



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107561930 A

(43)申请公布日 2018.01.09

(21)申请号 201710747987.7

(22)申请日 2017.08.28

(71)申请人 西京学院

地址 710199 陕西省西安市长安区西京路1号西京学院

(72)发明人 王祖良 黄世奇 周美丽 林东
张婷 李险峰

(74)专利代理机构 西安西达专利代理有限责任
公司 61202

代理人 高亦哲

(51)Int.Cl.

G05B 13/02(2006.01)

G01S 13/06(2006.01)

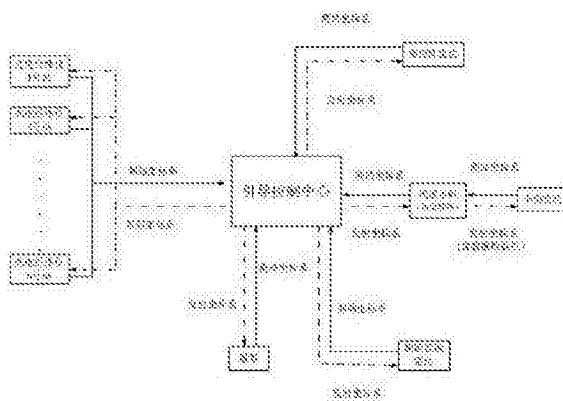
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种外弹道组网测试引导控制方法

(57)摘要

一种外弹道组网测试引导控制方法,包括将雷达、光电设备和遥测设备所测量的目标数据坐标转换后进行弹道优选,并将优选弹道数据向所有测试设备实时广播,当测试设备目标跟踪丢失时,将接收到的广播数据作适当弹道外推后用于指引本设备快速捕获目标,弹道优选算法采用最小二乘+莱特准则。本发明可以在引导和测量数据所覆盖的弹道段上互为补充,测试参数互为备份和参考,合理利用各测量系统的特长,使各测量系统在最能发挥作用的弹道段完成测试任务,显著提高单套设备的数据采集率。与传统测试相比,利用本发明的引导控制系统组网测试设备跟踪率得到显著提升。



1. 一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,具体步骤包括:

步骤一:引导控制系统汇集来自各测站的数据;

步骤二:对数据进行一序列处理;

步骤三:利用弹道预估算法估算当前弹道;

步骤四:根据预先设定的引导规则优选引导源;

步骤五:有效性检验,根据有效性检验规则进行检验,剔除异常值后将弹道数据上报引导控制系统,引导其它设备。

2. 根据权利要求1所述的一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,所述步骤一包括:引导控制中心接收光电设备、雷达设备及遥测等三类设备所发送的弹道测量数据,并对数据进行量纲统一。

3. 根据权利要求1所述的一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,所述步骤二包括:

按试验要求事先选定坐标原点O,X轴为坐标北,Y轴为高程,Z轴与X轴、Y轴构成右手系,采用异面交会算法,计算公式如式(1)所示。

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 = \cos \alpha_1 (x_1 - x_2) + \operatorname{tg} \lambda_1 (y_1 - y_2) + \sin \alpha_1 (z_1 - z_2) \\ m_2 = \cos \alpha_2 (x_2 - x_1) + \operatorname{tg} \lambda_2 (y_2 - y_1) + \sin \alpha_2 (z_2 - z_1) \\ K = (\cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2)^2 - \sec^2 \lambda_1 \sec^2 \lambda_2 \\ l_1 = \frac{m_2 (\cos(\alpha_1 - \alpha_2)) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2 + m_1 \sec^2 \lambda_2}{K} \\ l_2 = \frac{m_1 (\cos(\alpha_1 - \alpha_2)) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2 + m_2 \sec^2 \lambda_1}{K} \\ x = \rho (x_1 + l_1 \cos \alpha_1) + (1 - \rho) (x_2 + l_2 \cos \alpha_2) \\ y = \rho (y_1 + l_1 \cos \lambda_1) + (1 - \rho) (y_2 + l_2 \operatorname{tg} \lambda_2) \\ z = \rho (z_1 + l_1 \sin \lambda_1) + (1 - \rho) (z_2 + l_2 \sin \alpha_2) \end{array} \right. \quad (1)$$

