

奥运会田赛全站仪自动测定系统

邓向瑞¹,李树彦²,王小昆¹,景海涛¹,冯仲科¹

(1、北京林业大学 资源与环境学院,北京 100083;2、哈尔滨市国土资源局测绘大队,黑龙江 哈尔滨 15000)

[摘要] 随着体育事业的发展,运动员之间的竞争愈加激烈,成绩也越来越接近,有时甚至不易区分,这时若还用如皮尺这样的传统测量仪器就很难满足现代奥林匹克运动会的要求,这就要求采用更加精准的测量仪器和手段裁定比赛。“数字奥运”是适应全球进入信息社会,实现“科技奥运”承诺的系统工程。本文提出将全站仪这种精密测量仪器应用于奥运会田赛项目的测量,阐述了其测量的数学原理,分析了误差来源并进行了定量研究,最后提出了如何结合计算机网络及通讯设备建立奥运会田赛全站仪自动测定系统,实现自动、实时、准确地裁定和报告比赛成绩。

[关键词] 奥运会;全站仪;测量仪器;精度;测定系统

[中图分类号] P204

[文献标识码] B

[文章编号] 1007-3000(2004)03-0050-03

现代奥林匹克运动不论从发展规模,还是从发展水平上来看,都已为举世瞩目,对人类的社会活动,对人类的文明产生了深刻的影响,科技以其强大的生命力和渗透力早已融入此项运动,进而推动着奥林匹克运动朝着更高水平发展。

国际奥委会规定:1、对径赛和田赛项目的所有丈量必须使用钢或玻璃纤维米制卷尺、棍尺或科学丈量仪器。采用的各种丈量器材的准确性,必须经主办国的计量主管部门鉴定。2、对跳高、撑竿跳高、跳远、三级跳远、推铅球等项的丈量,应以1 cm为单位,如丈量的距离不足1 cm不计(在跳高、撑竿跳高中,全部丈量应从地面垂直丈量到横杆上沿的最低点;铁饼、链球、标枪等项远度的丈量,应以2 cm为单位,如丈量距离不足2 cm不计)。

但随着体育事业的发展,运动员之间的竞争愈加激烈,成绩也越来越接近,有时甚至不易区分,这时若还用如皮尺这样的传统测量仪器就很难满足现代奥林匹克运动会的要求,这就要求采用更加精准的测量仪器和手段裁定比赛。测绘仪

器应用于奥运会始于第20届奥林匹克运动会,当时首次使用了精度可达1/1 000秒的电子计时器和有“投掷运动员魔镜”之称的激光测距仪,这些设备可以准确、自动地在几秒钟内报告成绩。慕尼黑运动会结束了跑表、皮尺时代。在这次比赛中,也确实令人信服地看到了电子设备的优越性。

于2002年8月在北京举行第21届世界大学生运动会铅球、铁饼、标枪等田赛项目,裁判员采用了测量量仪器裁定比赛成绩。本届大运会采用了通过国际单项委员会认可的计时记分系统、激光测距仪、多媒体光缆传输网络等高科技产品。

本文利用全站仪这种高精度测量仪器结合计算机网络及通讯设施建立奥运会田赛全站仪自动测定系统,从而实现自动、实时、准确地裁定和报告比赛成绩。

1 全站仪测定系统的数学原理

以铅球比赛为例,如图1所示,国际奥委会规定投掷区为夹角为40°的扇形区域。设圆心为

*[收稿日期] 2004-04-13

[作者简介] 邓向瑞(1978-),男,硕士研究生,主要研究方向:测绘及林业3S技术。

O点,半径为R(已知 $R=2.135/2$ m)。在投掷区一侧设置一固定观测点P,该点到圆心的水平距离经过精确测定已知为 S_{OP} ,铅球被运动员掷出后的落点设为M,M至圆心O的连线MO与投掷区边缘的交点为N。

