



航空器事故调查报告

航空器坠毁

敦煌飞天通用航空有限责任公司

R22Beta II /B-70JQ

2019年3月18日

甘肃省敦煌市

民航甘肃安全监督管理局“3·18”事故调查组

2019年5月7日

目 录

1、事实情况.....	5 -
1.1 飞行经过.....	5 -
1.2 人员伤亡情况.....	6 -
1.3 航空器损坏情况.....	6 -
1.4 其它损伤.....	10 -
1.5 人员情况.....	10 -
1.5.1 飞行机组信息.....	10 -
1.5.2 指挥人员情况.....	11 -
1.5.3 维修人员情况.....	11 -
1.6 飞机情况.....	12 -
1.6.1 直升机基本情况.....	12 -
1.6.2 直升机三证情况.....	12 -
1.6.3 发动机基本情况.....	12 -
1.6.4 直升机运行维护经历.....	13 -
1.6.5 飞机载重与平衡情况.....	13 -
1.7 飞机使用燃料种类和品质情况.....	13 -
1.8 直升机起降点基本情况.....	14 -
1.9 气象情况.....	15 -
1.10 通信情况.....	16 -
1.11 飞行记录器.....	17 -
1.12 残骸及碰撞情况.....	17 -
1.13 机身和发动机检测.....	18 -
1.14 医学及病理毒理学情况.....	21 -
1.15 失火.....	21 -
1.16 生存及救援情况.....	21 -
1.17 组织和管理.....	22 -
1.18 人员访谈情况.....	26 -
2、分析.....	27 -
3、结论.....	36 -
4、安全建议.....	38

事故概述

2019年3月18日,敦煌飞天通用航空有限责任公司(以下简称飞天通航)R22Beta II/B-70JQ号直升机在敦煌市执行训练飞行任务,该直升机于上午9:30左右在鸣沙山附近山坡上(北纬40°05'46",东经94°39'88")坠毁。

民航甘肃安全监督管理局(以下简称监管局)收到直升飞机失事的信息后,立即启动应急预案,第一时间将相关信息报告民航西北地区管理局和甘肃省应急管理厅,并请敦煌市地方政府先期组织搜救,地方政府组织公安、消防、医院、飞天通航组成救援队前往鸣沙山附近进行搜寻救援。监管局在民航西北地区管理局的授权下,成立调查组立即赶赴现场进行调查,18日晚调查组到达敦煌市后,连夜向敦煌市政府分管安全的领导及相关部门、飞天通航公司领导了解基本情况及事发后处置情况,要求地方政府做好现场保护和舆情管控工作,并对下一步调查工作进行了部署。

事故发生后,民航局和民航西北地区管理局各级领导高度重视,专门增派了中国民航科学技术研究院和中国民航飞行学院的专家协助监管局开展3.18通航事故调查工作。

调查组于次日清晨就前往事发现场,通过现场勘查、调取视频监控、查阅相关记录和资料,检测有关设备,最终在4月底完成了事故的全部调查工作。

经调查,此次事故最大可能原因是机组在空中误操作混

合比手柄，造成发动机停车，由于 R22 直升机在高海拔地区运行时，桨叶迎角较大，旋翼桨叶惯性小，发动机空中停车时，旋翼转速衰减非常迅速，飞行员处置特情有效时间缩短，最终造成低旋翼转速桨叶失速，直升机失去升力坠毁。事件造成 2 名机上人员死亡。依据国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》（国务院令 493 号）第三条第（四）款“一般事故，是指造成 3 人以下死亡，或者 10 人以下重伤，或者 1000 万元以下直接经济损失的事故”的规定，该事件构成一起通用航空一般事故。

1、事实情况

1.1 飞行经过

2019年3月18日，敦煌飞天通用航空有限责任公司R22Beta II/B-70JQ号直升机在敦煌鸣沙山通用机场（以下简称鸣沙山通用机场）执行起落航线的训练飞行任务，09:05（北京时下同），该机报告“70JQ（飞机号）请求开车”，开车后，该机离地正常悬停，该机做了几个正常的离地悬停和落地训练，同时也确认了直升机各系统工作正常。09:20，该机正常沿停机坪向东起飞。在目视条件下，该机在三转弯附近失去联系，通过景区内的视频监控显示，9:29分前该直升机飞行的轨迹一直正常，9:29:13直升机在三转弯附近开始下降高度，大约6秒后，直升机失去控制垂直下坠，垂直下坠时间非常短，约为5秒，下坠过程中能看清旋翼转动。大约09:30左右在鸣沙山附近山坡上坠毁。

坠机地点坐标：北纬40°05'46"，东经94°39'88"。坠机地点标高：1208米，距鸣沙山通用机场直线距离约1.7km。



坠机地点示意图 1

1.2 人员伤亡情况

机上共两名乘员死亡，均为机组人员。

1.3 航空器损坏情况（见图 2）

该机完全损毁，ELT 被触发，机身及发动机无过火现象。直升机整体残骸沿飞行方向呈 180 度左侧翻，残骸主体及主要部件散落在长 16 米、宽 10.3 米范围内。水平安定面和垂直安定面损坏脱落，经测量，水平安定面和垂直安定面残片距机身直线距离 4.1 米。左侧滑撬断裂脱落，右侧滑撬整体完整，风挡玻璃散落，最远处距主残骸 25.3 米。



图 2

1.3.1 驾驶舱的情况（见图 3）

驾驶舱损毁严重，仪表盘破损变形严重，发动机所有有关参数均指示零位。中央操纵台变形严重，驾驶杆在左上侧位，混合比手柄处于拔出位置并弯曲（见图中红色箭头所指），总距杆弯曲变形，基本在最高位。



图 3

1.3.2 发动机舱的情况（见图 4）

发动机舱受损，发动机的右侧主体结构基本正常，电瓶

被挤压变形后紧紧的垫在曲轴机匣底部。进、排气管完好连接在机体上，总排气管变形严重，风扇的外壳从连接处破裂。汽化器加温活门和气滤挤压变形。左侧为坠地面，无法观察到。



