

长江流域规划办公室水文处主编

水文缆道

水利电力出版社



水 文 缆 道

长江流域规划办公室水文处主编

水利电力出版社

内 容 提 要

水文缆道是我国广大水文职工,为实现水文测验工作的缆道化、机械化、自动化而创造的一项重要技术装备。本书系统总结缆道建设中的技术经验,内容包括:缆道布设、动力设备、缆道绞车,新技术(电子技术,同位素技术等)等应用于测沙、测深,测速等。

本书可供水文测验的工人、技术人员及有关院校师生参考。

水 文 缆 道

长江流域规划办公室水文处主编

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

1978年10月北京第一版

1978年10月北京第一次印刷

印数 00001—6410 册 每册 2.15 元

书号 15143·3368

限 国 内 发 行

前 言

水文是水利的尖兵，水文测验是水文工作的基础。水文缆道是我国水文测站进行测流、取沙的一项重要技术装备。经过广大水文职工多年来的不断实践和革新创造，已日益显示出它的巨大优越性，这种优越性在高洪水时期的水文测验中表现得尤为显著。为了适应社会主义革命和社会主义建设发展的形势，尽快实现我国测流、取沙缆道化的需要，根据水利电力部水利司的指示，由长江流域规划办公室水文处主持会同四川、浙江、河南、辽宁等省水文总站编写了《水文缆道》一书供基层测站的同志在实现测流、取沙缆道化工作中参考。

早在1956年，为了解决高流速测验问题，在嘉陵江上的北碚水文站兴建了我国第一座电动水文缆道，此后，在四川、浙江等省的水文站上相继兴建了不同形式的水文缆道。但是，水文缆道测验中的测深、取沙等薄弱环节没有得到很好解决，影响了它的发展。在无产阶级文化大革命中，广大水文职工坚持“独立自主，自力更生”的方针，大搞技术革新，基本解决了水文缆道中的测沙问题，在高速测深方面取得了良好的进展，在应用电子技术实现水文缆道自动化方面也取得了不少成果，从而加快了水文缆道建设的步伐，迅速改变我国水文测验技术落后的面貌，同时也积累了比较丰富的经验。

遵照伟大领袖和导师毛主席“实践、认识、再实践、再认识”的教导。本书在深入测站调查研究的基础上较系统地总结了我国在水文缆道建设中的技术经验，提出了水文缆道建设中主要项目、部件、设施的设计和计算方法；简要地介绍了测验方法；同时也列举了一些目前虽还不够成熟但有发展前途的新技术供各地参考。必须指出，当前缆道测验中的关键问题仍然是取沙及高速测深，仍需要继续努力在今后实践中不断总结、改进、提高，为进一步实现水文缆道的自动化创造条件。另外在水文缆道的防雷问题上由于经验不多，没有深入的研究，本书介绍的方法要注意结合实际情况参考使用。

由于我们水平所限，加之对全国的情况掌握不够，本书在反映我国水文缆道建设的成就和水平方面可能还不全面，还会存在一些缺点和错误，恳请读者批评指出。

在本书编写过程中得到了全国各兄弟水文部门和有关单位的大力支持和帮助，特表示感谢。

长江流域规划办公室水文处

1977年1月

目 录

前 言

第一部分 缆道布设型式

第一章 概 述	1
第一节 缆道型式的类别、名称	1
第二节 操作室位置和牵引索走线方式	2
第三节 独轮缆道	2
第四节 多跨缆道	3
第五节 副索拉偏	3
第二章 闭口式游轮缆道布设型式	4
第一节 基本型式及其适用性	4
第二节 用滑轮组减速和省力的布设型式	4
第三节 用平衡锤省力的几种布设型式	5
第三章 开口式游轮缆道布设型式	7
第一节 基本型式及其适用性	7
第二节 用滑轮组减速和省力的布设型式	7
第三节 用平衡锤省力的几种布设型式	8
第四章 开口式游轮缆道的演变	10
第一节 双动式缆道	10
第二节 单刹型独轮缆道	11
第三节 双刹型独轮缆道	12
第四节 考虑铅鱼升降减速的独轮缆道	14
第五章 多跨缆道的布设型式	15
第一节 牵引索的布设型式	15
第二节 中间支柱(架)、索鞍的结构型式	16
第三节 运载行车的构造型式	19
第六章 副索拉偏的布设型式及有关问题	21
第一节 副索拉偏的布设型式	21
第二节 副索位置合理性的分析	24
第三节 拉偏条件下适用的铅鱼重量	26