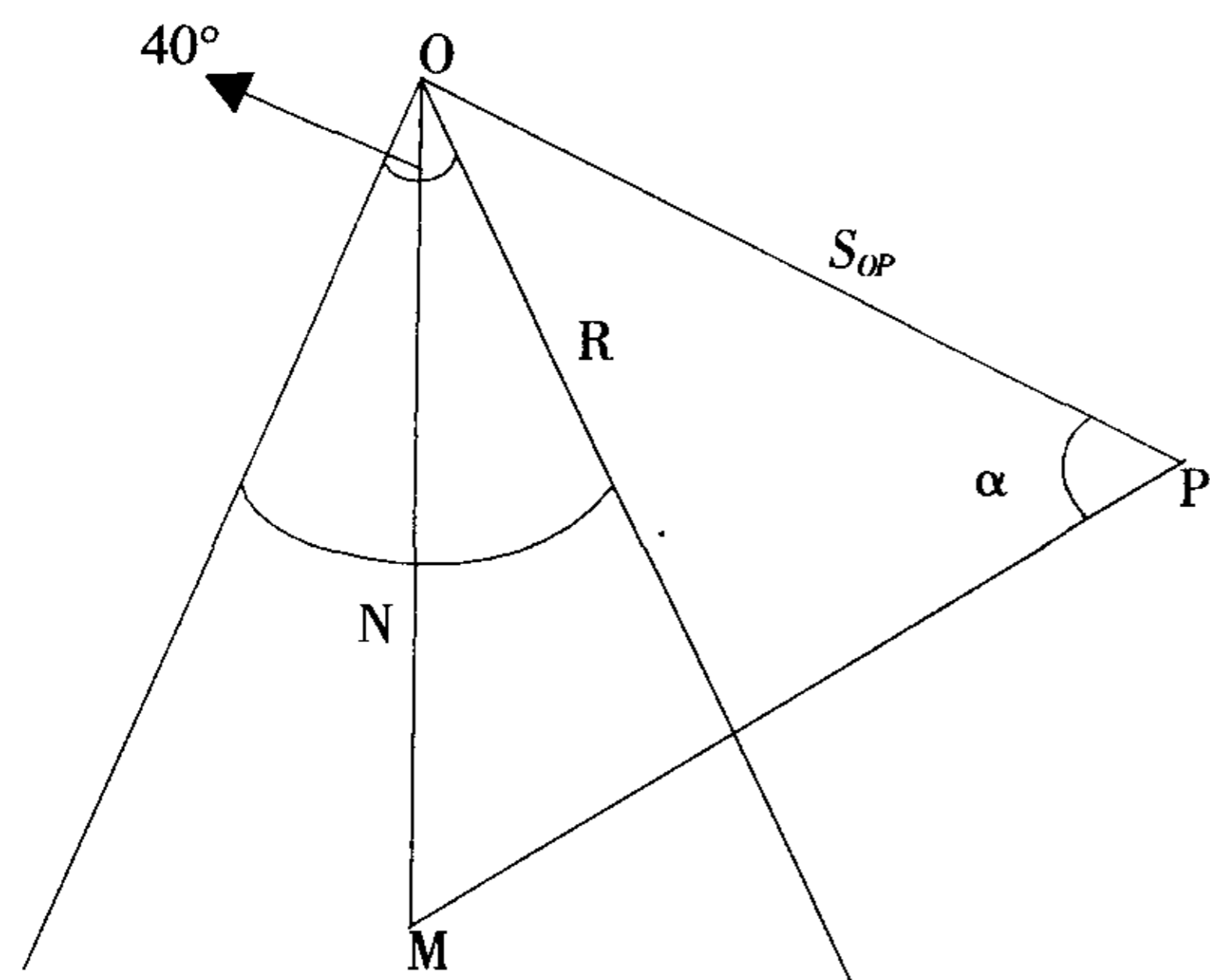


图1 测定系统示意图

图中OPM三点构成了一个三角形,在P点安置全站仪,P点到测区中心O点的连线方向置为零方面,当把棱镜立在M处用全站仪照准时,得如下独立观测值:PM之间倾斜距离 D_{PM} 、PM方向的天顶距 \bar{V} 以及PO、PM之间的水平角 α 。

由几何知识可得PM之间水平距离为:

$$S_{PM} = D_{PM} \cdot \sin \bar{V} \quad (1)$$

且 $\triangle OPM$ 满足余弦定理:

$$S_{OM}^2 = S_{OP}^2 + S_{PM}^2 - 2 \cdot S_{OP} \cdot S_{PM} \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

则该选手投掷距离为:

$$S_{MN} = S_{OM} - R \quad (3)$$

将(1),(2)代入(3)式得:

$$S_{MN} = \sqrt{S_{OP}^2 + (D_{PM} \cdot \sin \bar{V})^2 - 2 \cdot S_{OP} \cdot D_{PM} \cdot \sin \bar{V} \cdot \cos \alpha} - R \quad (4)$$

