

新一代天气雷达故障分析报告

(2010. 12-2015. 08)

气象装备保障室

2015 年 11 月

前言	3
一、故障持续时间	4
1、特大故障分析	4
2、大型故障分析	7
3、中小型故障分析	9
二、故障次数	9
三、各级别故障维修情况	11
四、故障的季节分布情况	11
五、备件来源对故障持续时间的影响	12
六、故障单填报中存在的问题	13
七、小结	14

前言

为深入了解近五年全国新一代天气雷达的运行情况，寻找雷达运行保障及管理中的存在的问题，提出有效的改进措施，特对 2010 年 12 月 01 日至 2015 年 08 月 31 日（以下简称分析时段）雷达的故障情况进行了详细分析（以 ASOM 系统填报的故障维修单为准，以下数据来源皆是如此），具体如下：

分析时段内全国雷达共发生故障 3369 次，其中故障持续时间超过 72 小时的故障有 191 次，最长单次故障持续时间为 2496 小时。从图 1 可以看出，全国雷达故障持续总时间和故障数量分别从 2011 年和 2012 年起呈现逐年下降趋势。

2010 年 10 月 31 日至 2015 年 10 月 31 日全国雷达共发生故障 3469 次，总故障持续时间为 59795h，平均故障持续时间 h/台。其中故障持续时间超过 72 小时的故障有 191 次，最长单次故障持续时间为 2496 小时。从图 1 可以看出，全国雷达故障持续总时间和故障数量分别从 2011 年和 2012 年起呈现逐年下降趋势。

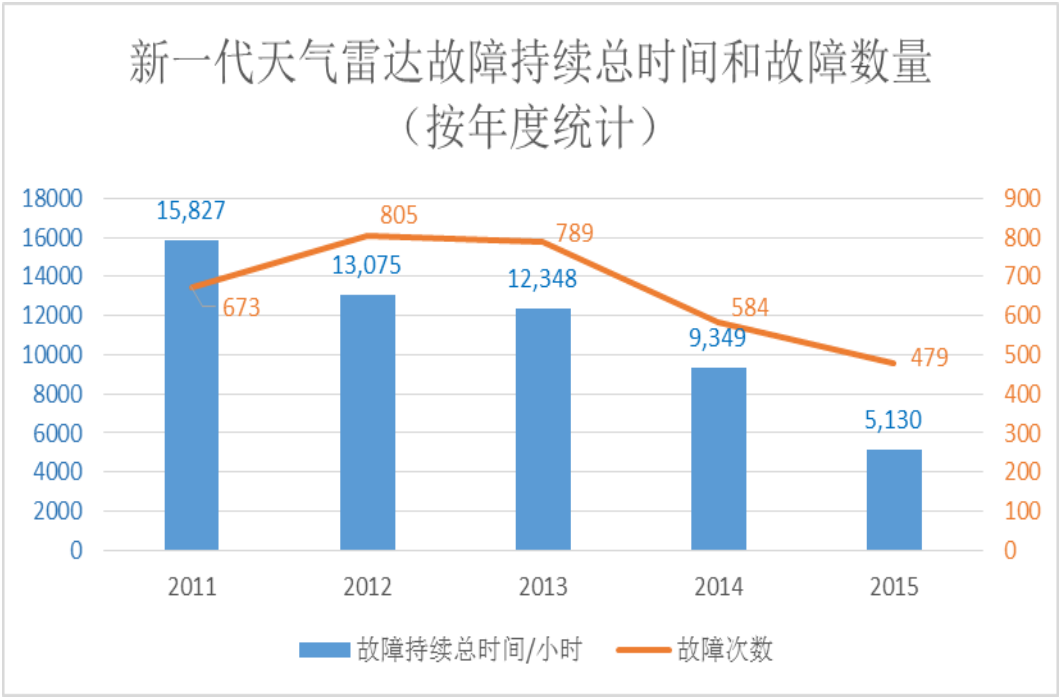


图 1 新一代天气雷达故障数量年度分布

（表 1 数据来源：ASOM 导出故障单，经对诊断、维修、等备件 4 个环节进行大量校对，文中提及维修故障单的数据源同此。按全天观测方式，将雷达持续总时间和故障总次数进行年度统计）

