

航空应急救援能力覆盖情况 研究报告（第二版）

北京航空航天大学

2020 年 11 月 13 日

版本更新说明

本报告在第一版研究报告的基础上增加了以下内容：

- 1、 在第 4 章“初步规划建议”的基础上，在部署方案中分别为北京市北部，内蒙古西北部，新疆哈密和辽宁丹东 4 处新增机场。
- 2、 针对“能够在 90 分钟内对全国重要区域进行 10-15 架应急救援直升机覆盖”之需求，分析了第一版报告部署建议下的需求缺口
- 3、 对基地/机场的布置规则进行研究，并举例阐述了布置规则的计算方式。在此理论基础上设计模型，仿真推演，给出建议的部署方案。
- 4、 针对推演给出的部署方案，计算出全国飞机覆盖架数分布图。分析并验证当前的部署方案能够满足“90 分钟内对全国重要区域进行 10-15 架应急救援直升机覆盖”的目标。
- 5、 根据研究和方案给出部署建议总结。

目 录

1 概述	1
2 航空应急救援任务分析	1
3 现有航空应急救援力量能力分析	5
3.1 现有航空器性能分析	5
3.2 现有航空器部署方案覆盖范围分析	7
4 初步满足全国覆盖部署规划建议	10
4.1 森林火灾	10
4.2 地震和地质灾害	12
4.3 洪涝灾害	15
4.4 规划建议	17
5 满足全国 10-15 架次覆盖部署建议	18
5.1 现有航空器部署方案覆盖情况	18
5.2 基于平均和统计规则的仿真推演布置	20
5.3 仿真推演布置结果及分析	24
6 下一步研究计划	27
附录一：	28
附录二：	37
附录三：	39

1 概述

根据我国“多灾种”“大应急”救援需求，面向森林火灾、地震和地质灾害、洪涝灾害等我国常见的大型自然灾害，围绕国家航空应急救援体系的航空器数量需求、机型组成结构、部署规划等顶层规划问题，通过对现有航空应急救援力量能力分析，研究现有航空应急救援力量任务能力覆盖范围情况，提出初步实现我国国土面积范围内航空应急救援全覆盖的机型、数量和部署规划参考建议。

2 航空应急救援任务分析

自然灾害救援与事故灾难救援是我国航空应急救援的主要应用领域，其中自然灾害救援任务主要分为森林火灾救援、地震及地质灾害救援、气象灾害救援和海上搜救等情况。不同的自然灾害救援模式之间存在较大的不同，对应急救援航空器的能力要求也各有不同。现对主要的自然灾害救援任务及需求的应急救援航空器能力进行分析。

在森林火灾救援中，航空应急救援力量作为地面救火力量的补充，主要进行的任务为火情侦察和洒水灭火。其中，洒水灭火主要以吊桶灭火的形式进行。航空应急救援灭火任务要求直升机能够外吊挂吊桶飞行。

在地震和地质灾害救援中，道路救援可能难以到达，航空应急救援力量担负着侦查指挥、输送人员物资的作用，主要进行的任务包括空中侦察巡逻、吊挂或机降运入物资、吊挂或机降运入人员、吊挂或机降运出人员、吊挂运入大型设备等。

在洪涝灾害中，航空应急救援力量能够快速响应，抵达地面灾情现场，主要执行的任务包括空中侦察巡逻、吊挂或机降运入物资、吊挂或机降运入人员、吊挂或机降运出人员、吊挂运入大型设备、封堵圩堤等。

在洪涝灾害险情和地震灾害险情中，居民的生命财产安全是应急救援需要保障的重点，这两大类航空应急救援任务通常对吊挂或机降运出人员有比较大量的需求，因此要求救援直升机装备绞车等设备，具有吊挂或索降能力，且运送人员的能力较强。除此之外，由于洪涝或地震、地质灾害会对地面交通造成阻塞，应急救援航空器往往需要承担较大量的物资转运任务，尤其是吊挂运入大型设备的任务，这要求单架救援直升机具有大于等于设备重量的可用外吊挂载荷。

将森林火灾、地震和地质灾害、洪涝灾害三类主要的自然灾害救援中救援直升机需要进行的任务进行归类，其具体任务类型主要有消防作业、侦察作业、吊挂运送物资、抛投物资、机降运送物资、机降运送人员、吊挂运送物资等 7 种，针对这 7 类任务梳理其任务流程，通过典型任务仿真推演获得各部署点的航空器针对各类自然灾害的任务能力覆盖范围，为现有航空器部署方案的覆盖范围分析提供基础，例如机降运送人员任务剖面如下图所示，更多的情况见附录一。

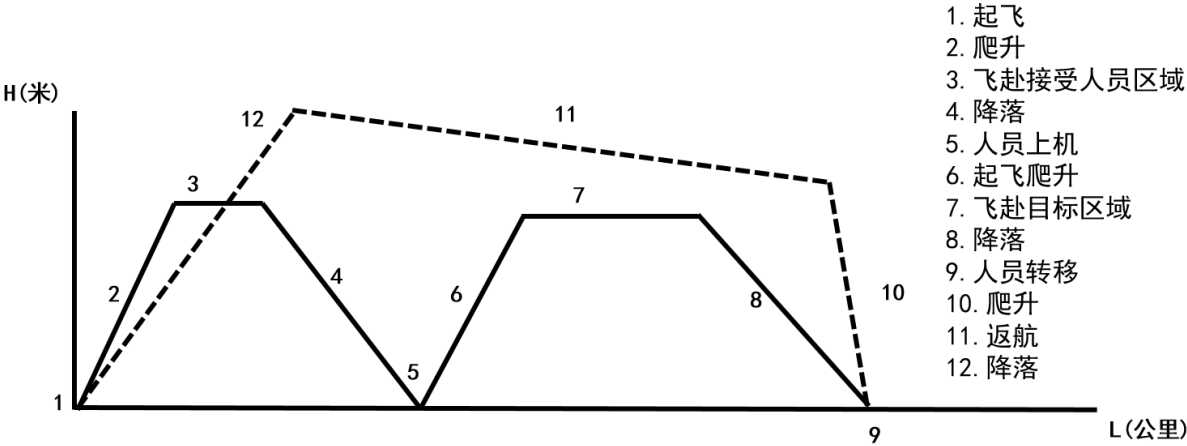


图 1 机降运送人员任务剖面

表 1 机降运送人员任务剖面各阶段时间（单位：min）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	20	20	20	20	20	20	20	20	20
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
人员上机	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
人员下机	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人	1min/人
爬升	5	5	5	5	5	5	5	5	5

表 2 机降运送人员任务剖面各阶段高度（单位：m）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-0	800-0	900-0	900-0	800-0	800-0	800-0	800-0	800-0
人员上机	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-0	800-0	900-0	900-0	800-0	800-0	800-0	800-0	800-0
人员转移	0	0	0	0	0	0	0	0	0
爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800

在 2020 年上半年的针对洪涝灾害航空应急救援力量调度策略研究中，结合各类任务流程与航空器任务剖面，已经完成了洪涝灾害险情态势的快速构建、航空应急力量能力建模、任务推演仿真、综合效能评估等功能，并针对武汉地区的洪涝灾害险情想定进行了航空力量部署方案研究，并开发了面向洪涝灾害的航空应急救援调度仿真推演系统如下图所示：



图 2 面向洪涝灾害的航空应急救援调度仿真推演系统

这种通过航空应急力量任务仿真推演进行自然灾害任务分析的方式需要的数据较多，分析时间较长，目前缺少针对森林火灾和地震与地质灾害的相关数据，为快速得到全国的航空应急力量能力覆盖范围，以面积覆盖为目标，采用基于任务半径的任务系数等效折算方式进行简化处理，简化结果有待进一步修正和完善。

依据面积覆盖原则开发的航空应急救援力量部署规划系统如下图所示：

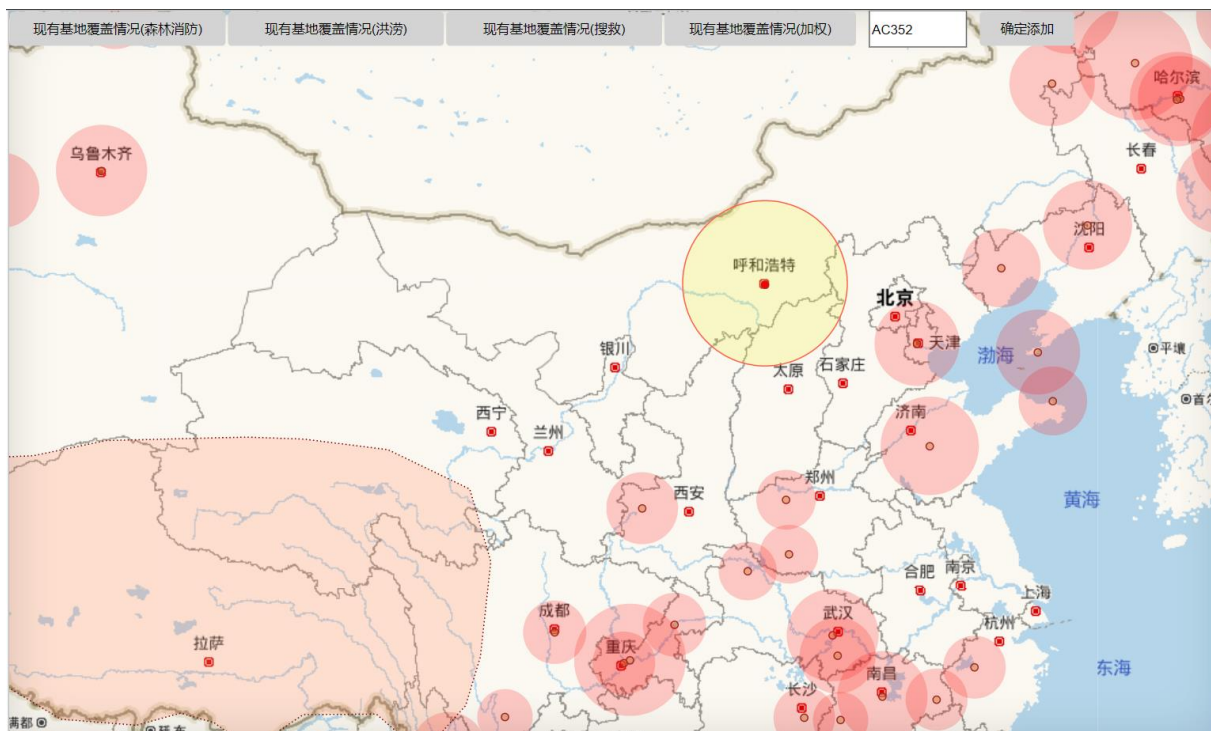


图 3 航空应急救援力量部署规划系统

航空应急救援力量部署规划系统基于全国 GIS 地图数据，通过部署基地位置与航空器机型，能够快速实现森林火灾、地震与地质灾害、洪涝灾害等自然灾害的航空应急力量能力覆盖情况，为新增航空器的部署规划提供工具支持。