图 4

1.3.3 传动系统的情况（见图 5）

传动机构有变形，V 型传动带断裂。主轴没有碰撞损伤，只是外部整流罩破损；尾桨轴连接在中间挠性板上；离合器轮盘完整。



图 5

1.3.4 旋翼的情况（见图 6）

两片全金属桨叶整体完整，没有断裂，一片向上弯曲，一片翼面有变形，桨叶与桨毂正常装配在主轴上。



图 6

1.3.5 尾梁的情况（见图 7）

尾梁外部的蒙皮在大约中部处破裂，传动轴杆无断裂及碰撞的痕迹；尾桨外形完整，连接在尾梁上，其中一片弯曲变形，另一片埋入沙中；水平安定面和垂直安定面损坏严重并脱落，经测量，水平安定面和垂直安定面残片距机身直线距离 4.1 米。



图 7

1.3.6 滑撬的情况（见图 8）

左侧滑撬断裂成四五段，右侧滑撬整体完整。



图 8

1.4 其它损伤

这起事故未造成其他地面设施设备或人员损伤。

1.5 人员情况

1.5.1 飞行机组信息

教员（左座）王■，男，出生日期 19■ 年 7 月 10 日。持有商用驾驶员执照，执照号码 6■■■■■■■■■■1，总飞行时间 1918 小时；R22 机型飞行时间 271 小时，最近一次飞行熟练检查时间 2018 年 9 月 22 日。持有一级体检合格证，体检合格证颁发日期 2018 年 8 月 3 日，有效期至 2019 年 8 月 3 日；局方委任代表 P■■■■■■■■■■2，有效期至 2022 年 1 月 31 日，事发前一天飞行开始时间 16:25，结束时间 16:55，事发当日飞行开始时间 09:05，值勤和休息时间符合规章要求。

学员（右座）李■，女，出生日期 19■ 年 4 月 13 日。持有学生驾驶员执照，执照号码 6■■■■■■■■■■0，总飞行时间 83 小时；最近一次飞行检查为私照实践考试，时间 2019 年 3 月 12 日；持有一级体检合格证，体检合格证颁发

日期 2019 年 2 月 28 日，有效期至 2020 年 2 月 28 日；事发前一天飞行开始时间 16:25，结束时间 17:40，事发当日飞行开始时间 09:05，值勤和休息时间符合规章要求。

机组人员所持飞行执照、检查记录、飞行经历、体检履历等均符合民航规章要求。

1.5.2 指挥人员情况

飞天通航公司由飞行人员担任地面飞行指挥员来指挥直升机的起落航线。

当日飞行指挥员安■■■■，持有中国民航商用驾驶员执照，执照编号 6■■■■■■■■■■0，最后一次飞行检查的时间是 2018 年 9 月 24 日的商照实践考试，体检合格证编号 62■■■■■■■■■■0：颁发日期为 2018 年 11 月 24 日，有效期至 2019 年 11 月 24 日。

1.5.3 维修人员情况

航前维修工作由薛■■■完成，最后放行工作由薛杰完成。

薛■■■，男■■■岁，持公司现行有效的放行人员授权，执照 ME-TH 编号：6■■■■■■■■■■7，执照签发日期：2018 年 3 月 29 日，机型签署：Robinson R22 / R44 Series (Lycoming) ME II，专业：机务维修，机型签署日期 2018 年 5 月 7 日，执照在有效期内。

机务人员在实施 B-70JQ 号机当日维护工作期间，身体状况正常。

1.6 飞机情况

1.6.1 直升机基本情况

机型：R22Beta II

注册号：B-70JQ

制造厂家：罗宾逊直升机制造公司

出厂日期：2015年06月09日

机身序号：4696

营运人：敦煌飞天通用航空有限责任公司

总飞行时间：564.95小时

1.6.2 直升机三证情况

国籍登记证编号：NR6652，签发日期：2016年05月30日；

适航证编号：AC6966，签发日期：2016年07月21日；

无线电台执照号：N-2016-1229，有效期至2019年08月12日。

1.6.3 发动机基本情况

发动机类型：活塞式发动机

发动机型号：O-360-J2A

发动机序号：L-42527-36E

制造厂家：Lycoming

出厂日期：2014年10月09日

装机时间：2015年03月01日

1.6.4 直升机运行维护经历

该机于 2017 年 03 月 05 日由公司完成首个飞机 100 小时定检；于 2017 年 10 月 02 日，由公司完成首个 300 飞行小时定检，于 2018 年 8 月 29 日，由公司完成首个 500 飞行小时定检。2018 年 8 月 29 日至事发当日，共运行 65.76 飞行小时。截至事发当日，该机所有时寿件均在有效期内。出厂后至事发时共执行适用的适航指令（AD）1 份，咨询通告（SB）2 份，服务信函（SL）1 份。该机自运行以来，未发生过重大故障及发动机故障。事发当天维修人员航前地面检查正常，按照航前工作单完成检查工作并放行，工作单卡齐全。无故障记录和更换件记录、无保留故障。

1.6.5 飞机载重与平衡情况

《R22 飞行员操作手册》显示 R22Beta II/B-70JQ 号机最大起飞重量 622 公斤，空重 409 公斤，最大业载 213 公斤。事发当日 B-70JQ 号直升机起飞时油量 63 公斤，搭载的 2 名人员估重 140 公斤，本次业载估重 203 公斤，起飞重量估计为 612 公斤。飞机载重和平衡在限制范围之内。

1.7 飞机使用燃料种类和品质情况

B-70JQ 号机使用燃油是 6 月底从中国石油化工股份有限公司茂名分公司购入的 100LL 航空汽油，具有产品质量证明单。

3 月 18 日，该机航前加载燃油量 63 公斤、滑油量 5.5

夸脱。该机坠入沙地后，主、辅油箱均破裂漏油，燃油漏入沙子中，调查组无法对燃油进行现场取样。此外，调查组对当日航前提取的油样进行了封存，由于航前提取的油样仅有约 200ml,达不到相关检测单位要求的检测量，故无法进行检测。