一、故障持续时间分析

按故障持续时间统计，约 83.10%的新一代天气雷达故障可在 24 小时内修复，11.99%的新一代天气雷达故障可在 24 小时至 72 小时修复，仅 4.91%的新一代天气雷达故障超过 72 小时才修复。

年度	雷达故障持续时间（小时）			
	0-24	24-48	48-72	≥72
2011	71.15%	5.77%	4.81%	18.27%
2012	84.83%	7.21%	4.10%	3.86%
2013	84.10%	7.38%	3.69%	4.83%
2014	79.48%	10.69%	4.48%	5.34%
2015	85.56%	7.74%	3.35%	3.35%
平均	83.10%	8.03%	3.96%	4.91%

表 1 新一代天气雷达故障持续时长出现比例（按年度）

（表 1 数据来源：ASOM 导出故障单，按年度统计雷达故障时长出现比例）。

为了研究不同程度雷达故障的情况，根据故障持续时间将雷达故障划分为特大故障（故障持续时间大于等于 15 天）、大型故障（故障持续时间大于等于 3 天而小于 15 天）、中型故障（故障持续时间大于等于 1 天而小于 3 天）和小型故障（故障持续时间小于 1 天）。

1、特大故障分析

分析时段内，全国雷达共发生故障持续时间超过 15 天的特大故障 9 次，对全国雷达的业务可用性和平均无故障工作时间两项指标均产生了较大影响，具体情况如表 2 所示。

由表 2 可以看出：（1）9 次故障中有 2 次等备件时间较长，其中百色雷达故障因厂家无备件需要现生产，致使等备件时间长达 79 天；拉萨雷达故障也是因为无备件，等

待时间长达约 44 天。(2) 9 次故障中有 4 次(百色、建阳、长沙和成都雷达)故障属大修,维修过程复杂,诊断维修时间较长。(3) 9 次故障中有 2 次故障(阜阳和西沙雷达)是因特殊原因,维修过程略有耽搁。(4) 此外,固原和克拉玛依雷达故障持续时间长的原因暂时无法分析,可能因故障反复发生或关闭故障单时故障结束时间填写错误造成故障持续时间很长。

序号	省份	站号	站名	设备型号	分系统	部件名称	故障开始时间	故障持续时间 (小时)	等专家时间	等备件时间	诊断维修时间	拷机时间	备注
1	广西	Z9776	百色	SB	伺服系统	伺服系统	2012-10-23	2496	125	1776	512	83	属大修，所需备件轴承无备份，厂家现生产，故等备件时间较长。
2	西藏	Z9891	拉萨	CD	附属设备	UPS	2013-11-08	1054	0	1054	0	0	UPS损坏。
3	福建	Z9599	建阳	SA	发射系统	发射机	2010-12-24	800	23	45	684	48	属大修，进行发射机整机维修并重新布线。
4	宁夏	Z9954	固原	CD	通讯系统	网线	2013-11-08	752	故障单无具体描述				疑似故障单关闭不及时或网络时段时续故障或故障结束时间为11月09日误填为12月09日。
5	新疆	Z9990	克拉玛依	CC	发射系统	回扫电源	2011-03-04	745	故障单无具体描述				维修活动很简单，无法分析故障持续原因。
6	安徽	Z9558	阜阳	SA	伺服系统	天线天线座	2011-02-08	530	维修活动中有等专家和等备件的描述，但是无法获得具体时间				其间24-28日因人工降雨服务雷达恢复运行暂时工作。
7	海南	Z9071	西沙	SC	伺服系统	伺服机柜	2013-12-13	480	维修活动中有等专家和等备件的描述，但是无法获得具体时间				因交通方式特殊需等船期，耽误一定时间。
8	湖南	Z9731	长沙	SA	发射系统	3A12调制器	2012-04-18	428	60	0	368	0	发射机大修。
9	四川	Z9280	成都	SC	附属设备	天线罩	2012-08-02	378	0	0	378	0	属大修，更换天线罩。

