

# 从降水变化分析辽宁飞机人工增雨效果

孙凤琴 (辽宁省气象科学研究所 沈阳 110016)

**摘要** 通过辽宁 1990~1999 年人工增雨期间平均降水量与 1981~1990 年自然平均降水量对比分析, 得出全省年, 4~7 月, 4~8 月增雨量、增水量及增雨率; 增雨效果以辽宁西部、北部最为明显, 其次为中部和东部。

**关键词** 自然降水 人工增雨 对比分析

辽宁是我国 18 个省(市、区)严重缺水的省份之一, 辽河流域是辽宁工农业生产基地, 需水量约占全省 72.0%, 而实际供水量为 33.5%, 年人均占有量不足全国平均值的 1/5。因此, 水资源紧缺已成为影响辽宁地区经济发展的重要因素之一。利用飞机人工增雨等方法开发空中云水资源, 是缓解辽宁水资源危机的一个有效途径。国内外较一致的科学结论是: 在适宜的自然环境条件, 在云体的适宜部位, 进行科学的人工催化作业, 可达到增雨的目的。辽宁 1991~1999 年(1995 年前为 4~8 月末, 1995 年以后为 4~7 月末)连续进行飞机人工增雨作业, 取得了明显的社会效益。为了更好地开发云水资源, 增大飞机人工增雨的效果, 制定出更准确、更有效的飞机人工增雨作业方案, 本文分析研究了辽宁飞机人工增雨在年, 4~7 月, 4~8 月对降雨的影响。

## 1 自然降水的地理分布状况

辽宁地势复杂, 有山地、丘陵、平原、沿海。地形总的概貌是由北向南、自东西部向中部倾斜。丘陵、山地分别位于东西部两侧, 约占全省总面积的 2/3, 中部是自东北向西南缓倾的辽河下游平原, 约占全省面积的 1/3。辽东山地是长白山山脉在西南的延续部分, 峰峦起伏, 山势陡峭, 最高山峰海拔在 1300 m 以上。辽东半岛丘陵以千山山脉为主干, 北宽南窄, 北高南低, 个别山峰海拔 1141 m, 其他均在海拔 500 m 以下; 辽西低山及辽北低丘是内蒙古沙漠的延续部分, 由西北向东南呈阶梯式降低至渤海沿岸形成狭长滨海平原, 称“辽西走廊”。东南部有鸭绿江, 南靠黄、渤海; 海岸线长达 1650 km, 岛屿众多, 这种特殊地形地貌导致辽宁自然降水的时空分布极不均匀。

根据 59 个台站 10 a(1981~1990 年)的实测资料统计计算得出, 辽宁平均年降水量为 665.7 mm, 合计水为 997.25 亿  $m^3$ 。全省降水分布的特点是陆地多

于近海海域, 东部山区多于平原, 平原多于西部山区。降水量的等值线呈东北西南向, 自东向西逐渐递减。图 1 给了辽宁自然降水分布情况, 从图 1 中看出, 全

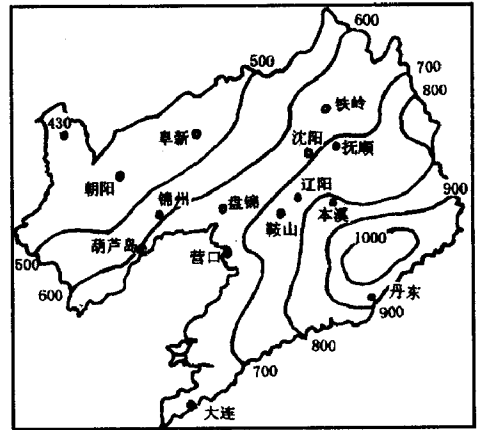


图 1 辽宁 1981~1990 年年自然降水分布

省年降水量的变化范围为 1098~430 mm。东部地区年平均降水量变化范围为 1098~800 mm, 中部地区年平均降水量变化范围为 800~600 mm, 北部地区年平均降水量变化范围为 650~500 mm, 辽西地区年平均降水量变化范围为 600~430 mm。

## 2 10 a 自然降雨与 9 a 人工增雨降水量的对比分析

实施飞机增雨作业后, 同样对 59 个台站(1991~1999 年)9 a 的实测降水资料进行统计分析(图 2), 全省年降水量的变化范围为 1200~525 mm。东部年平均降水量变化范围为 1200~850 mm, 中部年平均降水量变化范围为 850~700 mm, 北部年平均降水量变化范围为 700~600 mm, 西部年平均降水量变化范围为 700~525 mm, 全省增雨量范围为 101~95 mm。

