

黄勤,李亚丽,龙亚星,等. 陕西新一代天气雷达与自动站联合估测降水质量评估[J]. 陕西气象,2018(5):39-43.
文章编号:1006-4354(2018)05-0039-05

陕西新一代天气雷达与自动站联合估测降水质量评估

黄 勤¹,李亚丽¹,龙亚星²,乔 青¹

(1. 陕西省气象信息中心,西安 710014;2. 陕西省大气探测技术保障中心,西安 710014)

摘 要:利用 2016 年和 2017 年共 5 次降水过程数据,对天气雷达-自动站联合估测降水和自动站降水、雷达 OHP 产品进行对比分析,并给出联合估测降水拟合的 Z-R 关系。结果表明:自动站 1 h 降水量 ≤ 1 mm 时,联合估测降水的平均相对误差大,但均方根误差在可接受范围内,且联合估测降水量非常接近自动站降水量;自动站 1 h 降水量 >1 mm 时,联合估测降水的效果较好,其中 >20 mm 时联合估测降水的精度最好,平均相对误差低于 8%;自动站 1 h 降水量 >1 mm 时,联合估测降水量优于雷达 OHP(1 h 累积降水量)产品;同一次降水过程,不同时次的 Z-R 关系不同,无明显变化规律。

关键词:联合估测降水;1 h 降水量;雷达 OHP 产品;Z-R 关系

中图分类号:P414.9 **文献标识码:**A

随着气象现代化建设的不断推进,我国建成了较为完善的天气雷达网,以提高对大气中云雨的立体分布变化,降水强度,云层的高度、厚度,不

同大气层中风和其他气象要素的监测能力^[1]。由于降水形式的复杂性,雷达定量估测降水方法仍处在不断研究和试验阶段。国内外先后发展了许

收稿日期:2018-05-07
作者简介:黄勤(1987—),女,汉族,四川眉山人,工程师,硕士,主要从事气象信息技术保障。

在我国,农业是国民经济的基础,农民群众是受众的一大群体,智慧气象建设决不能偏离这个方向,不仅如此,还要在原来的基础上进一步夯实工作。中国气象局发布了《2017 年智慧农业气象数据建设方案》,在方案中明确了气象部门今后一个阶段的任务,气象部门将推进以格点数据支撑为主的全国数据“一张网”建设,将建立农业气象业务产品制作平台和中国兴农网、智慧农业气象手机 APP 等发布终端的数据产品交换途径,建立农田小气候和作物实景观测等农业观测资料的传输、存储和应用系统,持续推进智慧农业气象数据建设。可以看到,在智慧气象农业气象数据建设方面,确实存在着大量的工作要做,只有扎实做好前一项工作,才能在此基础上稳步推进其他工作。

Earth to Smart Earth[J] Chinese Science Bulletin, 2014,59(8):722 - 733.

[2] 周勇,胡爱军,杨诗芳,等. 智慧气象的内涵与特征研究[J]. 中国信息化,2016(3):83-88.

[3] 张格苗,庄白羽. 郑国强强调围绕发展智慧气象 加快推进气象信息化[N/OL]. (2016-08-25)[2018-06-16]. <http://www.cma.gov.cn/>.

[4] 冉钧恺,李贵卿,王美智,等. 智慧气象+智慧健康+智慧养老”的协同创新发展[J]. 劳动保障世界, 2016(36):19-20.

[5] 于新文. 智慧气象:全面推进气象现代化的新境界[N]. 中国气象报,2015-10-26(3).

[6] 沈文海. 始终保持最佳状态——对“智慧气象”的再思考[J]. 中国信息化,2016(9):78-82.

[7] 段敏. 智慧气象惠万家[N]. 西藏日报(汉),2017-07-17(7).

[8] 陈振林. 以“智慧气象”精准应对城市气象灾害风险[N]. 联合时报,2017-05-12(3).

