



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101692000 A

(43) 申请公布日 2010.04.07

(21) 申请号 200910067548.7

(22) 申请日 2009.09.18

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 张雪菲 匡海鹏 陈志超 刘志明
王德江 詹磊

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王立伟

(51) Int. Cl.

G01C 11/02 (2006.01)

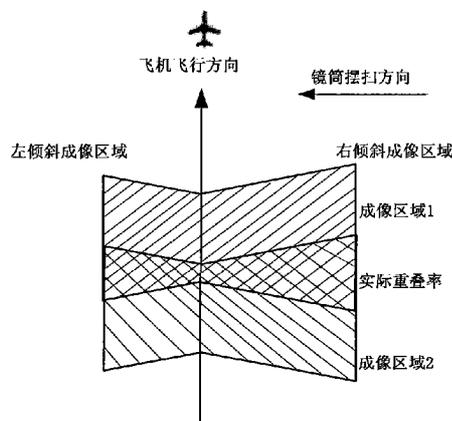
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

影响摆扫式航空相机两条图像间实际重叠率因素的处理方法

(57) 摘要

影响摆扫式航空相机两条图像间实际重叠率因素的处理方法,属于航空相机测量与成像技术领域。为了使摆扫式航空相机拍出的图像连续无缝,要求相邻两次成像的条带区域保持一定的指标重叠率。本发明主要针对横滚角速度和速高比这两个影响实际重叠率的因素提出处理意见,通过计算得知当横滚角速度 ω_{hg} 和镜筒扫描速度同向、反向时的变化趋势和出现拉缝现象的三种情况;同时得出拍照周期 T 与速高比 η 成反比这一符合实际的计算结果,将相机拍照周期 T 作为位置/速度信号的判断依据,作为工作参数发送给镜筒系统,改进了控制程序,解释了摆扫式航空相机两条图像间出现拉缝或重叠率过大的原因。经过反复试验该方法简便可行,计算精度准确可靠,控制方法精确无误。



1. 影响摆扫式航空相机两条图像间实际重叠率因素的处理方法，其特征在于包括横滚角速度和速高比这两个影响实际重叠率的主要因素通过计算、分析，提出处理方法：

1) 横滚角速度对实际重叠率的影响：

如果在拍照过程中，飞机的横滚角速度 $\omega_{hg} = 0$ ，说明飞机在拍照期间没有产生横滚角，镜筒相对于地面的转角和镜筒相对于飞机的转角一致，实际重叠率不发生改变；

如果在拍照过程中飞机的横滚角速度 $\omega_{hg} \neq 0$ ，随着拍照时间积累会引起飞机横滚角度的变化，造成镜筒相对于飞机的转角和镜筒相对于地面的转角不一致，因此实际重叠率发生变化；考虑飞机横滚角速度 ω_{hg} 时，实际重叠率 ρ' 表达式为：

$$\rho' = 1 - \frac{\omega_j(1-\rho)}{\omega_j - \omega_{hg}} \quad (2)$$

其中， ρ' - 实际重叠率；

ρ - 指标重叠率；

ω_j - 镜筒扫描速度，即镜筒相对于地面的扫描速度；

ω_{hg} - 拍照时飞机横滚角速度，规定和镜筒扫描速度同向时为正，反向时为负；

当横滚角速度 ω_{hg} 和镜筒扫描速度反向时，实际重叠率 ρ' 较指标重叠率 ρ 增大；当横滚角速度 ω_{hg} 和镜筒扫描速度同向时，实际重叠率 ρ' 较指标重叠率 ρ 减小，且当 $\omega_{hg} \geq 2^\circ / \text{s}$ 时，实际重叠率 $\rho' \leq 0$ ，出现负数，说明图像之间没有重叠，出现拉缝现象。

上面的分析证明，如果以镜筒扫描开始位置和扫描结束位置作为摄影脉冲信号的判断依据，会对实际重叠率 ρ' 带来影响；由于在拍照过程中，镜筒扫描速度 ω_j 为恒定值，镜筒摆扫路程即为相机横向扫描角 2β ，当速高比 η 一定时，相机横向扫描角 2β 由公式 (1) 可求，因此，相机拍照时间 $t_{\text{拍}}$ 表达式为：

$$t_{\text{拍}} = \frac{2\beta}{\omega_j} \quad (3)$$

其中： 2β - 相机横向扫描角；

ω_j - 镜筒扫描速度，即镜筒相对于地面的扫描速度；

当镜筒到达扫描开始位置时，发送摄影脉冲信号低电平，相机开始拍照，此时以拍照时间 $t_{\text{拍}}$ 做一个定时，定时时间到镜筒发送摄影脉冲信号高电平，拍照结束，镜筒开始返程；