其中, (x_1, y_1, z_1) 为 O_1 站经纬仪在测量坐标系 O -XYZ 的坐标; (x_2, y_2, z_2) 为 O_2 站经纬仪在测量坐标系 O -XYZ 的坐标; (x, y, z) 为目标 M 在测量坐标系 O -XYZ 的坐标; α_1 为 O_1 站经纬仪测得目标 M 的方位角, λ_1 为 O_1 站经纬仪测得目标 M 的高低角; α_2 为 O_2 站经纬仪测得目标 M 的方位角, λ_2 为 O_2 站经纬仪测得目标 M 的高低角; ρ 为加权系数, $\rho \in [0, 1]$, 根据各经纬仪测量精度适当选取, 当两台经纬仪测角精度相同时取 0.5; m_1, m_2, K, l_1, l_2 为中间变量。

4. 根据权利要求1所述的一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,所述步骤三包括:

利用前5个点的数据作最小二乘预测当前弹道值;

利用莱特准则从各测试设备所测得的当前弹道数值中挑选残差最大的测量弹道;

将当前弹道值的预测值与利用莱特准则挑选的残差最大的测量弹道进行比对;如果优选弹道最接近残差最大的弹道,则当前弹道有突变,利用莱特准则优选弹道;否则,利用最小二乘预测值作为优选弹道。

5. 根据权利要求1所述的一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,所述步骤四包括:预估算法采用基于滑窗式最小二乘法,将优选出的弹道数据按照FIFO(先进先出)规

则逐步滑动存入数组A[n-i], i=1,2...5;利用A[n-i]估算当前值A[n]。

6. 根据权利要求5所述的一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,所述估算当前值A[n]的算法包括:

采用二阶多项式拟合,表达式如式(2)所示:

$$U_i = b_0 + b_1(ih) + b_2(ih)^2 \quad (2)$$

其中, b_0 、 b_1 、 b_2 为多项式系数,采用递推求解,步骤如式(3)~(5)所示:

$$b_0 = N^{-1} \sum u_i \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & h \sum i \\ \sum i & h \sum i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum u_i \\ \sum i u_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & h \sum i & h^2 \sum i^2 \\ \sum i & h \sum i^2 & h^2 \sum i^3 \\ \sum i^2 & h \sum i^3 & h^2 \sum i^4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum u_i \\ \sum i u_i \\ \sum i^2 u_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中, u_i 表示以h为间隔接收到的弹道数据,用以预测当前值;取N=5。

7. 根据权利要求1所述的一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,所述步骤五包括:

采用莱特准则对优选弹道进行有效性检验,设同组光电设备交叉交会得出的多条弹道为x(i), i=1,2,...,K, K为正整数;则多条弹道的算数均值如式(6)所示:

$$\bar{x} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x(i) \quad (6)$$

原始弹道残差绝对值 $x_s(i)$ 如式(7)所示:

$$x_s(i) = |x(i) - \bar{x}| \quad (7)$$

当通过滑窗最小二乘预估法优选弹道不是最大残差时可以认为优选弹道有效,将优选弹道上报引控中心;如果滑窗最小二乘预估法优选弹道与莱特准则计算的残差最大信道重叠时,认为弹道发生突变,重新优选当前弹道。

8. 根据权利要求7所述的一种外弹道组网测试引导控制方法,其特征在于,符合弹道突变条件,重新优选当前弹道时,按照以下准则优选当前弹道:

首先计算标准差,计算公式如式(8)所示:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (x(i) - \bar{x})^2}{K-1}} \quad (8)$$

然后,将残差绝对值 $x_s(i)$ 逐一与标准差的3倍进行比较以剔除异常值,如果残差 $x_s(i) \geq 3\sigma$,则将此异常值剔除;在一次剔除后的基础上,重新计算均值和标准差,再次进行异常值剔除,重复剔除两次以后,取均值作为当前优选弹道,上报引导控制中心。

一种外弹道组网测试引导控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于弹道测试技术领域,具体涉及一种外弹道组网测试引导控制方法。

