

〔苏〕 M. C. 切列米辛 等著

自动安平水准仪

（构造、检验及应用）

测绘出版社

[苏]M.C.切列米辛等著

自动安平水准仪

(构造、检验及应用)

测绘出版社

自动安平水准仪
(构造、检验及应用)

[苏]M.C.切列米辛等著

刘振骥 译

王诚华 校

测绘出版社出版

一二〇二厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张5 $\frac{1}{2}$ ·字数119千字

1983年9月第一版·1983年9月第一次印刷

印数1-5,500册·定价0.58元

统一书号: 15039·新292

前 言

在测量工作中出现了一些新仪器，这些仪器的工作原理是建立在自动化和电子学基础上的。借助于摆及光学装置（补偿器）整平的自动安平水准仪，就属于这种仪器。同水准器式水准仪相比，自动安平水准仪速度快、精度高，所以在世界各国都得到广泛的应用。但是，自动安平水准仪也有其特有的误差。为能正确选择和合理使用新仪器，必须熟悉其特性和结构，学会检验与调整。本书着重阐述各国制造的人们比较熟悉的那些水准仪的构造、检验大纲和检验方法。作者根据本人对自动安平水准仪的研究和制造经验，同时利用仪器厂的试验资料以及文献著作，写成此书。考虑到现在生产的自动安平水准仪类型繁多，本书只着重对某些仪器的特点和自动安平原理的结构及实质进行阐述。室内和野外检验测量仪器的纲领及方法的特点是复杂、观测量相当大和需要使用专门设备的。因此，书中列有仪器参数一览表及室内检验用的设备，并指出各仪器参数的作用。此外还就自动安平水准仪的使用效果和用途以及进一步发展的途径进行了阐述。

内 容 简 介

书中，首先阐明带机械摆及光学机械摆补偿器的水准仪的工作原理。在此基础上，系统地介绍了目前世界各国生产的自动安平水准仪的概况及作为心脏部分的补偿器的结构。对由于补偿条件受到破坏而可能造成的仪器误差的影响，作了全面的分析。

接着，专题叙述了自动安平水准仪的内、外业检验大纲和检验方法，并根据检验结果评定仪器单独部件的制造质量、相互影响及总体上对仪器作出评价。

书末，对比普通的水准器式水准仪，概括地分析了自动安平水准仪的应用特点及可能获得的经济效益。此外，还就自动安平水准仪今后的发展方向，提出了设想。

本书可供广大的测绘工作者及测绘仪器设计、研制的工程技术人员学习和参考。

目 录

导论	(1)
第一章 现代自动安平水准仪的工作原理	(17)
§ 1-1 带机械摆式补偿器的水准仪	(17)
§ 1-2 带光学机械摆式补偿器的水准仪	(20)
§ 1-3 机械和光学机械补偿器的悬挂 结构	(23)
§ 1-4 光学机械补偿器在水准仪中的 配置	(31)
§ 1-5 摆式补偿器的阻尼器	(33)
第二章 自动安平水准仪	(36)
§ 2-1 工程用自动安平水准仪	(36)
§ 2-2 精密自动安平水准仪	(41)
§ 2-3 高精度自动安平水准仪	(47)
第三章 自动安平水准仪的仪器误差	(59)
§ 3-1 概述	(59)
§ 3-2 望远镜固定倾斜引起的误差	(60)
§ 3-3 补偿器方程式参数改变引起 的误差	(63)
§ 3-4 悬挂系统的制造和装调误差引 起的补偿器误差	(67)
§ 3-5 补偿器悬挂系统的机械放大器 放大系数变化的影响	(75)
§ 3-6 重力变化对用弹簧片和双股弦悬 挂光学系统的补偿器误差的影响	(77)

第四章 自动安平水准仪的试验 (78)

§ 4-1 试验的目的和方式 (78)

§ 4-2 水准仪的检视及各活动部件相互配合的测定 (80)

§ 4-3 望远镜的检验 (82)

§ 4-4 水准仪的主要检查 (95)

§ 4-5 调焦装置的检验 (104)

§ 4-6 补偿器的检验 (117)

