

中国工程测量史话

黄懋胥 编著



广东省地图出版社

042

57

59

中国工程测量史话

黄懋霄 编著

广东省地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国工程测量史话/黄懋胥编著. 广州:广东省地图出版社,1996.5

ISBN 7-80522-338-6

I. 中… II. 黄… III. 工程测量—技术史—中国
IV. TB22-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 07028 号

1999.1.4.
北京图书大厦
No.0289292

中国工程测量史话

黄懋胥 编著

广东省地图出版社出版 发行

广东省地图出版社彩印厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 5.125 印张 120 千字

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

印数 1-3000

ISBN 7-80522-338-6/TB·1

定价:7.8 元

前 言

工程测量是测绘科学领域中的重要部分，是各项工程建设中不可缺少的服务行业。为使广大读者对工程测量学史有较全面的了解，知古鉴今，特撰写了《中国工程测量史话》。

本书按照工程性质、内容及历史等不同的特点，首先叙述中国工程测量的起源，继之叙述地籍测量发展史、城镇建设工程测量史、水利工程测量史，以及矿山建设工程史。其中水利工程测量又分为农田水利、治河工程和河道测量三章。至于工程测量中的测量、救灾、邮传、铁路、公路、桥梁等方面的工程测量均集中到最后一章叙述。

为了便于广大读者阅读，本书写成科普读物形式。一方面在历史考据和评价上力求准确，尽量搜集历史上重要的工程测量工作，以及相应人物的简介；另一方面力求通俗易懂，加强知识性和趣味性，并尽可能的附加插图。

在撰写过程中，得到湖北省测绘学会和湖北省《测绘志》编辑同志的帮助，广东省地图出版社的同志作了较大的修改，谨表示衷心的感谢。

由于编著者水平所限，书中存在错误和缺点在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

1995年10月

51270 004

目 录

前 言

第一章 中国工程测量科学的起源	1
一、大禹治水	1
二、中国治水工程测量的产生	3
三、使用测量仪器工具的考证	4
四、三维元素测量方法的诞生	7
第二章 地籍测量史话	10
一、“井田制”与土地测量	10
二、“废井田、开阡陌”推动了土地测量	13
三、“鱼鳞图”测量的兴起	15
四、张居正主持丈量全国田亩	18
五、清代乾隆颁“丈量规则”	19
六、台湾省第一次土地测量	21
七、地籍图测量	22
八、航测地籍图	25
九、试行经纬网土地测量	31
第三章 城镇建设工程测量史话	33
一、周公旦卜洛图	33
二、古代城池、宫殿的建设工程测量	35
三、现存最古的《城邑图》	37
四、唐代长安城的规划和测量	38
五、东都洛阳城的城市测量	41
六、图经的出现普及了城镇地图	43
七、建筑师喻皓与《木经》	46

八、李诚与城市建筑工程测量	48
九、石刻的城市地图	52
十、测量城池周径的方法	55
十一、多色城镇地图的测绘	58
十二、清康熙实测《北京城图》	60
第四章 农田水利工程测量史话	62
一、管子论农田水利与测量	62
二、都江堰的测量工作	63
三、郑国渠的修建	67
四、水工徐伯开凿水渠的测量工作	69
五、齐人延年建议的农田水利工程测量	70
六、桑弘羊论轮台屯田测量	70
七、沈括实测汴渠农田水利工程	71
八、灌溉工程设计图的测量	73
九、王同春开发河套	76
十、胜利渠工程勘测	77
第五章 治河工程测量史话	79
一、史禄与灵渠	79
二、王景治黄,“河汴分流”	81
三、开凿白河水道的教训	82
四、郭守敬对水利测量的贡献	84
五、贾鲁的治黄策略	87
六、白英解决大运河的水源问题	88
七、朱衡治水的勘测工作	91
八、归有光的《三吴水利录》	93
九、《江汉堤防图》	94
十、潘季驯与治河工程测量	95
十一、陈潢与治黄水利工程测量	98

