

基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法

本申请要求于 2023 年 04 月 07 日提交中国专利局、申请号为 202310364392.9、发明名称为“基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明属于空侧施工数据识别技术领域，尤其涉及基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法。

背景技术

在机场扩建过程中的空侧施工领域，除了对施工器械的活动区域有严格的限制，而且对施工高度也有严格要求。在停航阶段和不停航阶段，空侧施工区域会有相应变化；且空侧施工区域内不同的地点，施工高度会有相应的变化。对于繁忙的机场时间窗口变化较快，需要协调多方人力物力才能保证空侧施工区域的正常施工，会导致延误时间错过时间窗口。

通过上述分析，现有技术存在的问题及缺陷为：

(1) 现有技术没有利用基于高分遥感底图的北斗定位和电子围栏技术，为施工器械在空侧限定区域和高度的空间安全操作提供依据，使得安全效率低。同时没有针对不符合操作空间的施工器械通过及时报警的方式，告知操作人员及时调整施工器械位置及施工高度。

(2) 现有技术没有利用叠加高分遥感影像的电子围栏区域，对实际场景下的工作范围进行实时可视化展示与预警。

发明内容

为克服相关技术中存在的问题，本发明公开实施例提供了基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法，所述技术方案如下：该方法包括以下步骤：

根据接收到的正常情况和紧急情况空域信息，系统后台划定空侧施工区域中电子围栏区域；

根据所述电子围栏区域，系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道中心线点位；

正常情况下,限高区域为向内水平过渡面及向内过渡面,计算空侧施工器械正常施工高度;

紧急情况下,限高区域为一般过渡面,计算空侧施工器械紧急施工高度;

5 将电子围栏区域叠加到整个机场高分影像底图上,判断空侧施工器械是否在安全活动区域和安全高度施工。

在一个实施例中,所述系统后台划定空侧施工区域中电子围栏区域包括:

10 (I) 在机场空侧区域,根据正常和紧急两种情况,确定空侧施工器械可活动区域,包括 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域;

(II) 使用测绘仪采集施工器械可活动区域的边界点位位置信息,分别为远跑道线中 A 点、远跑道线中 B 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 D 点、紧急
15 情况近跑道线中 E 点、紧急情况近跑道线中 F 点、正常情况近跑道线中 G 点、正常情况近跑道线中 H 点;

(III) S1 电子围栏区域包括远跑道线中 A 点、远跑道线中 B 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 D 点四点围成的区域, S2 电子围栏区域包括向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 D 点、紧急情况近跑道线中 E 点、紧急情况近跑道线中 F 点四点围成的区域, S3 电子围栏区域包括紧急情况近跑道线中 E 点、紧急情况近跑道线中 F 点、正常情况近跑道线中 G 点、正常情况近跑道线中 H 点
20 四点围成的区域;

25 (IV) 依据测绘信息在系统后台生成电子围栏区域,其中 $S123=S1+S2+S3$ 为正常情况下电子围栏区域, $S12=S1+S2$ 为紧急情况下电子围栏区域;

(V) 根据正常情况与紧急情况,切换 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域。

30 在一个实施例中,所述系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道

中心线点位是基于采集的空侧施工器械活动区域边界点位信息,生成电子围栏边界线。

在一个实施例中,生成电子围栏边界线包括:系统后台采集 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域中四个点的经纬度,然后
5 对实时获取的空侧施工器械经纬度与上报的 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域经纬度做计算,判断空侧施工器械 O 点是否在 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域内。

在一个实施例中,对实时获取的空侧施工器械经纬度与上报的 S1 电子围栏区域经纬度做计算,判断空侧施工器械 O 点是否在 S1 电子围栏区域内中,通过远跑道线中 B 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线
10 中 C 点两点进行判断空侧施工器械 O 点是否在 S1 电子围栏区域内,远跑道线中 B 点的经纬度为 (lon2, lat2)、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点的经纬度为 (lon3, lat3)、空侧施工器械 O 点的经纬度为 (lon0, lat0), 具体包括:

15 向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点的经度 lon3-空侧施工器械 O 点的经度 lon0>0, 向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点的纬度 lat3-空侧施工器械 O 点的纬度 lat0>0;

空侧施工器械 O 点的经度 lon0-远跑道线中 B 点的经度 lon2>0, 空侧施工器械 O 点的纬度 lat0-远跑道线中 B 点的纬度 lat2>0;

20 四个条件同时成立判断空侧施工器械 O 点在 S1 电子围栏区域内。

在一个实施例中,正常情况下,计算空侧施工器械正常施工高度包括:

(1) 获取 $S123=S1+S2+S3$ 为正常情况下电子围栏区域;

(2) 正常情况近跑道线、紧急情况近跑道线、转折点线、远跑道线均平行于跑道中心线;且正常情况近跑道线与紧急情况近跑道线为已知距离 D3, 紧急情况近跑道线与转折点线已知距离 D2、转折点线与远跑道线
25 已知距离 D1;

(3) 计算施工器械 O 点到正常情况近跑道线距离 d3, 判断施工器械所处区域;若在区域 S1 电子围栏区域,则施工高度在 H0 以下;若在 S2 电子围栏区域和 S3 电子围栏区域,则根据相似三角形原理计算施工高度
30 H1;

已知施工器械 O 点的经纬度 (lon0, lat0) 和正常情况近跑道线中 G 点的经纬度 (lon7, lat7), 正常情况近跑道线中 H 点的经纬度 (lon8, lat8), 获取 OG、OH、HG 的长, 根据海伦公式计算出的 d3, 计算 d3 公式为:

$$p = \frac{OG + OH + HG}{2}$$

$$d3 = \frac{2\sqrt{p(p - OG)(p - OH)(p - HG)}}{HG}$$

式中, OG 表示施工器械 O 点到测量点 G 的距离; OH 表示施工器械 O 点到测量点 H 的距离; HG 表示测量点 H 到测量点 G 的距离; p 表示 $\triangle OHG$ 周长的一半; d3 表示 $\triangle OHG$ 边 HG 上的高; $\triangle OHG$ 为施工器械 O 点、测量点 G、测量点 H 组成的三角形;

(4) 根据不同位置推断出的空侧电子围栏区域施工器械可施工最高限度;

(5) 根据施工器械顶端安装的高度传感器, 及步骤 (4) 推断的最高限度, 判断施工器械是否符合操作要求。

在步骤 (4) 中, 正常情况下, 可施工空域为向内水平过渡面和向内过渡面下方区域; 根据判断的空侧施工器械 O 点在 S1 电子围栏区域内结果, 高度为 H; 再判断空侧施工器械 O 点是否在 S2+S3 区域内, 根据相似三角形计算原理, 正常情况下 S2 电子围栏区域, S3 电子围栏区域的高度计算模型为:

$$h1 = \frac{H \cdot d3}{D2 + D3}$$

式中, D3 表示正常情况近跑道线到紧急情况近跑道线的距离, 为已知距离; D2 表示紧急情况近跑道线到向内水平过渡面与向内过渡面转折点线距离, 为已知距离; H 表示正常情况下向内水平过渡面高度, 为已知高度; d3 表示施工器械 O 到正常情况近跑道线垂直距离; h1 表示施工器械在 S2+S3 区域内在 d3 的距离下最高的施工高度。

在一个实施例中, 紧急情况下, 计算空侧施工器械紧急施工高度包括:

(i) 获取 $S12=S1+S2$ 为紧急情况下电子围栏区域;

(ii) 计算空侧施工器械 O 点的经纬度 (lon0, lat0) 到紧急情况近跑道线距离 d2, 根据相似三角形原理计算出施工高度 h2; 其中紧急情况

下，一般过渡面下方区域为可施工区域；

$$p = \frac{OE + OF + EF}{2}$$

$$d2 = \frac{2\sqrt{p(p - OE)(p - OF)(p - EF)}}{EF}$$

式中，OE表示施工器械O点到测量点E的距离；OF表示施工器械O点到测量点F的距离；EF表示测量点E到测量点F的距离；p表示△OEF周长的一半；d2表示△OEF边EF上的高；△OEF为施工器械O点、测量点E、测量点F组成的三角形；

