

衰减订正技术本地化对比试验研究

王楠, 乔剑

(陕西省气象台, 西安 710014)

摘要: 应用陕西 CINRAD-CB 雷达资料对衰减订正迭代法及逐库法进行对比试验, 发现衰减订正技术能弥补远距离回波衰减问题; 迭代法计算结果最终趋于逐库法且耗费机时较多, 因此逐库衰减订正技术更适合业务运行。逐库法由于逐库的累积计算, 距离雷达较远的回波往往会订正过度, 可以应用一定的不稳定判据来解决; 强回波较弱回波衰减显著, 订正效果也随着距离增加而减小, 因此该方法适用于陕西省非强对流天气雷达回波衰减订正。

关键词: CINRAD-CB 雷达; 回波衰减订正迭代法; 回波衰减订正逐库法

中图分类号: TN959.4

文献标识码: A

雷达探测的回波强度不仅与被探测目标的情况有关, 还与雷达和目标物之间的大气状况有关。雷达与目标物之间的云和降水粒子对雷达波的吸收和散射, 造成了雷达探测的回波衰减。特别是当用波长较短 (如 3 cm、5 cm) 的天气雷达探测强降水时, 衰减可能导致雷达回波数据失去意义, 必须进行合理的订正才能提供业务使用。^[1] 陕西省新一代天气雷达布网全部为 CINRAD-CB 雷达, 即波长为 5 cm 的多普勒天气雷达。在之前的预报工作中, 也曾有过由于雷达回波受衰减影响, 对预报员造成误导, 还影响到定量估测降水业务的开展。针对回波衰减订正技术本地化进行初步探索, 通过对现有的多项衰减订正技术实验研究, 找到适合 CB 雷达和陕西省天气特征的、适合业务运行的方法, 为今后定量估测降水业务的深入开展做好准备工作。

1 衰减订正算法简介

雷达回波衰减订正, 就是由雷达回波强度的测量值 Z_m 估算实际值 Z_r , 即

$$Z_m(R) = Z_r(R) \tau(R) \quad (1)$$

$\tau(R)$ 是雷达与距离 R 雨区之间的双程透过率, 可以由衰减系数 k 计算得到。

根据衰减系数 k 与雷达反射率因子 Z_r 之间

的经验关系, 上式可表示为

$$Z_m(R) = Z_r(R) \exp(-2 \int_0^R a Z_r^b(R) dR). \quad (2)$$

为了得到较理想的衰减订正结果, 科学家们根据迭代理论及衰减原理发展出迭代算法及逐库订正法^[2]。

1.1 迭代算法

衰减订正的迭代算法是以 $Z_r(R)$ 的第 k 阶迭代订正结果 $^k Z_r(R)$ 取代 (2) 式右边的 $Z_r(R)$, 经计算得到高一阶的订正结果, 即:

$$^{k+1} Z_r(R) = Z_m(R) \exp(2 \int_0^R a^k Z_r^b(R) dR), \quad (3)$$

其中零阶迭代值 $^0 Z_r(R) = Z_m(R)$ 。可见, 每迭代一次, 径向上所有库中的值均被更新一次, 获得更大的值。

1.2 逐库订正法

逐库订正法是沿径向依次外推对各库进行衰减订正, 在完成对第 i 个库的衰减订正后, 由前 i 个库的订正结果计算 τ_i , 再进而进行第 $i+1$ 个库的衰减订正, 即:

$$Z_r(i) = [Z_m(i) / \tau_{i-1}] \exp\{a [Z_m(i) / \tau_{i-1}]^b \Delta R\}. \quad (4)$$

2 CB 雷达衰减订正算法对比试验

应用陕西 CINRAD-CB 雷达资料 (距离库为

500 m)，用迭代算法及逐库订正法分别进行试验。

2.1 $Z_m(R)$ 均匀分布衰减试验

设定 $Z_m(R)$ (反射率因子测量值) 为均匀分布，分别为 30 dBz、40 dBz，分别进行衰减订正，结果如图 1。从图 1 可以看到，当 $Z_m(R) = 30$ dBz 时，两种衰减订正的效果较一致，且订正值随距离变化的趋势比较稳定；当 $Z_m(R) = 40$ dBz 时，不同衰减订正方法效果差异比较明显。与逐库法相比，迭代法随着迭代次数逐渐增加，最终总是