表 2 分析时段内特大故障详情表

（表 2 数据来源：ASOM 系统故障持续时间大于 15 天的故障单，其中第 4 项故障分系统和部件根据故障单描述和维修内容对原填报做出了修改）

2、大型故障分析

分析时段内，除上述特大故障外，全国雷达共发生故障持续时间超过 72 小时的故障（以下简称大型故障）182 次。

由于故障单维修活动描述差别很大，有些将等备件或等专家的过程也列为诊断或维修的过程，致使系统自动统计的等专家时间、等备件时间与实际出入很大，所以选用人工方法对这 182 次故障进行逐个审查分析，得出结果如下（见图 2）：

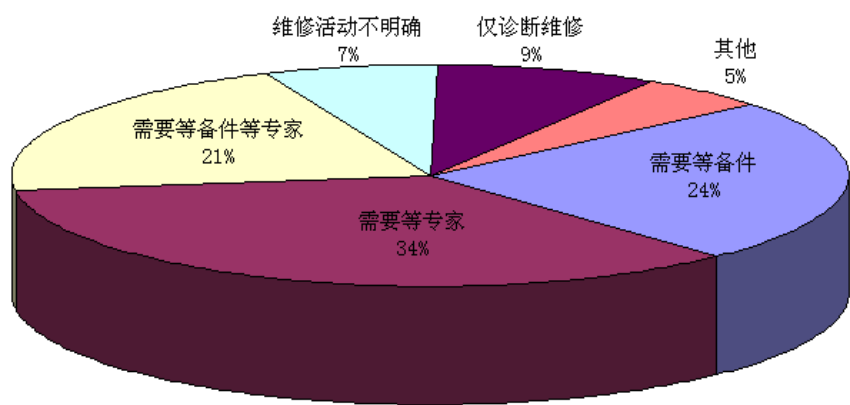


图 2 大型故障维修情况分布

（图 2 数据来源：对故障持续时间大于等于 72 小时小于 15 天的 182 个故障单的内容进行人工审查分析，判断是否等专家或等备件）

182 次故障中共有 44 次故障单有等备件的描述，有 63 次故障有等专家的描述，有 38 次故障有等备件和等专家的描述，有 12 次故障维修活动描述不明确，有 9 次故障属于特殊情况（如断电、光纤被挖断、空调损坏无备件、天线除锈、天线罩渗漏维护或故障单填写错误等），仅有 16 次故障只有诊断维修的描述（包括 3 次更换备件无备件来源描述和 6 次有厂家参与维修但无等专家描述）。总之，在分析时段内的大型故障维修活动中，有至少约 24% 的故障在维修中需要等备件，有至少约 34% 的故障在维修中需要等专家，有约 21% 的故障在维修中需要等专家和等备件，其中有的是专家携备件一起到站，所以在等专家的同时等备件，有的是等专家后又等备件或等备件后又等专家。

由于故障单中对于等专家和等备件的描述不够详细，所以不能统计出全部故障中等专家和等备件的时间在整个故障持续时间中的比例，下面仅以能计算出确切时间的故障为例来进行分析，结果不具普遍性，仅供参考。

在需等备件的 44 例故障中，仅有 6 例故障能准确计算等备件所占的具体时间，如表 3 所示。

故障序号	故障持续总时间（小时）	等备件时间（小时）	等备件时间在整个故障持续时间中的比例
1	259.8	257	98.92%
2	221.5	221	99.77%
3	121.8	34	27.91%
4	79.0	48	60.76%
5	78.8	18	22.84%
6	77.3	70	90.56%
平均	139.7	108.0	66.79%

表 3 大型故障等备件时间比例

在需等专家的 63 例故障中，仅有 3 例故障能准确计算等备件所占的具体时间，如表 4 所示。

故障序号	故障持续总时间（小时）	等专家时间（小时）	等备件时间在整个故障持续时间中的比例
1	128.6	50	38.89%
2	126.8	101	79.64%
3	99.5	44	44.22%
平均	118.3	65.0	54.25%

表 4 大型故障等专家时间比例

在需等专家和等备件的 38 例故障中，仅有 5 例故障能准确计算等备件所占的具体时间，如表 5 所示。

故障序号	故障持续总时间（小时）	等专家时间（小时）	等备件时间（小时）	等专家时间在整个故障持续时间中的比例	等备件时间在整个故障持续时间中的比例
1	241.8	43	150	17.79%	62.05%
2	208.3	97	26	46.56%	12.48%
3	173.6	22	48	12.67%	27.65%
4	128.8	47	75	36.50%	58.25%
5	79.8	8	24	10.02%	30.06%
平均	166.5	43.4	64.6	24.71%	38.10%