背景技术

[0002] 在外弹道测试中常常采用光电设备、雷达设备及遥测设备对同一弹道同时跟踪测试,这些设备本身均有目标跟踪能力,只要飞行目标进入其视场即可自动跟踪目标完成弹道测试。但由于测站布设、地形地貌等的影响,对于导弹等快速飞行目标,往往会发生某一台或多台设备捕获不到目标,或者虽然捕获到,但由于受到遮挡或者干扰而导致丢失目标的情况,造成关键数据丢失,导致测试失败。组网测试可以大大提高测试成功概率。组网测试是基于TCP/IP协议的以太网技术,将光电测试设备、雷达系统及遥测系统等测试系统实现互联互通,在引导控制中心的统一调度下实现测试信息融合和实时互引导。

发明内容

[0003] 为了克服现有技术的不足,本发明提供一种外弹道组网测试引导控制方法,将雷达、光电设备和遥测设备所测量的目标数据坐标转换后进行弹道优选,并将优选弹道数据向所有测试设备实时广播,当测试设备目标跟踪丢失时,将接收到的广播数据作适当弹道外推后用于指引本设备快速捕获目标,弹道优选算法采用最小二乘+莱特准则。

[0004] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种外弹道组网测试引导控制方法,其步骤如下:

[0005] 步骤一:引导控制系统汇集来自各测站的数据;

[0006] 步骤二:对数据进行交汇处理,坐标变换,提取时钟等一序列处理。

[0007] 步骤三:弹道预估算法。

[0008] 步骤四:根据预先设定的引导规则优选引导源。

[0009] 步骤五:有效性检验并引导其它设备。

[0010] 所述的步骤一包括:

[0011] 引导控制中心接收光电设备、雷达设备及遥测等三类设备所发送的弹道测量数据,并对数据进行量纲统一。

[0012] 所述步骤二包括:

[0013] 按试验要求事先选定坐标原点 O , X 轴为坐标北, Y 轴为高程, Z 轴与 X 轴、 Y 轴构成右手系。 (x_1, y_1, z_1) : O_1 站经纬仪在测量坐标系 $O-XYZ$ 的坐标。 (x_2, y_2, z_2) : O_2 站经纬仪在测量坐标系 $O-XYZ$ 的坐标。 (x, y, z) :目标 M 在测量坐标系 $O-XYZ$ 的坐标。 α_1, λ_1 : O_1 站经纬仪测得目标 M 的方位角、高低角。 α_2, λ_2 : O_2 站经纬仪测得目标 M 的方位角、高低角。

[0014] 采用异面交会算法,计算公式如式(1)所示。

$$\begin{cases}
 m_1 = \cos \alpha_1 (x_1 - x_2) + \operatorname{tg} \lambda_1 (y_1 - y_2) + \sin \alpha_1 (z_1 - z_2) \\
 m_2 = \cos \alpha_2 (x_2 - x_1) + \operatorname{tg} \lambda_2 (y_2 - y_1) + \sin \alpha_2 (z_2 - z_1) \\
 K = (\cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2)^2 - \sec^2 \lambda_1 \sec^2 \lambda_2 \\
 l_1 = \frac{m_2 (\cos(\alpha_1 - \alpha_2)) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2 + m_1 \sec^2 \lambda_2}{K} \\
 l_2 = \frac{m_1 (\cos(\alpha_1 - \alpha_2)) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2 + m_2 \sec^2 \lambda_1}{K} \\
 x = \rho (x_1 + l_1 \cos \alpha_1) + (1 - \rho) (x_2 + l_2 \cos \alpha_2) \\
 y = \rho (y_1 + l_1 \cos \lambda_1) + (1 - \rho) (y_2 + l_2 \operatorname{tg} \lambda_2) \\
 z = \rho (z_1 + l_1 \sin \lambda_1) + (1 - \rho) (z_2 + l_2 \sin \alpha_2)
 \end{cases} \quad (1)$$

[0016] 其中 ρ 为加权系数, $\rho \in [0, 1]$, 根据各经纬仪测量精度适当选取, 当两台经纬仪测角精度相同时取0.5。 m_1 、 m_2 、 K 、 l_1 、 l_2 为中间变量。

[0017] 所述的步骤三包括:

[0018] 利用前5个点的数据作最小二乘预测当前弹道值。另一方面, 利用莱特准则从各测试设备所测得的当前弹道数值中挑选残差最大的测量弹道。将预测值与利用莱特准则挑选的残差最大的测量弹道进行比对, 如果优选弹道最接近残差最大的弹道, 则当成弹道有突变, 利用莱特准则优选弹道, 否则利用最小二乘预测值作为优选弹道。