(iii)根据不同位置推断出的空侧电子围栏区域施工器械可施工最高限度；

(iv)根据空侧施工器械顶端安装的高度传感器，及步骤(iii)推断的最高限度，判断施工器械是否符合操作要求。

在步骤(iii)中，紧急情况下S1，S2区域高度计算模型为：

$$h2 = \frac{H \cdot d2}{D1 + D2}$$

式中，D1表示远跑道线与向北水平过渡面与向内过渡面转折点线距离，为已知距离；D2表示紧急情况近跑道线到向内水平过渡面与向内过渡面转折点线距离，为已知距离；H表示正常情况下向内水平过渡面高度，为已知高度；h2表示施工器械在S1+S2区域内在d2电子围栏区域的距离下最高的施工高度。

本发明的另一目的在于提供一种北斗定位和电子围栏的空侧施工器械控制系统，实施所述基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法，该系统包括：

电子围栏区域划定模块，用于根据接收到的正常情况和紧急情况空域信息，系统后台划定空侧施工区域中电子围栏区域；

中心线点位标记模块，用于根据所述电子围栏区域，系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道中心线点位；

正常施工高度计算模块，用于正常情况下，限高区域为向内水平过渡面，计算空侧施工器械正常施工高度；

紧急施工高度计算模块，用于紧急情况下，限高区域为一般过渡面，

计算空侧施工器械紧急施工高度；

安全施工高度显示模块，用于将电子围栏区域叠加到整个机场高分影像底图上，判断空侧施工器械是否在安全活动区域和安全高度施工。

结合上述的所有技术方案，本发明所具备的优点及积极效果为：

5 本发明利用基于高分遥感底图的北斗定位和电子围栏技术，使施工器械在空侧限定区域和高度的空间中操作，而减少人为操作，提高安全效率。同时针对不符合操作空间的施工器械，可通过及时报警的方式，告知操作人员及时调整施工器械位置及施工高度。在叠加高分遥感影像的电子围栏区域，可辅助管理人员可视化电子围栏在实际场景下的范围，方便管理人员决策。

10 作为本发明的优点，还体现在以下方面：本发明显著节省机场人员协调成本及沟通时间，提高施工效率，并且可以根据机场情况进行定制。经济效益显著。现有技术尚没有将基于高分遥感底图的北斗定位和电子围栏技术应用在机场空侧区施工器械调度的方法，本发明补充了相关技术空白。

15 由于现有技术机场建设处于高速发展时期，既有新机场的开建，也有已有机场的改扩建，需求少时，空侧施工没有被引起重视。随着机场飞机起降密度的增大，本发明解决了机场改扩建过程中经常因为施工器械而影响飞机起降的痛点问题。具有显著的生态效益，经济效益和社会效益。本发明以较小的成本取得了显著的综合效益，是机场管理中的一大进步。

20 附图说明

此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分，示出了符合本公开的实施例，并与说明书一起用于解释本公开的原理；

图 1 是本发明实施例提供的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法流程图；

25 图 2 是本发明实施例提供的设备空域限高截面示意图；

图 3 是本发明实施例提供的将电子围栏区域叠加到整个机场高分影像底图上的效果图；

图 4 是本发明实施例提供的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法原理图；

30 图 5 是本发明实施例提供的北斗定位和电子围栏的空侧施工器械控

制系统示意图;

图中: 1、电子围栏区域划定模块; 2、中心线点位标记模块; 3、正常施工高度计算模块; 4、紧急施工高度计算模块; 5、安全施工高度显示模块。

5 具体实施方式

为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂, 下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但是本发明能够以很多不同于在此描述的其他方式来实施, 本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似改进, 因此本发明不受下面公开的具体实施的限制。