第二部分 索、柱(架)、锚设计

第七章 一般要求	30
第一节 勘查工作	30

第二节	设计标准	30
第三节	设计方法、安全系数、容许应力	31
第八章	承载索的设计	32
第一节	设计原则和常用符号	32
第二节	荷载计算	33
第三节	单跨承载索拉力、垂度的计算	34
第四节	多跨主索拉力、垂度的计算	36
第五节	有关主索设计的问题	38
第九章	牵引索的设计	41
第一节	设计原则和常用符号	41
第二节	闭口式游轮索道牵引索的计算	42
第三节	开口式游轮索道牵引索的计算	43
第四节	转向滑轮阻力的计算	46
第五节	运载行车阻力的计算	46
第六节	驱动轮附着力的验算	47
第十章	单层拉线支柱(架)的设计	48
第一节	设计原则和常用符号	48
第二节	荷载计算	49
第三节	拉线设计	50
第四节	钢筋混凝土环形截面支柱的设计	52
第五节	槽钢组合支柱的设计	56
第十一章	多层拉线桅式杆、塔设计	65
第一节	设计原则和常用符号	65
第二节	荷载计算	66
第三节	拉线的设计	70
第四节	桅杆截面、长细比的设计	76
第五节	按弹性支座连续梁计算桅杆的内力	79
第六节	桅杆的强度、稳定性计算	85
第七节	桅杆顶部和脚部的设计	91
第十二章	基础、锚碇的设计	94
第一节	设计原则和常用符号	94
第二节	绞车机座基础的设计	94
第三节	固接支柱基础的设计	96
第四节	铰接支柱基础的设计	97
第五节	钢筋混凝土桩锚的设计	98
第六节	钢筋混凝土板锚的设计	99
第七节	混凝土方块锚设计	101
第八节	锚杆、锚栓的设计	104
第九节	基础、锚碇工程常用数据	105
第十三章	支柱(杆、塔)起吊的设计	107

第一节	设计原则和常用符号	107
第二节	扒杆起吊的型式和设计步骤	108
第三节	被吊支柱杆身内力的分析计算	109
第四节	扒杆、吊索、绞索起吊各力的计算	116
第五节	扒杆应力、绳索安全系数的验算	119
第六节	被吊杆身抗弯应力的验算	120
第十四章	水文缆道的防雷	120
第一节	概述	120
第二节	防雷设施	122
第三节	导泄雷电流的接地装置	126

第三部分 动力设备和缆道绞车

第十五章	动力设备	137
第一节	动力类型	137
第二节	电动机、柴油机功率的选择	137
第三节	自激异步发电机	139
第十六章	缆道绞车	141
第一节	手摇绞车	141
第二节	机动绞车	142
第三节	电动绞车	144
第四节	缆道绞车主要部件的设计	151
第十七章	电动绞车调速	178
第一节	多速电动机及电磁离合器	178
第二节	可控硅无级调速	179
第十八章	绞车制动	187
第一节	机械制动器	187
第二节	能耗制动和电容制动器	188

第四部分 缆道测流

第十九章	缆道起点距、水深测量	192
第一节	起点距测量	192
第二节	水深测量	200
第二十章	流速测量	211
第一节	缆道测速对铅鱼的要求	211
第二节	测点深的改正方法	213
第三节	流速仪讯号接收与计数	214
第四节	水下讯号发送及接收的处理方法	221

第五部分 缆道测沙

第二十一章 调压积时式悬沙采样器	233
第一节 调压积时式采样器结构型式	233
第二节 调压积时式悬沙采样器设计原理	246
第三节 调压积时式缆道采样器取样测验方法	267
第二十二章 横式采样器	269
第一节 联动锤击式泥沙连续采样装置	269
第二节 仪控锤击式单沙采样器	274
第三节 电控磁铁式单沙采样器	275

第六部分 新技术的应用

第二十三章 SB-I型超声测深仪	278
第一节 概述	278
第二节 工作原理	280
第三节 仪器的安装与应用	288
第二十四章 同位素测沙仪	289
第一节 SDS-1型同位素测沙仪	289
第二节 FH-422型同位素测沙仪	297
第二十五章 SDL-1型直读式流速仪	305
第一节 SDL-1型直读式流速仪的逻辑综合方法	306
第二节 SDL-1型直读式流速仪单元电路分析	312
第二十六章 SCK-73型缆道测流、取沙、投浮综合控制仪	328
第一节 SCK-73型仪器的逻辑综合方法	329
第二节 单元电路分析	345
第三节 各种信号的传递与产生	354
第二十七章 HSW-2型水文缆道自动测潮流量控制仪	358
第一节 HSW-2型测潮流量自控仪的设计要求	358
第二节 HSW-2型测潮流量自控仪的逻辑综合方法	361
第二十八章 参考线路	386
第一节 LC-1型流速测定仪	386
第二节 SCK736-II型水文缆道测流控制仪	393
第三节 73-II型水文缆道自动测流仪	398
第四节 ZJ-1型晶体管流量计算装置	413
第五节 缆道测流机电程序控制装置	420
参考文献	427

第一部分 缆道布设型式

第一章 概 述

水文缆道是我国水文测站进行测流、取沙的一项重要技术装备，是由承载索（主索）、牵引索（循环索、起重索）、支柱（架）、拉线、地锚、转（导）向滑轮、运载行车、悬吊铅鱼（仪器）、驱动绞车、信号仪表装置、防雷设施、操作室（机房）等组合构成。它的建设必须根据党的建设社会主义总路线精神，做到准确可靠、经济合理、方便适用。所谓准确可靠就是要求测验成果（包括测速、测深和取沙）质量较好，粘度较高，设备牢固，工作可靠，特别是要能在高洪水条件下正常工作。所谓经济合理就是要求造价低，经常性运转和维修费用省，设计要有科学根据，安全系数选用合理，用材适当，缆道的布设和结构型式科学合理。所谓方便适用要求操作简便、维修容易，测验仪表观读方便。