2) 速高比对实际重叠率的影响：

相机实际重叠率 ρ' 和速高比 η 关系式为：

$$\begin{cases} \rho' = \rho & \eta \geq \eta_0 \\ \rho' = 1 - \frac{\eta(1-\rho)}{\eta_0} & \eta < \eta_0 \end{cases} \quad (4)$$

其中： ρ' - 实际重叠率；

ρ - 指标重叠率；

η - 速高比；

η_0 - 为当相机横向扫描角 $2\beta = 2\beta_{\max}$ 时的速高比；
式中表示随着速高比 η 变小，实际重叠率 ρ' 变大；
相机拍照周期 T 的表达式为：

$$T = \frac{B(1-\rho)}{\eta \cdot f \cdot \sin\theta} \quad (5)$$

式中： ρ - 指标重叠率；

η - 速高比；

B - 像元长度；

θ - 相机扫描角；

f - 相机焦距；

从公式 (5) 可知，拍照周期 T 与速高比 η 成反比，当速高比 η 变大时，拍照周期 T 变小；当速高比 η 变小时，拍照周期 T 变大；而且当速高比 $\eta < \eta_0$ 时，虽然相机横向扫描角 $2\beta = 2\beta_{\max}$ 不变，但是拍照周期 T 随之变大；因此，我们根据相机拍照周期 T 作为位置 / 速度信号的判断依据，改进了处理方法。

影响摆扫式航空相机两条图像间实际重叠率因素的处理方法

技术领域

[0001] 影响摆扫式航空相机两条图像间实际重叠率因素的处理方法，属于航空相机测量与成像技术领域，尤其针对摆扫式航空相机成像领域。

技术背景

[0002] 摆扫式航空相机采用镜筒摆扫式的工作方式。相机在拍照时，对地面上指定的一个条带区域成像；回程时，不成像。航空相机扫描角越大，地面覆盖宽度越宽，拍照周期就越长，相邻两条图像间有可能出现拉缝，导致图像信息量的丢失。因此，为了使拍出的图像连续无缝，要求相邻两次成像的条带区域保持一定的指标重叠率。目前，摆扫式航空相机是通过拍照信号来控制相机拍照和返程时间，从而保证相机拍照满足指标重叠率。拍照信号由位置/速度信号和摄影脉冲信号组成，这两个信号主要是依据镜筒的位置信息来判断的。但是，由于相机在拍照过程中受到飞机横滚角速度的干扰和飞机窗口尺寸的限制，依据镜筒位置信息来控制位置/速度信号和摄影脉冲信号很难保证满足指标重叠率的要求。本发明主要针对横滚角速度和速高比这两个影响实际重叠率的因素，提出了与实际重叠率相应的处理方法并得出符合实际的计算结果。

发明内容

[0003] 发明目的：本发明提供了一种影响摆扫式航空相机两条图像间实际重叠率的处理方法，该方法能够保证摆扫式航空相机相邻两条图像间满足指标重叠率的要求。

[0004] 技术方案：摆扫式航空相机工作方式分为左倾斜摆扫成像和右倾斜摆扫成像两种方式，相邻两条图像在离飞机最近的地方，重叠率最小；离飞机最远的地方，重叠率最大，如图 1 所示。

[0005] 相机横向扫描角 2β 公式为：

$$[0006] \quad 2\beta = \omega_j \cdot K \cdot \frac{B(1-\rho)}{f \cdot \eta \cdot \sin \theta} \quad (1)$$

[0007] 其中： ρ - 指标重叠率；

[0008] η - 速高比；

[0009] ω_j - 镜筒扫描速度，即镜筒相对于地面的扫描速度；

[0010] K - 时间比例系数；

[0011] B - 像元长度；

[0012] θ - 相机扫描角；

[0013] f - 相机焦距。

[0014] 相机控制器根据公式 (1) 计算出相机横向扫描角 2β ，在考虑目标倾斜角和当前飞机横滚角的情况下，确定镜筒扫描初始位置、扫描开始位置和扫描结束位置，作为工作参数发送给镜筒控制器。