实施例 1, 如图 1 所示, 本发明实施例提供的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法包括以下步骤:

S101, 根据接收到的正常情况和紧急情况空域信息, 系统后台划定空侧施工区域中电子围栏区域。具体包括:

(I) 在机场空侧区域, 根据正常和紧急两种情况, 确定空侧施工器械可活动区域。

可以理解, 一般是机场塔台接收到空域紧急信息, 做出紧急状态的反应。比如飞机迫降, 空域出现气球, 鸟群, 等影响飞机起飞和降落的情况。当系统接收到机场紧急情况后, 对电子围栏进行切换。

(II) 使用测绘仪采集施工器械可活动区域的边界点位位置信息, 分别为远跑道线中 A (lon1、lat1)、远跑道线中 B (lon2、lat2)、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C (lon3、lat3)、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 D (lon4、lat4)、紧急情况近跑道线中 E (lon5、lat5)、紧急情况近跑道线中 F (lon6、lat6)、正常情况近跑道线中 G (lon7、lat7)、正常情况近跑道线中 H (lon8、lat8);

(III) S1 电子围栏区域为分别为远跑道线中 A (lon1、lat1) 点、远跑道线中 B (lon2、lat2) 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C (lon3、lat3) 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 D (lon4、lat4) 点四点围成的区域, S2 电子围栏区域为向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C (lon3、lat3) 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中

D(lon4、lat4)点、紧急情况近跑道线中E(lon5、lat5)点、紧急情况近跑道线中F(lon6、lat6)点四点围成的区域，S3电子围栏区域为紧急情况近跑道线中E(lon5、lat5)点、紧急情况近跑道线中F(lon6、lat6)点、正常情况近跑道线中G(lon7、lat7)点、正常情况近跑道线中H(lon8、lat8)点四点围成的区域。如图2设备空域限高截面所示。

(IV)依据测绘信息在系统后台生成电子围栏区域，其中 $S_{123}=S_1+S_2+S_3$ 为正常情况下电子围栏区域， $S_{12}=S_1+S_2$ 为紧急情况下电子围栏区域。

(V)根据不同情况，可切换不同的电子围栏区域。

S102，根据所述电子围栏区域，系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道中心线点位。具体包括：

步骤1，基于采集的施工器械活动区域边界点位信息，生成电子围栏边界线。

示例性的，生成电子围栏边界线的方法包括：电子围栏是虚拟的一个区域，区域越简单越方便计算，小型区域一般都是绘制的矩形，机场就属于面积不大的小型区域。系统后台采集矩形区域四个点的经纬度，然后对实时获取的施工器械经纬度与上报的矩形区域经纬度做计算，计算逻辑有多种。可以使用两点定位法，以图2中S1电子围栏区域(ABDC)为例，判断空侧施工器械O(lon0、lat0)点是否在S1电子围栏区域内，可通过B(lon2、lat2)点、C(lon3、lat3)点两点进行判断。具体如下：

$\text{lon}_3 - \text{lon}_0 > 0, \text{lat}_3 - \text{lat}_0 > 0;$

$\text{lon}_0 - \text{lon}_2 > 0, \text{lat}_0 - \text{lat}_2 > 0;$

四个条件同时成立即可判断空侧施工器械O在区域内，否则判断空侧施工器械O不在区域内。

步骤2，在系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道中心线点位。

示例性的，系统后台对采集的经纬度进行标记，靠近飞机跑道的经纬度标记为近跑道点，远离跑道平行线的点标记为远跑道点。所谓的线即两个点之间虚拟的连线。

S103，正常情况下，限高区域为向内水平过渡面及向内过渡面，计算空侧施工器械正常施工高度。具体包括：

(1) 此时电子围栏区域为 S1+S2+S3。

(2) 正常情况近跑道线、紧急情况近跑道线、转折点线、远跑道线均平行于跑道中心线。且正常情况近跑道线与紧急情况近跑道线为已知距离 D3, 紧急情况近跑道线与转折点线已知距离 D2、转折点线与远跑道线已知距离 D1。