3 现有航空应急救援力量能力分析

3.1 现有航空器性能分析

目前我国已初步建立起规模化的航空应急救援力量，在全国范围内进行航空应急救援力量布局。从 2020 年全国应急救援航空力量布局来看，主要应用的机型集中在 M-26、M-171、Ka-32、AS-365N、AS-350、M-8、直-8、Bell-407、AS-332L 等，其中 M-26 为主要部署的重型直升机，数量不足十架，主要部署的中型直升机包括 M-171 部署 33 架，Ka-32 部署 19 架，直-8 部署 18 架，其余直升机以 AS-350 等轻型直升机为主。航空应急救援力量总体上以中小型机为主，

大型救援直升机占比较小。受到机型性能限制影响，许多直升机不能或没有安装执行航空应急救援任务相应需要的搜索和救援设备，运输人员和物资的能力也比较有限，难以满足大规模自然灾害救援的需要。全国应急救援航空力量布局主要涉及的机型性能参数如表 3 所示。目前机型性能参数为通过网络公开数据获得的参数，与实际机型在构型、加装任务载荷的性能参数可能存在一定偏差，需要进一步进行数据校正。

表 3 全国应急救援航空力量布局主要涉及的机型性能参数

型号	M-26	AS350	Mi8	Z8	Ka32	Bell407	Mi171	AS332L	SA365N	AC313
驾驶员人数/per	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2
成员人数	82	5	33	39	25	7	37	15	12	35
空重/kg	28600	1224	7100	7095	6610	1210	7055	4686	2281	7075
有效载荷/kg	20000	1026	4000	4000	4000	1065	4000	3200	1863	4100
最大外吊挂载荷/kg	20000	1160	3000	4000	5300	1200	3000	3000	1950	4200
最大起飞重量/kg	49600	2250	13000	13000	11000	2722	13011	9300	4250	13800
巡航速度/km/h	255	226	240	250	240	246	240	252	254	250
最高升限/m	5900	4600	4500	5000	5200	5695	5000	5180	5865	8000
有地效悬停升限/m	5900	4600	4500	3200	5200	3718	2800	3120	2000	7000
无地效悬停升限/m	4600	3000	2800	2500	3500	3170	1760	2250	1200	5500
巡航油耗	3000	130	1200	1055	925	168	1175	755	235	1065

/kg/h										
最大燃油重量/kg	9600	426	2893	3300	2600	410	3000	1635	875	3500
爬升率/m/s	8.7	7.5	7	8.1	7.5	4.8	7	8.2	8.9	7.2
有效航程/km	550	666	495	800	550	598	495	851	859	900
货舱体积/m ³	121	2.1	23	23	18.9	2.4	23	16.7	4.8	23.5

3.2 现有航空器部署方案覆盖范围分析

从 2020 年全国应急救援航空力量布局（附录二、附录三）来看，部署应急救援航空器的机场共 57 个，集中在东北、华北以及南方地区，其中南方地区和东北地区的机场以及救援航空器部署较为密集。全国范围内部署救援航空器的机场的分布如图 4 所示。



图 4 全国范围内部署救援航空器的机场分布

南方地区的救援航空器以中型直升机为主，东北地区的救援航空器以中小型直升机混合为主，同一机场通常部署中、小型直升机的数量相当。重型直升机 M-26 的地域分布较为均匀，东北地区部署 3 架 M-26 直升机，南方地区部署 5 架，华东地区和西北地区各有 1 架 M-26 直升机部署。

按照现有的航空器部署情况，取其中的直升机部署情况进行研究。将救援航空器布置到现有机场，并以各机场能够出动的救援航空器的任务可用半径做出航空应急救援可覆盖的范围图。对于同一机场有多架飞机的情况，以航程最大的飞机的任务半径代表该处的能力覆盖情况，即每处机场绘制一个圆，代表该机场出动的救援航空器能够覆盖的范围。

按照现有的航空器部署情况，能够响应森林火灾救援的航空应急救援直升机覆盖范围如图 5 所示。



图 5 响应森林火灾救援的航空应急救援直升机覆盖范围

能够响应地震及地质灾害救援的航空应急救援直升机覆盖范围如图 6 所示。



图 6 响应地震及地质灾害救援的航空应急救援直升机覆盖范围

能够响应洪涝灾害救援的航空应急救援直升机覆盖范围如图 7 所示。

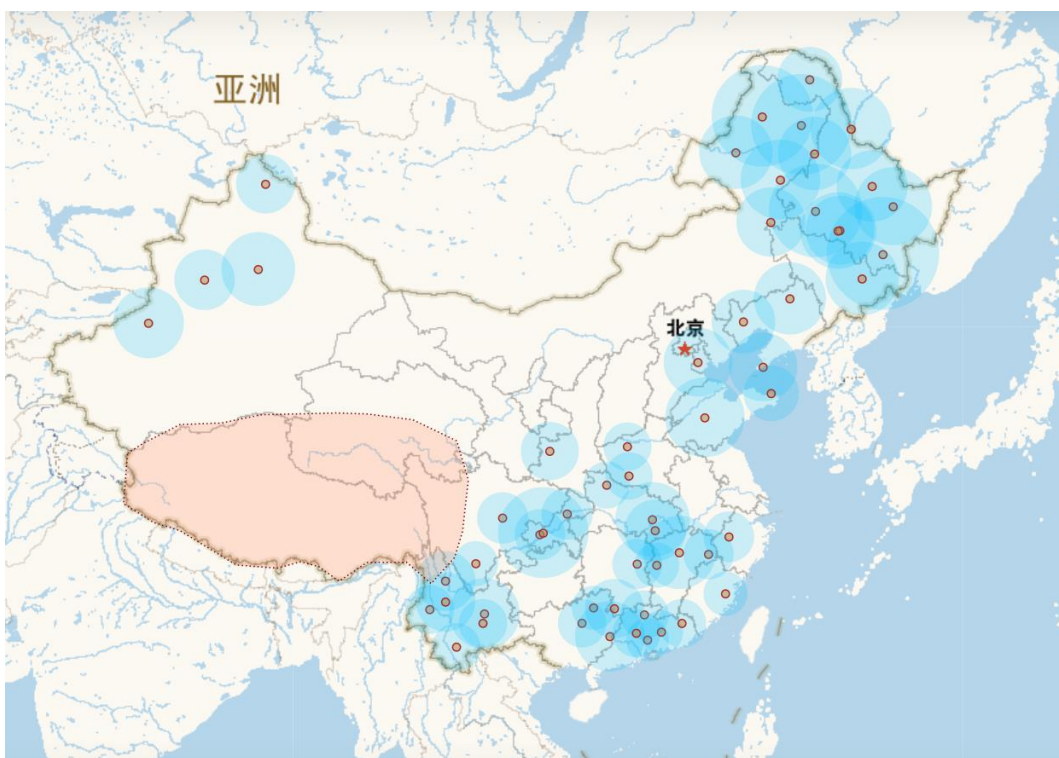


图 7 响应洪涝灾害救援的航空应急救援直升机覆盖范围

由此可知，能够响应自然灾害航空应急救援的直升机覆盖范围主要集中在

东北、华北以及南方地区，中西部地区以及南海地区缺少能够响应自然灾害航空应急救援的航空器。在保证足够的执行任务时间的情况下，现有的应急救援航空器部署情况也不能完全覆盖，主要能够覆盖机场所在城市以及周边地区。

4 初步满足全国覆盖部署规划建议

4.1 森林火灾

考虑到各地区森林植被分布，基于现有的航空器部署以及覆盖情况，参考目前一个基地平均 2 架机的配置情况，从新增国产机型与进口机型两个方面进行部署规划分析如下：

1) 假设新增救援直升机型号为国产机型（AC313、AC352、直-9），则需新增 72 个基地以及 144 架救援直升机。新增救援直升机为 AC313 需 96 架，AC352 需 20 架，直-9 需 28 架，能够从面积上基本覆盖全国大部分对森林灭火救援有需求的地区，如下图所示。