1.8 直升机起降点基本情况

直升机使用的是敦煌鸣沙山通用机场，为 A1 类通用机场。

敦煌鸣沙山通用机场边界平面图（见图 9）。

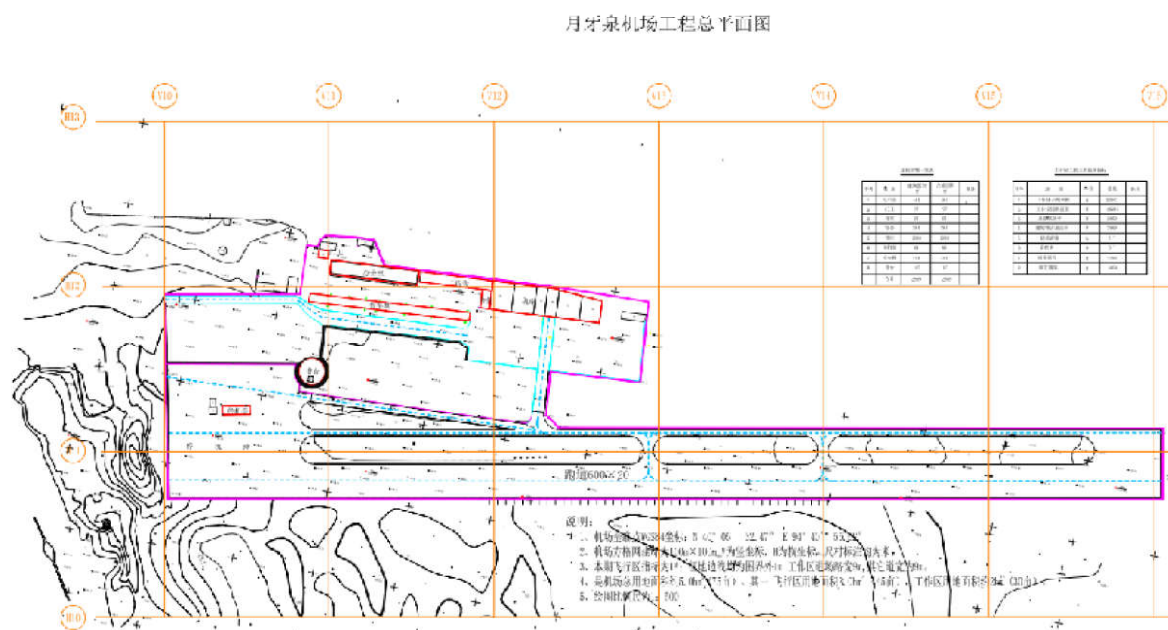


图 9

进近和起飞区、盘旋进场区和机场附近重要障碍物的地理坐标和顶点标高:

序号	障碍物名称	位置 (相对跑道中心)	海拔 高度 (米)	地理坐标	顶点标高 (米)

		磁方位 (度)	距离 (米)			
1	中国联通 信号塔	310	173	1196	位于跑道 东北侧， 距跑道中 线 173 米	1196
2	中国移动 通信塔	285	382	1195	位于跑道 西北侧， 距跑道中 线 382 米	1195
3	鸣沙山南 山	165	905	1263	位于跑道 南侧，距 跑道中线 905 米	1263
4	鸣沙山西 山	258	1115	1277	位于跑道 西侧，距 跑道中线 1115 米	1263
5	鸣沙山南 山	203	808	1246	位于跑道 西南侧， 距跑道中 线 808 米	1246

机坪飞行前高度核对点：1149 米。

1.9 气象情况

采用周边气象站及敦煌机场的气象数据作为参考。

1.9.1 月牙泉西 94.66E 40.09N 1163.0m（海拔高度）

自动站数据

08:00（北京时）：10 分钟平均风向 15 度，风速 1.1 米/秒，能见度大于 10 公里，温度 4.5 度，气压 882.7 百帕。

09:00（北京时）：10 分钟平均风向 73 度，风速 0.3 米/秒，能见度大于 10 公里，温度 5.9 度，气压 883.0 百帕。

10:00（北京时）：10 分钟平均风向 309 度，风速 1.0 米/

秒，能见度大于 10 公里，温度 8.2 度，气压 883.0 百帕。

11:00（北京时）：10 分钟平均风向 151 度，风速 1.0 米/秒，能见度大于 10 公里，温度 13.0 度，气压 882.6 百帕。

1.9.2 月牙泉东 94.68E 40.09N 1137.0m（海拔高度）

自动站数据

08:00（北京时）：10 分钟平均风向 188 度，风速 6.3 米/秒，能见度大于 10 公里，温度 9.1 度。

09:00（北京时）：10 分钟平均风向 64 度，风速 2.0 米/秒，能见度大于 10 公里，温度 5.3 度。

10:00（北京时）：10 分钟平均风向 135 度，风速 0.7 米/秒，能见度大于 10 公里，温度 8.5 度。

11:00（北京时）：10 分钟平均风向 146 度，风速 0.7 米/秒，能见度大于 10 公里，温度 11.6 度。

1.9.3 3 月 18 日敦煌机场气象要素数据（北京时）

	8 时	9 时	10 时
温度 (°C)	5.8	3.9	5.0
露点 (°C)	-16.2	-16.0	-15.7
风向 (°)/(m/s)	180/7	110/3	70/2

1.10 通信情况

当天使用通讯设备有两套，一套是使用频率为 123.00MHz 手持航空对讲机；另一套为大功率便携式航空对

讲机，主用频率为 123.00MHz，备用频率为 130.00MHz，两个频率可相互切换使用，其中 130.00MHz 可接收到敦煌机场塔台指挥动向，本场直升机指挥通讯均使用 123.00MHz。