表 5 大型故障等专家等备件时间比例

（表 3-5 数据来源：对故障持续时间大于等于 72 小时小于 15 天的 182 个故障单的维修活动进行人工审查分析，挑选出有确切时间记录的故障进行的统计）

3、中小型故障分析

分析时段内，全国雷达共发生故障持续时间大于 24 小时小于 72 小时的故障（以下简称中型故障）411 次，发生故障持续时间小于 24 小时的故障（以下简称小型故障）2767 次。

使用“空运”“邮寄”“寄出”“无此备件”“等待备件”等关键词对维修活动进行检索需要等备件的故障；使用“省级维修人员”“等待省局派人”“厂商”“等待厂家派人”“人员到站”等关键词对维修活动进行检索需要等专家的故障；使用上述条件的综合检索同时需要等专家等备件的故障。经统计，中型故障中有约 32%需要等专家，约 19%需要等备件，约 3%需要等专家等备件；小型故障中有约 6.4%需要等专家，2.5%需要等备件。

综上所述，故障持续时间越长，需要等专家或等备件的故障比例越高（具体如表 6 所示），这说明等备件和等专家一定程度上增加了故障持续时间，尤其是中型和大型故障。

	故障总次数	需等专家的故障次数	需等备件的故障次数	需等专家等备件的故障次数	其他	需等专家的故障比例	需等备件的故障比例	需等专家等备件的故障比例	其他
特大故障	9	2	2	3	2	22.22%	22.22%	33.34%	22.22%
大型故障	182	63	44	38	37	34.62%	24.18%	20.87%	20.33%
中型故障	411	131	79	11	190	31.87%	19.22%	2.68%	46.23%
小型故障	2767	177	69	0	2521	6.40%	2.49%	0.00%	91.11%

表 6 各类故障维修分布情况

（表 6 是上述数据的综合，其中特大故障中如果不考虑 2 例疑似填报错误的故障（故障单附后），等专家比例约为 28.6%，等备件比例约为 28.6%，等专家等备件比例约为 42.8%。）