缆道的总体布置即布设型式，关系到缆道能否准确可靠、经济合理、方便适用。现在各地创造了很多新的经验；缆道的型式也是多种多样，犹如百花齐放，布设在伟大祖国的各条江河上。各个水文测站的自然环境不同，应用的缆道型式也不会完全一样，只要本着因地制宜的原则，根据本站的地形、水位变幅、流速大小以及动力来源等方面去选型，就能取得预期的效果。

第一节 缆道型式的类别、名称

缆道型式，以横过河槽的跨度分，有单跨和多跨两大类型；以操纵方式分，有一般的和自动化两种类别；按驱动情况可分成人力缆道和机（电）动缆道；按悬吊部件特征，可分成悬索缆道和悬杆缆道。

测站水深变幅小者，宜采用悬杆缆道；测站水深变幅大者，宜采用悬索缆道；洪枯水深变化悬殊的地方，则应二者结合。悬索缆道上也可使用悬杆施测。

水文缆道的型式和名称，习惯上以牵引索是否在行车上形成封口来区分。封闭者称“闭口式”，非封闭者称“开口式”。为了省力和节约牵引钢绳，目前采用的是闭口式游轮缆道和开口式游轮缆道。闭口式的游轮跟随行车运动，开口式游轮只在支柱（架）附近运动；两种游轮缆道均可用“平衡锤”以求省力，也可结合本站水深对仪器（铅鱼）升降速度的需要，在绞车之外采取“滑轮组”来达到省力和减速的目的。

单跨缆道，按闭口或开口的游轮缆道型式布设均可；多跨缆道，则以采用开口游轮的布设型式为宜。由于闭口游轮缆道的运用要受客观条件限制，广泛使用的是开口游轮加平衡锤的布设型式。

第二节 操作室位置和牵引索走线方式

索道操作室（机房）的位置，应选择视界比较开阔，便于监视河中飘浮物的来路和行车的运动。

牵引索（循环、起重）从支柱（架）到操作室（机房）这一段距离内的走线方式，计有：

（1）从支柱（架）顶部转向，直接斜穿引进室内上绞车。

（2）从支柱（架）顶部转向，至支柱（架）脚部再转向，由地面特设暗沟引入室内上绞车。

（3）从支柱（架）顶部转向至腰间再转向，水平地引入室内上绞车。

（4）从支柱（架）顶部转向至操作室（机房）屋顶再转向，垂直地引进室内上绞车。

上述四种走线方式中，第（1）种最简便，除绞车机座需有一定的抗拔能力外，加强相应一方（支柱、架）的拉线地锚即可。第（2）种也较好，它有利于水文缆道的防雷。第（3）、（4）两种适用于操作室（机房）设在主索跨下、绞车安在楼上的测站，对于检修行车比较方便，但建筑标准要求较高。走线方式要从经济、安全、适用等方面作全面考虑，参照采用。

第三节 独 轮 缆 道

以前，各式水文缆道都需用双轮绞车驱动，即一个轮子循环、一个轮子起重，两个轮子之间设置离合器，否则需安两只动力机分别驱动绞车进行循环和起重。

现在，四川省石柱水文站和宁夏固原水文站的“电动独轮缆道”，先后创建成功。他们用一台“独轮绞车”一只动力机驱动，配合一个电磁制动器对1~2个特定的转向滑轮一刹、一放，即能完成与双轮绞车相同的任务。

独轮缆道与双轮绞车驱动比较，具有机构简化、建设投资节省、加工维修简易等优点。已建成的独轮缆道，其基本情况可参阅表1-1。

表 1-1 独 轮 缆 道 情 况 调 查 表

地 区	站 名	建 成 投产时间 (年.月)	架设跨度 L (米)	运载铅鱼重 P (公斤)	刹 轮	动 力	操 作 情 况 (摘要)
四川	石柱水文站	1973.5	220	200	单	电动	操作室和机房分开，电控操纵，机器旁无须用人。手动费力。使用效果较好
四川	五通桥水文站	1973.12	540	250	双	电动	操作室和机房在一起，须专人操纵机器。手动较轻便。使用效果良好
宁夏	固原水文站	1975.5	135	载人吊箱	双	电动	操作室和机房可分开，电控操纵，机器旁无须用人。手动较轻便。使用效果良好
四川	鸣玉水文站	1975.9	135	100	单	电动	操作室和机房可分开，电控操纵，机器旁无须用人，可以手动。使用效果良好