[0015] (1) 横滚角速度对实际重叠率的影响

[0016] 相机控制器发送的镜筒扫描开始位置和扫描结束位置其实是镜筒相对于地面目标位置而言的。但由于镜筒系统是采用电位计或者编码器作为位置反馈元件，它反馈的是镜筒相对于飞机的转动角度，而不是相对于惯性系大地的转动角度。如果在拍照过程中，飞机的横滚角速度 $\omega_{hg} = 0$ ，说明飞机在拍照期间没有产生横滚角，镜筒相对于地面的转角和镜筒相对于飞机的转角一致，实际重叠率不发生改变；如果在拍照过程中飞机的横滚角速度 $\omega_{hg} \neq 0$ ，随着拍照时间积累会引起飞机横滚角度的变化，造成镜筒相对于地面的转角和镜筒相对于飞机的转角不一致，因此实际重叠率发生变化。

[0017] 考虑飞机横滚角速度 ω_{hg} 时，实际重叠率 ρ' 表达式为：

$$[0018] \quad \rho' = 1 - \frac{\omega_j(1-\rho)}{\omega_j - \omega_{hg}} \quad (2)$$

[0019] 其中， ρ' - 实际重叠率；

[0020] ρ - 指标重叠率；

[0021] ω_j - 镜筒扫描速度，即镜筒相对于地面的扫描速度；

[0022] ω_{hg} - 拍照时飞机横滚角速度，规定和镜筒扫描速度同向时为正，

[0023] 反向时为负。

[0024] 假设，镜筒扫描速度为 $\omega_j = 20^\circ /s$ ，飞机横滚角速度 $\omega_{hg} \leq \pm 4^\circ /s$ ，指标重叠率 $\rho = 10\%$ ，则实际重叠率 ρ' 和飞机横滚角速度 ω_{hg} 关系如表 1 所示；

[0025] 由表 1 可以看到，当横滚角速度 ω_{hg} 和镜筒扫描速度反向时，实际重叠率 ρ' 较指标重叠率 ρ 增大；当横滚角速度 ω_{hg} 和镜筒扫描速度同向时，实际重叠率 ρ' 较指标重叠率 ρ 减小，且当 $\omega_{hg} \geq 2^\circ /s$ 时，实际重叠率 $\rho' \leq 0$ ，出现负数，说明图像之间没有重叠，出现拉缝现象。

[0026] 上面的分析证明，如果以镜筒扫描开始位置和扫描结束位置作为摄影脉冲信号的判断依据，会对实际重叠率 ρ' 带来影响。由于在拍照过程中，镜筒扫描速度 ω_j 为恒定值，镜筒摆扫路程即为相机横向扫描角 2β ，当速高比 η 一定时，相机横向扫描角 2β 由公式 (1) 可求，因此，相机拍照时间 $t_{\text{拍}}$ 表达式为：

[0027]

$$t_{\text{拍}} = \frac{2\beta}{\omega_j} \quad (3)$$

[0028] 其中： 2β - 相机横向扫描角；

[0029] ω_j - 镜筒扫描速度，即镜筒相对于地面的扫描速度。

[0030] 当镜筒到达扫描开始位置时，发送摄影脉冲信号低电平，相机开始拍照，此时以拍照时间 $t_{\text{拍}}$ 做一个定时，定时时间到镜筒发送摄影脉冲信号高电平，拍照结束，镜筒开始返程。

[0031] (2) 速高比对实际重叠率的影响

[0032] 由公式 (1) 可知，对于摆扫式航空相机，相机的横向扫描角 2β 随着速高比 η 的减小而变大。但是考虑到飞机窗口尺寸要求，相机横向扫描角 2β 限制在一定范围内，即 $2\beta \leq 2\beta_{\text{max}}$ 。设速高比 η_0 为相机横向扫描角刚等于 $2\beta_{\text{max}}$ 时的速高比，则当速高比 $\eta < \eta_0$ 时，相机横向扫描角取 $2\beta = 2\beta_{\text{max}}$ 。实际重叠率 ρ' 和速高比 η 关系式为：

$$[0033] \quad \begin{cases} \rho' = \rho & \eta \geq \eta_0 \\ \rho' = 1 - \frac{\eta(1-\rho)}{\eta_0} & \eta < \eta_0 \end{cases} \quad (4)$$

[0034] 其中： ρ' - 实际重叠率；

[0035] ρ - 指标重叠率；

[0036] η - 速高比；

[0037] η_0 - 相机横向扫描角刚为 $2\beta = 2\beta_{\max}$ 时的速高比。

[0038] 假设取指标重叠率 $\rho = 10\%$ ，速高比 $\eta \in [0.01, 0.1]$ l/s， $\eta_0 = 0.06$ l/s，相机实际重叠率 ρ' 和速高比 η 关系如表 2 所示。