辽西、辽北及西北部地区气候干燥, 森林植被差, 具有“十年九旱”的气候特征。我们将飞机人工

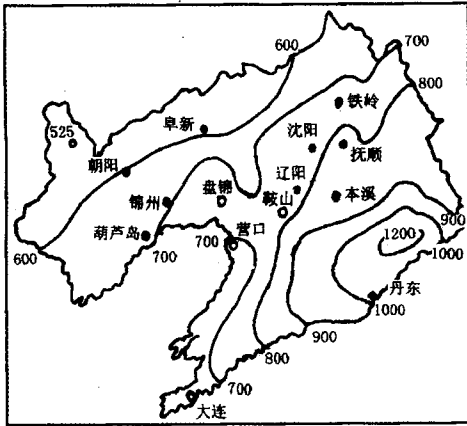


图2 辽宁1991~1999年年飞机人工增雨雨量统计

表1 全省12市年人工增雨与自然降水量的对比

行政分区	计算面积/km <sup>2</sup>	1991~1999年		1981~1990年		年增雨量/mm	年增水量合计/亿m <sup>3</sup>	年增雨率/(%)
		年平均降水/mm	合计水量/亿m <sup>3</sup>	年平均降水/mm	合计水量/亿m <sup>3</sup>			
沈阳	12 966	718	93.09	615	79.74	103	13.35	16.7
鞍山	9 185	793	72.87	767	70.45	26	2.42	3.4
抚顺	11 265	858	96.61	788	88.72	70	7.89	8.9
本溪	8 424	887	74.74	846	71.31	41	3.43	4.8
锦州	10 027	679	68.13	545	54.67	134	13.46	25.0
营口	5 269	667	35.14	647	34.11	20	1.03	3.0
阜新	10 393	571	59.39	497	51.65	77	8.04	15.6
辽阳	4 756	776	36.89	767	36.46	9	0.43	1.2
铁岭	12 864	739	95.03	655	84.23	84	10.79	12.8
朝阳	19 406	570	110.53	439	85.15	131	25.38	29.8
盘锦	3 317	737	24.44	668	22.15	69	2.29	10.0
葫芦岛	10 242	650	66.53	586	60.01	64	6.52	10.9
平均值	118 114*	709	837.30*	631	745.80*	77	95.03*	12.0

注：\*号为合计数。

飞机人工增雨的4~7月平均降水量为399 mm,比自然降水的4~7月份增加降雨量63 mm,合计增水量84.28亿m<sup>3</sup>,增雨率为21%。12市合计平均每月增水21.07亿m<sup>3</sup>。朝阳增雨量为108 mm,增雨率43%;锦州增雨量为96 mm,增雨率33%;沈阳增雨量为89 mm,增雨率29%;增雨率

增雨的重点放在辽西、辽北及西北部,其次是辽宁中部和东部。为了与飞机人工增雨作业区域进行对比,将经常进行飞机人工增雨作业的12个市44个台站(除大连、丹东地区外)对19 a(1981~1990年)的实测降雨量资料进行了对比统计分析,得到前10 a(1981~1990年)自然降水量平均为631 mm,而开展飞机人工增雨后9 a(1991~1999年)平均每年降水量为709 mm,比自然降水增加77 mm,合计增水量95.03亿m<sup>3</sup>,增雨率为12%。其中增雨率朝阳为30%、锦州25%、沈阳17%、阜新16%、铁岭13%、葫芦岛11%、盘锦10%;其他地区均在10%以下。辽阳增雨率最少为1%(表1)。

阜新28%、葫芦岛27%、盘锦22%、抚顺19%、铁岭15%、鞍山12%;其他地区在10%以下;营口地区在这个期间增雨次数最少,因此增雨率只有1%(表2)。

4~8月(9 a中8月飞机人工增雨作业5 a,表略),12个市平均降水量为570 mm,比自然降水量

表2 全省12市4~7月人工增雨与降水量的对比

行政分区	计算面积/km <sup>2</sup>	1991~1999年4~7月		1981~1990年4~7月		增雨量/mm	增水量合计/亿m <sup>3</sup>	增雨率/(%)
		平均降水/mm	合计水量/亿m <sup>3</sup>	平均降水/mm	合计水量/亿m <sup>3</sup>			
沈阳	12 966	397	51.46	308	39.88	89	11.58	29.0
鞍山	9 185	424	38.93	378	34.77	45	4.16	12.0
抚顺	11 265	491	55.30	413	46.54	78	8.76	18.8
本溪	8 424	476	40.06	450	37.92	25	2.14	5.6
锦州	10 027	388	38.94	293	29.35	96	9.59	32.7
营口	5 269	343	18.09	340	17.90	4	0.19	1.1
阜新	10 393	343	35.67	269	27.95	74	7.72	27.6
辽阳	4 756	412	19.61	380	18.06	33	1.56	8.6
铁岭	12 864	394	50.74	342	43.97	53	6.77	15.4
朝阳	19 406	360	69.90	252	49.00	108	20.90	42.7
盘锦	3 317	400	13.28	329	10.90	72	2.38	21.8
葫芦岛	10 242	396	40.56	313	32.03	83	8.53	26.6
平均值	118 114*	402	472.5*	339	388.2*	63	84.28*	21.7