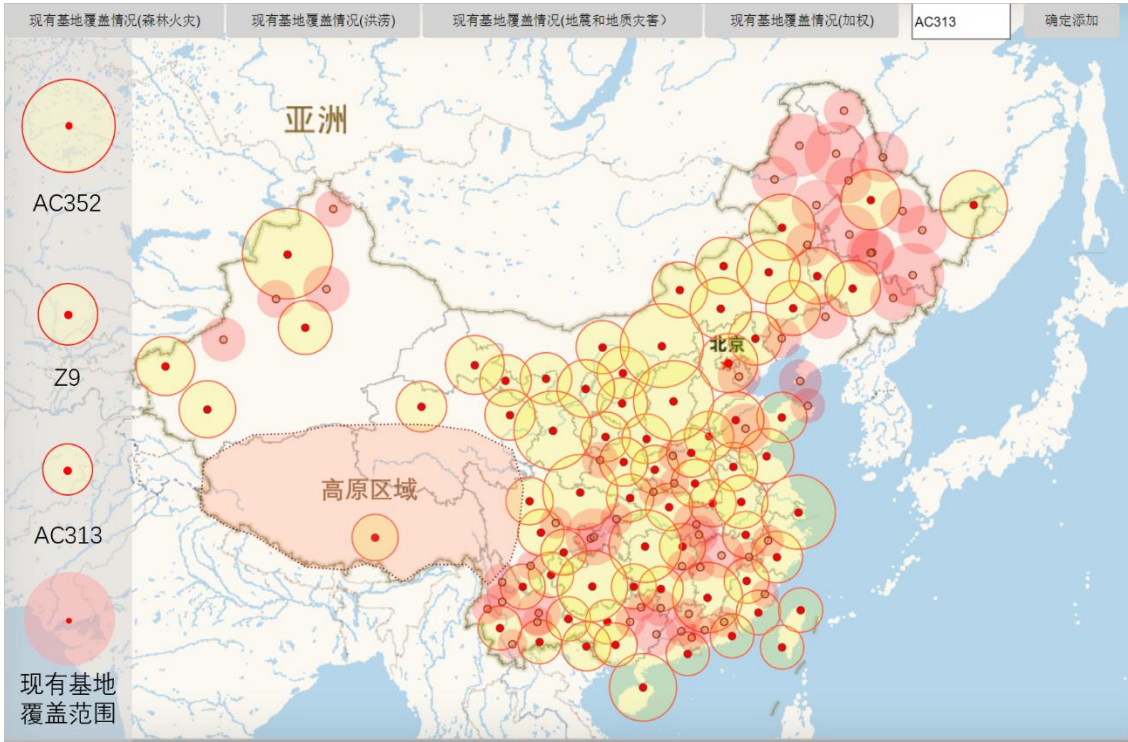


图 8 面向森林火灾的新增基地和国产救援直升机

2) 假设新增救援直升机型号为进口机型（Ka32、Mi171），

由于两型进口机相较于国产机型航程较短，若参照国产机型下的基地位置和机型数量部署（新增 72 个基地以及 144 架救援直升机，Ka32 为 72 架，Mi171 为 72 架），其难以实现对全国森林灭火需求地区的基本覆盖。特别的，由于该两型进口机升限较低，不能对青藏高原有森林灭火需求的地区进行覆盖。对应的覆盖图如下所示。



为了实现与国产机型等效的覆盖，需在国产机型下的新增基地基础上再增加 58 个基地。最终在假设新增救援直升机型号为进口机型（Ka32、Mi171）的情况下，通过新增 130 个基地以及 260 架直升机（新增救援直升机为 Ka32 需 154 架，Mi171 需 106 架）完成对全国森林灭火需求地区的基本覆盖，但依旧无法满足青藏高原灭火需求。覆盖图如下所示。



图 10 面向森林火灾的等效新增基地和进口救援直升机

4.2 地震和地质灾害

针对全国各地区地震和地质灾害救援需求，基于现有的航空器部署以及覆盖情况，参考目前一个基地平均 2 架机的配置情况，从新增国产机型与进口机型两个方面进行部署规划分析如下：

1) 假设新增救援直升机型号为国产机型（AC313、AC352、直-9），则需新增 23 个基地以及 46 架救援直升机。新增救援直升机为 AC313 需 28 架，AC352 需 8 架，直-9 需 10 架，能够从面积上基本覆盖全国大部分对地震和地质灾害救援有需求的地区，如下图所示。

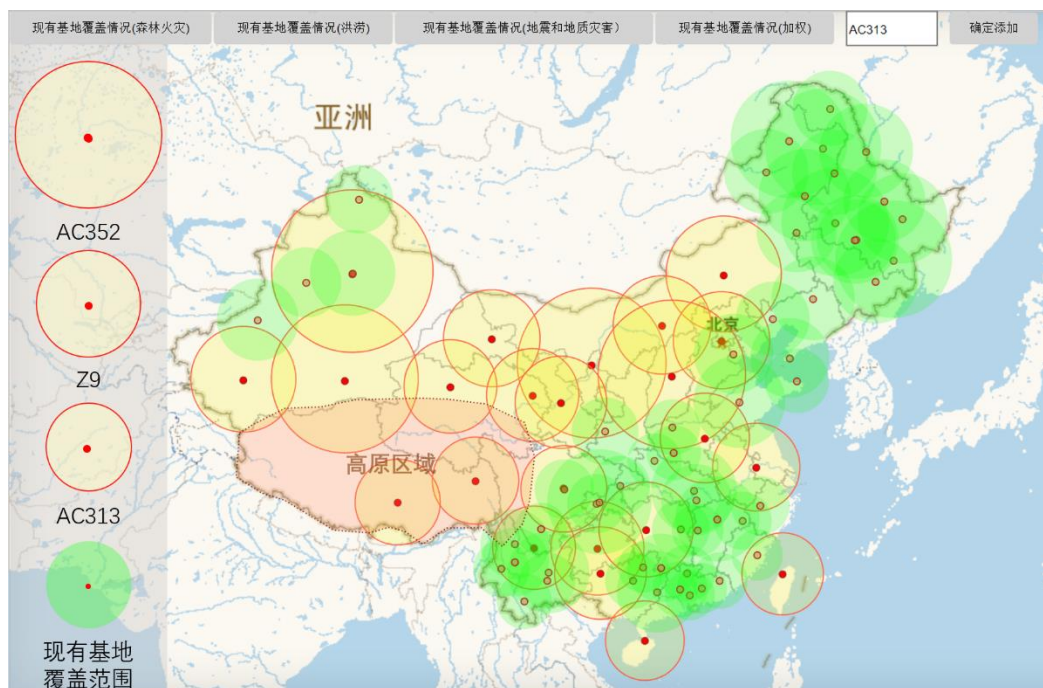


图 11 面向地震和地质灾害的新增基地和国产救援直升机

2) 假设新增救援直升机型号为进口机型（Ka-32、Mi-171），由于两型进口机相较于国产机型航程较短，若参照国产机型下的基地位置和机型数量部署（新增 23 个基地以及 46 架救援直升机，Ka32 为 24 架，Mi171 为 22 架），其难以实现对全国有地震和地质灾害救援需求地区的基本覆盖。对应的覆盖图如下所示。

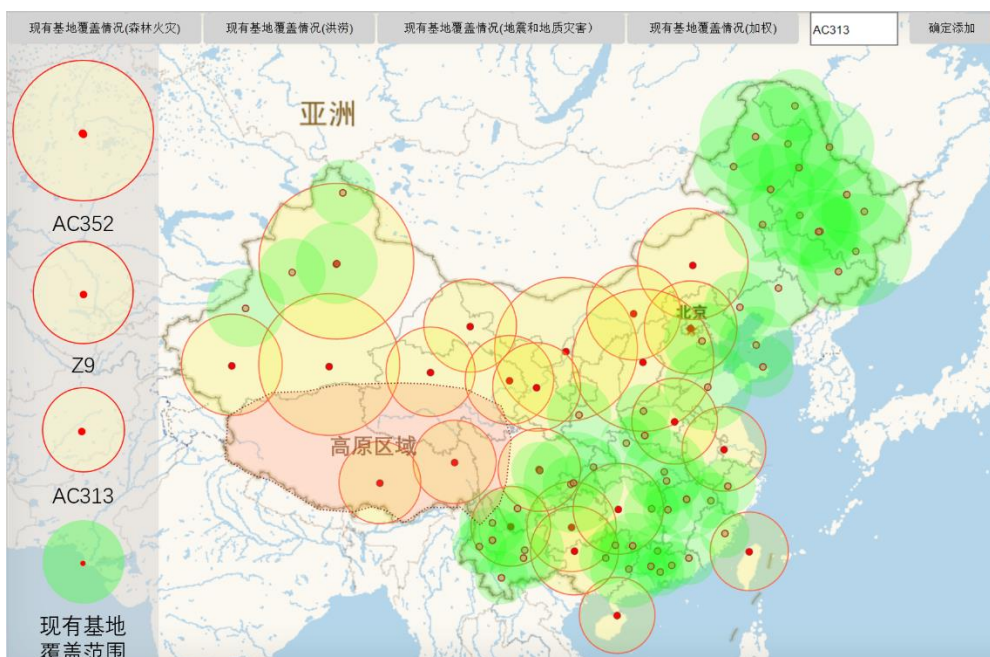


图 12 面向地震和地质灾害的新增基地和救援直升机替换为进口机型

为了实现与国产机型等效的覆盖，需在国产机型下的新增基地基础上再增加 11 个基地。最终在假设新增救援直升机型号为进口机型（Ka32、Mi171）的情况下，通过新增 34 个基地以及 68 架直升机（新增救援直升机为 Ka32 需 36 架，Mi171 需 32 架）完成对全国有地震和地质灾害救援需求地区的基本覆盖。覆盖图如下所示。