§ 4-7 补偿误差的测定 (129)

§ 4-8 温度试验 (137)

§ 4-9 照准误差的测定 (140)

§ 4-10 测站上高差测量误差的测定 (144)

§ 4-11 水准路线布设精度的测定 (148)

第五章 自动安平水准仪的使用、经济

效益和发展前途 (155)

§ 5-1 自动安平水准仪的使用 (155)

§ 5-2 自动安平水准仪的经济效益 (158)

§ 5-3 自动安平水准仪的发展前途 (163)

参考文献 (168)

导 论

在现代几何水准测量中，地面点之间的高差，是用管状水准器水准仪或自动安平水准仪测量的。

使用水准器水准仪时，观测员调整仪器的脚螺旋或倾斜螺旋，借助水准器实现视线的精密置平；使用自动安平水准仪时，视线是自动安平的。用水准器水准仪进行水准测量，观测员要集中精力使水准器严格居中和使平分丝精确瞄准标尺上的分划或精确截取标尺读数。

使用自动安平水准仪时，观测员则只需集中精力于一个动作：使平分丝精确瞄准标尺的分划（或精确截取标尺读数）。第二个动作，即视线置平并保持不变，是由补偿器自动完成的。这样一来，既减少了劳动强度，又提高了水准测量的精度。由于整平水准器和读数这两个动作不是同时进行的，而是在不同时间进行的，所以当水准观测员在将平分丝瞄准标尺分划或读数时，是不看水准气泡的位置的，因此会引起水准测量的附加误差。附加误差，在松软的土地上进行水准测量，最容易出现。使用自动安平水准仪，就能省去管状水准器进行精密整平所需要的时间。因此这种仪器能够广泛用于各种精度等级的水准测量。如今，世界各国已经研制了各种自动安平水准仪，而且，许多自动安平水准仪的外形及其光学系统，与传统的管状水准器水准仪的外形及光学系统区别很大。现在已经有几十种类型的自动安平水准仪，分别采用不同的补偿器、不同的望远镜光学系统和补偿器在望远镜内不同的配置方案。

据史料记载，在古代，为了获取水平线和水平面，曾

使用根据铅垂线给定水准面的水准器，即使用盛满水的水槽，水槽的液体水准面用来确定高差。这种液体水准面的继续发展，就成为后来全能仪器的基本组成部分。在全能仪器中，格隆·阿列克桑德里斯基采用连通器式的觇板。这种仪器的标尺已经具有活动标志。用连通器和水准器进行水准测量，曾保证了最宏大的古代建筑的精密高程定线工作，例如，公元前二十世纪尼罗河上的环绕水渠，公元前十二世纪幼发拉底河下的隧洞，公元前六世纪塞莫斯岛