9 点 05 分，该学员报告“70JQ（飞机号）请求开车”，指挥员通过 123.00MHz 频率手持对讲机指挥该机开车，大约 15 分钟后，该学员报告“70JQ，检查好请示起飞”，飞行指挥员指挥直升机正常沿停机坪向东起飞。起飞后在一转弯，二边，二转弯和三边，一直都能目视观察该机，并且保持通信正常。大约在 9:28 分左右没有听到该机报三转弯着陆，飞行指挥员认为可能是该机三边延长了一点（平时也属正常情况），又等了一两分钟，就用手持和大功率便携式对讲机来回呼叫该机，没有回音，飞行指挥员连续呼叫五六次，还是没有回音，飞行指挥员就指挥动力三角翼前去查看。

1.11 飞行记录器

该机无飞行数据记录器和舱音记录器。

1.12 残骸及碰撞情况

1.12.1 现场情况

经现场勘查，事发地点海拔高度 1208 米，地理坐标：北纬 40°05'46"，东经 94°39'88"，位于鸣沙山通用机场 237°方位，距离 1.7 公里。飞机坠毁地点位于鸣沙山附近山坡上，机身周围空气有燃油气味。测量直升机坠落后的机头航向为 110°。



事发现场地貌 图 10



事发现场地貌 图 11

1.13 机身和发动机检测

调查组对坠毁的 B-70JQ 号直升机进行详细的检查。检查范围包括：直升机驾驶舱、发动机、传动系统、飞行控制系统、机身、起落架系统等关键系统及部件。检查未发现飞

行操纵系统和传动系统存在卡阻迹象。

调查组重点检查了发动机本体，检查结果显示：发动机本体各个部件，包括：摇臂、推杆、附件机匣及内部各传动齿轮等，目视检查均无异常。

1.13.1 机身的检测情况（见图 12）

- (1) 风扇上的错位标识指示在正常位置。
- (2) 中间挠性板和尾桨轴的连接处无扭曲变形。
- (3) 感温带显示的变色区域在正常的范围中。
- (4) 驱动皮带断裂截面较为整齐，无疲劳断裂的痕迹。
- (5) 离合器电门结构完整，在啮合状态。

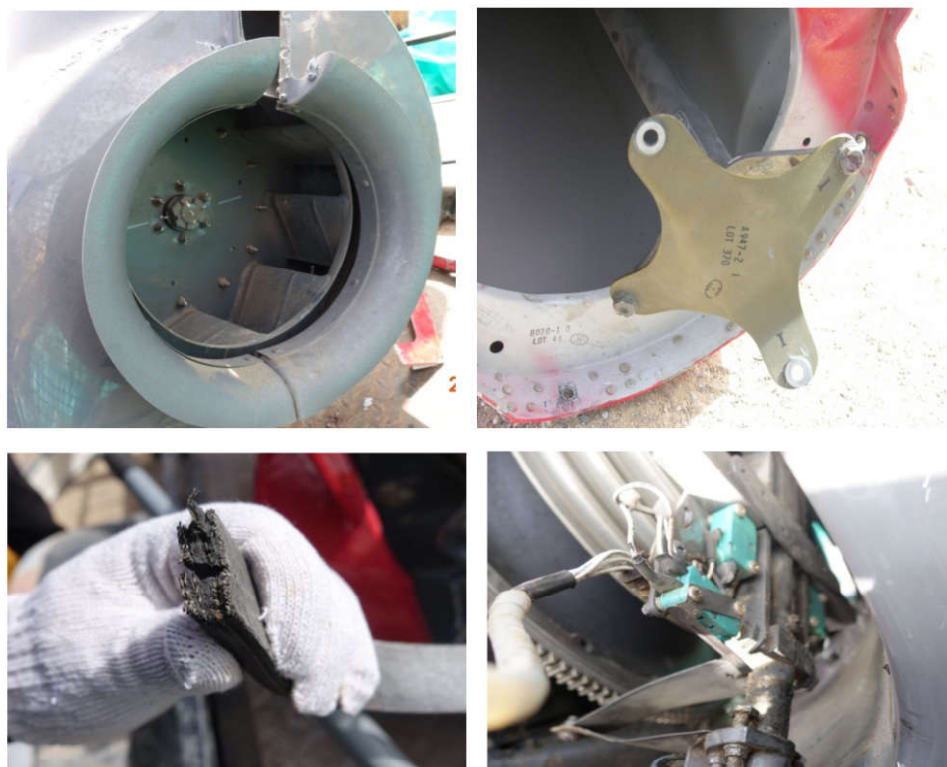


图 12

1.13.2 发动机的检测情况（见图 13）

(1) 汽化器加温活门在半开位置。气滤滤芯挤压变形严重，滤芯清洁无杂物。燃油滤滤芯清洁无杂物。

(2) 对发动机电嘴、排气管检查时未见有积碳残留，电极间隙正常。

(3) 通过打开发动机 2 号、4 号缸的进、排气门摇臂室盖，检查摇臂、气门、弹簧、顶杆都正常，无滑油泄漏迹象。

(4) 发动机机匣底部（收油池）与曲轴连接处已裂开，安装在钢管机架左下侧的电瓶被挤压变形后紧紧的垫在曲轴机匣底部，滑油已漏光。



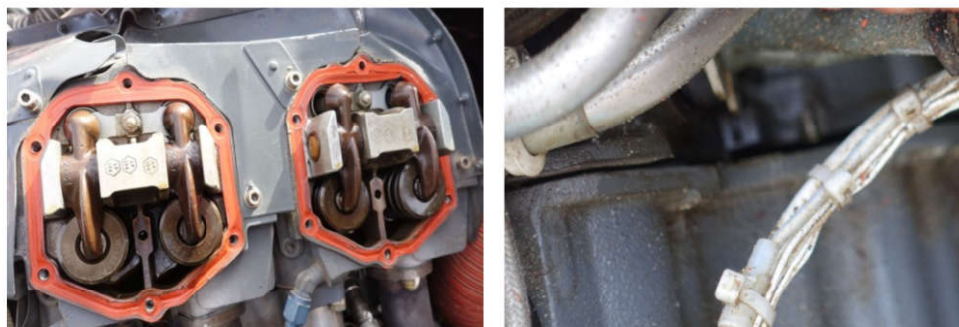


图 13

1.14 医学及病理毒理学情况

经调查组调查，该公司有对飞行人员进行航前酒精检测的制度和设备，飞行人员酒精检测工作具体由公司运行副总王■（为当事机组成员，已死亡）负责，调查组未查到当事机组当日的航前酒精检测记录，故无法确定当事机组是否进行了航前酒精检测。事发后，敦煌市公安局委托甘肃科证司法鉴定所以对机组人员进行了尸体检验，报告证实排除乙醇对机组人员的作用影响。