(3) 此时计算空侧施工器械 O (lon0, lat0) 点到正常情况近跑道线距离 d3, 判断施工器械所处区域。若在区域 S1, 则施工高度在 H0 以下。若在 S2 和 S3 区域, 则根据相似三角形原理计算施工高度 H1。

示例性的, 已知空侧施工器械 O (lon0, lat0) 点和 G (lon7, lat7) 点, H (lon8, lat8) 点的经纬度可知 OG、OH、HG 的长, 根据海伦公式计算出的 d3, 计算 d3 公式为:

$$p = \frac{OG + OH + HG}{2}$$

$$d3 = \frac{2\sqrt{p(p-OG)(p-OH)(p-HG)}}{HG}$$

式中, OG 表示施工器械 O 点到测量点 G 的距离; OH 表示施工器械 O 点到测量点 H 的距离; HG 表示测量点 H 到测量点 G 的距离; p 表示 △OHG 周长的一半; d3 表示 △OHG 边 HG 上的高; △OHG 为施工器械 O 点、测量点 G、测量点 H 组成的三角形。

示例性的, 根据生成电子围栏边界线的方法判断施工器械所处区域。

(4) 根据不同位置推断出的空侧电子围栏区域施工器械可施工最高限度。

示例性的, 正常情况下, 可施工空域为图 2 中的向内水平过渡面和向内过渡面下方区域。判断空侧施工器械 O 点在 S1 区域内, 高度为 H; 判断空侧施工器械 O 点在 S2+S3 区域内, 根据相似三角形计算原理, 正常情况下 S2, S3 区域高度计算模型为:

$$h1 = \frac{H \cdot d3}{D2 + D3}$$

可以理解, 正常情况下, S2+S3 区域内的高度在 D2+D3 以上, 向内过渡面以下的范围内。式中, D3 表示正常情况近跑道线到紧急情况近跑道线的距离, 为已知距离; D2 表示紧急情况近跑道线到向内水平过渡面

与向内过渡面转折点线距离,为已知距离;H表示正常情况下向内水平过渡面高度,为已知高度;d3表示施工器械O到正常情况近跑道线垂直距离;h1表示施工器械在S2+S3区域内在d3的距离下最高的施工高度。

(5)根据空侧施工器械顶端安装的高度传感器,及步骤(4)推断的
5 最高限度,判断空侧施工器械是否符合操作要求。

S104,紧急情况下,限高区域为一般过渡面,计算空侧施工器械紧急施工高度。具体包括:

(i)此时电子围栏区域为S1+S2。

(ii)计算空侧施工器械O点的经纬度(lon0,lat0)到紧急情况近
10 跑道线距离d2,根据相似三角形原理计算出施工高度h2;其中紧急情况下,一般过渡面下方区域为可施工区域。

$$p = \frac{OE + OF + EF}{2}$$

$$d2 = \frac{2\sqrt{p(p-OE)(p-OF)(p-EF)}}{EF}$$

式中,OE表示施工器械O点到测量点E的距离;OF表示施工器械O点到测量点F的距离;EF表示测量点E到测量点F的距离;p表示△OEF
15 周长的一半;d2表示△OEF边EF上的高;△OEF为施工器械O点、测量点E、测量点F组成的三角形。

(iii)根据不同位置推断出的空侧电子围栏区域空侧施工器械可施工最高限度。

紧急情况下S1,S2区域高度计算模型为:

$$h2 = \frac{H \cdot d2}{D1 + D2}$$

可以理解,紧急情况下,S1+S2区域内的高度范围在D1+D2以上,
20 一般过渡面以下的范围;式中,D1表示远跑道线与向北水平过渡面与向内过渡面转折点线距离,为已知距离;D2表示紧急情况近跑道线到向内水平过渡面与向内过渡面转折点线距离,为已知距离;H表示正常情况下向内水平过渡面高度,为已知高度;h2表示施工器械在S1+S2区域内在d2的距离下最高的施工高度。