[0019] 所述的步骤四包括:

[0020] 预估算法采用基于滑窗式最小二乘法, 将优选出的弹道数据按照FIFO(先进先出)规则逐步滑动存入数组 $A[n-i]$, $i=1, 2, \dots, 5$, 利用 $A[n-i]$ 估算当前值 $A[n]$ 。

[0021] 采用二阶多项式拟合, 表达式如式(2)所示。

$$[0022] \quad U_i = b_0 + b_1(ih) + b_2(ih)^2 \quad (2)$$

[0023] 其中 b_0 、 b_1 、 b_2 为多项式系数, 递推求解步骤:

$$[0024] \quad b_0 = N^{-1} \sum u_i \quad (3)$$

$$[0025] \quad \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & h \sum i \\ \sum i & h \sum i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum u_i \\ \sum i u_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$[0026] \quad \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & h \sum i & h^2 \sum i^2 \\ \sum i & h \sum i^2 & h^2 \sum i^3 \\ \sum i^2 & h \sum i^3 & h^2 \sum i^4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum u_i \\ \sum i u_i \\ \sum i^2 u_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0027] 其中, u_i 表示以 h 为间隔接收到的弹道数据, 用以预测当前值, $N=5$ 。

[0028] 所述的步骤五包括:

[0029] 采用莱特准则对优选弹道进行有效性检验, 假设同组光电设备交叉交会得出的多条弹道为 $x(i)$, $i=1, 2, \dots, K$, 算数均值为:

$$[0030] \quad \bar{x} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x(i) \quad (6)$$

[0031] 则原始弹道残差绝对值为

$$[0032] \quad x_s(i) = |x(i) - \bar{x}| \quad (7)$$

[0033] 当通过滑窗最小二乘预估法优选弹道不是最大残差时可以认为优选弹道有效,将优选弹道上报引控中心;如果滑窗最小二乘预估法优选弹道与莱特准则计算的残差最大信道重叠时,认为弹道发生突变,按照以下准则优选当前弹道:

[0034] 首先计算标准差

$$[0035] \quad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^K \frac{(x(i) - \bar{x})^2}{K-1}} \quad (8)$$

[0036] 将残差绝对值 $x_s(i)$ 逐一与标准差的3倍进行比较以剔除异常值,如果残差 $x_s(i) \geq 3\sigma$,则将此异常值剔除。由于异常值本身会对数据标准差产生影响,因此莱特准则需要循环进行,即在一次剔除后的基础上,重新计算均值和标准差,再次进行异常值剔除,重复剔除两次以后,取均值作为优选弹道上报引导控制中心。

[0037] 本发明的有益效果:

[0038] 1) 本发明将雷达、光电设备和遥测设备所测量的目标数据坐标转换后进行弹道优选,并将优选弹道数据向所有测试设备实时广播,当测试设备目标跟踪丢失时,将接收到的广播数据作适当弹道外推后用于指引本设备快速捕获目标

[0039] 2) 可以在引导和测量数据所覆盖的弹道段上互为补充,测试参数互为备份和参考,合理利用各测量系统的特长,使各测量系统在最能发挥作用的弹道段完成测试任务,显著提高单套设备的数据采集率。

[0040] 3) 与传统测试相比,利用本发明的引导控制系统组网测试设备跟踪率得到显著提升。

附图说明

[0041] 图1为本发明所述引导控制系统组成及引导关系图;

[0042] 图2为本发明所述引导控制中心软件模块组成;

[0043] 图3为本发明所述韦伯雷达数据传输方法示意图;

[0044] 图4为本发明所述弹道优选流程图;

[0045] 图5为本发明所述主控界面图。

具体实施方式

[0046] 以下结合附图对本发明进一步说明,但是本发明不局限于以下实施例。

[0047] 参照图1所示,一种外弹道组网测试引导控制方法,引导控制系统由引导控制中心、测试设备以及基础网络构成。

[0048] 基础网络采用TCP/IP协议的以太网技术的广域网,由4套SDH组成的骨干光纤网络和3台无线Mesh通信车组成。骨干光纤网的4套传输设备分别位于指控中心、中继测试点1、中继测试点2以及落区测试点;3套无线Mesh通信车分别部署在中继测试点1、中继测试点2及落区测试点,实现各周边15km范围的机动点位的数据、视频等业务的接入功能。引导控制中心接收光电经纬仪、雷达及遥测数据,并实时解算目标坐标,通过数据融合等处理,优选外弹道数据,并向所有测试设备广播。测试设备收到优选弹道数据,如果本设备处于正常跟

