四、五款，是针对泥沙测验和试验研究中发现的问题而作的规定。

第 2·3·3 条 根据过去的实践经验及经常出现的问题，规定了横式采样器使用悬杆操作的水深范围，使用锤击开关和倒水样时必须注意的事项。

第 2·3·4 条 根据国内研究和国外经验，对普通瓶式采样器在不同流速情况下选用不同管径的进水管嘴和排气管嘴作了具体规定。

第 2·3·5 条 本条规定使用同位素测沙仪时，应精确率定工作曲线和定期对工作曲线进行校测，是保证测验精度所必需的。精确率定的工作曲线，应有足够数量和分布均匀的关系点子，并可通过关系点绘制成的光滑曲线。校测工作曲线规定要用前后两次校测的关系点子来分析确定工作曲线是否变动，以确定原工作曲线是否系统偏离。测量水面及河底附近含沙量时，如探头距水面河底距离小于放射源的探测半径，将使测得成果产生很大误差。

第三章 悬移质输沙率及颗粒级配测验

第一节 一般规定

第3·1·1条 测定断面平均含沙量的方法可以有多种，但都必须符合部分流量加权原理。可用以下基本公式加以说明：

$$\bar{C}_s = \frac{\sum_{i=1}^n C_{smi} \cdot q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}$$

式中 \bar{C}_s ——断面平均含沙量(kg/m³)；

C_{smi} ——第*i*部分平均含沙量(kg/m³)；

q_i ——第*i*部分流量(m³/s)。

测定断面平均含沙量，可以根据上式原理设计出各种简化的取样方法，各种简化方法都应用上式进行原理性检验，凡不符合上式原理的不能作为断沙测验方法。

第3·1·2条 悬移质输沙率测验，当采用浮标法测流或采用全断面混合法测输沙率时，在测沙垂线上只取水样，不测流速。但同样应观测水位、水面比降、垂线起点距和水深。

第3·1·3条 测定悬移质断面平均颗粒级配的取样方法可以有多种，但都必须符合部分输沙率加权原理，可用以下基本公式加以说明：

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_{smj} \cdot q_{si}}{\sum_{i=1}^n q_{si}}$$

式中 \bar{P}_j ——断面平均小于某粒径沙重百分数(%)；

q_{si} ——第 i 部分输沙率(kg/s, t/s);

P_{smi} ——第 i 部分平均小于某粒径沙重百分数(%)。

测定断面平均颗粒级配, 可以根据上式原理设计出各种简化的取样方法, 各种简化取样方法, 都应用上式进行原理性检验, 凡不完全符合本式原理的不能作为断颗取样方法。符合断沙测验原理的简化方法, 一般能同时符合断颗测验原理。

第二节 悬移质输沙率及颗粒级配分析的测次分布

第 3·2·1 条 悬移质输沙率测次分布, 根据测站水沙特性和资料整编方法不同, 分别作出规定, 比只按单断沙关系一种情况确定测次分布, 更切合实际。现在已有一些测站, 尤其是缆道测沙站, 采用全断面混合法测输沙率, 不测单沙不用单断沙关系, 采用断沙过程线法整编泥沙资料, 可提高成果质量。

第 3·2·3 条 悬移质输沙率颗粒级配测次分布, 根据泥沙颗粒分析资料的整编方法不同, 采用不同的测次分布, 规定了用断颗过程线法的测次分布要求, 符合已有一些测站不用单断颗关系的实际情况, 有利于改进颗分取样和资料整编方法。

第三节 悬移质输沙率的测验方法

第 3·3·1 条 在悬移质输沙率测验方法和称谓中, 将“积点法”定名为“选点法”(包括一点法、二点法、三点法、五点法和六点法等); 将按一定容积比例取样的“定比混合法”和按取样历时比例取样的“垂线混合法”合并统称为“垂线混合法”, 在本规范规定的悬移质输沙率测验方法中, 按在垂线或在断面上的测量特点不同, 分为: 选点法、积深法、垂线混合法和全断面混合法四类。作这样规定, 更简明、确切。

第 3·3·2 条 测沙垂线布设方法和测沙垂线数目, 在未经试验分析前所作的规定说明如下:

一、单宽输沙率转折点布线法, 原则上适用于需要同时实测

流量的各种输沙率测验方法。对稳定河床，可采用固定垂线，变动河床可采用变动垂线，在水深、流速和含沙量发生转折变化处，均应布设测沙垂线，这一方法的主要优点是，可以用较少的测沙垂线，获得较高的测验精度。经试验分析后，还可采用其它布线方法。

二、测沙垂线数目，明确规定在未经试验资料分析前，不同类型的测站，可以采用的最少垂线数目，这是根据试验资料分析和不同精度要求作出的。经试验分析后，应采用试验分析确定的垂线数目。

第 3·3·3 条 垂线取样方法，包括选点法、积深法和垂线混合法三类。

一、选点法，根据需要，可以选用一点法、二点法、三点法、五点法或六点法，在一次测验中，不能因水深或仪器悬挂方式不同而采用几种垂线取样方法，这样可使各垂线的测验精度一致；