二、故障次数分析

雷达故障次数和雷达的平均无故障工作时间密切相关（如图 3 所示），所以要想提高雷达的平均无故障工作时间，降低雷达故障次数是一个有效的办法。

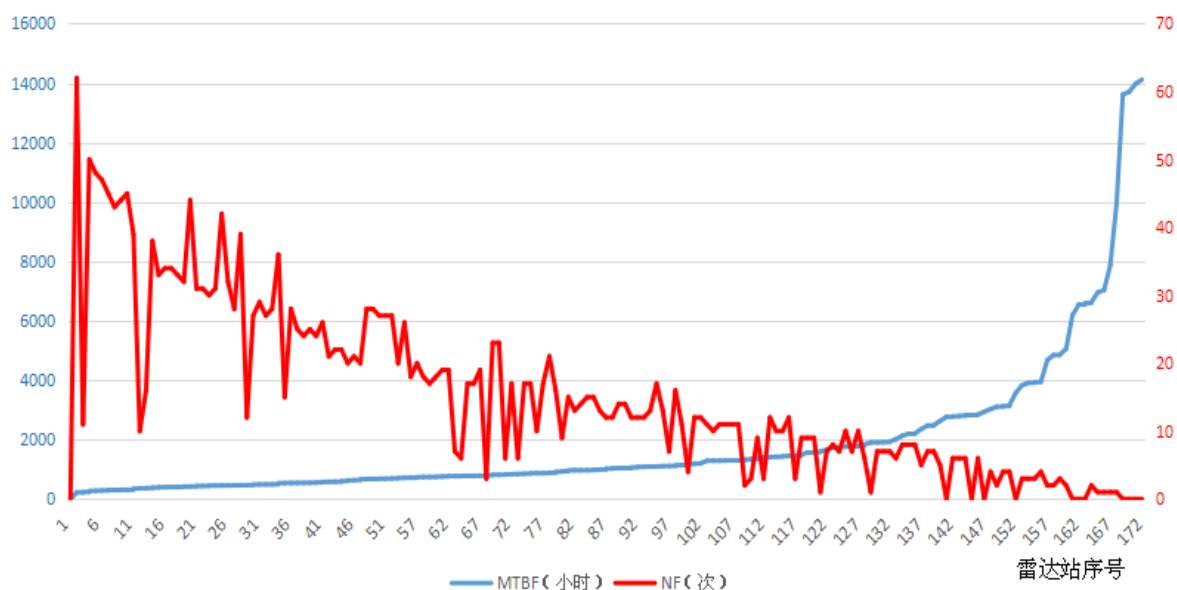


图 3 分析时段内 MTBF 与 NF 相关图

（图 3 数据来源：ASOM 系统 MTBF 和 NF 的按站统计，其中 MTBF 用红色标识，从左到右依次增大，NF 用蓝色标识）

通过对分析时段内雷达故障的分析，发现有 17%的故障可以通过重启雷达、相应软件或设备解决问题，尤其是雷达终端系统故障，重启能解决超过 40%的问题，具体如表 7 所示：

	电源系统	发射系统	附属设备	监控系统	接收系统	伺服系统	天馈线系统	通讯系统	终端系统	信号处理系统	合计
总故障次数	148	857	259	107	208	720	295	400	222	153	3369
重启可修复故障次数	12	92	32	30	18	138	52	65	94	39	572
重启修复故障比例	8.11%	10.74%	12.36%	28.04%	8.65%	19.17%	17.63%	16.25%	42.34%	25.49%	16.98%

表 7 分析时段各分系统故障次数

（表 7 数据来源：使用关键词“重启”检索各分系统维修活动中进行过重启修复的故障次数）

因此，在汛期雷达维护时应注意重启雷达各系统的软件，在非汛期雷达非观测时段相关的计算机和软件也应关闭停止运行，从而有效减少故障次数的发生。

此外在填报故障单时，如果在较短时间内同一故障反复发生，应该只填一个故障单。

三、各级别故障维修情况

从表 8 可看出，雷达台站这个级别承担的故障诊断和维修环节总数约占 78.23%。

从表 9 可看出，在雷达维修活动中，台站级别处理的雷达分系统前五名分别是发射系统、伺服系统、通讯系统、附属设备和终端设备；省级别处理的雷达分系统主要是接收系统、发射系统和天线馈线系统；国家级别处理的雷达分系统主要是发射系统、伺服系统、天线馈线系统和接收系统。

维修环节 维修级别	诊断	维修	等备件	等专家
厂商	98	222	36	35
国家	3	8	2	0
省	40	118	17	8
市	7	45	0	1
台站	1606	1481	132	87

表 8 故障维修单中维修级别与维修环节出现次数关系

（表 8 数据来源：ASOM 导出故障单，统计故障维修级别与维修环节出现次数分布）

雷达分系统 维修级别	电源系统	发射系统	附属设备	监控系统	接收系统	伺服系统	天线馈线系统	通讯系统	信号处理系统	终端系统
厂商	0	81	4	3	30	72	38	3	12	1
国家	0	15		1	22	1	10	1	0	0
省	16	96	5	7	266	25	54	10	9	1
市	3	9	6	0	3	11	6	6	1	1
台站	150	759	248	104	190	629	262	395	136	220

表 9 故障维修单中维修级别与雷达分系统关系

（表 9 数据来源：ASOM 评估结果，继续将故障维修级别与雷达分系统分布进行统计）

四、故障的季节分布情况

图 4 是雷达故障次数和故障持续时间的逐月分布，由图可见，故障次数在汛期增多，但是故障持续时间在汛期减少，汛期过后明显增多。相应的，雷达平均无故障工作时间在汛期阶段明显高于其他时段，如图 5 所示。由此可见，由于各级管理和保障部门的重视，汛期加强管理，使得汛期故障的维修时间明显缩短，此外，汛前巡检工作也有效降低了汛期大型故障的发生率。