[0039] 从表 2 中可以看出，当速高比 $\eta \geq \eta_0 = 0.06$ l/s 时，实际重叠率 ρ' 等于指标重叠率 $\rho = 10\%$ 。当速高比 $\eta < \eta_0 = 0.06$ l/s 时，随着速高比 η 变小，实际重叠率 ρ' 变大，当 $\eta = 0.01$ l/s 时，实际重叠率 $\rho' = 85\%$ 。

[0040] 相机拍照周期 T 的表达式为：

$$[0041] \quad T = \frac{B(1-\rho)}{\eta \cdot f \cdot \sin \theta} \quad (5)$$

[0042] 式中： ρ - 指标重叠率；

[0043] η - 速高比；

[0044] B - 像元长度；

[0045] θ - 相机扫描角；

[0046] f - 相机焦距。

[0047] 从公式(5)可知，拍照周期 T 与速高比 η 成反比。当速高比 η 变大时，拍照周期 T 变小；当速高比 η 变小时，拍照周期 T 变大。而且当速高比 $\eta < \eta_0$ 时，虽然相机横向扫描角 $2\beta = 2\beta_{\max}$ 不变，但是拍照周期 T 随之变大。因此，我们根据相机拍照周期 T 作为位置 / 速度信号的判断依据，改进处理方法。

[0048] 相机控制器系统根据飞机当前时刻的速高比、指标重叠率、目标倾斜角和横滚角度计算出镜筒扫描初始位置、扫描开始位置、扫描结束位置、拍照时间 t 拍和拍照周期 T ，并作为工作参数发送给镜筒系统。

[0049] 本发明的优点：由于航空相机扫描角越大，地面覆盖宽度越宽，拍照周期就越长，相邻两条图像间有可能出现拉缝，导致图像信息量的丢失。为了使拍出的图像连续无缝，要求相邻两次成像的条带区域保持一定的指标重叠率。本发明主要针对横滚角速度和速高比这两个影响实际重叠率的因素，提出了与实际重叠率相应的处理方法并得出符合实际的计算结果。经过反复测算和试验该方法准确可行，解决了摆扫式航空相机相邻两条图像间满足指标重叠率要求的难题。

附图说明

[0050] 图 1、图像条带重叠率示意图。

[0051] 图 2 实际重叠率 ρ' 和飞机横滚角速度 ω_{hg} 关系。

[0052] 图 3 实际重叠率 ρ' 和速高比 η 关系。

[0053] 具体实施方法

[0054] 相机控制器系统根据当前相机速高比信息按照公式 (1) 计算出相机横向扫描角 2β ，在根据目标倾斜角和飞机横滚角确定镜筒扫描初始位置、扫描开始位置和扫描结束位置，按照公式 (3) 计算出镜筒拍照时间 t 拍，按照公式 (4) 计算出镜筒拍照周期 T ，相机控制器系统将这些工作参数通过串口实时发送给镜筒系统。

[0055] 镜筒系统根据相机控制器发送的工作参数，实时向相机分系统发送位置 / 速度信号和摄影脉冲信号。

[0056] 接收到镜筒系统发送的位置 / 速度信号和摄影脉冲信号后，反射镜系统进行像移补偿，调焦系统进行自动调焦，调光系统进行自动调光，横滚系统进行横滚补偿。拍照期间各系统完成功能时序的一致性，并且保证了相机满足指标重叠率的要求。

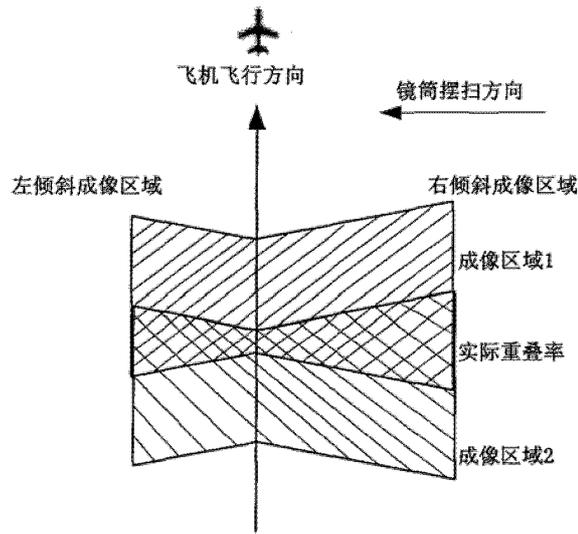


图 1

横滚角速度 ($^{\circ}/s$)	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
实际重叠率 ρ'	25.0%	21.7%	18.2%	14.3%	10.0%	5.3%	0%	-5.9%	-12.5%

图 2

速高比 η (1/s)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
实际重叠率 ρ'	85%	70%	55%	40%	25%	10%	10%	10%	10%	10%

图 3