图 13 面向地震和地质灾害的等效新增基地和进口救援直升机

4.3 洪涝灾害

针对全国各地区洪涝灾害救援需求，基于现有的航空器部署以及覆盖情况，参考目前一个基地平均 2 架机的配置情况，从新增国产机型与进口机型两个方面进行部署规划分析如下：

1) 假设新增救援直升机型号为国产机型（AC313、AC352、直-9），则需新增 20 个基地以及 40 架救援直升机。新增救援直升机为 AC313 需 22 架，AC352 需 6 架，直-9 需 12 架，能够从面积上基本覆盖全国大部分对洪涝灾害救援有需求的地区，如下图所示。



图 14 面向洪涝灾害的新增基地和国产救援直升机部署

2) 假设新增救援直升机型号为进口机型（Ka-32、Mi-171），由于两型进口机相较于国产机型航程较短，若参照国产机型下的基地位置和机型数量部署（新增 20 个基地以及 40 架救援直升机，Ka32 为 20 架，Mi171 为 20 架），其

难以实现全国有洪涝灾害救援需求地区的基本覆盖。对应的覆盖图如下所示。



图 15 面向洪涝灾害的新增基地和救援直升机替换为进口机型

为了实现与国产机型等效的覆盖，需在国产机型下的新增基地基础上再增加 20 个基地。最终在假设新增救援直升机型号为进口机型（Ka32、Mi171）的情况下，通过新增 40 个基地以及 80 架直升机（新增救援直升机为 Ka32 需 34 架，Mi171 需 46 架）完成全国有洪涝灾害救援需求地区的基本覆盖。覆盖图如下所示。



图 16 面向洪涝灾害的等效新增基地和进口救援直升机

4.4 规划建议

综合以上三类自然灾害的航空应急力量覆盖需求，可以得到航空器机型/数量/部署规划建议如下：

在现有的 57 个航空应急救援基地，112 架航空器的基础上，预计：

1) 对于国产机型，至少新增 72 个基地，新增 144 架航空器，使总数达到 256 架，从面积覆盖上以初步覆盖全国森林灭火、地震和地质灾害、洪涝灾害的航空应急救援力量需求。

2) 对于进口机型，至少新增 130 个基地，新增 260 架航空器，使总数达到 372 架，从面积覆盖上以初步覆盖全国森林灭火、地震和地质灾害、洪涝灾害的航空应急救援力量需求。

3) 考虑到出勤水平和维护状态，航空器的部署采用 1.5 倍系数，则至少应达到约 400 架。

5 满足全国 10-15 架次覆盖部署建议

5.1 现有航空器部署方案覆盖情况

基于上一节所述的初步规划建议，对于国产机型，至少新增 72 个基地（再加 4 个基地，达到 76 个基地），每个基地布置 1~2 架次航空器即可以实现全国基本覆盖，进一步考虑 90 分钟内全国各地可以被航空器覆盖的架次数，可以计算得到全国各地飞机覆盖架数的分布图。图中颜色较冷的蓝色为覆盖架数在 0-3 架的地点，颜色较暖的黄色，橙色，紫色为覆盖数量在 4-8 架的地点，颜色较醒目的红色为覆盖数量在 10 架以上的地点。可以看到仅在东北的黑龙江省和西南的云南省中各地飞机覆盖架数较多，而全国的大多数地点飞机覆盖架数较少。



图 17 全国各地飞机覆盖架数图



图 18 东北三省各地飞机覆盖架数图

此时全国大多数地点飞机覆盖架数较少，下图展示了飞机覆盖架数小于 6 架的地点分布图，可以看到航空救援应急力量覆盖情况亟待加强。

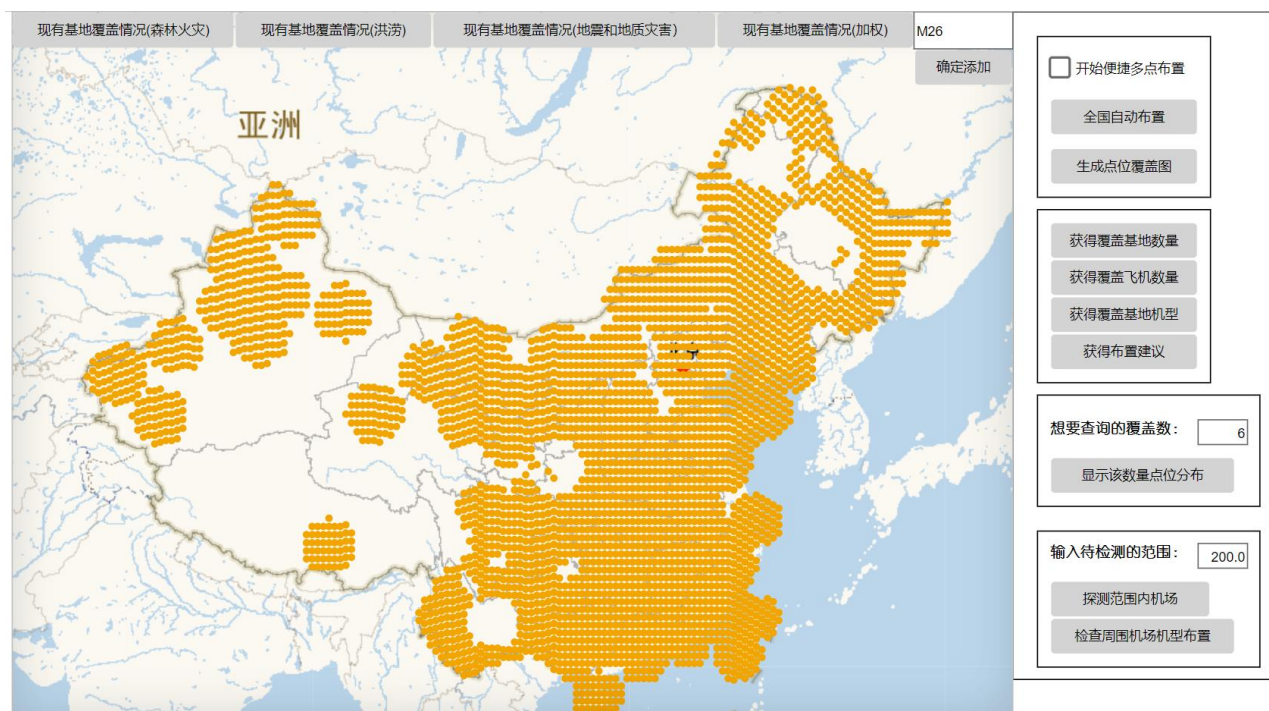


图 19 飞机覆盖架数小于 6 架的地点分布图

5.2 基于平均和统计规则的仿真推演布置

在 5.1 中说明的基地布置情况基础上，要通过布置使得全国各地飞机覆盖架数都达到 10-15 架次，首先需要选择并布置新增基地的机型及其数量，其次需要增加全国各基地的飞机数量。这两个布置过程可以通过 AnyLogic 进行基于规则仿真推演，仿真推演的结果即作为最后的布置建议规划方案。

现针对仿真推演算法中的主要考虑的现实规则和理论做详细阐述和说明。

规则一：周边机场的布置现状反应地域特征。

该规则主要在“为基地新增飞机时的型号选择”过程中应用。

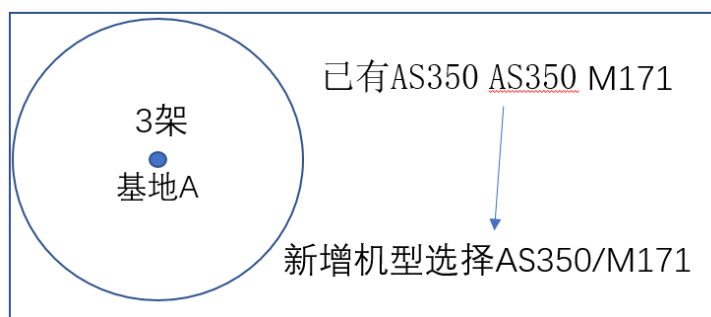


图 20 规则一论述示意图 1

如上图所示，为一个现实中存在的基地新增飞机选型时，认为该基地具备其常备飞机的养护及执飞条件，故可以直接从其已有机型中选择新增飞机的机型。具体算法实现过程中，可以在该基地的已有机型列表中进行随机选择，原有机型的数量信息也体现在随机选择过程中。

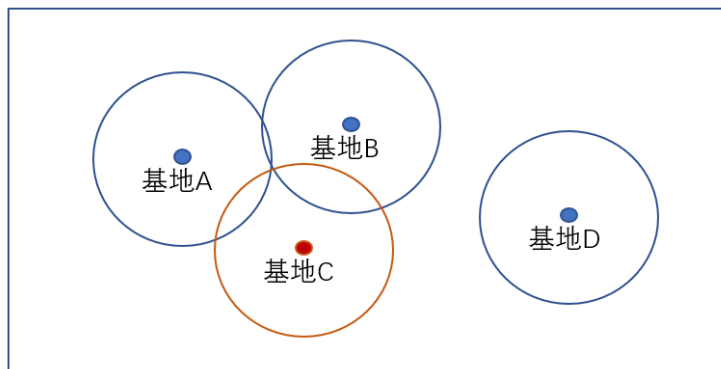


图 21 规则一论述示意图 2

为拟定新增基地新增飞机时的型号选择同样遵从此规则。如上图所示，基地 A, B, D 为现实中已经存在的基地，并且已经布置一定数量的各种机型，基地 C 是在布置规划中拟定新增的基地。从统计量的角度来考虑，对于基地 C 的飞机型号规划布置，应该考虑地域特征，如地方海拔，自然资源情况，城市 GDP 等等，规则一认为，从宏观上基地 A, B, D 已经布置的机型及其数量可以反映该地域的基本特征，并且作为新增基地 C 进行布置规划的基础。