独轮缆道离不开平衡锤，控制循环、起重动作的“刹轮”则是它的关键。一控双刹的类型最好。

第四节 多 跨 缆 道

水文缆道，通常是在单一河槽的测站中使用。它能否在多槽分流的平原河道上建立和运用，过去还没有先例。

“世上无难事，只要肯登攀。”我国第一座横跨几道河槽，采用岸上电力牵引、室内操纵的长距多跨水文缆道，通过科学实验，于1972年在江苏省徐州地区的邳县运河水文站创建成功。

运河站的多跨缆道，总跨度为1225米，中间为连续四跨。它突破了常规，采用新的结构型式，建成使用几年以来效果良好。运河站的实践丰富了缆道建设的技术经验，对平原河流下游河道“分岔、多槽”的测站实现测流、取沙缆道化，有重要的现实意义。已成的多跨缆道，其基本情况可参阅表1-2。

表 1-2 多 跨 缆 道 情 况 调 查 表

地 区	站 名	建成时间 (年)	跨 度			支 架 (柱)		主索直径 (毫米)	牵引索直径 (毫米)	缆道布设型式	吊载铅鱼重量 (公斤)	使用动力	备 注
			全跨长 (米)	跨数	最大单跨长 (米)	高度 (米)	结构形式 (说明)						
徐州	邳县	1972	1225	4	268	15	带拉线的环形截面水泥电杆支柱	12	3	开口游轮式加平衡锤	50	电动	主索索鞍为固定可滑支座
徐州	塘上	1975	1010	5	270	18	带拉线的环形截面水泥电杆支柱	12	3	开口游轮式加平衡锤	100	电动	主索索鞍为固定可滑支座
徐州	邵店	1975	906	6	270	15	带拉线的环形截面水泥电杆支柱	12	3	开口游轮式加平衡锤	100	手动	主索索鞍为固定可滑支座
辽阳	唐马寨	1975	1075	4	300	16	自立式角钢支架	15.5	5	开口游轮式加平衡锤	200	电动	主索索鞍为固定可滑支座

注 跨数中不包括两岸的边跨。

第五节 副 索 拉 偏

缆道的悬索（悬杆）下水施测时，由于流速的作用要产生偏角，偏角大了就会降低所测成果的质量。为了控制洪汛时期的偏角，有些中小河流的测站采取了副索拉偏的辅助性设施。副索拉偏的装置简单，不仅可以减小偏角，还可新开一条讯号线路。测洪偏角大的测站，如有条件都可采用副索拉偏的方法。

第二章 闭口式游轮缆道布设型式

第一节 基本型式及其适用性

闭口式游轮缆道的基本型式，如图2-1所示。它的优点是起重力可节省一半；缺点是：为了避免游轮和双索入水增大偏角，游轮和铅鱼之间的悬索（悬杆）长度，要根据测洪最大水深加以固定，因此主索支点要相应提高。地势平坦的测站采用这种缆道，支柱（架）较高造价增大。地势较高的测站采用这种缆道，可能不需建设高支柱（架），但如水深较大时，悬吊长度大了操作使用上是不方便的。因此，闭口式游轮缆道，只适用于洪枯水深变幅较小、两岸地势较高的测站。

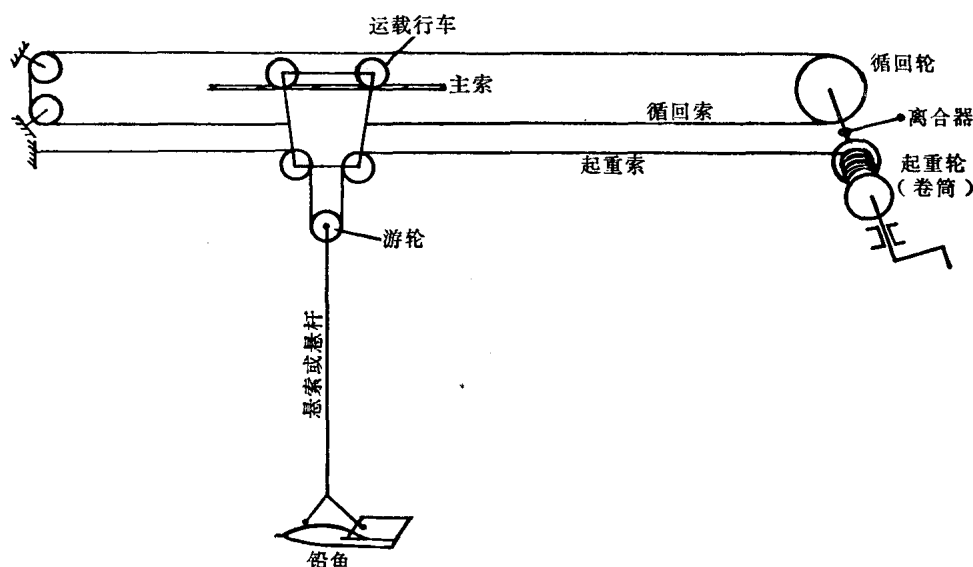


图 2-1 闭口式游轮缆道基本型式示意图

这种型式的缆道，如条件适合，游轮和铅鱼之间用悬杆，配合副索拉偏，效果较好。

第二节 用滑轮组减速和省力的布设型式

缆道测流为了定点和放准相对水深，对铅鱼（仪器）的升降速度有一定的要求。在测站水深较小，与绞车转速较大不相适应的情况下，可用滑轮组在绞车之外减速，同时使起重省力，如图2-2所示。滑轮组走线数视具体需要而定。从闭口式游轮缆道的特性看，对铅鱼升降减速是很必要的。