十二、开归陈汝治河图碑	99
十三、治河勘察专家汪志伊	101
十四、根据测量成果审核治河方案	103
十五、民国第一次勘测长江三峡	104
十六、长江三峡坝区第二次勘测	106
十七、黄河三门峡水库的航测	108
第六章 河道工程测量史话	110
一、《禹迹图》碑	110
二、黄河源的探测	111
三、刘天和的《黄河图说》	116
四、郑若曾的《江防图》	118
五、《禹贡》和它的校释书	119
六、徐松的《西域水道记》	122
七、《长江图说》	123
八、田宗汉测绘汉水图	124
九、吴大澄的《黄河全图》	128
十、《江北水道全图》的测绘	130
十一、长江航道测量	131
第七章 矿山建设工程测量史话	135
一、周朝的《矿产分布图》	136
二、《地镜图》的出现	136
三、铜绿山古铜矿开采的工程测量	137
四、大冶铁矿的工程测量工作	139
五、鹤壁古煤矿的开采	140
第八章 其他工程测量史话	142
一、《兆域图》	142
二、万里长城建筑工程测量	144
三、袁燮编制救灾地图	148

四、《郡邑邮驿道里图》	148
五、詹天佑亲自勘测京张铁路	151
六、民国时期勘测武汉长江大桥桥址	154

第一章 中国工程测量科学的起源

任何一种科学技术的发生和发展，都是由人类生产和生存的需要而决定的，测绘科学也不例外。在测绘科学的产生过程中，却是以工程测量为最早，可以说，我国工程测量是测绘科学的起源。

人类从原始社会开始，由于生存的需要，首先对大自然的现象进行探索。比如在游牧时期，经常会用人的脚步数或时间来比较草原地点的远近；打猎时看到两座山，自然会产生高低比较的概念，甚至还想知道这座山比那座山高出多少；在进行农业生产时，也要了解耕地的形状和面积的大小；在渡河溪时也想知道河水的深浅；当水灾发生时，总要设法治理洪水。有些时候还会画出一些简单的图形来表示方向、路线、地点和地形。要取得这些数据和图形，就产生了测绘技术，这仅仅是测绘科学的萌芽。

我国虽然历史悠久，但对测绘缺乏足够的文字记载，最早的历史记载是司马迁的《史记》，可谓有文字的根据。在《史记》中记载了大禹治水的过程：为了决定治理洪水的设计方案，运用了测绘技术、测量活动和使用的仪器工具，并且叙述了测量高低、丈量距离和决定方向的三维元素，形成了测绘科学的雏形。所以，中国的工程测量开始于夏朝，距今已有 4000 多年的历史，可以说是中国测绘科学的起源。

一、大禹治水

根据《史记·夏本纪》的记载：“……于是尧听四岳，用鲧治水。九年而水不息，功用不成。……舜登用，摄行天子之政，巡狩视鲧之治水无状，乃殛鲧于羽山而死。天下皆以舜之诛为是，于是舜举鲧子禹而使续鲧之业。……禹拜稽首，让于契、后稷、皋陶。舜曰：

‘汝其往视尔事矣。’”意思是说在尧帝时发生了一次特大洪水灾害，百姓的生活和生存都受到祸害。尧当时命鲧治水，9年不成；舜去检查，看到鲧治水徒劳无功，殆误了大事。次年，舜即帝位时，把鲧处死于羽山。舜用鲧的儿子禹继续治水，并命契、后稷、皋陶等人协助，经历了13年而治水成功，后禹继舜为帝。这是我国最早的史书记载的大禹治理洪水的故事，发生于公元前22世纪至公元前21世纪，距今已有4000多年了。在治理洪水中，鲧失败了，而禹成功了，体现了两种治水方案两种不同的结果。

鲧采取“堙”和“障”的治水方案，那里有水就筑堤，堵住洪水不使入侵。显然，未经深入的勘察、研究，不了解当时的水情，仅就事论事，以致9年洪水不退。禹吸取了这个教训，踏遍了全国九州的山川，摸清了情况，找到了洪水不退的原因，从而制定了“疏”和“导”的治水方案，使洪水得到下泄，引入大江大河，最终归于大海。

《尚书·大禹谟》的疏注中，总结了大禹治水的方案：“九州之次，以治为先后，以水下流，当从之而泄，故治水皆从下为始。冀州帝都于九州近北，故首从冀起而东南，次兖而东南，次徐而南，次杨从杨而西，次荆以北，次豫从豫而西，次梁从梁而北雍，雍地最高，故其后也。自兖而下皆准地之地势。从下向高，从东至西，青徐杨三州并为东偏，雍州高于豫州，豫州高于青徐，雍豫之水从青徐而入海也。兖州在冀州东南，冀兖两州之水各自东北入海也。冀州之水不经兖州，以冀为帝都，河为大患，故无从冀起而治，治兖若使冀州之水东入兖州，水无去处，治之无益，虽是帝都不得先也。”从中可以看出，我国西部地势高，雍、冀二州都在高地，向东渐低，到青、徐、杨三州就是平原，而从河流导入大海。水是向下流的，要想把洪水治好，就要使洪水向下泄，通过大江大河流入大海。因此，治水施工的次序，应从下而上的进行。也就是说先把下游的江河疏导好以后，逐步向高处疏导，使洪水经江河入大海。冀州是帝都所