1.15 失火

没有证据显示飞机在飞行中或坠毁后失火。

1.16 生存及救援情况

通过调取月牙泉景区视频监控录像以及对相关工作人员进行访谈，9:30 分左右，飞行指挥员呼叫 B-70JQ 号机五六次，在没有收到回音的情况下，飞行指挥员派员驾驶动力三角翼去寻找。9:40 分左右，飞行指挥员接到景区保卫部门电话，证实有直升机坠落，在本场西南方向三转弯位置半山坡上。飞行指挥员让一架 R44 去核实，动力三角翼和 R44

驾驶员都证实该机已坠落。

09:30 分左右，鸣沙山月牙泉旅游发展有限公司保安人员接到环卫人员报告后，立即打电话报告了保安中心负责人，该人员立即骑摩托车到达坠机现场，9:40 左右打电话报告公司，接着呼叫 120，鸣沙山月牙泉景区接到报告后立即出动应急救援，9:44 救援人员到达现场，拨打 120、119 报警，10:05 医务人员到达现场，随后 119 消防大队人员、公安部门赶到现场进行救援。

1.17 组织和管理

1.17.1 敦煌飞天通用航空有限责任公司成立于 2010 年 6 月，其主运行基地位于甘肃敦煌鸣沙山机场，运行合格证号（编号）为 G-0005-XB，运行种类为一般商业运行，空中游览，训练飞行，农林喷洒。该公司登记注册有十名飞行员，五架直升飞机，包括四架 R44 和一架 R22（此次事故中坠毁）

1.17.2 经营许可证有效性

敦煌飞天通用航空有限责任公司取得了由民航西北地区管理局颁发的经营许可证，许可证号：民航通企字第 109 号；有效期限 2018 年 7 月 10 日至 2021 年 7 月 9 日；经营范围：石油服务、医疗救护、商用驾驶员执照培训；空中游览、人工降水、航空探矿、航空摄影、城市消防、空中巡查、电力作业、航空器代管；私用驾驶员执照培训、航空护林、航空喷洒（撒）、空中拍照、空中广告、科学实验、气象探

测。

1.17.3 经营活动信息备案情况

敦煌飞天通用航空有限责任公司于3月1日在通用航空信息管理系统上提交了通用航空经营活动信息备案表，备案编号：2019-0301154812708，经营活动项目：航空运动训练飞行；机型 R22Beta II，机号 B-70JQ；服务期限：2019年03月01日至2019年03月31日。

1.17.4 飞行人员培训情况

事发后，调查组第一时间封存了飞天通航相关培训记录。通过检查该公司《直升机训练大纲》，对涡环初始状态改出、低旋翼转速状态改出、自转、尾桨故障的飞行训练有明确的实施条件，实施位置和实施程序，比如“做自转下降时，应对正跑道，并报告飞行指挥员”；在对该公司三名飞行人员（其中有两名飞行教员）的调查笔录中，他们均认为在此次事故的事发地点，失事机组应该不会做任何特殊科目。针对局方下发的《关于部分直升机特殊训练和经历要求的说明》咨询通告，该公司也组织相关飞行教员进行了学习和训练。

1.17.5 服务合同

李■■■■为培训学员，敦煌飞天通用航空有限责任公司与之于2018年5月22日签订了飞行培训协议书。培训地点：甘肃省敦煌市鸣沙山临时起降点；培训机型：R22/R44；培

训类型：理论培训和飞行训练。

1.17.6 当日训练科目情况

由于当日训练的两名机组人员均已死亡，根据向当天飞行指挥员安晓博调查了解，飞行机组在起飞前向其报告飞行科目为“悬停起落，五边起落航线”。

根据该公司提供的“600英尺正常起落航线程序图”（见图14）了解，起落航线的正常程序为：起飞一边高度约300英尺（距起飞时起降点的相对高度，下同），速度60节后保持20度坡度开始一转弯，保持速度60节飞大约15秒，上升高度600英尺改平，保持20度坡度二转弯加入三边，保持600英尺高度完成发动机工作检查，切“着陆点”时报告“落地”，此时距着陆点的直线距离应为1.3公里左右（也就是三边宽度），在与“着陆点”夹角为125度时，保持20度坡度开始平飞三转弯，在四边开始下降高度至400英尺，保持400英尺，目视“着陆点”，以20度坡度切入五边，以10度下滑角正常目视进近，悬停落地，整个起落航线的速度均保持在60节左右。在对该公司三名飞行人员（其中有两名飞行教员）的调查笔录中，均熟悉该起落航线程序，认为失事机组也熟悉此程序，这是带飞学员每次必做科目，在实际飞行过程中，因机场范围内地标明显，机组会以地标为参照物进行起落航线训练，飞行高度通常以起飞点为基准，保持600英尺左右。