例如，在机型信息方面，当基地 A, B, D 都选择布置 AC313 时，说明该地域更适合布置 AC313，则基地 C 也应该将 AC313 作为配置机型。

同理，在数量方面，对全国现实存在的基地拥有的基地数量进行统计，以基地常备 1 架和 2 架机型为多，共 33 个基地常备 1 架，11 个基地常备 2 架。类比推理，在为拟定新增的 76 个机场配置初始机型数量时，也使用 3:1 的比例随机选择 1 架或 2 架。最终为新增机场添加 17 架 M26，19 架 AS350，31 架 Z8，23 架 M171，共 90 架飞机。

规则二：数量分配时遵循平均原则

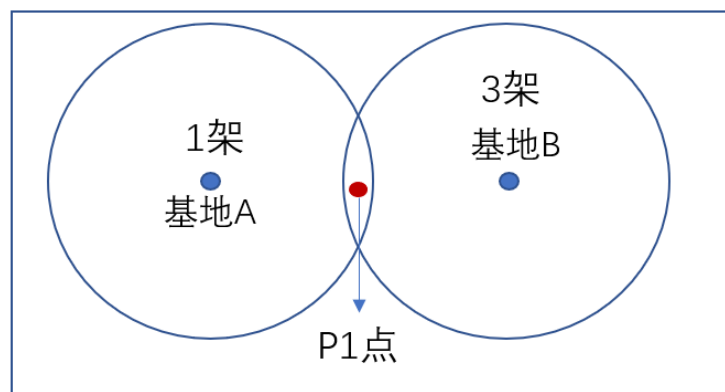


图 22 规则二论述示意图

如上图所示，在一片地域内有基地 A、B，分别有 1 架飞机和 3 架飞机，对于 P1 点进行讨论，如果要让 P1 点的飞机覆盖架数达到 10 架，根据平均原则，希望让 A 基地增加的多，B 基地增加的少，从而使得两个基地拥有的飞机数量尽量平均。

具体计算中，使用两个基地飞机数量比例的反比配置待新增的飞机。即对于需求缺口“ $10 - (1 + 3) = 6$ ”架飞机，根据 $A:B=3:1$ 的反比 $1:3$ 进行配置，即 A 增加 $[6 \times 3/4] = 4$ 架飞机，B 增加 $[6 \times 1/4] = 1$ 架飞机。

最终达到 A 基地 5 架飞机，B 基地 4 架飞机的平均效果。

规则三：配置顺序遵循平均原则

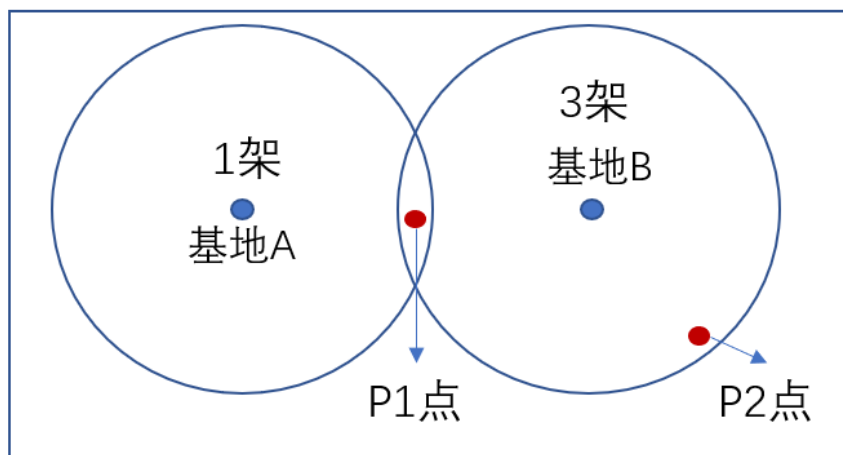


图 23 规则三论述示意图

在实际布置过程中，新增的应急力量部署并非一朝一夕就可以全部到位，而是有一定的时间过程，在这个过程中，可以根据规则三的优先级来布置飞机，从而达到在资源配置的各个阶段，全国各地都较为平均的效果。

针对某一区域，被两个基地覆盖，讨论两个基地的配置顺序问题。

在仿真推演中，先取 P1 点对基地 A,B 进行布置，再取 P2 点对基地 A,B 进行布置。从而使得其对应的现实过程中，基地 A,B 覆盖区域力量增长较为平均。

其原因在于，若先对飞机覆盖架数少的 P2 点进行配置，则 B 基地覆盖范围内全部都达到了“飞机覆盖架数在 10-15 架次”的要求，而 A 基地的覆盖范围内，大多数点飞机覆盖架数仍为原始数量，亟待增加。也即“旱的旱死，涝的涝死”。而如果先对 P1 点进行布置，则基地 A,B 所覆盖的范围内，应急救援能力较为平均的增长，如上一小节所述，达到 A 基地 5 架飞机，B 基地 4 架飞机的平均效果。

当然，在实际布置过程中，应该充分发挥指挥决策者的主观能动性，对于应急力量亟待加强的重要区域进行优先配置。

5.3 仿真推演布置结果及分析

根据上述的三个规则，对全国各地进行周围基地/机型布置，在算法中计算的全国坐标点如下图所示，可以看到其基本覆盖了全国区域。



图 24 模型仿真计算过程取点结果

经过新的布置后，配置方案需要在各基地新增 135 架 M26，新增 210 架 AS350，新增 7 架 M8，新增 263 架 Z8，新增 63 架 K32，新增 4 架 BL407，新增 244 架 M171，新增 6 架 AS332L，新增 3 架 SA365N，新增 3 架 BL412，新增 8 架 Z9，共 946 架飞机。其具体城市配置见附录四。

表 4 布置方案新增机型及其数量对应表

机型	新增数量	机型	新增数量
M26	135	M171	244
AS350	210	AS332L	6
M8	7	SA365N	3
Z8	263	BL412	3
K32	63	Z9	8
BL407	4		

根据这一新增布置结果，得到全国各地飞机覆盖架数分布图，其中红色点为达到 10 架次以上：



图 25 仿真布置后的全国各地飞机覆盖架数分布图

可以看到，全国的大多数地区都已经达到了要求，下图为东三省在仿真布置后的飞机覆盖架数分布：



图 26 仿真布置后的东三省各地飞机覆盖架数分布图

此时对于全国重要地区做统计分析，可以知道全国飞机覆盖架数在 8-17 架的坐标点比例已经达到了 0.683，而飞机覆盖架数在 10 架以上的坐标点比例已经达到了 0.904。数据信息表绘图可得：

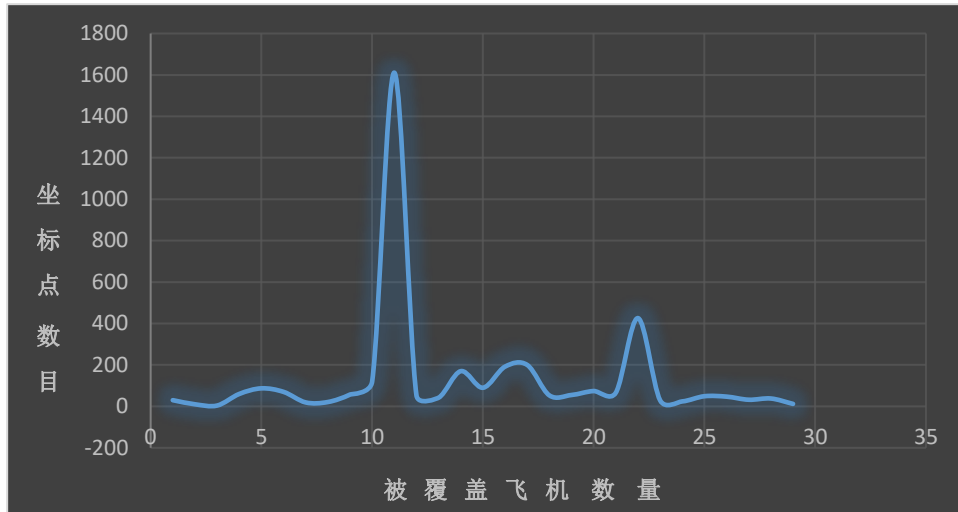


图 27 仿真推演后的全国各坐标点被覆盖数分布

可以看到在仿真推演所得的方案下，全国在 10-15 架次的坐标点最多。

5.4 规划建议

综合以上分析，对于“90 分钟内全国重要坐标被覆盖飞机数量达到 10-15 架”这一需求，可以得到航空器机型/数量/部署规划建议如下：

在现有的 57 个航空应急救援基地，112 架航空器的基础上，预计：

1) 可以通过在全国范围内新增共 946 架飞机，其中包括 135 架 M26， 210 架 AS350， 7 架 M8， 263 架 Z8， 63 架 K32， 4 架 BL407， 244 架 M171， 6 架 AS332L， 3 架 SA365N， 3 架 BL412， 8 架 Z9 实现需求。

2) 在国家补充新增应急力量的这个时间跨度内，宏观上可以根据规则三中论述的顺序来布置航空器，即先选取飞机覆盖架数多的城市进行周围基地/飞机配置，再选择飞机覆盖架数少的城市进行周围基地/飞机配置，从而达到全国各地应急救援力量稳定平均增长的效果。

6 下一步研究计划

本研究主要集中在救援航空器能够覆盖的范围，未对各类型救援任务的救援能力进行分析。同时，现有力量部署方案中，部分直升机并非全年都部署在机场处，而是仅有一段时期部署在机场处，其余时间转场至别处。本研究未能考虑该因素，体现的是全部直升机同时全部部署时的情况。