趋向于逐库衰减订正结果。因此，只要处理好衰减订正过度问题，逐库衰减订正更适合业务运行。

图 1 还反映出，不论哪种方法都存在一个问题，即当计算达到某种程度时衰减订正值都会出现激增，即订正过度（如图 1b 中的曲线拐点）。这是衰减订正不稳定特性引起的，将在 4.1 中详细讨论。图 1a 中没有出现拐点，因为 $Z_m(R)$ 较小，对衰减的影响较小，所以无论是逐库法还是 10 次迭代的衰减订正结果都在合理范围内。

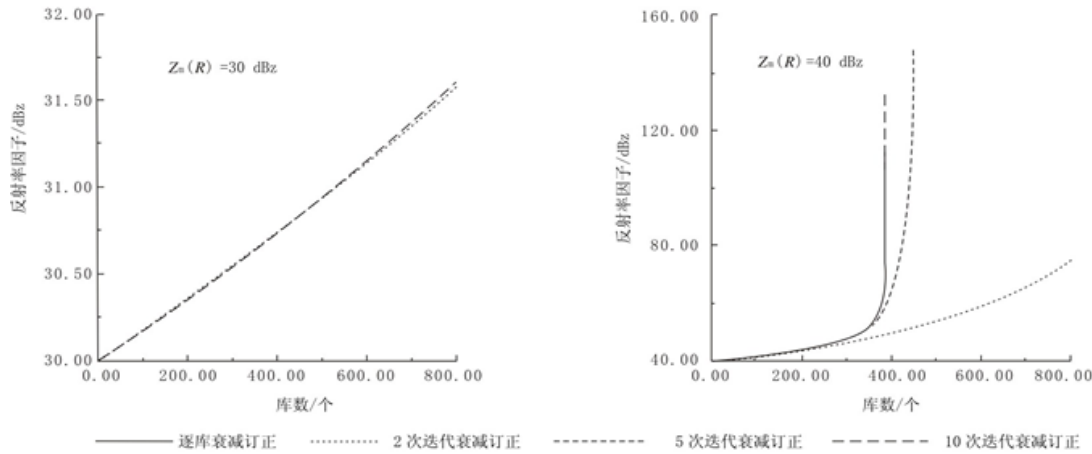


图 1 $Z_m(R)$ 为均匀分布时的衰减订正试验

2.2 真实回波衰减订正试验

选取 2006 年 6 月 2 日 02：56（北京时，下同）西安雷达 0.5°仰角、245°方位角的径向资料进行衰减订正试验（图 2）。图 2 显示，衰减订正后

距离雷达较远的反射率因子有所增大，说明衰减订正有一定效果。两种订正方法相比，迭代次数越多结果越接近逐库衰减订正。而迭代次数过多会延长计算时间，因此逐库法更适合业务运行。

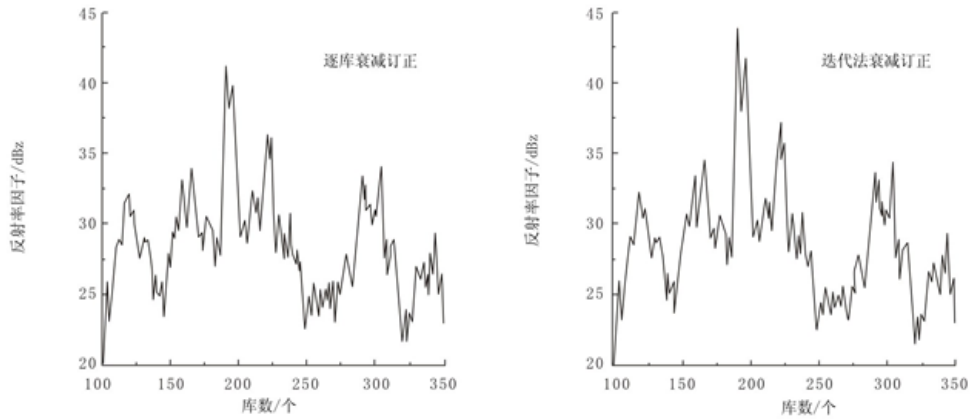


图 2 沿 245°方位角的径向做衰减订正试验

3 衰减订正不稳定及可订正厚度

试验中发现,对于逐库衰减订正技术而言,回波距离雷达远近以及回波强弱的不同,均会引起衰减订正效果的差异:一是由于逐库的累积计算,距离雷达较远的回波往往会订正过度;二是强回波相对于弱回波衰减显著,订正效果也随着距离增加而减小。