参考文献:

[1] LI D R, YAO Y, SHAO Z F, et al. From digital

多方法校准雷达估测降水,王红艳等^[2]联合雨量计资料采用两步校准法改善雷达估测降水,李建通等^[3-4]利用时间权重平均法和分布校准法改善雷达估测降水的初值场,勾亚彬等^[5]将云团分组拟合 $Z-R$ 关系,评估雷达定量估测降水效果。李成伟等^[6]对 CB 雷达 OHP 产品与自动站降水进行了对比分析。本文利用陕西省新一代天气雷达与国家地面气象观测站(简称“自动站”)1 h 降水量拟合 $Z-R$ 关系,开展了天气雷达 1 h 降水量定量估算,进行了雷达估测降水量和自动站观测降水量、雷达 OHP 产品对比,并对联合估测降水量进行质量评估。

1 资料来源

选取陕西省 2016 年 7 月 13—14 日和 18—19 日 2 次降水过程,2017 年 5 月 2—3 日、6 月 3—5 日和 8 月 28—29 日 3 次降水过程,共计 89 个时次、8 759 对数据进行雷达估测降水量和自动站降水量对比评估分析。选取延安和宝鸡两部天气雷达 2016 年 7 月 13、18 日的 31 个降水时次、972 对数据进行联合估测降水量与雷达 OHP 产品对比评估分析。

2 联合估测降水方法

天气雷达与自动站联合估测降水量是指将自动站 1 h 降水量作为真值,并将其与天气雷达反射率因子进行 $Z-R$ 关系拟合,估算天气雷达测得的降水量。 $Z-R$ 关系的常用表达式 $Z = AR^B$ 两边取对数,如下

$$10\log Z = 10\log A + B \times 10\log R \quad (1)$$

其中: Z 为雷达反射率因子,单位为 mm^6/m^3 ; R 为降水强度,单位为 mm/h 。具体流程如下:第 1 步,对雷达资料与自动站降水量资料进行质量控制^[7];第 2 步,根据不同仰角将 1 h 内 10 个雷达基数据生成 10 个反射率因子复合平面,并形成 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 格点场;第 3 步,取自动站上方 9 个雷达格点的反射率因子平均值,形成天气雷达-自动站数据对;第 4 步,根据公式(1),用未知的 A 、 B 累积以上 10 个反射率因子估测雷达 1 h 降水量,并假设该降水量等于自动站 1 h 降水量,将多个降水站点通过非线性拟合得出 $Z-R$ 关系中的 A 、 B 值;第 5 步,利用 A 、 B 值估测天气雷达 1 h 降水量。

3 联合估测降水与自动站降水对比

3.1 数据预处理

对比前,剔除因雷达波束遮挡导致的自动站有降水而雷达无降水的数据对,人工对数据进行分析时发现,以上情况主要集中出现在秦巴山区的汉中、安康和商洛地区;同时剔除因雷达有弱回波反演形成降水,但自动站无降水的数据对。经过以上数据预处理后,剩余 3 677 对数据,以自动站 1 h 降水量为基准将数据对划分为五个等级: $[0,1]\text{ mm}$ (1 504 对)、 $(1,5]\text{ mm}$ (1 893 对)、 $(5,10]\text{ mm}$ (137 对)、 $(10,20]\text{ mm}$ (17 对)、 $(20,50)\text{ mm}$ (6 对)。

3.2 对比评估

整体上,联合估测降水量与自动站 1 h 降水量的相关系数为 0.82,均方根误差为 1.16 mm,平均相对误差为 84.53%。不同降水等级联合估测降水量与自动站降水量的均方根误差、平均相对误差如表 1 所示。

表 1 不同降水等级联合估测降水量与自动站降水量误差分析

降水量/mm	均方根误差/mm	平均相对误差/%
$[0,1]$	0.75	136.23
$(1,5]$	1.24	47.70
$(5,10]$	2.49	36.69
$(10,20]$	2.56	18.63
$(20,50)$	2.29	7.95

自动站 1 h 降水量在 $[0,1]\text{ mm}$ 范围时(图 1),与联合估测降水量形成的数据对的均方根误差为 0.75 mm,平均相对误差达到 136.23%。由于该范围降水量很小,降水量绝对误差很小,但相对误差很大,如:自动站降水量为 0.1 mm,雷达估测降水量为 0.3 mm,这时相对误差为 200%,