下一步主要从以下几个方面继续深入开展研究：

- 1) 搜集历年来全国森林火灾、地震和地质灾害、洪涝灾害等自然灾害数据，统计分析自然灾害区域分布及航空应急救援需求。
- 2) 针对不同等级的森林火灾、地震和地质灾害、洪涝灾害等自然灾害，研究各种情况下所需航空器数量与机型。
- 3) 针对大型自然灾害的航空应急救援需求，研究满足航空应急救援体系建设的航空器数量、机型、部署等优化方案。

附录一：

消防作业任务剖面

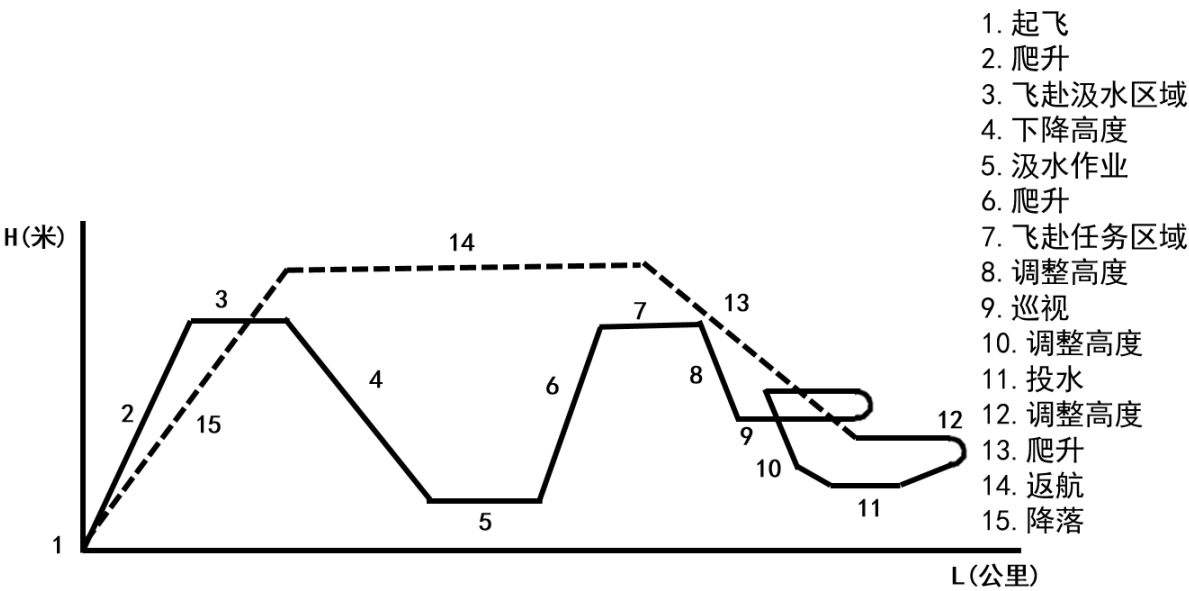


图 28 消防作业任务剖面

表 5 消防作业任务剖面各阶段时间（单位：min）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	20	20	20	20	20	20	20	20	20
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
汲水作业	水桶体积/每分钟装水量								
爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
投水	水桶体积/每分钟放水量								
爬升	5	5	5	5	5	5	5	5	5

返航	飞行距离/实际飞行速度								
降落	3	3	2	2	2	2	2	2	2

表 6 消防作业任务剖面各阶段高度（单位：m）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-5	800-5	900-5	900-5	800-5	800-5	800-5	800-5	800-5
汲水作业	5	5	5	5	5	5	5	5	5
爬升	5-800	5-800	5-900	5-900	5-800	5-800	5-800	5-800	5-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-15	800-15	900-15	900-15	800-15	800-15	800-15	800-15	800-15
投水	15	15	15	15	15	15	15	15	15
爬升	15-800	15-800	15-900	15-900	15-800	15-800	15-800	15-800	15-800

侦查作业任务剖面

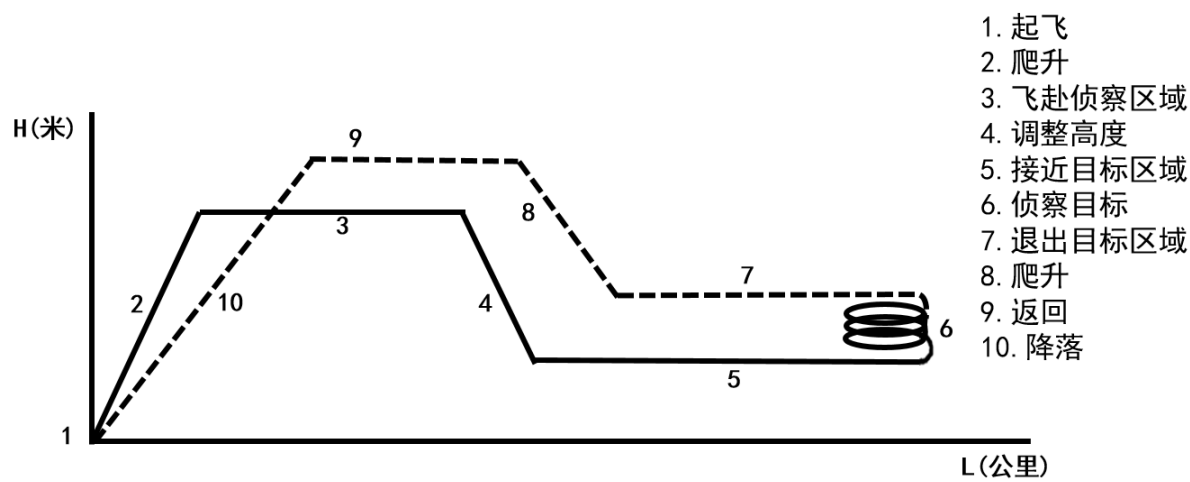


图 29 侦查作业任务剖面

表 7 侦查作业任务剖面各阶段时间（单位：min）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	20	20	20	20	20	20	20	20	20
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
接近目标	飞行距离/实际飞行速度								
侦查目标	60	60	60	60	60	60	60	60	60
离开目标	飞行距离/实际飞行速度								
爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
返航	飞行距离/实际飞行速度								
降落	5	5	5	5	5	5	5	5	5

表 8 侦查作业任务剖面各阶段高度（单位：m）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	800	800	800	800	800	800	800
下降	800-100	800-100	800-100	800-100	800-100	800-100	800-100	800-100	800-100
接近目标	100	100	100	100	100	100	100	100	100
侦查目标	100	100	100	100	100	100	100	100	100
离开目标	100	100	100	100	100	100	100	100	100
爬升	100-900	100-900	100-900	100-900	100-900	100-900	100-900	100-900	100-900
返航	900	900	900	900	900	900	900	900	900
降落	900-0	900-0	900-0	900-0	900-0	900-0	900-0	900-0	900-0

吊挂运送物资任务剖面

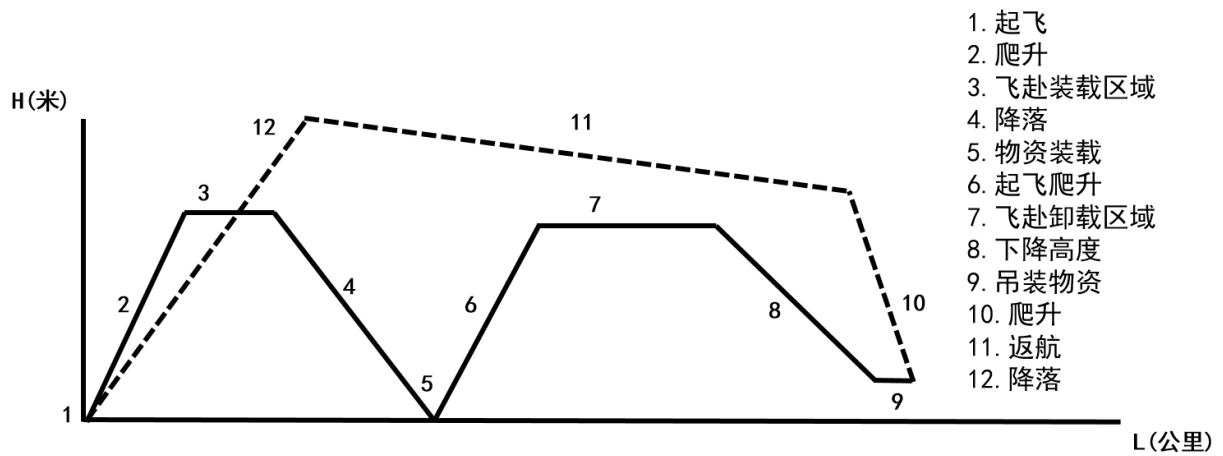


图 30 吊挂运送物资任务剖面

表 9 吊挂运送物资任务剖面各阶段时间（单位：min）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	20	20	20	20	20	20	20	20	20
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
物资装载	装载单位质量物资所需时间*装载量								
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
目的地卸载	卸载单位质量物资所需时间*卸载量								
爬升	5	5	5	5	5	5	5	5	5

表 10 吊挂运送物资任务剖面各阶段高度（单位：m）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	0	0	0	0	0	0	0	0	0

起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-0	800-0	900-0	900-0	800-0	800-0	800-0	800-0	800-0
物资装载	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-15	800-15	900-15	900-15	800-15	800-15	800-15	800-15	800-15
目的地卸载	15	15	15	15	15	15	15	15	15
爬升	15-800	15-800	15-900	15-900	15-800	15-800	15-800	15-800	15-800