(iv)根据空侧施工器械顶端安装的高度传感器,及步骤(iii)推断
25

的最高限度，判断空侧施工器械是否符合操作要求。

S105，高分遥感应用及空侧施工器械信息反馈。具体包括：

(a) 在系统中，将电子围栏区域叠加到整个机场高分影像底图上；
效果图如图 3 所示。

5 (b) 将不同情况下步骤 S103 或 S104 计算判断空侧施工器械是否在安全活动区域和安全高度施工。

示例性的，将实时获取的空侧施工器械 O 点经纬度坐标和施工器械顶端安装的高度传感器监测的 h0 值输入到电子围栏、正常情况下 S2, S3 区域高度计算模型、紧急情况下 S1, S2 区域高度计算模型中，对于不在
10 施工区域内和超出限高的空侧施工器械进行预警。

实施例 2，如图 4 所示，本发明实施例提供的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法包括：

实时接收机场指挥台发布指令。

根据接收的指令，判断紧急情况/停航施工/不停航施工。

15 切换电子围栏，计算施工器械活动区域及高度范围。

对重新计算施工器械活动区域和高度范围信息反馈给控制台及施工器械操作人员，及时了解当前施工器械是否处于合适范围内。

实施例 3，如图 5 所示，本发明实施例提供一种北斗定位和电子围栏的空侧施工器械控制系统，包括：

20 电子围栏区域划定模块 1，用于根据接收到的正常情况和紧急情况空域信息，系统后台划定空侧施工区域中电子围栏区域。

中心线点位标记模块 2，用于根据所述电子围栏区域，系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道中心线点位。

正常施工高度计算模块 3，用于正常情况下，限高区域为向内水平过渡面，计算空侧施工器械正常施工高度。
25

紧急施工高度计算模块 4，用于紧急情况下，限高区域为一般过渡面，计算空侧施工器械紧急施工高度。

安全施工高度显示模块 5，用于将电子围栏区域叠加到整个机场高分影像底图上，判断空侧施工器械是否在安全活动区域和安全高度施工。

30 在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中没

有详述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

上述装置/单元之间的信息交互、执行过程等内容，由于与本发明方法实施例基于同一构思，其具体功能及带来的技术效果，具体可参见方法实施例部分，此处不再赘述。

5 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中，也可以是各个
10 单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中，上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。另外，各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本发明的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程。

15 基于上述本发明实施例记载的技术方案，进一步的可提出以下应用例。

根据本申请的实施例，本发明还提供了一种计算机设备，该计算机设备包括：至少一个处理器、存储器以及存储在所述存储器中并可在所述至少一个处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任意各个方法实施例中的步骤。

20 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时可实现上述各个方法实施例中的步骤。

本发明实施例还提供了一种信息数据处理终端，所述信息数据处理终端用于实现于电子装置上执行时，提供用户输入接口以实施如上述各方法
25 实施例中的步骤，所述信息数据处理终端不限于手机、电脑、交换机。

本发明实施例还提供了一种服务器，所述服务器用于实现于电子装置上执行时，提供用户输入接口以实施如上述各方法实施例中的步骤。

本发明实施例还提供了一种计算机程序产品，当计算机程序产品在电子设备上运行时，使得电子设备执行时可实现上述各个方法实施例中的步
30 骤。

所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程,可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质至少可以包括:能够将计算机程序代码携带到拍照装置/终端设备的任何实体或装置、记录介质、计算机存储器、只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质。例如U盘、移动硬盘、磁碟或者光盘等。

以上所述,仅为本发明较优的具体的实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1.一种基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

根据接收到的正常情况和紧急情况空域信息,系统后台划定空侧施工区域中电子围栏区域;

5 根据所述电子围栏区域,系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道中心线点位;

正常情况下,限高区域为向内水平过渡面及向内过渡面,计算空侧施工器械正常施工高度;

10 紧急情况下,限高区域为一般过渡面,计算空侧施工器械紧急施工高度;