如无变速的需要，用平衡锤省力要简便得多。也有个别测站出于特殊的要求，采用“平衡锤加滑轮组”的综合装置。

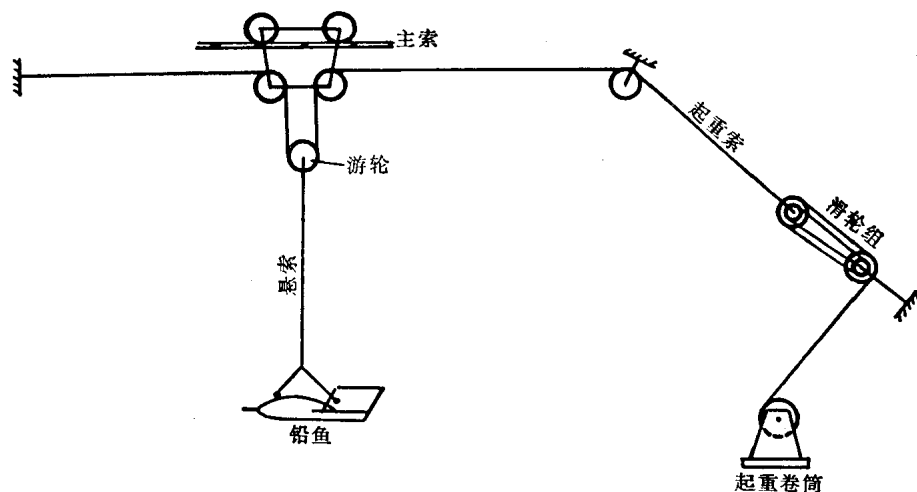


图 2-2 闭口式缆道滑轮组减速、省力布设示意图

第三节 用平衡锤省力的几种布设型式

图2-3、2-4、2-5是闭口式游轮缆道为使起重省力而采用平衡锤的代表性布设型式。省力的目的除了降低平时动力消耗之外，还为了在特殊情况下便于“手动”操作。水文站的站址一般较偏僻，缆道建设上应有机动（电动）和手动操作两种打算。

图2-3的型式适用于支柱（架）较高的测站，图2-4适用于支柱（架）较矮的测站。所谓较高、较矮是针对铅鱼（仪器）升降变幅而言，前者平衡锤上下所需的高度应等于或大于铅鱼升降变幅的两倍，后者平衡锤的架设高度与铅鱼升降幅度相同，也可以略大一点。

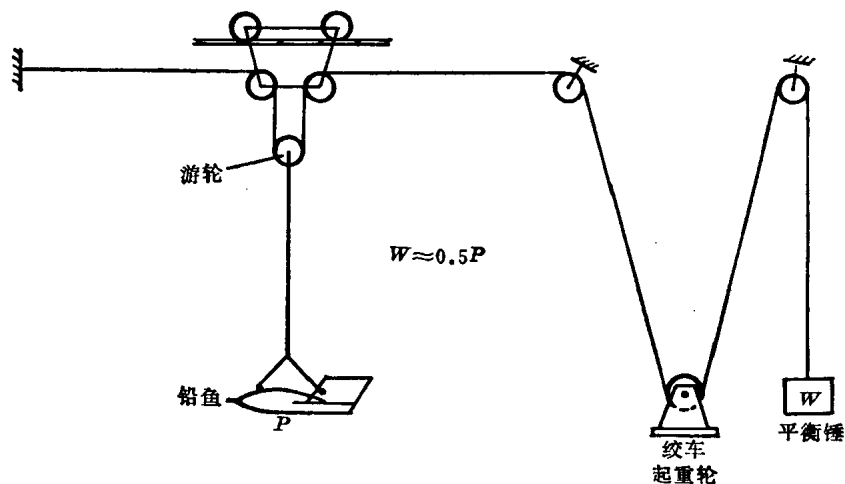


图 2-3 闭口式缆道平衡锤省力布设型式（一）

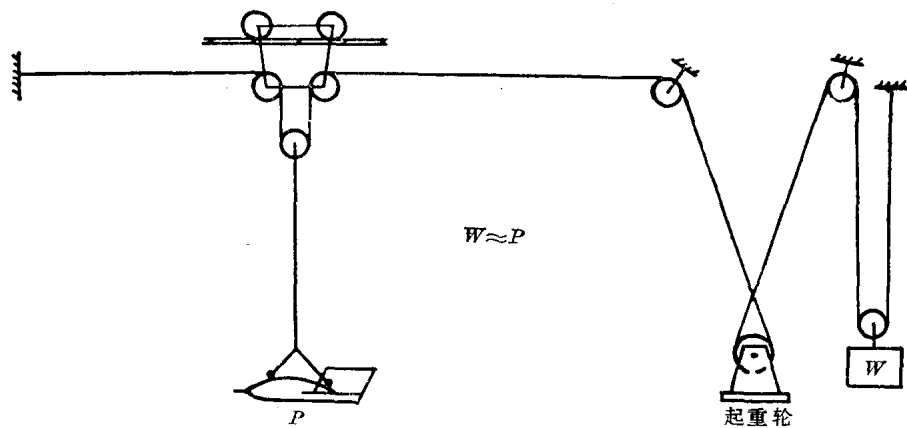


图 2-4 闭口式缆道平衡锤省力布设型式(二)