抛投物资任务剖面

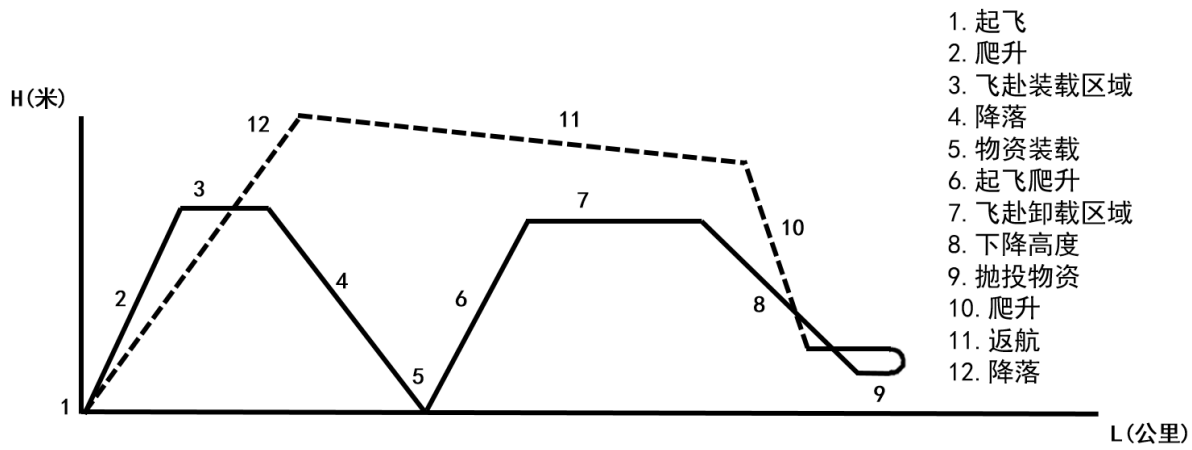


图 31 抛投物资任务剖面

表 11 抛投物资任务剖面各阶段时间（单位：min）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并准备起飞	20	20	20	20	20	20	20	20	20
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
物资装载	装载单位质量物资所需时间*装载量								

起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
目的地抛投	物资数量*单次抛投时间								
爬升	5	5	5	5	5	5	5	5	5

表 12 抛投物资任务剖面各阶段高度（单位：m）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-0	800-0	900-0	900-0	800-0	800-0	800-0	800-0	800-0
物资装载	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-100	800-100	900-100	900-100	800-100	800-100	800-100	800-100	800-100
目的地抛投	100	100	100	100	100	100	100	100	100
爬升	100-800	100-800	100-900	100-900	100-800	100-800	100-800	100-800	100-800

机降运送物资任务剖面

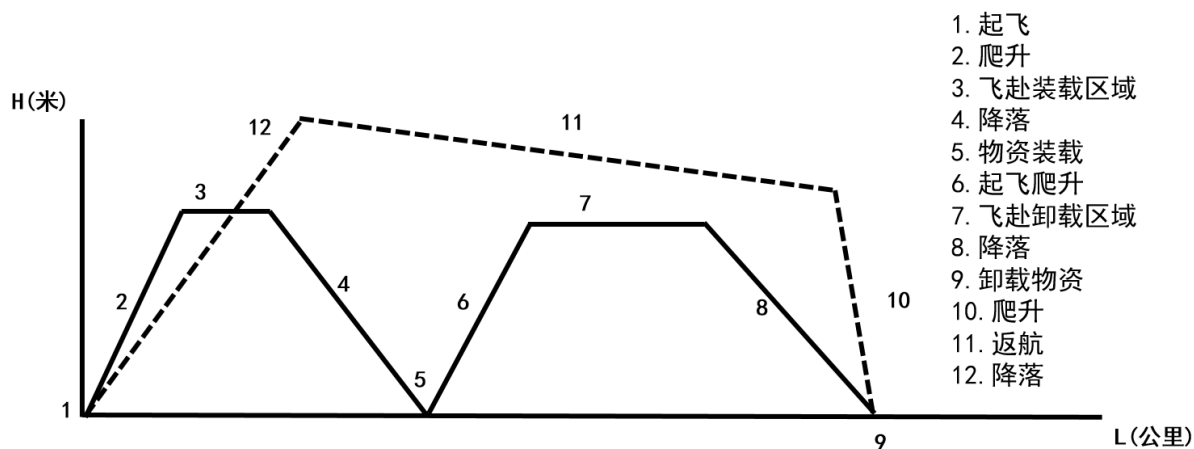


图 32 直升机机降运送物资任务剖面

表 13 直升机机降运送物资任务剖面各阶段时间（单位：min）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	20	20	20	20	20	20	20	20	20
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
物资装载	装载单位质量物资所需时间*装载量								
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
着陆并卸载	卸载单位质量物资所需时间*卸载量								
爬升	5	5	5	5	5	5	5	5	5

表 14 直升机机降运送物资任务剖面各阶段高度（单位：m）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并	0	0	0	0	0	0	0	0	0

准备起飞									
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-0	800-0	900-0	900-0	800-0	800-0	800-0	800-0	800-0
物资装载	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-0	800-0	900-0	900-0	800-0	800-0	800-0	800-0	800-0
着陆并卸载	0	0	0	0	0	0	0	0	0
爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800

吊挂运送人员任务剖面

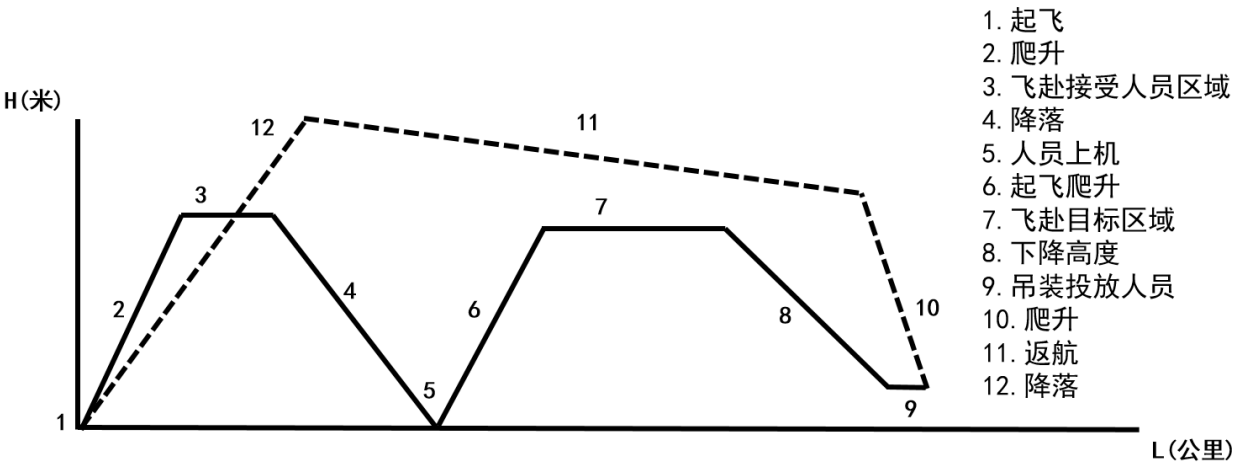


图 33 吊挂运送人员任务剖面

表 15 吊挂运送人员任务剖面各阶段时间（单位：min）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	20	20	20	20	20	20	20	20	20

起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
人员上机	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人
起飞爬升	3	3	2	2	2	2	2	2	2
巡航	飞行距离/实际飞行速度								
下降	3	3	2	2	2	2	2	2	2
人员转移	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人	2min/人
爬升	5	5	5	5	5	5	5	5	5

表 16 吊挂运送人员任务剖面各阶段高度（单位：m）

阶段	M-26	M-171	Ka-32	AS-365N	AS-350	M-8	Z-8	Bell-407	AS-332L
完成保障并 准备起飞	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-0	800-0	900-0	900-0	800-0	800-0	800-0	800-0	800-0
人员上机	0	0	0	0	0	0	0	0	0
起飞爬升	0-800	0-800	0-900	0-900	0-800	0-800	0-800	0-800	0-800
巡航	800	800	900	900	800	800	800	800	800
下降	800-5	800-5	900-5	900-5	800-5	800-5	800-5	800-5	800-5
人员转移	5	5	5	5	5	5	5	5	5
爬升	5	5	5	5	5	5	5	5	5

附录二：

2020 年南方应急救援航空力量布局表

省(区、市)	航站 (基地)	机型	数量 (架)	驻场日期 (月·日)
浙江	建德	K-32	1	1. 1-5. 10 8. 1-12. 31
		K-32	1	7. 1-9. 30
福建	竹岐	M-171	1	1. 1-4. 15 11. 1-12. 31
江西	南昌	M-26	1	1. 1-3. 15 11. 1-12. 31
	宜春	M-171	1	1. 1-4. 15 11. 1-12. 31
	上饶	K-32	1	11. 1-12. 31
山东	莱芜	M-26	1	1. 1-6. 30 10. 1-12. 31
	威海	K-32	1	1. 1-12. 31
河南	南阳	M-171	1	1. 1-4. 6
	洛阳	M-171	1	11. 1-12. 31
湖北	武当山	M-8	1	1. 1-12. 31
	咸宁	AS-350	1	7. 1-10. 31
	武汉	M-26	1	7. 1-9. 30
		M-26	1	11. 1-12. 31
湖南	株洲	K-32	1	1. 1-12. 31
	江华	AS-350	1	1. 1-12. 31