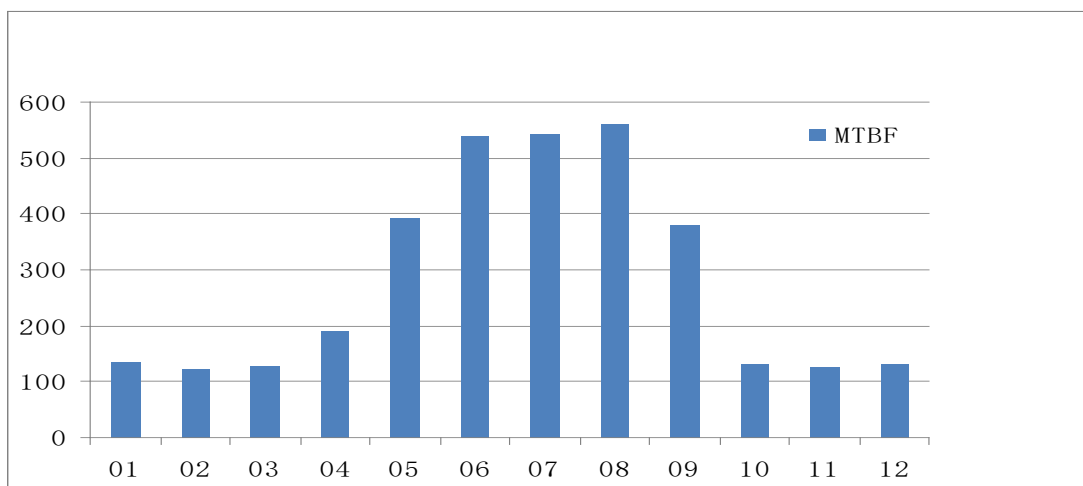


图4 雷达平均无故障工作时间按月份分布

（图4数据来源：ASOM 评估结果——雷达逐月平均无故障工作时间，继续评估近五年月均雷达平均无故障工作时间）

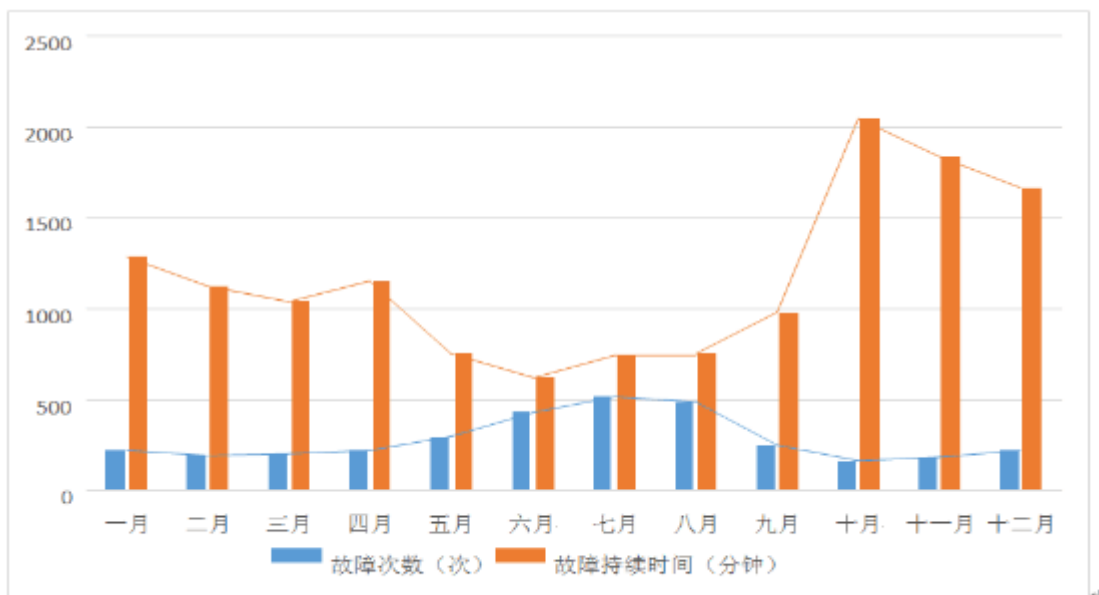


图5 故障次数和故障持续时间的季节分布

（图5数据来源：从故障单的故障开始时间中提取故障开始的月份，然后根据月份统计故障次数和故障持续时间）

五、备件来源对故障持续时间的影响

在 3369 次故障中，填有换件记录的故障共有 247 次，根据来源不同（可分为本站备份、省级备份、国家级备份和厂存/厂借）故障持续时间略有不同，具体如图 6 所示。