踪目标状态,则对优选弹道数据不予处理,如果已丢失目标,则利用从引导控制中心收到的优选弹道数据快速引导本设备跟踪目标,从而完成测试设备的互引导。

[0049] 附图2所示为引导控制中心软件模块组成图。

[0050] 用户管理模块负责管理用户信息,对不同用户进行分级管理。任务调度模块按照引导控制处理流程对接收和发送线程进行调度处理,发送采用组播方式,接收采用一对一通信方式。IP组播为无根组播,每个加入组播的成员都是叶子节点,其地位均相同,既可以作为信源广播发送者也可以作为信宿接收者。分组引导要求单向组播,即引导控制中心向各测试设备组播,测试设备之间不能彼此收发数据,否则会带来干扰。为解决该问题,采用收发分线程实现,即引导控制软件采用单播线程专门负责接收数据,组播线程专门负责向本组组播地址发送数据。各测试设备单播向引导控制中心发送数据,不向组播地址发送数据,只接收组播数据。任务调度模块根据接收数据类型启动相应的弹道解算模块,及后续处理模块进行处理。设备管理模块负责测试设备的注册、更新以及设备分组管理。数据通信模块采用套接字编程方式实现底层通信,为保证引导控制的实时性,采用UDP通信方式,并将通信接口的初始化工作放在应用程序的初始化函数InitInstanc()中完成,保证在程序运行过程中引控软件和设备之间保持半相关状态。存储管理模块负责对测试数据的存储,以备离线数据分析。实时显示模块负责弹道的实时显示。

[0051] 附图3为韦伯雷达需要利用代理主机进行协议转换示意图。代理主机实现通信协议转换,即收即发不作其他处理,最大限度减少时延。

[0052] 按试验要求事先选定坐标原点O,X轴为坐标北,Y轴为高程,Z轴与X轴、Y轴构成右手系。 (x_1, y_1, z_1) : O_1 站经纬仪在测量坐标系O-XYZ的坐标。 (x_2, y_2, z_2) : O_2 站经纬仪在测量坐标系O-XYZ的坐标。 (x, y, z) :目标M在测量坐标系O-XYZ的坐标。 α_1, λ_1 : O_1 站经纬仪测得目标M的方位角、高低角。 α_2, λ_2 : O_2 站经纬仪测得目标M的方位角、高低角。

[0053] 采用异面交会算法,计算公式如式(1)所示。

$$\begin{cases}
 m_1 = \cos \alpha_1 (x_1 - x_2) + \operatorname{tg} \lambda_1 (y_1 - y_2) + \sin \alpha_1 (z_1 - z_2) \\
 m_2 = \cos \alpha_2 (x_2 - x_1) + \operatorname{tg} \lambda_2 (y_2 - y_1) + \sin \alpha_2 (z_2 - z_1) \\
 K = (\cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2)^2 - \sec^2 \lambda_1 \sec^2 \lambda_2 \\
 l_1 = \frac{m_2 (\cos(\alpha_1 - \alpha_2)) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2 + m_1 \sec^2 \lambda_2}{K} \\
 l_2 = \frac{m_1 (\cos(\alpha_1 - \alpha_2)) + \operatorname{tg} \lambda_1 \operatorname{tg} \lambda_2 + m_2 \sec^2 \lambda_1}{K} \\
 x = \rho (x_1 + l_1 \cos \alpha_1) + (1 - \rho) (x_2 + l_2 \cos \alpha_2) \\
 y = \rho (y_1 + l_1 \cos \lambda_1) + (1 - \rho) (y_2 + l_2 \operatorname{tg} \lambda_2) \\
 z = \rho (z_1 + l_1 \sin \lambda_1) + (1 - \rho) (z_2 + l_2 \sin \alpha_2)
 \end{cases} \quad (1)$$