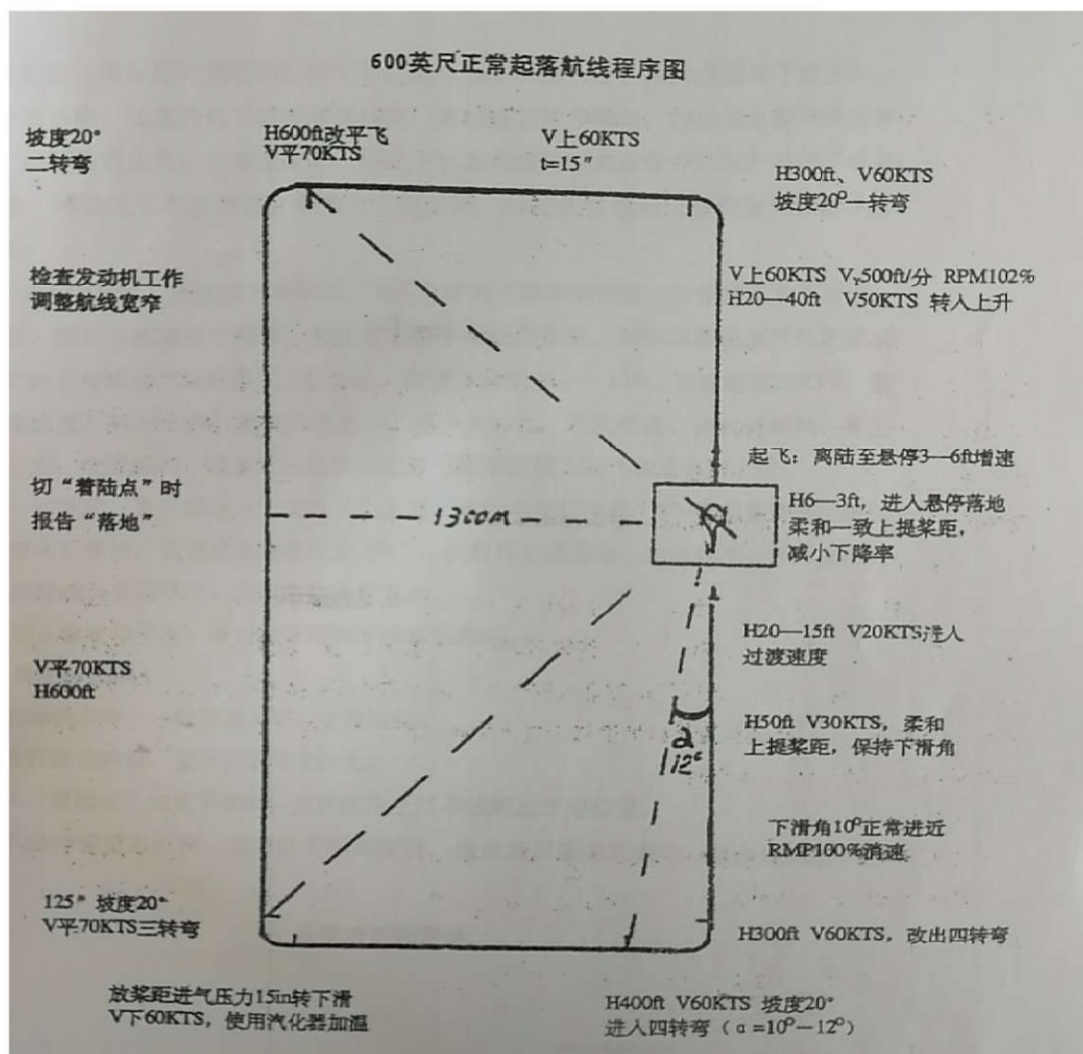


图 14 600 英尺正常起落航线程序图

针对直升机训练过程中特殊情况，比如处置发动机空中停车，通过查看飞天通航“R22 飞行员操作手册”，针对“500英尺（离地高）以上动力故障”和“地面高度 8 至 500 英尺之间动力故障”，手册都有明确的处置程序，其中也提及了“发生动力故障应立即放下总距保持旋翼转速”，“在触地前提高总距做减震着陆”。但是这些科目针对学员只有在私照和商照实践考试前，由检查员带飞实施。针对教员，在熟练检查和实践考试中应在考试员监控下独立完成，并规定需在“高高度

情况下模拟完成”。

1.18 人员访谈情况

张■■■（现场第一目击证人）：月牙泉景区环卫工人。

自述：在此区域打扫景区卫生，经常看到直升机从此区域飞过并听到直升机的声音，事发当日 9:30 分左右看到了直升机从鸣沙山飞过，并听到直升机声音与以往相比不一样，声音较小，看到直升机螺旋桨转的较慢，以往直升机在飞行时，桨叶旋转时基本看不清（目击证人自述），当日却能看清螺旋桨叶片，觉得直升机似乎有些异常，并准备向保安反映情况时，仅走了 20 米左右，就听见咚的一声，确定飞机已掉下来，催促保安打电话报告。