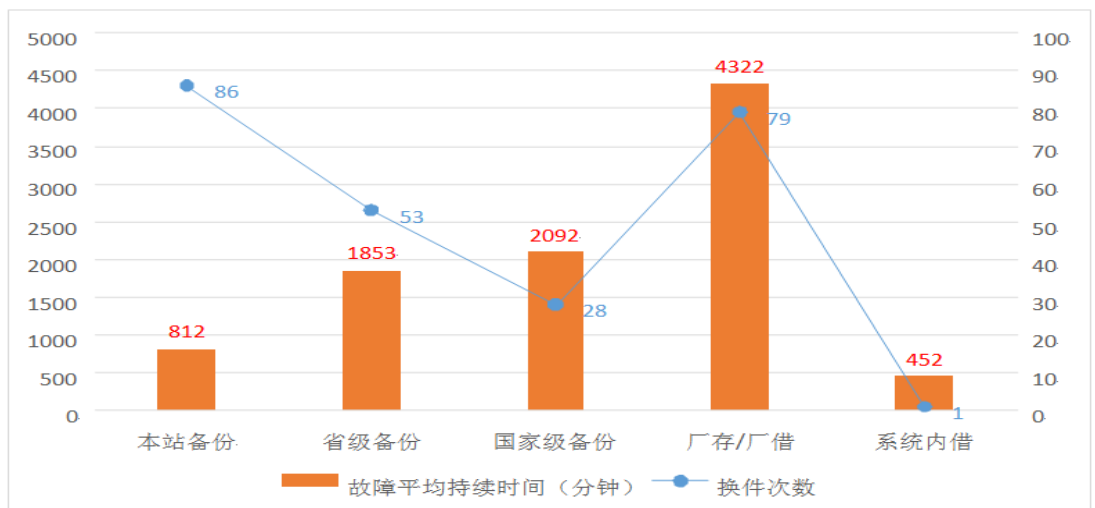


图 6 备件来源及对应故障持续时间分布图

（图 6 数据来源：ASOM 系统中有备件记录的故障单，然后根据换下的备件来源归类统计，有多个换件记录的以最高的备件来源归类，如某次故障中同时更换了本站备份、省级备份和厂存的三个备件，则该次故障换件来源归为厂存）

六、故障单填报中存在的问题

目前故障单填报中存在的问题还很多，比如维修活动描述过于简单或无描述、维修过程描述不连续、维修活动中有换件事实却无换件记录、维修活动长期不更新（如图 7 所示，有约 32.92% 的故障持续时间超过 48 小时的故障单仅有 1 次修活动记录）、故障分系统和故障部件描述不准、故障结束时间填写错误等，致使统计中的源数据（如等备件和等专家的时间）无法获得。

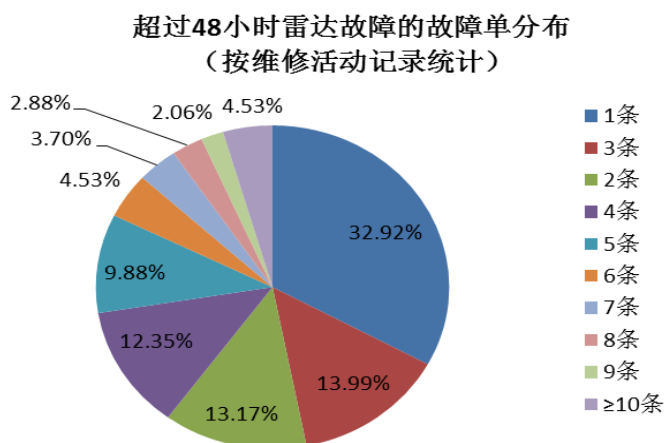


图 7 超过 48 小时雷达故障维修活动次数分布

（图 7 数据来源：ASOM 导出故障单，针对故障持续时间超过 48 小时的故障单，统计其维修活动记录次数出现比例）

七、小结

1. 在中大型故障中，维修依赖厂家的比例高达 53.63%，并且由于等厂家人员的时间一般和中大型故障的维修时间比例相当，因此提高台站和省级保障人员的中大型故障维修水平是降低故障持续时间的有效方法之一。**措施：专向培训、驻厂学习、轮训、区域或省级交流、配备专业检测工具等。**