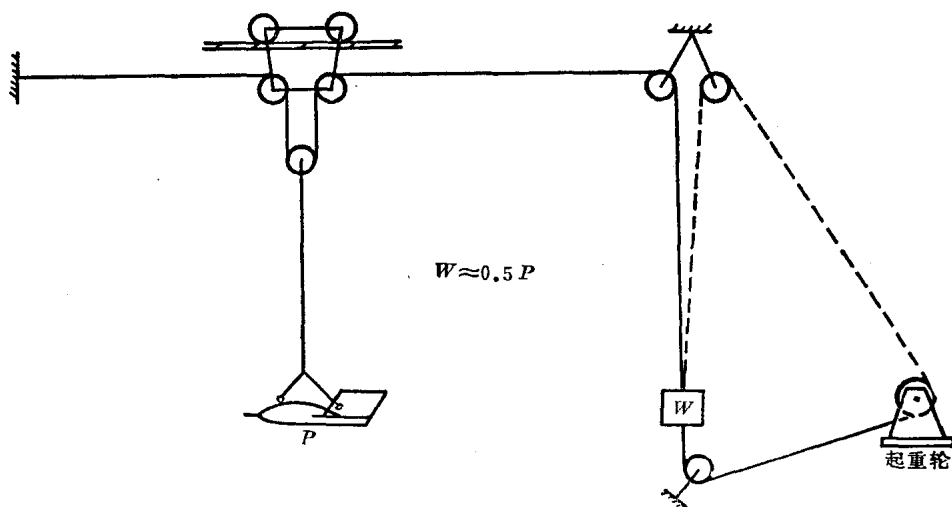


图 2-5 闭口式缆道平衡锤省力布设型式(三)

图2-5的型式，有两个方案：起重转轮是“循环式绳槽轮”时(简称绳槽轮)，起重牵引索应按图上虚线所示布设成一闭合圈；起重转轮是“卷筒”者，只按实线布设牵引索。两相比较，后者当铅鱼接触河底时，平衡锤自动停止升降，有助于掌握和鉴别铅鱼测深。前者则把卷筒作为绳槽轮可以简化结构。不论采取那种布设方案，它们的平衡锤架设高度是一样的；平衡锤和铅鱼的升降变幅关系都是2:1。

用绳槽轮代替卷筒，缩小了缆道绞车的体积和重量，这是一个改进。上面介绍的三种用平衡锤省力的缆道布设型式，都适于使用绳槽轮式的绞车。

采用何种布设型式为好？应根据测站的具体条件，按因地制宜的原则确定。

第三章 开口式游轮缆道布设型式

第一节 基本型式及其适用性

开口式游轮缆道的基本型式，如图3-1所示。它的特点是：牵引索兼有“循回、起重、悬索”三种作用；铅鱼（仪器）的升降，通过岸上支柱（架）附近的游轮进退来操纵。和闭口式游轮缆道比较，单纯的起重索取消了，可以节省牵引钢绳的长度。