注：\*号为合计数。

同期降水量增加了 82 mm, 合计增水 97.33 亿  $m^3$  增雨率 17%。朝阳增雨量为 131 mm, 合计增水 25.52 亿  $m^3$ , 增雨率 38%; 锦州增雨量 131 mm, 合计增水 13.56 亿  $m^3$ , 增雨率 31%; 阜新增雨量 97 cm, 合计增水 10.03 亿  $m^3$ , 增雨率 25%; 沈阳增雨量 107 mm, 合计增水 13.93 亿  $m^3$ , 增雨率 23%; 其他市地增雨率分别是铁岭 17%、葫芦岛 15%、抚顺 13%、盘锦 14%、鞍山 7%、营口 5%、辽阳和本溪 5%。从 12 个市的增雨率可看出, 4~8 月虽比 4~7 月的时间长, 增雨率反而小了, 这说明增雨量的多少与人工增雨作业次数有很大关系。

### 3 飞机人工增雨作业在同等条件下增雨次数与增雨量成正比

根据 10 a 辽宁自然降水量的情况, 本文把 12 个市地分为严重干旱区(辽西)、次严重干旱(辽北)、干旱区(辽宁中部)和一般干旱区(辽东), 用数字分为 4, 3, 2, 1 区, 在同等的天气条件下按 4, 3, 2, 1 区进行飞机人工增雨作业, 作业次数同样按 4, 3, 2, 1 区的分配原则, 对 9 a 飞机人工增雨作业的实测资料也分为 4 个区进行计算。得出, 全省平均年增加降雨量最多的是辽西, 降雨量变化范围由自然降水的 600~430 mm 增加到 700~525 mm, 增雨量变化范围为 100~95 mm, 平均年增雨量 109 mm, 合计增水量 54.66 亿  $m^3$ , 增雨率 22%; 北部增雨量 84 mm, 合计增水 10.79 亿  $m^3$ , 增雨率 13%; 中部增雨量 52 mm, 合计增水 18.63 亿  $m^3$ , 增雨率 8%; 东部增雨量 53 mm, 合计增水 10.51 亿  $m^3$ , 增雨率 6%。4~7 月西部增雨量 95 mm, 合计增水 47.61 亿  $m^3$ , 增雨率为 34%; 北部增雨量 53 mm, 合计增水 6.77 亿  $m^3$ , 增雨率 15%; 中部增雨量 52 mm, 合计增水

18.38 亿  $m^3$ , 增雨率 15%; 东部增雨 48 mm, 合计增水 9.41 亿  $m^3$ , 增雨率 11%。4~8 月西部增雨量 114 mm, 合计增水 56.97 亿  $m^3$ , 增雨率为 29%; 北部增雨量 86 mm, 合计增水 11.0 亿  $m^3$ , 增雨率 17%; 中部增雨量 62 mm, 合计增水 21.93 亿  $m^3$ , 增雨率 12%; 东部增雨量 52 mm, 合计增水 10.24 亿  $m^3$ , 增雨率 8%。从以上分析可以看出, 年、4~7 月, 4~8 月增雨最多为辽宁西部、北部, 其次是中部和东部。表明: 在同等天气条件下, 飞机人工增雨作业的次数越多, 则增雨量越大。

## 4 结论

4.1 自辽宁开展飞机人工增雨以来, 全省平均每年增雨量达 77 mm, 合计增水 95.03 亿  $m^3$ , 增雨率 12%。朝阳、锦州、沈阳、阜新、铁岭、葫芦岛、盘锦平均年增雨率变化范围在 30%~10%。

4.2 4~7 月份飞机增雨作业, 全省平均每月增雨量达 16 mm, 月增水量为 21.07 亿  $m^3$ 。增水量最多的是朝阳 5.23 亿  $m^3$ 、沈阳 2.90 亿  $m^3$ 、锦州 2.4 亿  $m^3$ 、抚顺 2.19 亿  $m^3$ 、葫芦岛 2.13 亿  $m^3$ 、阜新 1.93 亿  $m^3$ 、铁岭 1.70 亿  $m^3$ 、鞍山 1.04 亿  $m^3$ ; 其他地区平均月增水量均在 1.0 亿  $m^3$  以下。

4.3 4~8 月 12 个市, 合计平均每月比自然降水增加水量 19.07 亿  $m^3$ , 比飞机增雨的 4~7 月份时间长了, 平均每月增水量却少 2.00 亿  $m^3$  (增雨 9 a 的 8 月份有 4 a 未进行飞机增雨作业)。

4.4 从辽宁东、西、中、北部 4 个区域的增雨统计分析证明: 飞机人工增雨作业在同等的天气条件, 增雨的次数与增雨效果成正比, 表明实施飞机人工增雨作业开发空中云水资源, 是目前增加社会效益和缓解辽宁省水资源危机的最好措施。