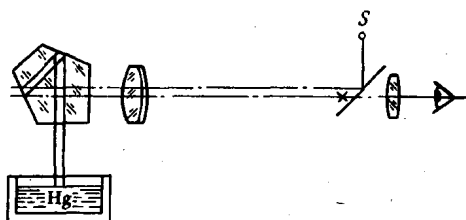


图 1

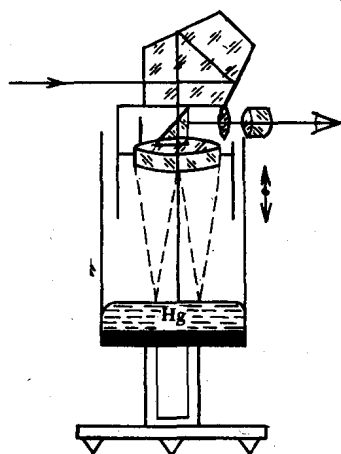


图 2

上的水利工程隧洞，公元前一世纪在意大利中部富西诺湖旁的水利工程隧洞，等等。连通器和带摆与觇板的水准器应用了许多世纪，直到十八世纪才告结束。

从十七世纪到十九世纪末，有自动原件的水准仪，是沿着建立光学机械式（带有悬挂式望远镜）的方向发展的，这种水准仪是将整个望远镜整平为水平位置〔29〕。

这种仪器的悬有摆的望远镜是以普通物理摆的原理为基础的。

但是，由于吊架不理想，摆体很重，对各种目标进行外调焦时望远镜重心位置遭破坏，摆的阻尼性不好等缺陷，无法保证望远镜的高精度水平。因此，上述水准仪没有得到实际应用。视线自动安平领域中进一步开展研制工作取得的成果，是在水准仪光学系统中采用汞水准面。克劳德和德里延库尔(图1)在二十世纪初，和威特(图2)在1923年，都研究过这种方案。人造汞水准面的仪器，虽然能保证视线安平具有高精度，但由于汞反射镜对振动过于灵敏，汞水准面的反射面氧化比较快，以及不适于携带和搬用等原因，所以没能在野外测量工作中得到应用。以后进行的研制工作和提出的方案，又重新回到了人们早已熟悉的方法，即利用重力摆或连通器内的液体来整平水准仪的望远镜。1937年到1938年，全苏矿山测量研究所(ВНИМИ)的В.Н.丘里洛夫斯基教授和莫斯科测绘学院(МИИГАиК)在И.М.蒙狄科领导下，研究了带光学机械补偿器的水准仪。后来，在五十年代，阿斯卡尼亚仪器厂和布列伊特加普特厂制造的现代化自动安平水准仪，就是重复这种光学机械补偿器的原理。В.Н.丘里洛夫斯基研制的水准仪，其补偿器的反射镜悬吊在刀口式支架上，利用电磁阻尼器消除摆动。莫斯科测绘学院研制的水准仪(样机保存在学院陈列馆内)的光学元件，是由两个直角棱镜组成的复合棱镜，其长直角边胶合在平行玻璃板上，浸在水银中。稍晚一些时候，И.М.蒙狄科研制的带补偿器的水准仪样机，其光学元件不浸在水银中，而是悬挂在吊丝上。1946年苏联开始成批生产视线自动安平水准

仪, 这种水准仪是中央测绘科学研究所的Г.Ю.斯托多尔克维奇在1945年的水准器式补偿器的基础上研制出来的。从二十世纪下半纪开始, 国外许多工厂开始大量生产内装摆式机械补偿器和光学机械补偿器的水准仪。这些仪器得到了世界的公认, 广泛应用于各种精密水准测量和工程水准测量, 近些年也应用于高精度水准测量。苏联成批生产的带光学机械补偿器的水准仪是HCM2 (见表1), 它是哈尔科夫矿山测量仪器厂(ХЗМИ)研制的。该厂以后又生产了改进型水准仪 HCM 3 和HCM-2A。然而, 通过使用发现这些型号水准仪不够理想。因此, 不得不采用其它类型的补偿器。全苏矿山测量研究所的H. A. 古谢夫教授, 有一段时间在从事H3K-1 (见表1) HΠK-1, HΓ-ΠK, HЖK-1 水准仪的研制。所有这些水准仪的望远镜都是潜望式折轴望远镜, 在望远镜物镜前面装有光学机械补偿器或液体补偿器(HЖK)。光学机械补偿器的形式有悬挂在吊丝上的反射镜(如H3K-1)和悬挂在簧片式吊架上的反射镜(如HΠK-1, HΓ-ΠK), 其倾角的机械放大系数等于0.5, 当仪器倾斜 ν 角时液体补偿器的液体将形成一个折射角等于 ν 的光楔。为了使经过光楔的光线获得必要的偏折角, 折射液体放在两个透明的液体盒内。这些仪器的优点, 是补偿器的结构简单和没有一系列误差源。中央测绘科学研究所研制了带补偿器的水准仪附加装置HCH-60 (见表1), HK水准仪, HΠC折轴望远镜式水准仪^[23], 和HC2高精度水准仪(图3)。由于大家都很熟悉全苏矿山测量研究所研制的水准仪, 以及HK和HΠC水准仪^[8], ^[14], ^[23], 所以作者在这里仅扼要阐述1962年研制的HC2高精度自动安平水准仪。HC2自动安平水准仪的样机于