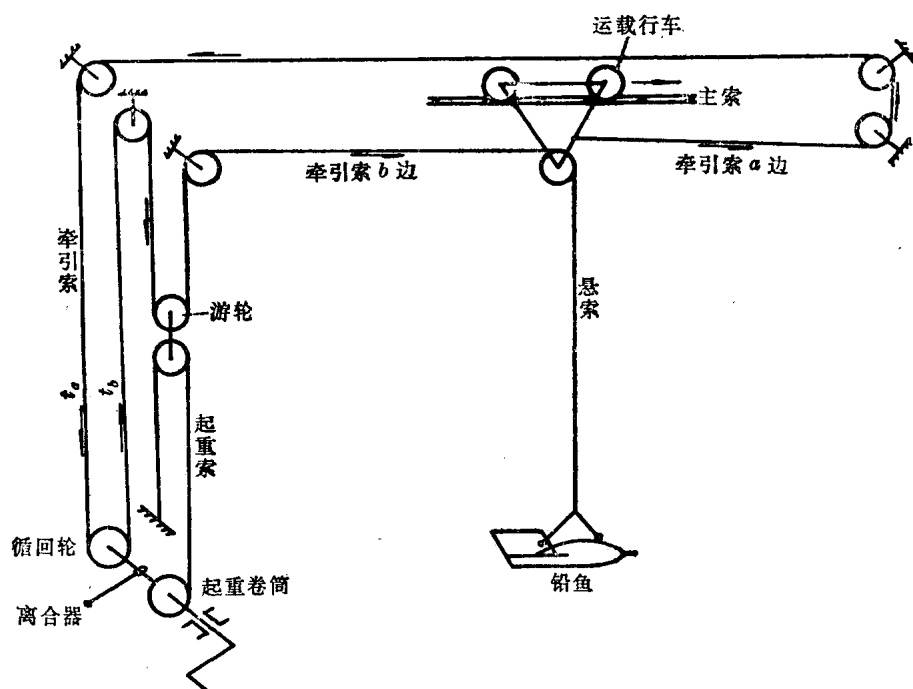


图 3-1 开口式游轮缆道基本型式示意图（一）

开口式游轮缆道是目前一般测站广泛采用的一种型式。这种布设型式的具体化如图3-2所示。因其未设省力装置，铅鱼的重量完全靠绞车负担（跨度较大，铅鱼较重时，考虑省力是很必要的）。

第二节 用滑轮组减速和省力的布设型式

绞车转速较快，当不适应定点施测的要求时，开口式游轮缆道亦可在绞车之外，用滑轮组使铅鱼（仪器）升降减速，同时达到省力的作用，具体布置如图3-3所示。滑轮组上走线次数，由实际需要决定。