[0055] 其中 ρ 为加权系数, $\rho \in [0, 1]$,根据各经纬仪测量精度适当选取,当两台经纬仪测角精度相同时取0.5。 m_1, m_2, K, l_1, l_2 为中间变量。

[0056] 附图4为弹道优选算法处理流程图。

[0057] 利用前5个点的数据作最小二乘预测当前弹道值。另一方面,利用莱特准则从各测试设备所测得的当前弹道数值中挑选残差最大的测量弹道。将预测值与利用莱特准则挑选的残差最大的测量弹道进行比对,如果优选弹道最接近残差最大的弹道,则当成弹道有突

变,利用莱特准则优选弹道,否则利用最小二乘预测值作为优选弹道。

[0058] 预估算法采用基于滑窗式最小二乘法,将优选出的弹道数据按照FIFO(先进先出)规则逐步滑动存入数组A[n-i], $i=1,2,\dots,5$,利用A[n-i]估算当前值A[n]。

[0059] 采用二阶多项式拟合,表达式如式(2)所示。

$$[0060] \quad U_i = b_0 + b_1(ih) + b_2(ih)^2 \quad (2)$$

[0061] 其中 b_0, b_1, b_2 为多项式系数,递推求解步骤:

$$[0062] \quad b_0 = N^{-1} \sum u_i \quad (3)$$

$$[0063] \quad \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & h \sum i \\ \sum i & h \sum i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum u_i \\ \sum i u_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$[0064] \quad \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & h \sum i & h^2 \sum i^2 \\ \sum i & h \sum i^2 & h^2 \sum i^3 \\ \sum i^2 & h \sum i^3 & h^2 \sum i^4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum u_i \\ \sum i u_i \\ \sum i^2 u_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0065] 其中, u_i 表示以 h 为间隔接收到的弹道数据,用以预测当前值, $N=5$ 。

[0066] 所述的步骤五包括:

[0067] 采用莱特准则对优选弹道进行有效性检验,假设同组光电设备交叉交会得出的多条弹道为 $x(i), i=1,2,\dots,K$,算数均值为:

$$[0068] \quad \bar{x} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x(i) \quad (6)$$

[0069] 则原始弹道残差绝对值为

$$[0070] \quad x_s(i) = |x(i) - \bar{x}| \quad (7)$$

[0071] 当通过滑窗最小二乘预估法优选弹道不是最大残差时可以认为优选弹道有效,将优选弹道上报引控中心;如果滑窗最小二乘预估法优选弹道与莱特准则计算的残差最大信道重叠时,认为弹道发生突变,按照以下准则优选当前弹道:

[0072] 首先计算标准差

$$[0073] \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (x(i) - \bar{x})^2}{K-1}} \quad (8)$$

[0074] 将残差绝对值 $x_s(i)$ 逐一与标准差的3倍进行比较以剔除异常值,如果残差 $x_s(i) \geq 3\sigma$,则将此异常值剔除。由于异常值本身会对数据标准差产生影响,因此莱特准则需要循环进行,即在一次剔除后的基础上,重新计算均值和标准差,再次进行异常值剔除,重复剔除两次以后,取均值作为优选弹道上报引导控制中心。