将电子围栏区域叠加到整个机场高分影像底图上,判断空侧施工器械是否在安全活动区域和安全高度施工。

2.根据权利要求1所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法,其特征在于,所述系统后台划定空侧施工区域中电子围栏区域包括:

(I) 在机场空侧区域,根据正常和紧急两种情况,确定空侧施工器械可活动区域,包括S1电子围栏区域、S2电子围栏区域、S3电子围栏区域;

20 (II) 使用测绘仪采集施工器械可活动区域的边界点位位置信息,分别为远跑道线中A点、远跑道线中B点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中C点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中D点、紧急情况近跑道线中E点、紧急情况近跑道线中F点、正常情况近跑道线中G点、正常情况近跑道线中H点;

25 (III) S1电子围栏区域包括远跑道线中A点、远跑道线中B点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中C点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中D点四点围成的区域,S2电子围栏区域包括向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中C点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中D点、紧急情况近跑道线中E点、紧急情况近跑道线中F点四点围成的区域,S3电子围栏区域包括紧急情况近跑道线中E点、紧急情况近跑道线中F点、正常情况近跑道线中G点、正常情况近跑道线中H点

四点围成的区域;

(IV) 依据测绘信息在系统后台生成电子围栏区域, 其中 $S123=S1+S2+S3$ 为正常情况下电子围栏区域, $S12=S1+S2$ 为紧急情况下电子围栏区域;

5 (V) 根据正常情况与紧急情况, 切换 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域。

3. 根据权利要求 1 所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法, 其特征在于, 所述系统后台标记近飞机跑道中心线及远飞机跑道中心线点位是基于采集的空侧施工器械活动区域边界点位信息, 生成电子围栏边界线。

4. 根据权利要求 3 所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法, 其特征在于, 生成电子围栏边界线包括: 系统后台采集 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域中四个点的经纬度, 然后对实时获取的空侧施工器械经纬度与上报的 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域经纬度做计算, 判断空侧施工器械 O 点是否在 S1 电子围栏区域、S2 电子围栏区域、S3 电子围栏区域内。

5. 根据权利要求 4 所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法, 其特征在于, 对实时获取的空侧施工器械经纬度与上报的 S1 电子围栏区域经纬度做计算, 判断空侧施工器械 O 点是否在 S1 电子围栏区域内中, 通过远跑道线中 B 点、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点两点进行判断空侧施工器械 O 点是否在 S1 电子围栏区域内, 远跑道线中 B 点的经纬度为 (lon2, lat2)、向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点的经纬度为 (lon3, lat3)、空侧施工器械 O 点的经纬度为 (lon0, lat0)。

25 6. 根据权利要求 5 所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法, 其特征在于, 判断空侧施工器械 O 点是否在 S1 电子围栏区域内中具体包括:

30 向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点的经度 lon3-空侧施工器械 O 点的经度 lon0>0, 向内水平过渡面与向内过渡面转折点线中 C 点的纬度 lat3-空侧施工器械 O 点的纬度 lat0>0;

空侧施工器械 O 点的经度 lon0-远跑道线中 B 点的经度 lon2>0, 空侧施工器械 O 点的纬度 lat0-远跑道线中 B 点的纬度 lat2>0;

四个条件同时成立判断空侧施工器械 O 点在 S1 电子围栏区域内。

7.根据权利要求 1 所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法, 其特征在于, 正常情况下, 计算空侧施工器械正常施工高度包括:

(1) 获取 $S123=S1+S2+S3$ 为正常情况下电子围栏区域;

(2) 正常情况近跑道线、紧急情况近跑道线、转折点线、远跑道线均平行于跑道中心线; 且正常情况近跑道线与紧急情况近跑道线已知距离 D3, 紧急情况近跑道线与转折点线已知距离 D2、转折点线与远跑道线已知距离 D1;

(3) 计算施工器械 O 点到正常情况近跑道线距离 d3, 判断施工器械所处区域; 若在区域 S1 电子围栏区域, 则施工高度在 H0 以下; 若在 S2 电子围栏区域和 S3 电子围栏区域, 则根据相似三角形原理计算施工高度 H1;