如无变速的要求，则可采取平衡锤省力；也可采用滑轮组加平衡锤的布设型式。

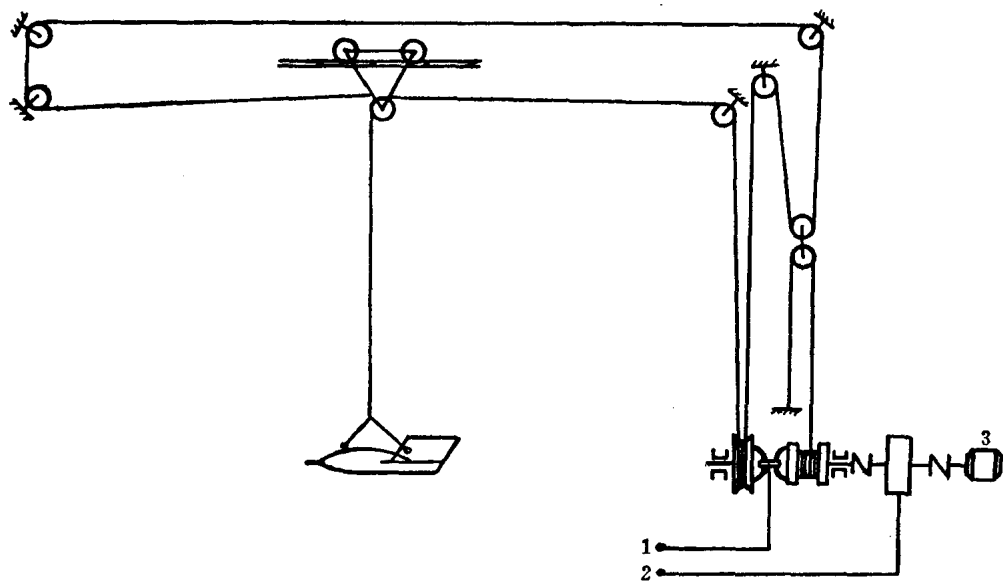


图 3-2 开口式游轮缆道基本型式示意图（二）

1—离合器操纵杆；2—减速箱操纵杆；3—电动机

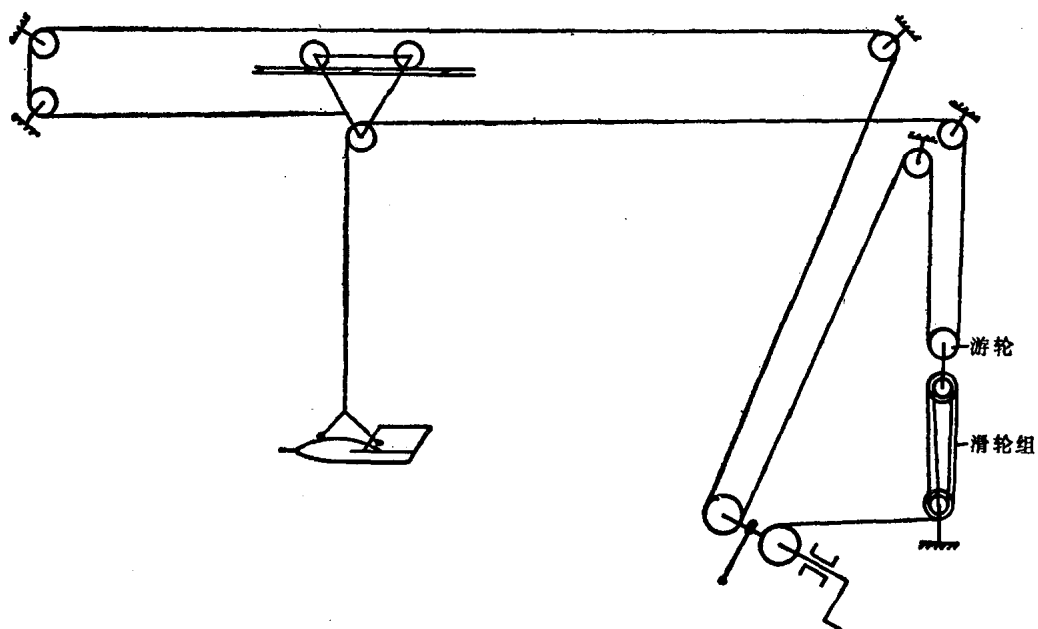


图 3-3 开口式缆道滑轮组减速、省力布设型式

第三节 用平衡锤省力的几种布设型式

图3-4、3-5、3-6 是开口式游轮缆道采用平衡锤，使起重省力的有代表性的布设型式。

图3-4和图3-5的布设型式，都适用于起重轮是“绳槽轮”的绞车。二者的差别在于平

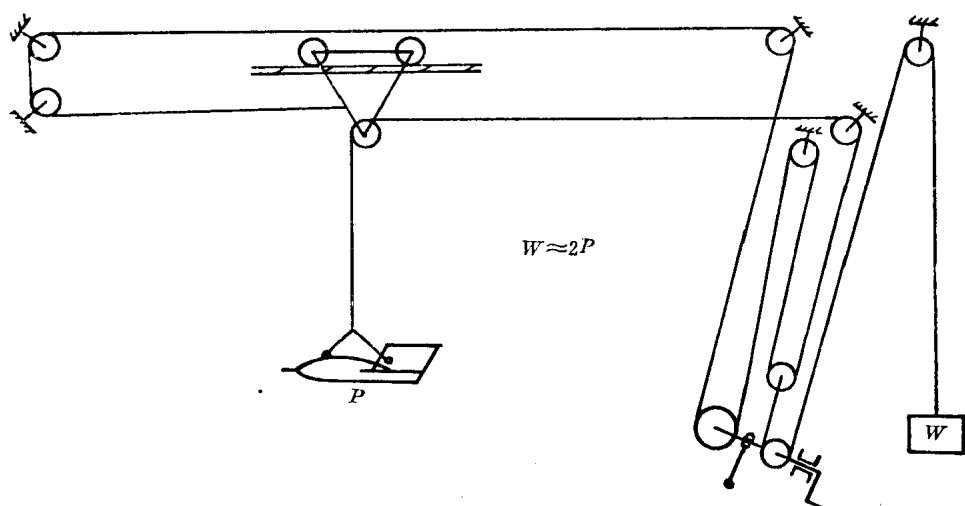


图 3-4 开口式索道平衡锤省力布设型式（一）

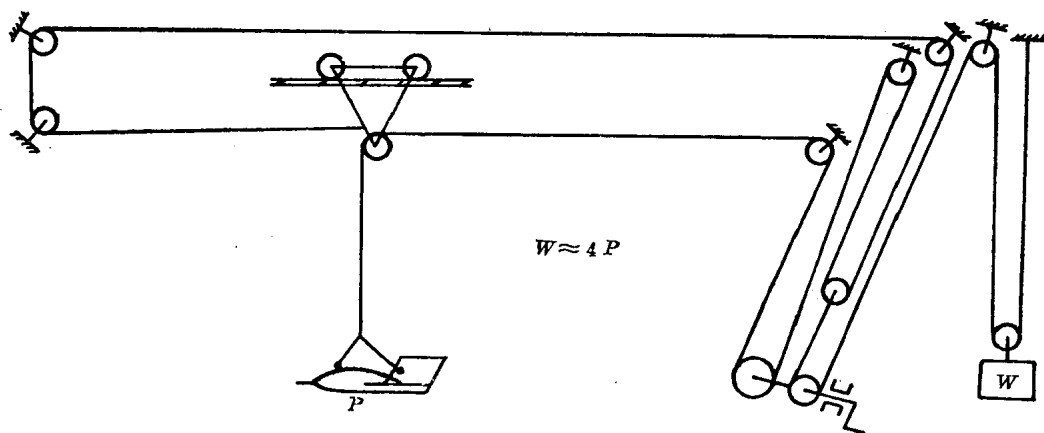


图 3-5 开口式索道平衡锤省力布设型式（二）

平衡锤的架设高度不同。平衡锤和铅鱼（仪器）的相对升降比例，图3-4的型式是1:2，图3-5的型式是1:4。其所需的平衡重量，已分别注于图中。

绞车的起重轮是“卷筒”时，开口式游轮索道按图 3-6 所示的型式布设为好。这种型式，铅鱼一接触河底，平衡锤就立即停止升降，可以避免绞车制动差前错后对铅鱼测深造成的人为误差。它的平衡锤和铅鱼的相对升降比为1:2。

选择何种平衡锤布设型式，要由测站的水深大小、支柱（架）高度、绞车的构造等条件综合分析决定。