在，而且水患也很严重，但冀州地势最高，故不能先治。这个合理的治水方案，不是凭空的想象，而是经过详细的踏勘、测量之后，取得了可靠的数据而产生的。在治水过程中，为了勘察山川的高低形势、远近距离以及方位等，使用测量仪器工具，实地进行了测量活动，于是产生了工程测量的雏形，可以说是工程测量的起源，我们将从三方面来考证。

二、中国治水工程测量的产生

在《史记·夏本纪》中记载的大禹治水方案的形成过程，进行了测量活动：禹和助手们命令各诸侯、百姓进行“行山表木，定高山大川。”又说：“禹治水，相地势之高下，定疏凿宣泄之法。”

所谓“相”，是表示一方对另一方有所动作之词，其活动的目的，就是通过实地踏勘、测量地势的高下，作为确定治水方案的依据。“行山”，就是翻山越岭，四处行走，了解全国九州山川的形势。大禹和助手们想到要把洪水治好，首先要摸清情况，才不致重犯鲧治水的错误。当然，单纯的看看地势，走马看花的跑一遍是不够的，还要取得一些可靠的、必要的的数据，才能确定合理的方案。因此，在踏勘过程中，还要测量山川的高下数据。文中提到的“表木”，就是削木树立垂直的木竿，这支直立的木竿如今天的“标尺”，是当时测量的一种工具，并且指出其测量的目的是定出高山大川的高下地势。这里很明白的叙述了测量活动的情景。行山表木，按今天的话来说就叫做“勘察”。这是有文字记载历史以来描述治水工程中的测量活动。

在4000多年以前的大禹治水过程中，至今留传这样一个测量故事。有一次，大禹带领着助手们来到现在山东省的一条河岸边（按《禹贡》记载，当时黄河流至河北平原中部后，“又北播为九河”，今已不能确指。据《尔雅·释水》载九河是徒骇、太史、马颊、覆釜、胡苏、简、絜、钩盘、鬲津等9条河，今已不能分清。但该河至今

尚存，在山东之西、禹县附近。)刚要助手们下河去测量河水的深度(用“表尺”测水深)，突然上游山洪暴发，洪水咆哮而来，当即卷走了好几个人，禹和助手们惊骇万分。为了纪念死去的徒众，就称这条河为“徒骇河”。在《尔雅》中，已有此河名，并一直留传到今天。

三、使用测量仪器工具的考证

“测量者，先制器”，要了解大禹治水时的测量，也应对其使用的仪器、工具加以考证。

除了上述“表”这个测量工具外，在《史记》中还记载了“左准绳、右规矩”，意思是在测量时还使用了“准、绳、规、矩”四类仪器、工具。

“表”是我国古代最早的测量工具，是指一根直立的木竿或竹竿或石柱，以作标帜之用，成为测量中不可少的一种工具，一直到今天还使用，如标尺、水尺等。当你走过北京天安门前时，可以看到两根精美的石柱上面刻着蟠龙、云板和蹲兽，名叫“华表”，是古代纳谏或指路的标志。崔豹的《古今注·问答释义》中记载有这样一段对话，程雅问：“尧设诽谤之木，何也。”答曰：“今之华表木也。以横木交柱头，状若花也，形似桔槔，大路交衢悉施焉，或谓之表木，以表王者纳谏也，亦以表识衢路也。”在《清明上河图》和《金明池图》中画的是木表，在天安门前所立为石柱，华表是政治上的表。这些都是“表”留下来的物证。

在测量中选用“表木”，因其是垂直于地面的木竿，有一定的规律。其垂直是采用重石系绳，即以垂球线来确定木竿是否直立，在《考工记》中曾总结为“置槩以县(悬)”。直立的木竿可以作定直线的目标，也可以为标帜之用。因是垂球线作的直立，恰与水平线成直角，在矩的配合下可以测出高下；在太阳照耀下，其影的移动与太阳的转动一致，以测影定出南北子午线，继之而产生“圭表”，成