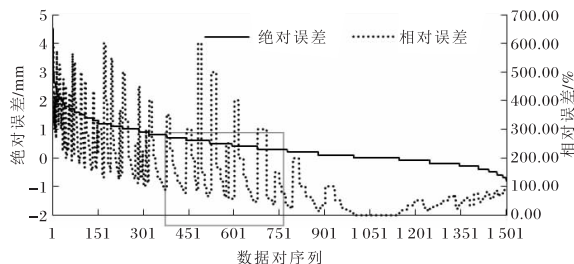


图 1 自动站 1 h 降水量在 $[0,1]\text{ mm}$ 时的绝对误差和相对误差

如图 1 中虚线方框中所示,自动站和联合估测降水量绝对误差不大,但相对误差很大。

自动站 1 h 降水量在 (1,5] mm 范围时(图

2),与联合估测降水量形成的数据对的均方根误差为 1.24 mm,平均相对误差为 47.7%,联合估测降水量整体接近自动站降水量。

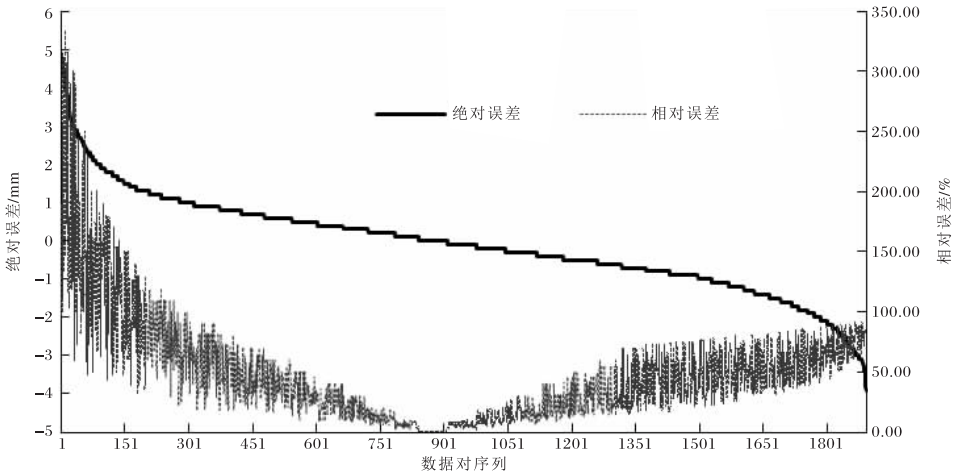


图 2 自动站 1 h 降水量在 (1,5] mm 时的绝对误差和相对误差

自动站 1 h 降水量在 (5,10] mm 范围时(图 3),与联合估测降水量形成的数据对的均方根误差为 2.5 mm,平均相对误差为 36.69%,相对误差均小于 100%,减少了与自动站降水量的差距。

自动站 1 h 降水量在 (20,50) mm 范围时(图 5),与联合估测降水量形成的数据对的均方根误差为 2.29 mm,平均相对误差为 7.95%,联合估测降水的精度接近自动站降水。

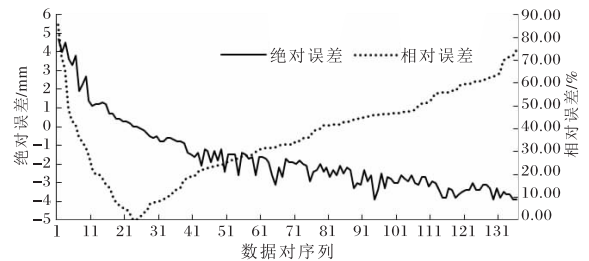


图 3 自动站 1 h 降水量在 (5,10] mm 时的绝对误差和相对误差

自动站 1 h 降水量在 (10,20] mm 范围时(图 4),与联合估测降水量形成的数据对的均方根误差为 2.56 mm,平均相对误差为 18.63%,联合估测降水的精度大幅度提高。

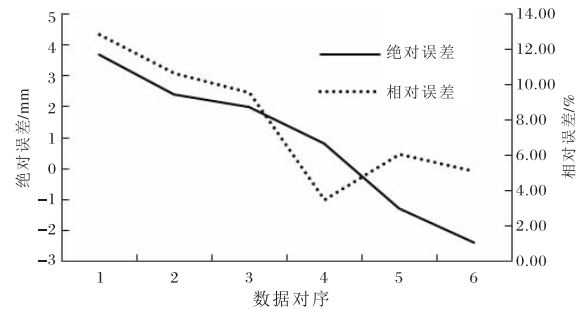


图 5 自动站 1 h 降水量在 (20,50) mm 时的绝对误差和相对误差

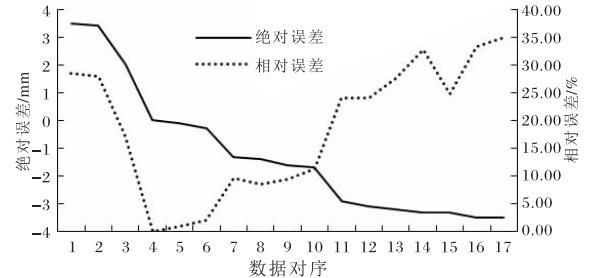


图 4 自动站 1 h 降水量在 (10,20] mm 时的绝对误差和相对误差

综上可以看出,利用自动站 1 h 降水量和天气雷达反射率因子实时拟合 Z-R 关系,估算天气雷达测得的降水量,总体上能够得到比较准确的 1 h 降水量估计。自动站 1 h 降水量 > 1 mm 时,雷达估测降水效果较好,其中 (20,50) mm 的降水估测精度最好,平均相对误差为 7.95%。