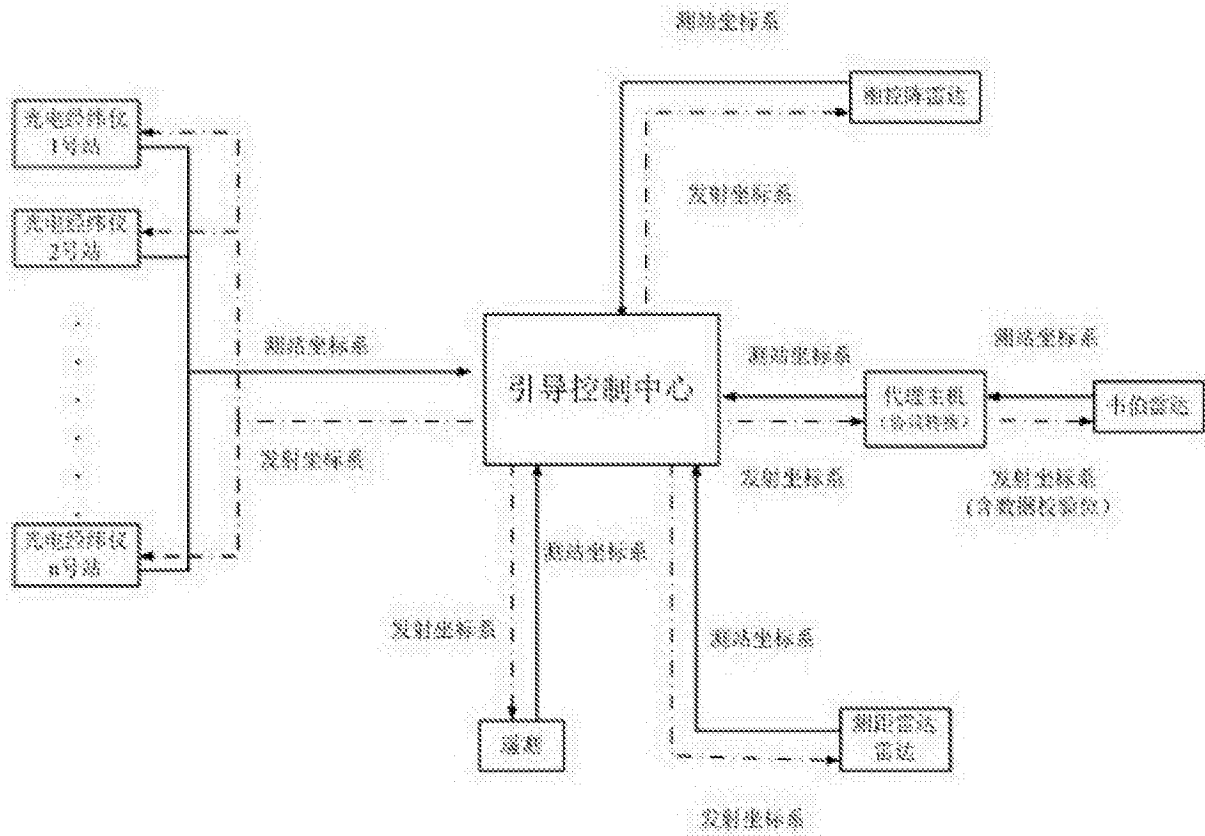


图1

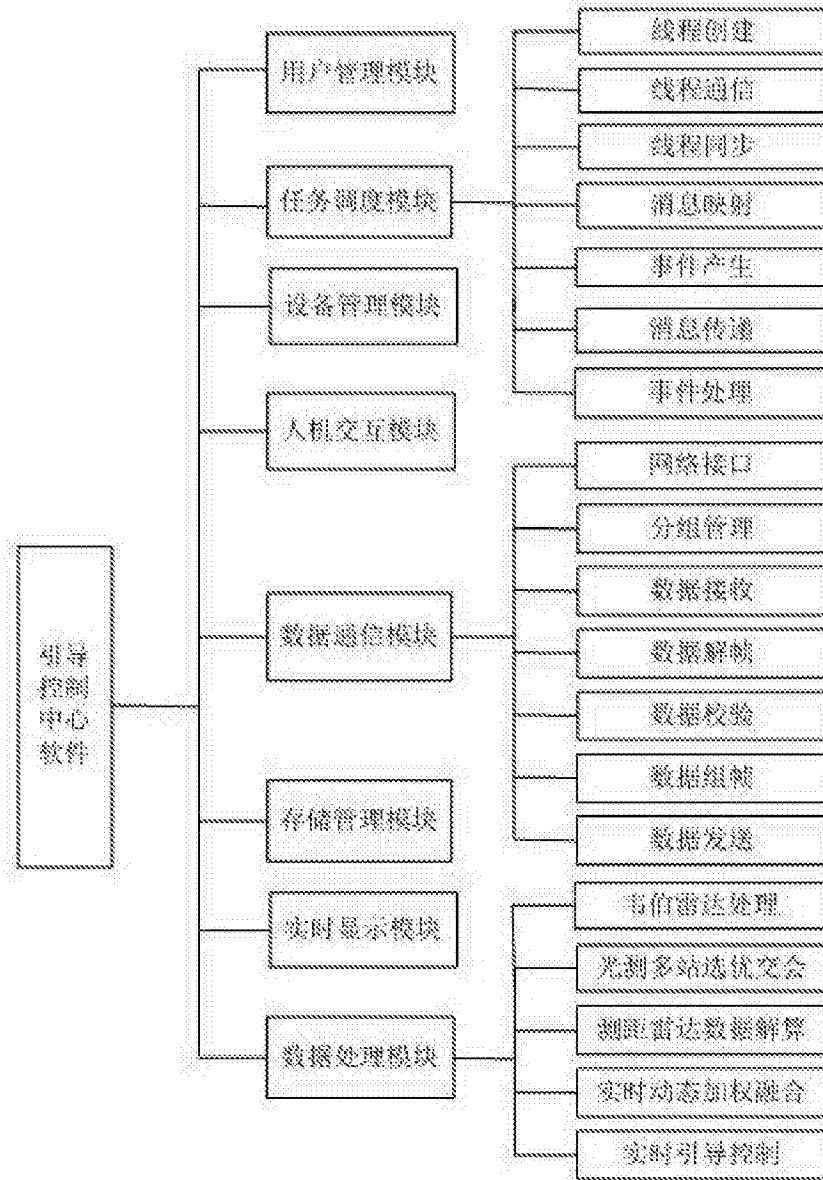


图2