为天文测量的工具。可见“表”在大禹治水时，就已经成为功能极为丰富的测量工具了。

“準”即今天的准字，在《说文》注“水平谓之准，因之制定物之器，亦谓之准。”《礼·月令》注“先定准直”，是指水准器，是定水平的一种工具。从记载中已有“準”之器，说明已经有了测量高低的仪器和方法。对水的性质逐渐有所认识，最主要有两点：一是水向低处流，于是产生了用流水鉴别地势高下的概念；二是当水静止时，水面线与垂直线是互相垂直的，垂线称为铅垂线，水面线称水平线。这就是人类生活中最早认识的水的性质，起码有六、七千年的历史了。根据《庄子·天道篇》中载：“水静则平中准，大匠取法焉。”由于水在静止时是一个良好的水平准则，自然为建筑师和工程技术人员所采用。因此，水平线发展成为测量高低或定平的水准器，继之发展到水准仪器。

我国很早就使用水平线来求地势的高低，同时也运用铅垂线与水平线互相垂直的原理，将垂球的铅垂线垂直地面，再以直角器而求出水平线，也可以比较地势的高低。因此，在大禹治水前，已经有了这种求准的工具和方法。

“绳”，索也，《说文》注：“《小尔雅》：大者谓之索，小者谓之绳。”疏，绳犹度也，绝道量度之物。”绳是量度距离的用器。

所谓“结绳记事”，是在文字产生之前的一种记事方法，相传大事结大结，小事打小结。按《易·系辞下》说：“上古结绳而治，后世人圣人易之以书契。”说明在上古时候就有“绳”的存在。我们的祖先还发明多种远距离的狩猎工具，其中就有投石索，是用一根较粗的绳系以石球投掷狩猎。

在山西襄汾县丁村和阳高县许家窑遗址出土的投石索就有2000多个，证明绳在远古就有。在浙江省吴兴县钱山漾遗址中出土有丝线、丝带、麻绳等实物，据考证是5000多年以前的实物。

人类最初时是用人步来测量远近距离的，但由于人步有长短，后

来规定：“跨出一足为跬，再跨出一足为步。”就是说人的左、右两足各跨出一次，才算“一步”，从而产生“步测”的计算单位。按《荀子·劝学》中说：“不积跬步，尤以至千里。”这种“步测”距离方法的产生，起码有5000多年的历史。

由于“步测”因人而异，很难确定统一的数据。到了大禹时期，“夏禹以射为度”（《史记·律历上》），选择人高作为一步的计量单位。有了一步的标准长度之后，于是采用“绳”为度量工具，来代替人步测，因而有绳测距离。大禹时期有了以绳为工具的测距方法。

“规”，正圆之器曰规。《小雅·沔水序》中笺注：“规者，正圆之器也。”圆形在古代的陶器和居住的房屋中，很早就出现了。西安半坡遗址中出土的住房遗址共46座，有19座是圆形的。考古证实是6000年以前的原始公社部落遗址。其圆形的大小都一样，说明在当时设计时采用了圆规画图的原理。自然，在大禹时代也已经有“圆规”的仪器。

“矩”，通“槩”。在《周髀算经》中曾指出：“圆出于方，方出于矩，用矩之道：平矩以正绳、堰矩以望高、覆矩以测深、卧矩以知远，环矩以为圆，合矩以为方。”《周髀算经》写于西汉末年东汉初期（公元前1世纪），它所总结的是夏禹以后的测量经验，在数学领域中形成了《几何学》，在测绘科学中也是一部《测量学》。书中明确指出“故禹之所以治天下者，此数之所生也。”在注释中说：“禹治洪水，决疏江河，望山川之定高下之势，除滔天之灾，释昏垫之厄，使之东注于海，而无侵逆，乃勾、股之所生也。”在大禹治理洪水时，已经应用了“矩”和勾、股的原理施测间接地势高低和距离的方法，而且上升为理论。

朱芳圃的《甲骨学文字编》中，曾引用了郭沫若的考证：“矩”字的象形文字为“𠄎”，是以两个直角反连结成的曲尺形。“矩”是一把直角尺，即“𠄎”形。同时“矩”在象形文字前就有，在大禹治水时已存在的工具，曾具体的应用在测量上。

表、准、绳、规、矩这些简单的测量工具，治水之前已产生，从而证实在大禹治水时有了工程测量，应是没有疑问的。

四、三维元素测量方法的诞生

有了测量仪器、工具，又记载了测量的活动，自然产生测量的方法，才能取得成果数据。

首先是“相地势的高下”的要求，就必须进行地势高低的测量。由于勘察是在山川地区进行，自然不能使用现成的直接水平线比较的方法，即不能引水上山，得不到水平线，是不能比较高低的。但在《史记》记载中，使用竖立“表木”的方法，结合当时的测量工具“矩”来考虑，得出一种间接水准测量的方法。