2 系统的误差来源及分析

在此自动测定系统中,设全站仪的斜距测量的测距中误差为 σ_D ,水平角的测角中误差为 σ_α ,天顶距的测角中误差为 $\sigma_{\bar{V}}$,若不考虑反光镜片误差和照准误差等其它误差的影响,对公式(4)依据误差传播定律得:

$$\sigma_{SMN}^2 = \frac{A \cdot \sigma_D^2 + B \cdot \sigma_{\bar{V}}^2 + C \cdot \sigma_\alpha^2}{D} \quad (5)$$

$$\text{其中: } A = (\sin^2 \bar{V} \cdot D_{PM} - S_{OP} \cdot \sin \bar{V} \cdot \cos \alpha)^2$$

$$B = (D_{PM}^2 \cdot \sin \bar{V} \cdot \cos \bar{V} - S_{OP} \cdot D_{PM} \cdot \cos \bar{V})^2$$

$$C = (S_{OP} \cdot D_{PM} \cdot \sin \bar{V} \cdot \sin \alpha)^2$$

$$D = S_{OP}^2 + (D_{PM} \cdot \sin \bar{V})^2 - 2 \cdot S_{OP} \cdot D_{PM} \cdot \sin \bar{V} \cdot \cos \alpha^2$$

实验采用了NTS-320系列全站仪,其中NTS-322标称测角精度为 $+2''$,测距精度为 $\pm(3+2ppm)$;NTS-325标称测角精度为 $+5''$,测距精度为 $\pm(3+2ppm)$ 。由于比赛场地一般都较平坦,所以研究中我们假定天顶距为 90° 保持不变,在上述技术指标的前提下,选取不同实验数据进行了比较分析,其统计结果见表1。

表1 实验结果统计表

观测仪器	S_{OP} (m)	D_{PM} (m)	\bar{V} ($^\circ$)	α ($^\circ$)	S_{MN} (m)	σ_{SMN} (mm)
NTS-322-325	20	20	90	120	33.574	2.598/2.599
	20	20	90	90	27.217	2.122/2.125
	20	20	90	60	18.933	1.501/1.506
	20	20	90	30	9.285	0.779/0.793
	10	20	90	120	25.390	2.835/2.835
	10	20	90	90	21.293	2.683/2.684
	10	20	90	60	16.253	2.598/2.599
	10	20	90	30	11.326	2.745/2.746
	20	10	90	120	25.390	2.268/2.268
	20	10	90	90	21.293	1.342/1.344
	20	10	90	60	16.253	0.033/0.083
	20	10	90	30	11.326	1.772/1.773

从表1可以得出以下结论:

- 1)无论 $2''$ 还是 $5''$ 的全站仪,其观测结果的差别极小,可以忽略不计。
- 2)由于测量距离相对较短,其精度主要受测距中误差影响。
- 3)从中误差的大小可以看出,误差大小与三角形的形状有关,所以可根据具体比赛项目(如铅球与标枪)及运动员成绩的大体分布确定仪器安置的位置。

4)测量精度达毫米级,足以满足现代奥运会的评判要求,确保比赛评判的公正性和准确性。

3 作业系统及技术路线

奥运会田赛全站仪测定系统运用精密测量仪器全站仪、自动计分装置、电子计量器等设备,通过计算机网络等高科技技术联结在一起,可以实时、自动、准确地将比赛结果显示在赛场大屏幕上。利用全站仪可以在最短的时间内完成目标锁定和观测记录,而且经由与之匹配的数据处理程序,只需轻轻一触按键,即可将测算的比赛成绩传输到运动中心主控室,经主控室处理验证得到的比赛结果即可显示在大屏幕上,通过互联网还可实时准确地向全球报道。