3.3 Z-R 关系拟合分析

Z-R 关系估计误差是雷达定量估测降水量的一个重要误差源。Z-R 关系随地理位置、季节及降水类型不同而变化,即使在同一次降水过程中,其 A、B 值也是变化的^[1]。这主要与雨滴的谱

型变化有关, Z 值的大小与滴谱有关,而 R 不仅与滴谱有关还与雨滴下落末速度有关,所以相同降水强度 R 可能对应不同的 Z 值,也对应不同的 A 、 B 值。表 2 中是 2016 年 7 月 18 日和 2017 年 8 月 29

日两次降水过程拟合出的 A 、 B 值。从表 2 可见,两次降水过程中,任意一对 A 、 B 值都不同,同一次降水过程的 A 、 B 值也不同,且无明显变化规律,与常用的经验值 $A=300$ 、 $B=1.4$ 相差较大。

表 2 Z - R 关系中 A 、 B 参数拟合值

时间	A 值	B 值	时间	A 值	B 值
2016-07-18T04	34.20	2.38	2017-08-29T01	34.14	2.74
2016-07-18T05	22.0	3.24	2017-08-29T03	48.13	3.02
2016-07-18T06	11.17	3.27	2017-08-29T04	147.73	1.60
2016-07-18T07	114.0	1.75	2017-08-29T05	82.15	2.10
2016-07-18T08	2.89	4.36	2017-08-29T06	93.99	2.0
2016-07-18T09	184.60	1.10	2017-08-29T07	35.66	3.22
2016-7-18T10	62.79	1.63	2017-08-29T08	55.12	2.66
2016-07-18T11	151.13	1.25	2017-08-29T09	97.85	2.23
2016-07-18T12	104.17	1.35	2017-08-29T10	45.72	3.0
2016-07-18T13	156.47	1.23	2017-08-29T12	15.64	4.54
2016-07-18T14	70.96	1.77	2017-08-29T13	7.86	6.77
2016-07-18T15	37.26	2.08	2017-08-29T14	14.04	3.06
2016-07-18T16	21.36	2.20	2017-08-29T15	39.08	1.78
2016-07-18T17	9.80	2.58	2017-08-29T16	20.28	2.73
2016-07-18T18	14.83	2.05	2017-08-29T17	17.10	2.73
2016-07-18T19	14.57	2.20	2017-08-29T18	17.64	2.44
			2017-08-29T19	46.66	2.25
			2017-08-29T21	38.52	2.20
			2017-08-29T22	34.39	2.29
			2017-08-29T23	70.97	1.60

4 单站对比

选取以上 5 次降水过程中清涧站(53757)的 46 个时次进行分析,自动站降水量和联合估测降水量的相关系数为 0.96,均方根误差为1.37 mm。自动站降水量和雷达估测降水量曲线图如图 6 所示,两者变化趋势一致。绝对误差和相对误差的曲线图如图 7 所示,自动站 1 h 降水量 >1.5 mm 时,与联合估测降水量的偏差较大,但相对误差很小,联合估测降水效果较好;自动站降水量为 0.1 mm 时,相对误差达到最大,但从图 6 可看出,此时联合估测的降水量也非常接近自动站降水量,且误差很小。

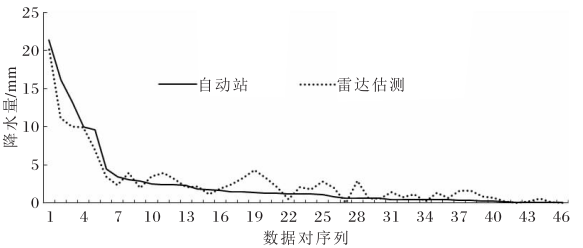


图 6 榆林清涧自动站 1 h 降水量和雷达估测降水量对比

5 联合估测降水与雷达 OHP 产品对比评估

选取延安和宝鸡两部天气雷达 31 个时次、共计 972 对数据进行分析。将数据对分为 $[0,1]$ mm、 $(1,5]$ mm、 $(5,10]$ mm、 $(10,40)$ mm 4 个等