其次，使用测量工具“绳”，用“绳尺”进行丈量距离远近。在踏勘时不但要知道高下，也要知道距离的远近。以一步为单位，不够精细，于是在步下分为尺。在《五经算术》中说：“古者八尺为步，为周（代）尺六尺四寸。”当时所指的古者，自然到夏代，将人的高度分为8尺计算，不过那时的尺子较短，到周代以古1尺作8寸计，则一步为6尺4寸，以后则改为5尺一步。在禹时有了度量单位，使绳作为“绳尺”，以“绳测”代替了“步测”。

大禹治水成功之后，总想了解一下全国九州到底有多大。在《算法统宗》和《淮南子·地形篇》中记载说，大禹派大章和竖亥步测全国。还描写了测距的情况：竖亥右手把算，左手指青丘北。还量出东西、南北的距离数据：“禹乃使大章自东极到西极，二亿三万三千三百里七十一步；又使竖亥步自北极至南极，二亿三千五百里七十五步。”这些数字是否准确，姑且不去考证，但却知道在大禹时期已经有了测量距离的方法。

使用“绳测”逐段丈量，但量取多少段，还要有相应的计算方法，当时提出“把算”（“算”通算）。所谓“把算”，就是“把算”，表示右手计算测距段数的动作。从有文字记载始，我国的计数法就

遵循十进制。在注释中，郑说“算，数也。”但“算”与“筹”也有区别的。在《说文》中记载“算为算之器，算为算之用。”那么，右手把算，是右手拿着计算的器具。《说文》中说“算，长六寸。”《汉书》中说：“算法用竹径一分，长六寸，二百七十一枚而成六觚为一握，此谓‘筹’。与算数字各用，计之所谓算也。故数多不别。”说明在大禹时是使用“算筹”来计算所量取的绳尺段数和距离数据。可能那时的“算筹”没有那样整齐，都是长6寸，径1分，而是一些短树枝和竹枝，量一段绳尺则放一支算筹于袋中，到一天量完之后，统计算筹多少，而得当天量取的距离。

最后是定向的问题，“日出于东，日落于西”，是以太阳来定东西方向。在大章从东到西步测时，可以从太阳定出方向，是为人们所熟悉的，故未提出其定向的方法。对比竖亥从北到南步测，就有一个定向的问题。当时指南针尚未发明，在黄帝战蚩尤时，才知道天上北斗的斗杓能指示北方向的原理。相传曾造出“指南车”来辨别方向。在山东武梁祠东汉壁画像中，有一幅“帝王乘车巡狩图”，便是记录黄帝乘坐指南车的故事。

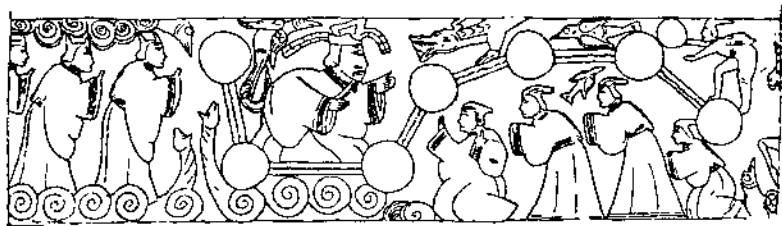


图1. 帝王乘车巡狩图（山东嘉祥武梁祠石刻）

所谓“帝车”，就是指五帝车舍（五帝是指黄帝、颡顓、帝喾、尧、舜），均在大禹之前，图上有北斗星构成车形，说明很早就知道以北斗星的斗杓来指北向。用北斗星定南北方向只有在晚上才行，所以，在竖亥量距时特别指出“左手指青丘北”，是以物来定方向的方法。所谓“青丘”是指当时一个部落的名字，叫“青丘国”，经过北

极星校对证明在首都的正北，而且在白天很远的地方都能看见。在量距时左手引一条绳，对准青丘向前测距，到晚上以北极星来校对。测远了，看不到青丘北向，则在引线时，再选择较近而且容易识别的标帜，到晚上再以北极星加以调整，继续往南方测距。

“表”在太阳的照耀下，其表影随太阳转动而变化，上午的表影在西面，下午的表影在东面。取上下午“表影”等长的端点连接起来，在联线的中点与表底点连线，则这条连线就是所在地正南北的子午线方向。由此，在白天也可以利用太阳表影来决定南北方向线。

通过上述三个测量方法的考据，在大禹治水的过程中，逐步形成了工程测量科学的雏形，是工程测量的起源，也是我国测绘科学的起源。