二、积深法，是一种原理正确、测量简便的方法，只要仪器设备符合要求，按技术规定操作，可以保证测验精度，故本规范明确规定积深法是日常输沙率测验四类方法之一；

三、在垂线混合法中，对过去使用较广的 2:1:1 或 1:1 容积比垂线混合法，根据试验资料分析，一般系统误差较大，因此规定采用此种垂线混合法应通过试验资料分析确定。

第 3·3·4 条 等部分水面宽全断面混合法，符合部分流量加权原理。该法系按等部分水面宽中心布线，每条垂线用同一投放速度积深取样，进水管嘴不变。将水样混合处理，即得断面平均含沙量。因为：

$$\bar{C}_s = \frac{b(q_{s1} + q_{s2} + \dots + q_{sn})}{b(q_1 + q_2 + \dots + q_n)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{b \cdot u \cdot a \sum_0^l C_s \cdot K_v V dt}{b \cdot u \cdot a \sum_0^l K_v V dt} \\
 &= \frac{\bar{W}_s}{\bar{V}}
 \end{aligned}$$

式中 b ——等部分水面宽；

q_{s1} 、 q_{s2} …… q_{sn} ——某取样垂线单宽输沙率；

q_1 、 q_2 …… q_n ——相应于某取样垂线的单宽流量；

u ——积深取样器的提放速度，各垂线不变；

a ——进水管嘴截面积，全断面不变；

K_v ——采样器的进口流速系数；

C_s 、 V ——分别为垂线上任意点的含沙量及流速；

\bar{W} 、 \bar{V} ——分别为总沙重和容积。

第 3·3·5 条 等部分面积全断面混合法，系按等部分面积中心布线，在每条垂线上用同一选点法取样，每条垂线取样历时相等，进水管嘴不变，水样混合处理，即得断面平均含沙量。因为：

$$\begin{aligned}
 \bar{C}_s = \frac{Q_s}{Q} &= \frac{F \frac{V_1}{at} \cdot \frac{W_{s1}}{V_1} + F \frac{V_2}{at} \cdot \frac{W_{s2}}{V_2} + \dots + F \frac{V_n}{at} \cdot \frac{W_{sn}}{V_n}}{F \frac{V_1}{at} + F \frac{V_2}{at} + \dots + F \frac{V_n}{at}} \\
 &= \frac{W_{s1} + W_{s2} + \dots + W_{sn}}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} \\
 &= \frac{\bar{W}_s}{\bar{V}}
 \end{aligned}$$

式中 F ——等部分面积，其它符号意义同前。

当部分面积不相等时，应按部分面积的权重系数（即部分面积与总面积的比值）来分配各垂线的取样历时，各垂线按分配的取样历时，再由采用的某种垂线混合法，确定各测点的取样历时，全断面取得水样混合处理，即得断面平均含沙量。因为：

$$\begin{aligned}\bar{C}_s &= \frac{Q_s}{Q} = \frac{q_1 \cdot C_{sm1} + q_2 \cdot C_{sm2} + \dots + q_n C_{smn}}{q_1 + q_2 + \dots + q_n} \\ &= \frac{a_1 \frac{V_1}{t_1 a} \cdot \frac{W_{s1}}{V_1} + a_2 \frac{V_2}{t_2 a} \cdot \frac{W_{s2}}{V_2} + \dots + a_n \frac{V_n}{t_n a} \cdot \frac{W_{sn}}{V_n}}{a_1 \frac{V_1}{t_1 a} + a_2 \frac{V_2}{t_2 a} + \dots + a_n \frac{V_n}{t_n a}}\end{aligned}$$

已知 $t_1 = \frac{a_1}{A} T$, $t_2 = \frac{a_2}{A} T$, \dots , $t_n = \frac{a_n}{A} T$, 代入上式并

整理得:

$$\begin{aligned}\bar{C}_s &= \frac{W_{s1} + W_{s2} + \dots + W_{sn}}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} \\ &= \frac{\bar{W}_s}{V}\end{aligned}$$

式中 a_1, a_2, \dots, a_n ——各部分面积;

V_1, V_2, \dots, V_n ——各垂线取样容积;

t_1, t_2, \dots, t_n ——各垂线取样历时;

A ——断面面积。

其它符号意义同前。

第3·3·6条 等部分流量全断面混合法, 系按等部分流量中心布线, 每条垂线取样容积相等, 然后将水样混合处理, 其含沙量即为断面平均含沙量。因为:

$$\begin{aligned}\bar{C}_s &= \frac{Q_s}{Q} = \frac{q \cdot C_{sm1} + q \cdot C_{sm2} + \dots + q \cdot C_{smn}}{nq} \\ &= \frac{C_{sm1} + C_{sm2} + \dots + C_{smn}}{n} \\ &= \frac{\frac{W_{s1}}{V} + \frac{W_{s2}}{V} + \dots + \frac{W_{sn}}{V}}{n}\end{aligned}$$