3.1 非曲直衰减订正不稳定

距离雷达较远处出现的衰减订正过度,就是衰减订正不稳定问题。其本质是由于(4)式中伴随 R 增大, $\tau(R)$ 和 Z_m 都趋向于0,故在解 Z_r 时趋向于不稳定,也就是衰减订正问题中固有的

“不稳定”特征。在 $k=aZ_r^b$ 关系中, a 、 b 越大, $\tau(R)$ 和 Z_m 趋于0的速度就越快。

对于逐库衰减订正法,(4)式可以看作类似方程: $x=\varphi(x)=x_0\exp(\epsilon x^b)$ 。由于式中 x_0 、 b 、 ϵ 都大于0,是 x 的非减函数。对于解的稳定性而言, $\varphi'(x)$ 越小越稳定。存在 $x_{\min}$ 使 $\varphi'(x_{\min})$ 最小,由 $\varphi''(x_{\min})=0$ 计算得到 $x_{\min}=[(1-b)/(\epsilon b)]^{1/b}$ 。当 $x>x_{\min}$ 时,解的稳定性很快降低;当 $x<x_{\min}$ 时,达到最小。因此 $Z>x_{\min}$ 时,可以怀疑衰减订正计算的稳定性。

图3为2009年8月18日16:00榆林雷达0.5°仰角反射率因子,可以看出如果没有稳定性

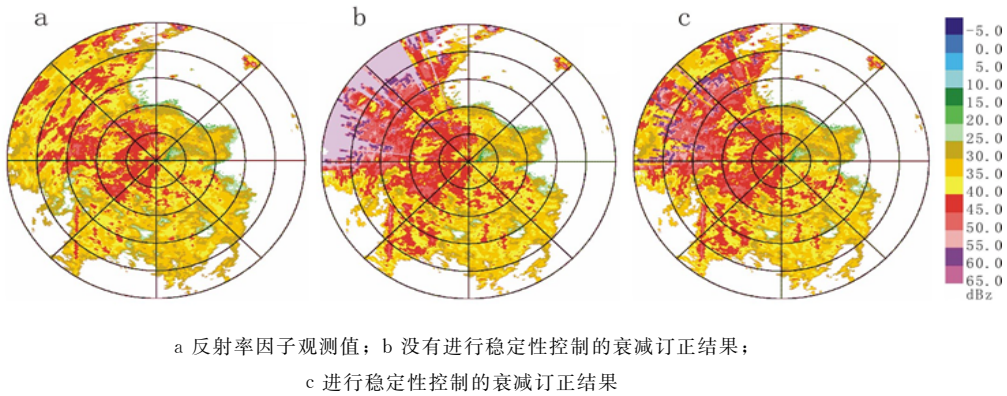


图3 2009-08-18T16 榆林雷达 0.5°仰角反射率因子(距离圈距40 km)

判据,距离约120 km处回波衰减订正将不可信。

3.2 可订正厚度

假设雷达反射率因子真实值为一常数 ξ ,反射率因子观测值以 $e^{-2Ra\xi^b}$ 随距离增加而减小,即: $Z_r=\xi$, $Z_m=\xi e^{-2Ra\xi^b}$ 。分别令 $Z_r=3\ 162.277\ \text{mm}^6\cdot\text{m}^{-3}$ (35 dBz)、 $10^4\ \text{mm}^6\cdot\text{m}^{-3}$ (40 dBz)、 $31\ 622.77\ \text{mm}^6\cdot\text{m}^{-3}$ (45 dBz)、 $10^5\ \text{mm}^6\cdot\text{m}^{-3}$ (50 dBz)、 $316\ 227.7\ \text{mm}^6\cdot\text{m}^{-3}$ (55 dBz),应用逐库衰减法对 Z_m 进行衰减订正,得到结果如图5。由于 ξ 越大, Z_m 衰减越快,在图4中可以明显看到,400 km范围内, $Z_r\leq 45\ \text{dBz}$ 时,衰减订正效果较明显;当 $Z_r=50\ \text{dBz}$ 时,衰减订正的有效距离只有100 km;当 $Z_r=55\ \text{dBz}$ 时,衰减订正的有效距离只有30 km左右。因此可以根据订正前后的误差小于某一值来确定“可订正厚度”。例如:当误差范围规定为10%时, $Z_r=35\ \text{dBz}$ 和 $Z_r=40\ \text{dBz}$