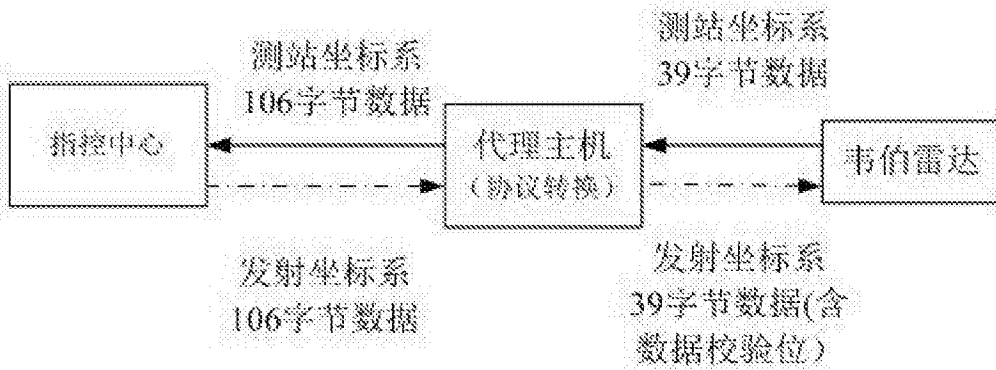


图3

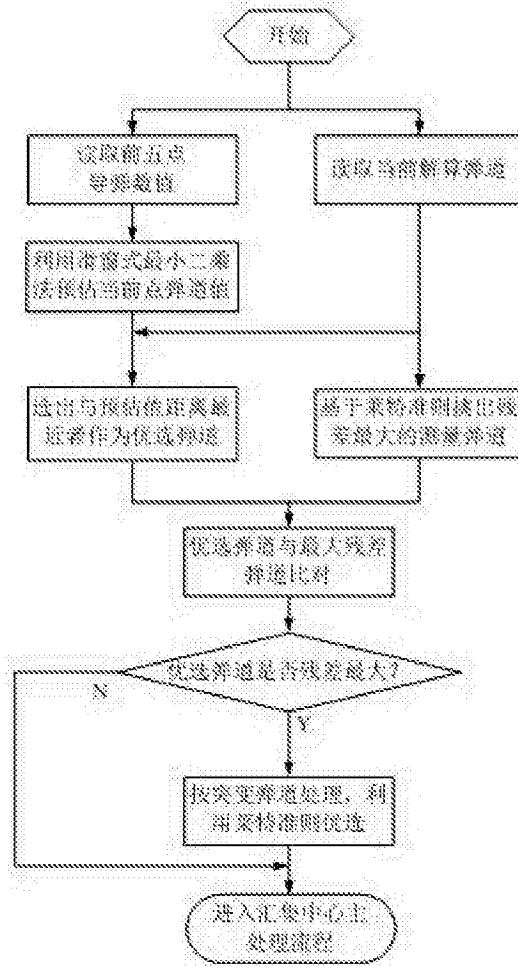


图4



图5