表 1

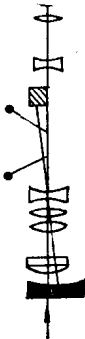
序 号	型 号	制 造 厂 (国家)	望 远 镜			补 偿 器		水准 器格 值 (')	补偿器在望远镜内的配置
			放大 倍率	长 (mm)	最短 视距 (m)	光学元 件	阻 尼 器		
1	HC4	哈尔科夫 矿山测量 仪器厂 (苏联)	30	200	2.5	棱镜	空气	8	
2	Ni-1	“奥普通” (西德)	30 40 50	407	1.4	棱镜	空气	5	
3	HCM2	哈尔科夫 矿山测量 仪器厂 (苏联)	30	270	3.0	透镜	空气	2	

表 1 (续 1)

序 号	型 号	制 造 厂 (国家)	望 远 镜		补 偿 器		水准 器格 值 (")	补偿器在望远镜内的配置
			放大 倍率	长 度 (mm)	最短 视距 (m)	光 学 元 件	阻 尼 器	
4	Ni-2	“奥普通” (西德)	32	270	3.3	棱镜	空气	15
5	HTC	苏 联	20	190	2.0	棱镜	空气	10
6	Ni-B3	“莫姆” (匈牙利)	28 32	272	3.0	第二种 Porro 系 统	空气	8
7	Ni-B5	与Ni-B3的区别,是具有将圆水准器的 影像反映到望远镜视野中的光学系统						

表 1 (续2)

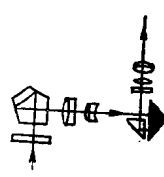
序 号	型 号	制 造 厂 (国家)	望 远 镜			补 偿 器	水 准 器 格 值 (')	补偿器在望远镜内的配置
			放大倍率	长度 (mm)	最短 视距 (m)	光学元件		
8	Ni 025	“卡尔蔡司” (民德)	20	195	1.5	2 个 棱镜	8	
9	Ni 007	“卡尔蔡司” (民德)	31.5	—	2.2	棱镜	8	

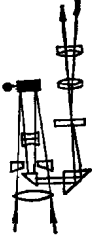
表 1 (续3)

序 号	型 号	制 造 厂 (国家)	望 远 镜		补 偿 器		水准 器格 值 (′)	补偿器在望远镜内的配置
			放大 倍率	长 (mm)	最短 视距 (m)	光学元 件	阻 尼 器	
10	5172	“Filo- tecnica Salm- oiraghi” (意大利)	24	180	1.2	物镜	空气	10
11	NA	“阿斯卡 尼亚” (西德伯 林)	25	170	2.5	反射镜	空气	10
12	NIKON N	“光学 机械株式 会社” (日本)	28	220	2.1	反射镜	空气	20

表 1 (续4)

序 号	型 号	制 造 厂 (国家)	望 远 镜			补 偿 器		水准 器格 值 (')	补偿器在望远镜内的配置
			放大 倍率	长 (mm)	最短 视距 (m)	光 学 元 件	阻 尼 器		
13	Toko	"Toko" (日本)	25	208	2.0	第一种 Porro 系 统	空气	6	
14	Ni VI Ni V AL-2 AL-3	"Gehr. Miller" (奥地利) "测机舍" (日本)	19 26 24 19	130 200 190 130	1.5 2.0 2.0 1.5	反射镜 反射镜 反射镜 反射镜	空气 空气 空气 空气	8 10 10 7	
15	Autoset	"Hilger & Watts" (英国)	32 25	267 204	1.8 1.5	二个棱 镜 二个棱 镜	空气 空气	8	

表 1 (续5)

序 号	型 号	制 造 厂 (国家)	望 远 镜			补 偿 器		水准 器格 值(')	补偿器在望远镜内的配置
			放大 倍率	长 度 (mm)	最短 视距 (m)	光 学 元 件	阻 尼 器		
16	Ni-D1	“莫姆” (匈牙利)	16			1.5 反射镜	空气	8	
17	GK-1A	“克恩” (瑞士)	25	125	2.3	棱镜	空气	12	
18	Autom 4300	“卡塞尔” (西德)	25.27	235	2.0	反射镜	磁性	8	