级,具体对比结果如表 3 所示。自动站 1 h 降水量在 $[0,1]$ mm 时,雷达 OHP 产品优于联合估测降水;自动站 1 h 降水量在 $(1,5]$ mm 时,联合估测降水的平均相对误差相比雷达 OHP 产品减少近 3%,联合估测降水优于雷达 OHP 产品;自动站 1 h 降水量在 $(5,10]$ mm 时,联合估测降水的平均相对

误差相比雷达 OHP 产品减少近 30%,联合估测降水优于雷达 OHP 产品;自动站 1 h 降水量在 $(10,40)$ mm 时,联合估测降水的平均相对误差相比雷达 OHP 产品减少 26%,联合估测降水优于雷达 OHP 产品近 26%。总体来说,自动站 1 h 降水量在 >1 mm 时,联合估测降水优于雷达 OHP 产品。

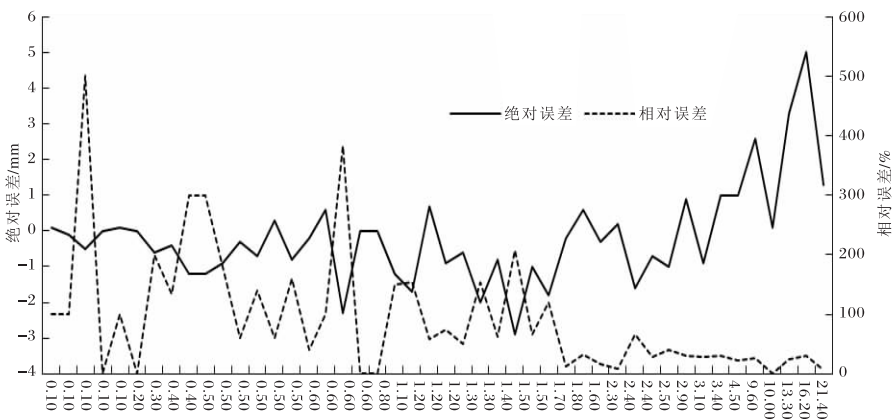


图 7 榆林清润 46 个时次自动站 1 h 降水量与雷达估测降水量的绝对误差和相对误差

表 3 联合估测降水与雷达 OHP 产品对比

降水量 /mm	产品	相对误差/%		平均相对 误差/%
		延安	宝鸡	
[0,1]	联合估测	237.99	220.69	229.34
	OHP	204.60	132.82	168.71
(1,5]	联合估测	85.93	75.52	80.73
	OHP	77.51	89.43	83.47
(5,10]	联合估测	42.94	45.44	44.19
	OHP	68.54	78.51	73.52
(10,40)	联合估测	40.07	41.00	40.53
	OHP	59.41	73.24	66.32

6 结论

(1)自动站 1 h 降水量在 1 mm 以下时,与雷达估测降水相对误差虽大,但均方根误差在可接受范围内,且雷达估测的降水量非常接近自动站降水量,且绝对误差很小。

(2)自动站 1 h 降水量在 1 mm 以上时,雷达估测的降水效果较好,其中对 $(20,50)$ mm 范围降水估测精度最好,平均相对误差低于 8%。

(3)同一次降水过程,不同时次 Z-R 降水估计关系式差异很大,无明显变化规律。

(4)自动站 1 h 降水量在 1 mm 以上时,联合估测降水量优于雷达 OHP 产品。

参考文献:

[1] 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学[M]. 2 版. 北京:气象出版社,2000:171-177.

[2] 王红艳,王改利,刘黎平,等. 利用雷达资料对自动雨量计实时质量控制的方法研究[J]. 大气科学, 2015,39(1):59-66.

[3] 李建通,郭林,杨洪平. 雷达-雨量计联合估测降水初值场形成方法探讨[J]. 大气科学,2005,29(6): 1010-1020.

[4] 李建通,高守亭,郭林,等. 基于分布校准的区域降水量估测方法的研究[J]. 大气科学,2009,33(3): 501-512.

[5] 勾亚彬,刘黎平,王丹,等. 基于云团的分组 Z-R 关系拟合方案效果评估与误差分析[J]. 暴雨灾害, 2015 ,34(1):1-8.

[6] 李成伟,张世昌,刘名,等. CB 雷达 OHP 产品与雨量计雨量对比分析[J]. 陕西气象,2015(4):39-41.

[7] 黄勤,龙亚星,任芳. 陕西新一代天气雷达数据质量控制[J]. 陕西气象,2016(1):43-47.