的可订正厚度在400 km左右,而 $Z_r=45\ \text{dBz}$ 的可订正厚度在250 km左右。

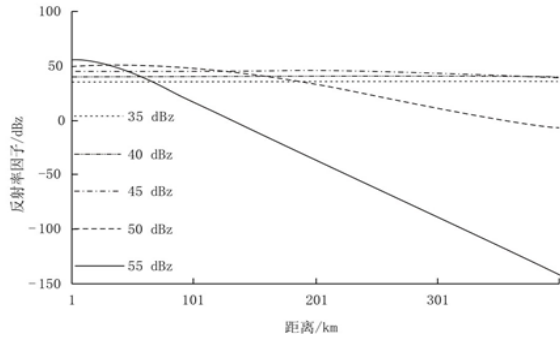


图4 不同反射率因子真值衰减订正结果对比

结合陕西省的实际情况,当出现大范围过程性降水时,反射率因子观测值一般 $<40\ \text{dBz}$,而CB雷达的观测半径为200 km,因此完全可以通

宝鸡市旱地土壤蓄水量盈亏值时空变化规律

王春娟¹, 李建军², 韩正芳², 齐军歧²

(1. 凤翔县气象局, 陕西凤翔 721400; 2. 宝鸡市气象局, 陕西宝鸡 721006)

摘 要: 利用 1986—2008 年宝鸡市 11 个气象站农田土壤水分资料, 统计分析宝鸡市旱地土壤蓄水量盈亏值的时空变化规律。结果表明: 除渭河流域土壤蓄水量略有盈余外, 其它地区不同程度处于亏缺状态, 亏缺最大值出现在千阳崔家头—陇县八渡一带。平均土壤含水率从 7 月中旬至次年 3 月介于凋萎湿度与田间持水量范围内, 4—7 月初土壤蓄水量亏缺, 亏缺最大值出现在 6 月上旬, 最小值在 7 月上旬。土壤蓄水量盈亏值存在明显的垂直变化。

关键词: 土壤湿度; 质量含水率; 土壤蓄水量

中图分类号: P152.71

文献标识码: B

农田土壤水分的盈亏状况对作物生长发育有重要的影响, 客观准确地评价一个区域的农田土壤水分的盈亏状况十分重要。以往研究, 较多采用气候学计算方法^[1]或气象资料与田间实测资料相结合建立统计模式的方法^[2]来评价区域农田土壤水分的旱涝或盈亏状况。土壤水分盈亏值指标是从作物对土壤水分领域的有效性出发, 应用土壤水分常数与作物生长发育所利用水分的上下限

的关系建立起来的, 与气象资料中的降水、作物耗水量具有可比性。此指标丰富了农业气象土壤情报的内容与方法, 对进一步指导农业生产以及为有关部门提供客观可靠的依据具有实际意义。

1 资料和方法

1.1 资料

选取 1986—2008 年宝鸡市 11 个气象站土壤质量含水率资料, 各站的凋萎湿度、田间持水量、

收稿日期: 2010-06-28

作者简介: 王春娟 (1964—), 女, 陕西宝鸡人, 高级工程师, 主要从事农业气象工作。

过逐库衰减订正技术对反射率因子进行有效订正; 当有短时暴雨、冰雹等强对流天气发生时, 反射率因子观测最大值常常 >50 dBz^[3], 此时只有 100 km 内的回波可以得到有效订正, 较远距离处的回波订正效果会比较差。

4 小结

4.1 应用迭代法不管迭代次数多少, 最终结果都收敛于逐库算法的结果。逐库衰减订正相对于迭代法更适合业务运行。

4.2 由于衰减订正不稳定特性的存在, 使得距离雷达较远处的回波订正过度, 这一问题可以应用已经订正过的反射率因子值做为不稳定判据来解决。

4.3 由于存在可订正厚度问题, >50 dBz 的回波

只能在距离雷达较近处进行有效的衰减订正。陕西强降水过程常出现 <40 dBz 的大面积回波, 因此该方法适合在陕西运行, 但不适用于强对流天气。

4.4 经衰减订正后, 雷达回波 (尤其是远距离回波) 明显增强, 回波更加均匀, 与实况更接近。

参考文献:

- [1] 张培昌, 杜秉玉, 戴铁丕. 雷达气象学 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 37-40.
- [2] 张培昌, 王振会. 天气雷达回波衰减订正算法的研究 (I): 理论分析 [J]. 高原气象, 2001, 20 (1): 1-5.
- [3] 王旭仙, 武麦凤, 谢在发, 等. 一次冰雹过程的卫星云图和雷达回波特征分析. 陕西气象, 2010(2): 18-21.