省(区、市)	航站 (基地)	机型	数量 (架)	驻场日期 (月·日)
广东	梅州	K-32	1	1. 1-4. 15
	清远	K-32		8. 1-12. 31
	河源	M-171	1	1. 1-4. 15
	增城			10. 1-12. 31
	韶关	K-32	1	10. 1-12. 31
广西	梧州	M-26	1	1. 1-1. 20 11. 1-12. 31
	桂林	M-171	1	1. 1-12. 31
	柳州	K-32	1	11. 1-12. 31
重庆	龙兴	BL-412	1	1. 1-5. 31
	江北	K-32	1	4. 15-9. 30
	万州	K-32	1	7. 1-9. 30
四川	成都	K-32	1	1. 1-5. 31
	西昌	M-26	1	1. 1-4. 10
		K-32	1	1. 1-12. 31
		M-171	1	1. 1-12. 31
		固定翼	1	1. 1-6. 30
云南	普洱	K-32	1	2. 15-5. 20
	江川	K-32	1	2. 15-5. 20
	大理	M-26	1	1. 21-5. 5
		AS-350	1	1. 21-5. 5
	保山	K-32	1	2. 15-5. 31
	丽江	K-MAX	2	1. 1-12. 31
		AS-350	1	1. 1-12. 31
	昆明	直-8	7	1. 1-12. 31
合 计			44	6857 (天)

附录三：

2020 年北方应急救援航空力量布局表

省(区、市)	航站 (基地)	机型	数量 (架)	驻场日期 (月·日)
河北	河北	M-171-10	1	1. 1-12. 31
		K-32-1	1	1. 1-5. 31 10. 1-12. 31
		AS-350	1	1. 1-12. 31
内蒙古	根河	M-26 (02)	1	4. 7- 10. 31
		M-171-1	1	4. 6- 10. 31
		M-171-2	1	4. 6- 10. 31
		AS-350	1	4. 1- 10. 31
		直-8	2	1. 1-12. 31
	海拉尔	M-171-3	1	4. 6-10. 31
		AS-332L-1	1	1. 1-12. 31
		Bell-407	1	4. 1- 10. 31
	扎兰屯	M-171-8	1	4. 1- 6. 15 9. 20-10. 31
		AS-350	1	4. 1-6. 15 9. 15-10. 31
		Y-5	1	4. 1-6. 15 9. 15-10. 31
	乌兰浩特	M-171-9	1	3. 25-6. 10 9. 15-10. 31
		Bell-407	1	3. 25-6. 10 9. 15-10. 31
		Y-5	1	3. 25-6. 10 9. 15-10. 31
辽宁	财湖	M-171-11	1	3. 15-11. 30

省(区、市)	航站 (基地)	机型	数量 (架)	驻场日期 (月·日)
	朝阳	AS-350	1	3. 15-11. 30
		M-171-12	1	3. 15-5. 31 10. 1-11. 30
		Bell-407	1	3. 15-5. 31 10. 1-11. 30
	大连	M-171-4	1	1. 1-4. 20 11. 1-12. 31
		M-171-5	1	11. 1-12. 31
		AS-350-1	1	1. 1- 5. 31 10. 1-12. 31
吉林	敦化	M-171-13	1	3. 25-11. 15
		M-171-6	1	3. 25-6. 10 9. 16-11. 15
		M-8	1	3. 25-6. 10 9. 16-11. 15
		AS-350	1	3. 25-1. 15
黑龙江	哈尔滨	AS-332L-2	1	3. 20-10. 31
		AS-350	1	3. 25-10. 31
		Y-12	1	1. 1-12. 31
	嫩江	M-171-5	1	4. 7-10. 31
		Bell-407	1	3. 25-6. 30 9. 15-10. 31
		Y-12	1	1. 1-12. 31

省(区、市)	航站 (基地)	机型	数量 (架)	驻场日期 (月·日)
黑龙江	黑河	M-171-7	1	4. 1- 6. 15 9. 15-10. 31
		SA365N	1	4. 1-6. 30 9. 15-10. 31
	幸福	M-171-14	1	4. 1-10. 31
		M-171-9	1	7. 1- 8. 15
		K-32-2	1	4. 1- 6. 30 9. 15-10. 31
		Bell-407	1	4. 1- 6. 30 9. 15-10. 31
	伊春	M-26 (03)	1	5. 6-10. 31
		M-171-15	1	3. 25-10. 31
		Bell-407	1	3. 25-6. 30 9. 15-10. 31
	佳木斯	M-171-16	1	3. 25-6. 15 9. 15-10. 31
		AS-350	1	3. 25-6. 15 9. 15-10. 31
	牡丹江	直-9	1	3. 25-6. 15 9. 15-10. 31
	大庆	直-8	7	1. 1-12. 31

省(区、市)	航站 (基地)	机型	数量 (架)	驻场日期 (月·日)
陕西	宝鸡	M-171-1	1	1.1- 4.5 11.1-12.31
		M-171-2	1	1.1- 4.5 11.1-12.31
		M-171-3	1	1.1- 4.5 11.1-12.31
		M-171-6	1	7.1- 8.15
		M-171-7	1	7.1- 8.15
		Bell-407	1	1.1- 4.5 11.1-12.31
新疆	阿勒泰	M-171-8	1	7.5- 9.15
	伊犁	K-32-1	1	6.5- 9.25
	天山	AS-350-1	1	6.1- 9.30
	阿克苏	AS-350	1	3.20-6.10 9.1- 10.20
大兴安岭 林业集团	加格达奇	M-26 (07)	1	3.16-10.31
		直-8	2	1.1-12.31
	塔河	M-171-4	1	4.21-10.31
总 计			68	10208 (天)

附录四：

城市	新增方案	城市	新增方案
贵阳	AS350 11 架	洮南	AS350 2 架，M171 3 架
张家界	AS350 11 架	牙克石	M26 5 架
南宁	Z8 5 架	酒泉	M171 11 架
赁祥	M26 6 架	张掖	Z8 11 架
渭南	AS350 4 架	金昌	M171 11 架
太原	M171 11 架	个旧	AS350 1 架，M171 1 架
合肥	Z8 11 架	都江堰	Z8 11 架
上海市	Z8 11 架	邛崃	M171 11 架
兰州	M171 11 架	格尔木	Z8 11 架
银川	M26 11 架	哈密	AS350 11 架
呼和浩特	M171 11 架	额济纳旗	AS350 8 架，Z8 3 架
北京市	M26 4 架	多伦县	Z8 11 架
新乡	M171 5 架	丹东市	Z8 1 架
济南	Z8 11 架	洛阳	M171 4 架
克拉玛依	M171 11 架	河源	M171 2 架
库尔勒	Z8 11 架	南阳	M171 3 架
阿图什	Z8 9 架,M171 5 架	咸宁	AS350 5 架
和田	M171 11 架	江华	AS350 5 架
拉萨	M26 11 架	上饶	K32 3 架
北安	Z8 5 架	清远	K32 2 架
同江	M171 11 架	武当山	M8 2 架

九台	M26 5 架	梧州	M26 10 架
西宁	AS350 11 架	增城	M171 2 架
宜宾	M26 1 架, Z8 8 架	宜春	M171 4 架
攀枝花	M171 3 架	株洲	K32 4 架
昭通	Z8 11 架	成都	K32 5 架
海口	M26 11 架	牡丹江	Z9 4 架
台北市	AS350 11 架	竹岐	M171 10 架
莆田	M26 11 架	柳州	K32 5 架
澄海	AS350 4 架	梅州	K32 4 架
泉州	M26 11 架	南昌	M26 3 架
冷水滩	M26 3 架	桂林	M171 2 架
洪江	Z8 11 架	哈尔滨	AS350 3 架
河池	AS350 11 架	江北	K32 5 架
兴义	Z8 11 架	扎兰屯	AS350 8 架, M171 1 架
大理	M171 4 架	韶关	K32 1 架
广元	Z8 11 架	龙兴	BL412 3 架
安康	AS350 6 架, Z8 5 架	莱芜	M26 4 架
宜城	Z8 11 架	伊春	M26 1 架, BL407 2 架
漯河	Z8 5 架	丽江	AS350 4 架, Z9 4 架
黄山	Z8 11 架	威海	K32 5 架
阜阳	M171 5 架	黑河	M171 1 架, SA365N 3 架
三门峡	M26 3 架	保山	K32 3 架

河津	AS350 11 架	嫩江	BL407 2 架, M171 1 架
西峰	Z8 11 架	建德	K32 4 架
榆林	M26 11 架	乌兰浩特	M171 4 架
临河	Z8 11 架	河北	AS350 12 架, M171 3 架
东胜	M26 11 架	朝阳	M171 4 架
濮阳	AS350 8 架, Z8 3 架	塔河	M171 10 架
徐州	M171 6 架	万州	K32 4 架
连云港	Z8 11 架	海拉尔	M171 2 架, AS332L 6 架
井冈山	Z8 5 架	财湖	AS350 2 架, M171 9 架
建瓯	Z8 3 架, M171 3 架	武汉	M26 2 架
丽水	AS350 11 架	江川	K32 5 架
珠海	AS350 11 架	西昌	M26 1 架, M171 7 架
岳阳	M171 4 架	加格达奇	M26 3 架
莱西	M171 4 架	锡林浩特	AS350 10 架, M171 1 架
伊犁	K32 10 架	佳木斯	AS350 3 架, M171 6 架
霍林郭勒	Z8 11 架	大连	AS350 3 架, M171 5 架
二连浩特	Z8 11 架	凌源	AS350 2 架, M171 3 架
天山	AS350 10 架	敦化	AS350 1 架, M8 5 架, M171 1 架
阜新	M26 6 架	普洱	K32 3 架
阿克苏	AS350 10 架	阿勒泰	M171 10 架
宝鸡	M171 5 架	根河	M26 1 架, Z8 2 架, M171 2 架