2. 等备件时间是故障持续时间中很大的一个比例项，因此降低故障持续时间需要进一步增强备件的储备和调拨能力。**措施：雷达三级备件目录定期科学调整，备件存储区域共享，努力实现高效调拨。**

3. 在维修活动记录超过 3 次的雷达故障中，约有 10%的故障存在诊断-维修-再诊断的反复，维修过程中故障定位不准，导致故障持续时间延长。**措施：推广雷达远程故障诊断技术，实现台站级-省级-国家级-厂家级灵活诊断。**

4. 有效的维护和巡检能降低雷达故障率，因此各级雷达管理和保障部门应重视雷达常规维护，尤其是年维护，注重激发保障人员的主观能动性。

5. 统计显示，非汛期雷达故障持续时间明显高于汛期，与全年均值相比，在主汛期，等备件、等专家、维修、诊断这 4 个维修活动环节的平均时间分别缩短约 47.32%、28.26%、23.36%和 9.00%。**措施：加强非汛期雷达运行管理。**

6. 针对故障单填报问题：加强故障填报的管理，在省级增加故障单审核环节；优化故障单设计；制定相应的填报规范，如拷机时间是否纳入故障持续时间、维修过程填写必须连续等；将部分亟需完善的项目考虑纳入雷达基数与错情统计范畴。

附：特大故障中有疑似填报错误的故障单：

1、宁夏固原雷达 2013 年 11 月 09 日故障

故障单					
故障单基本信息					
维修单编号：	WX641311280001			故障状态：	已解决
故障报告人：	李索智	报告时间：	2013-11-28 12:40	最后更新时间	2013-12-09 17:16
地域：	宁夏	站名：	固原新一代天气雷达站	站号：	Z9954
设备类型：	CINRAD/CD雷达	设备型号：	CD	生产厂商：	成都峰江电子系统工程
分系统：	伺服系统	部件名称：	俯仰		
故障原因：	网络连接不正常				
详细描述：	雷达体扫不抬仰角				
停机通知：	TJ641311080001 2013-11-08 09:46 - 2013-11-08 09:47				
故障开始时间：	2013-11-08 09:45	故障结束时间：	2013-12-09 17:20		
备注1：		备注2：			
附件：					
上报单位：	宁夏回族自治区气象局	上报时间：		申请上级维修：	不需要
故障总结：	网络连接不正常				
维修活动					
开始时间	结束时间	工作类型	单位级别	维修人	
1 2013-11-08 09:45	2013-11-08 10:05	维修	台站	李索智	
网络连接不正常，检查网络，更换网线					

（怀疑故障修复日期是 2013-11-09，因 ASOM 系统显示 20131109-20131209 该雷达业务可用性为 90.75%）

2. 新疆克拉玛依 2011 年 03 月 04 日故障

故障单					
故障单基本信息					
维修单编号：	WX651103040001			故障状态：	已解决
故障报告人：	杨琳	报告时间：	2011-03-04 10:18	最后更新时间	2011-04-06 20:56
地域：	新疆	站名：	克拉玛依新一代天气雷达站	站号：	Z9990
设备类型：	CINRAD/CC 雷达	设备型号：	CC	生产厂商：	安徽四创电子股份有限
分系统：	发射系统	部件名称：	回扫电源		
故障原因：	回扫电源故障				
详细描述：	高压无法加载，出现整机故障。				
停机通知：	TJ651103040001 2011-03-04 09:39 - 2011-04-04 10:10				
故障开始时间：	2011-03-04 09:39	故障结束时间：	2011-04-04 10:15		
备注1：		备注2：			
附件：					
上报单位：	新疆维吾尔自治区气象局	上报时间：	2011-03-04 10:18	申请上级维修：	不需要
故障总结：	复位后恢复				
维修活动					
开始时间	结束时间	工作类型	单位级别	维修人	
1 2011-03-04 09:39	2011-03-04 10:03	维修	台站	杨锐	
关闭电源系统后，重新打开各开关，恢复正常。					

（怀疑故障反复发生）