2、分析

2.1 飞行状态分析

根据目击证人描述，听到直升机声音与以往相比声音较小，同时看到直升机桨叶转速较慢。

根据 R22 直升机飞行手册，旋翼转速有动力时转速不低于 101%（515 转/分），在空中不应该看到桨叶旋转较慢的现象。

事故现场发现残骸桨叶没有折断、扭损。

对驾驶舱残骸检查发现，驾驶舱总距杆位置接近全上位，推断机组在触地前试图通过上提总距杆减小直升机与地面的撞击力。

调查组从鸣沙山景区监控录像中看到，该直升机当次飞行的轨迹前面一直正常，到三转弯点附近有下降高度的迹象，并突然垂直坠落，坠落时可以看到旋翼转速较慢。

根据以上几点，调查组分析推断直升机在空中三转弯点附近发动机突然空中停车，机组没有及时进入自转，桨叶转速衰减，旋翼旋转速度很低。

2.2 传动系统的状态分析

调查组对 B-70JQ 号直升机现场勘察显示：

风扇上的错位标识指示在正常位置。

中间挠性板和尾桨轴的连接处无扭曲变形，传动轴杆正常无扭曲变形，表明尾桨传动系统正常。

感温带显示的变色区域在正常的范围中。

驱动皮带断裂截面较为整齐，无疲劳断裂的痕迹，调查组推断，驱动皮带断裂是由于坠地撞击力的作用所致。

离合器电门结构完整，在啮合状态。

事发前传动系统工作正常，没有证据显示传动系统存在机械故障。基于以上信息和勘察结果，调查组推断直升机的传动系统工作状态正常。

2.3 发动机状态分析

调查组对坠毁的 B-70JQ 号直升机的发动机进行了检查，现场勘察显示：

对发动机电嘴、排气管检查时未见有积碳残留，电极间隙正常，可以排除因点火系统异常而导致发动机功率减小的可能。

通过打开发动机 2 号、4 号缸的进、排气门摇臂室盖，检查摇臂、气门、弹簧、顶杆都正常，无滑油泄漏迹象。

发动机机匣底部（收油池）与曲轴连接处已裂开，安装在曲轴机匣左下侧的电瓶被挤压变形后紧紧的垫在曲轴机匣底部，滑油已漏光，事发沙地有滑油渗入沙子后的结块，且发动机机匣底部及其后上侧部附件表面均无滑油痕迹，证明发动机机匣底部与曲轴连接处的裂开非空中破裂，而是由于飞机坠地重力撞击所致。

气滤滤芯挤压变形严重，滤芯清洁无杂物。燃油滤滤芯

清洁无杂物。

事发前发动机工作正常，没有证据显示发动机存在机械故障。基于以上信息和勘察结果，调查组推断事发前发动机工作状态正常。

2.4 发动机空中停车原因分析

2.4.1 因燃油耗尽导致空中停车的可能性分析

从调查以及加油记录显示，直升机航前加载燃油量约 86 升，按燃油消耗量 34 升/小时计算，事发时该直升机启动不到半个小时，剩余燃油充分，可以排除发动机因燃油耗尽空中停车的可能。

2.4.2 汽化器结冰导致发动机空中停车的分析

《R22直升机飞行员操作手册》中对汽化器加温的使用描述如下：“汽化器结冰可能会在多种大气条件下形成，在外界大气温度（OAT）处于 -4°C 与 30°C 之间，并且露点与外界大气温度之差少于 15°C 时，最有可能形成汽化器结冰。“……在直升机下降或者自转阶段，进气压力低于 18 英寸汞柱时要全开汽化器加温（汽化器温度表只是进气压力高于 18 英寸汞柱时才起作用）。只要怀疑有结冰的情况，飞行员就必须根据要求使用汽化器加温。”

查阅事发地附近敦煌机场的气象资料，事发当时（约 9:30）敦煌机场天气的气温/露点是 28/26，空气湿度很小，并且事发飞行区域处在一大片沙山上空。在此气象条件下，

R22直升机在小功率飞行时发生汽化器结冰的概率很小。

由于该机没有机载数据记录器，无法确定事发时发动机功率数值。调查组检查发现，直升机残骸驾驶舱中央操纵台坠地变形严重，汽化器加温手柄被撞断，无法判断其位置；空气滤滤芯较干净，汽化器加温活门开度卡在半开位置。汽化器加温手柄是通过软钢索来操纵汽化器加温活门开度的，发生坠机时的撞击力改变汽化器加温活门开度的几率几乎没有。在对该公司机务人员进行调查问询时，了解到该机组在事发前几日，有调节汽化器加温的行为。调查组分析判断认为，机组在当日的飞行中使用了汽化器加温。

综合以上几点推断，调查组排除了直升机在空中可能因发动机汽化器结冰现象而导致发动机功率下降出现空中停车的可能性。

2.4.3 混合比手柄误拔出分析



图 15

根据德事隆·莱康明《操作员手册》（0-360，H0-360，10-360，A10-360，H10-360 TIG-360 系列）中描述“混合

比手柄控制汽化器中主燃油喷嘴定流孔的大小。当混合比手柄前推，主燃油喷嘴的定流孔开大，喷出的燃油增多，混合气就越富油；反之，后拉混合比手柄，混合气就变贫油。混合比手柄拉到最后，主燃油喷嘴的定流孔关断，发动机停车。”

事故现场的直升机残骸的中央操纵台上混合比手柄处于拔出状态并弯曲。中央操纵台上安装混合比手柄的基座没有破损和变形痕迹。拆开中央操纵台，在其内部看到与混合比手柄刚性连接的下方衬筒状态正常，无任何变形（参考图 15）；因为混合比手柄是通过软钢索连接，而钢索在刚性连接的衬筒当中，混合比手柄安装基座以及下方刚性连接衬筒没有变形，可以认为混合比手柄不是由于坠地撞至拔出位的，而是机组操作拔出，拔出后由于撞击变弯。此外，根据混合比手柄的设计，只有按压混合比手柄上方的解锁按钮后才可以被拔出，也可进一步确认混合比手柄不是由于撞击而处于拔出位。

通过与公司其他飞行人员了解，带飞教员和学员的性格较为随和，与公司同事之间关系融洽，调查组讨论因个人原因故意操作混合比手柄导致发动机空中停车的可能性较小。

通过对公司飞行人员调查了解，飞行人员在日常飞行过程中，从来没有实施过调贫油的动作习惯，调查组推论机组在空中有意操作混合比手柄的可能较小。

通过对 R22 直升飞机发动机仪表指示分析，在下降着陆

过程中，在汽化器进气压力低于 18 英寸时，仪表指示不准确，为防止汽化器结冰，手册建议可以考虑将汽化器加温打开，动作是上提汽化器加温操作杆（与混合比手柄动作相似）。在对飞天通航机务人员进行调查问询时，了解到该机组在事发前几日，有调节汽化器加温的行为。

通过对 R22 直升飞机发动机性能分析，在巡航和下降过程中，发动机调速器会自动增加油门来保持发动机转速，很容易掩盖汽化器结冰，这将造成性能下降或是动力损失。为了纠正这种情况，飞行手册也建议飞行员尝试使用汽化器加热。