已知施工器械 O 点的经纬度 (lon0, lat0) 和正常情况近跑道线中 G 点的经纬度 (lon7, lat7), 正常情况近跑道线中 H 点的经纬度 (lon8, lat8), 获取 OG、OH、HG 的长, 根据海伦公式计算出的 d3, 计算 d3 公式为:

$$p = \frac{OG + OH + HG}{2}$$

$$d3 = \frac{2\sqrt{p(p-OG)(p-OH)(p-HG)}}{HG}$$

式中, OG 表示施工器械 O 点到测量点 G 的距离; OH 表示施工器械 O 点到测量点 H 的距离; HG 表示测量点 H 到测量点 G 的距离; p 表示 $\triangle OHG$ 周长的一半; d3 表示 $\triangle OHG$ 边 HG 上的高; $\triangle OHG$ 为施工器械 O 点、测量点 G、测量点 H 组成的三角形;

(4) 根据不同位置推断出的空侧电子围栏区域施工器械可施工最高限度;

(5) 根据施工器械顶端安装的高度传感器, 及步骤 (4) 推断的最高限度, 判断施工器械是否符合操作要求。

8.根据权利要求 7 所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工

器械调度方法，其特征在于，在步骤（4）中，正常情况下，可施工空域为向内水平过渡面和向内过渡面下方区域；根据判断的空侧施工器械O点在S1电子围栏区域内结果，高度为H；再判断空侧施工器械O点是否在S2+S3区域内，根据相似三角形计算原理，正常情况下S2电子围栏区域，S3电子围栏区域的高度计算模型为：

$$h1 = \frac{H \cdot d3}{D2 + D3}$$

式中，D3表示正常情况近跑道线到紧急情况近跑道线的距离，为已知距离；D2表示紧急情况近跑道线到向内水平过渡面与向内过渡面转折点线距离，为已知距离；H表示正常情况下向内水平过渡面高度，为已知高度；d3表示施工器械O到正常情况近跑道线垂直距离；h1表示施工器械在S2+S3区域内在d3的距离下最高的施工高度。

9.根据权利要求1所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法，其特征在于，紧急情况下，计算空侧施工器械紧急施工高度包括：

- (i) 获取 $S12=S1+S2$ 为紧急情况下电子围栏区域；
- (ii) 计算空侧施工器械O点的经纬度（lon0，lat0）到紧急情况近跑道线距离d2，根据相似三角形原理计算出施工高度h2；其中紧急情况下，一般过渡面下方区域为可施工区域；

$$p = \frac{OE + OF + EF}{2}$$

$$d2 = \frac{2\sqrt{p(p - OE)(p - OF)(p - EF)}}{EF}$$

式中，OE表示施工器械O点到测量点E的距离；OF表示施工器械O点到测量点F的距离；EF表示测量点E到测量点F的距离；p表示△OEF周长的一半；d2表示△OEF边EF上的高；△OEF为施工器械O点、测量点E、测量点F组成的三角形；

(iii)根据位置推断出的空侧电子围栏区域施工器械可施工最高限度；

(iv)根据空侧施工器械顶端安装的高度传感器，及步骤（iii）推断的最高限度，判断施工器械是否符合操作要求。

10.根据权利要求 9 所述的基于高分遥感、北斗和电子围栏的空侧施工器械调度方法，其特征在于，在步骤（iii）中，紧急情况下 S1，S2 区域高度计算模型为：

$$h2 = \frac{H \cdot d2}{D1 + D2}$$

5 式中，D1 表示远跑道线与向北水平过渡面与向内过渡面转折点线距离，为已知距离；D2 表示紧急情况近跑道线到向内水平过渡面与向内过渡面转折点线距离，为已知距离；H 表示正常情况下向内水平过渡面高度，为已知高度；h2 表示施工器械在 S1+S2 区域内在 d2 电子围栏区域的距离下最高的施工高度。