系统的构成方案亦即作业流程图如图2。

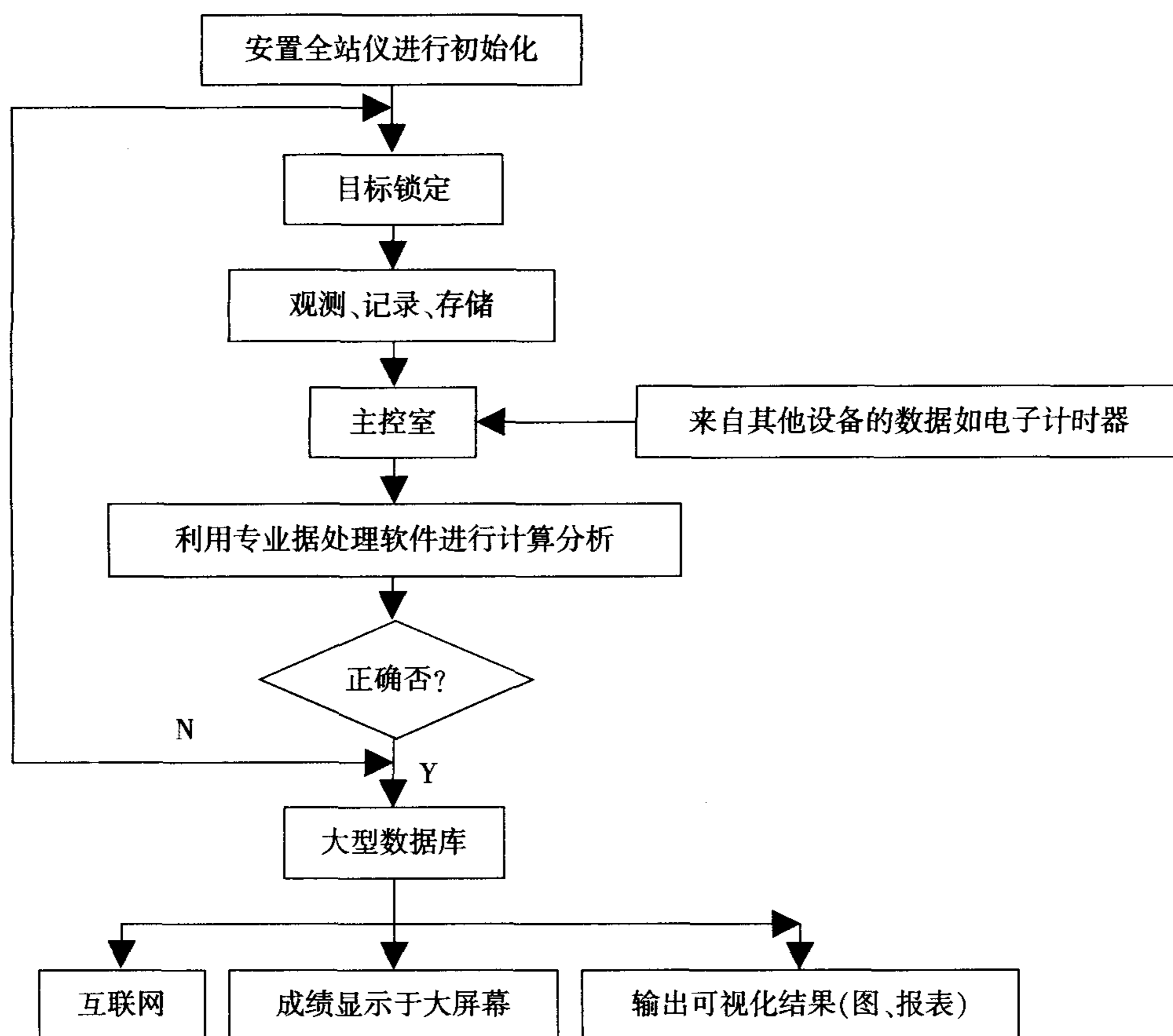


图2 自动测定系统作业流程图

4 结束语

2008年奥运会将在我国北京举行，我们总的承诺是把2008年奥运会办成一次“绿色奥运、人文奥运、科技奥运”，这是我们的申奥理念。科技奥运要求在场馆和奥运村建设以及通讯、交通和日常使用的设备方面，运用当代的高新技术如数字技术、网络宽带技术、环境技术、节能节水技术等。“数字奥运”是适应全球进入信息社会，实现“科技奥运”承诺的系统工程。“数字奥运”要充分运用现代信息技术，建设各种必要的信息基础设施和信息应用系统，开发各种与奥运相关的信息资源，营造良好的信息化环境，为各相关组织和个人提供优质的信息服务，体现和弘扬奥林匹克运动的精神，保证2008年奥运会办成历史上最出色的运动会。

全站仪已广泛应用于道桥、水利、房屋等工程建筑方面，把它应用于体育运动尤其是奥运会这样的大规模、全球性体育运动中还不常见。本文提出的将全站仪用于奥运会田赛项目的自动测定系统是在体育测量领域的一次大胆尝试。

参考文献

- [1] 冯仲科. 全站仪特殊功能应用精度分析[J]工程勘察. 1995,(5):60-62
- [2] 冯仲科. 全站仪三维导线测量定位系统[J]测绘科技动态. 1998,(4):30-33
- [3] 冯仲科,梁长秀. 全站仪土方工程实施自动测算系统研究[J]有色金属. 1999,(2):28-30
- [4] 冯仲科,张明海. 全站仪实时自动测量系统的建立[J]测绘通报. 1997,(8):29-31
- [5] 李德仁. 误差处理和可靠性理论[M]. 北京:测绘出版社,1988
- [6] 武测测量平差教研室. 测量平差基础[M]. 北京:测绘出版社,1996
- [7] 国际奥林匹克委员会. 奥运会宪章[M]. 北京:奥林匹克出版社,1992:1-7
- [8] 任海主编. 奥林匹克运动百科全书[M]. 北京:中国大百科全书出版社,2000:1-230
- [9] 孙葆杰. 奥林匹克运动[M]. 北京:大众文艺出版社,2000:79-81
- [10] 谢亚龙. 奥林匹克研究[M]. 北京:北京体育大学出版社,1994
- [11] Holger P.Problemizing the Arguments of Opponents of Olympic Games[Z]. <http://www.llbc.leg.bc.ca>