通过对 R22 直升飞机设计分析，混合比手柄和汽化器加温操作杆均在中央操纵台右侧，呈前后分布（见图 16），图中红色圈为混合比手柄，蓝色圈为汽化器加温操作杆。由于设计原因，存在飞行员误将汽化器加温操作杆当做混合比手柄来操作的可能性。该型号直升机生产厂家，罗伯逊公司专门编制了第一号安全通告：**SN-1 – Inadvertent Actuation of Mixture Control in Flight**（安全通告第一号-飞行中对混合比手柄的错误操作，见图 17）该安全通告发布于 1981 年 1 月，并于 1989



图 16



图 17

年2月，1994年6月进行修订。在该安全通告中，明确指出“由于飞行员的疏忽，会误将混合比手柄当作汽化器加温和其他系统拔出,致使发动机突然停车”。为防止误操作的发生，罗伯逊公司专门在混合比手柄上设计了一个保护帽装置（见图

18), 要求“在起动好发动机后使用混合比手柄保护帽, 直至飞行结束, 拔出混合比手柄关车前, 不要打开防护帽。”防止飞行员在空中误将混合比手柄拔出。但是在事故调查现场, 未发现该机有保护帽。通过询问飞天通航其他飞行人员, R22机型的混合比手柄保护帽与机体没有链接设计, 故无法确定在此次飞行过程中该保护帽是否在位。



图 18

通过对事故现场的勘查和照片分析: 防火墙(隔热板)照片显示直升飞机没有过火痕迹, 排除因发动机空中起火而人工将混合比手柄拔出的可能; 该机交流发电机电门在打开位, 坠机地点也不是良好的迫降地点, 检查发动机无不正常表象, 调查组推论直升飞机在空中出现故障需要紧急迫降, 飞行机组考虑断油断电的可能较小; 尾桨整体完好, 排除因尾桨故障, 飞行机组考虑断油断电的可能。

2009年9月21日, 加拿大安大略省一架R22型号直升

飞机坠毁。通过事后分析，该起事故就是误将混合比手柄当做汽化器加温操作杆拔出导致的。通过该调查报告对直升飞机坠毁前的姿态轨迹描述，与此次事故直升飞机坠毁前的视频有高度符合性。

综合以上分析，调查组认为最大可能是机组在空中误操作混合比手柄，从而导致发动机出现空中停车。由于 R22 直升机在高海拔地区运行时，桨叶迎角较大，旋翼桨叶惯性小，发动机空中停车时，由于此时桨叶迎角大造成桨叶处于高阻力状态，从而导致旋翼转速会加倍快速衰减。在正常功率设置情况下，驾驶员的正常可用反应时间是满足最低适航审定要求的，但当主旋翼桨叶工作在大迎角状态下时，留给驾驶员改出并修正低旋翼转速状态的可用时间会更少。这种情况下可用时间非常短，以致于可能会超出驾驶员的反应能力（AC-61-FS-2017-R2 安全意识训练内容）。最终造成低旋翼转速桨叶失速，直升机失去升力坠毁。

3、结论

3.1 调查发现

- (1) 事发前直升机适航，无故障报告。
- (2) 飞行员执照、证件均在有效期内，符合中国民航相关规章的要求。
- (3) 飞行员身体合格，没有迹象表明飞行员在执行训练期间有失能或其他影响飞行的行为。
- (4) 事发天气能见度良好。
- (5) 现场监控显示直升机事发时坠落较快，旋翼转速低（桨叶叶片可见）。
- (6) 现场勘察显示中央操纵台总距杆处于高位状态。
- (7) 现场勘察显示中央操纵台上混合比手柄处于拔出状态并弯曲。
- (8) 结合当天气温及露点情况，事发当天出现汽化器结冰的可能性较低。

3.2 调查结论

经过现场勘测和调查，调查组认为本次事件最大可能原因是机组在空中误操作混合比手柄，造成发动机停车，由于R22直升机在高海拔地区运行时，桨叶迎角较大，旋翼桨叶惯性小，发动机空中停车时，旋翼转速衰减非常迅速，飞行员处置特情有效时间缩短，最终造成低旋翼转速桨叶失速，

直升机失去升力坠毁。

该事件造成2名机上人员死亡。依据国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》（国务院令493号）第三条第（四）款“一般事故，是指造成3人以下死亡，或者10人以下重伤，或者1000万元以下直接经济损失的事故”的规定，该事件构成一起通用航空一般事故。

4、安全建议

(1) 建议飞天通航正确处理好安全与发展、安全与效益的关系，坚持“安全第一”的思想，认真落实安全主体责任，切实加强安全管理，加大安全投入，确保运行安全。

(2) 建议飞天通航依据规章，进一步完善管理制度、工作流程，切实落实各级管理人员的岗位责任，狠抓“三基”建设。

(3) 建议飞天通航切实加强飞行训练，进一步提高飞行人员在特殊情况下的处置能力，熟练掌握空中停车的处置程序。

(4) 建议飞天通航扎实做好飞行人员对民航规章、机型理论和制造厂商安全通告的学习，例如：汽化器加温的使用原理。

(5) 建议飞天通航加强飞行作风培养，强化飞行员遵章守纪意识，培养飞行员执行标准操作程序和机组资源管理意识；要求飞行员严格按照规章对训练飞行、通航作业和空中游览进行详实的计划，准备和记录。

(6) 建议飞天通航在引进航空器时针对地区特点进行全面安全评估，选择较为安全的运行机型。因公司运行区域密度高度较高，R22 机型的桨叶为低惯性旋翼，由于性能限制，在该地区运行时油门反应迟缓，发动机剩余功率小，直升飞机长期处在大迎角飞行状态，一旦出现发动机骤停的情

况，飞行人员很难处置。

(7) 建议国内运行 R22 直升机的培训机构，在初始培训时，重点强调中央操纵台横向配平开关和汽化器加温开关与混合比操纵手柄的区别，混合比操纵手柄在飞行时必须使用保护套防止误操纵。在空中需要使用横向配平时，飞行员应该从驾驶杆左侧拔出配平手柄。在训练飞行时，机组之间操纵开关以及手柄时应互相监督与确认，防止误操作关键开关与手柄。