

东北大范围区域风流场外推的实例研究

寇伟^[1], 崔建生^[1]

[1] 黑龙江林业设计研究院, 哈尔滨, 中国, 150006

摘要:

本文利用法国美迪 WT 软件检验了东北大范围区域内测风塔外推计算的效果。并且随着距离的远近不同, 本文计算了其外推计算误差的变化。本文的目的是确认美迪 WT 软件技术在大范围区域内风流外推技术的可靠性。目前, 中国开发的众多项目中, 存在测风塔数量不多, 需要开发的区域范围却很大的问题。因此通过一个塔进行风流外推, 其代表性如何, 其误差如何, 都将关系到未来项目开发的质量。本研究结果将对在东北大范围区域内进行的风电项目开发具有重要的指导意义。

关键字: 风速, 湍流, 美迪 WT

1. 引言

目前, 中国开发的众多项目中, 存在测风塔数量不多, 需要开发的区域范围却很大的问题。因此通过一个塔进行风流外推, 其代表性如何, 其误差如何, 都将关系到未来项目开发的质量。本项目采用法国美迪 WT 软件, 该软件是基于计算流体力学技术, 通过对整个空间的 NS 方程求解, 得到风流场的相关信息, 进行风流外推及计算。

该研究项目位于东北林甸地区。此地区共有 6 个测风塔。从北向南依次命名为 1 号至 6 号 (字母表示为 LD1, LD2.....LD6), 两塔最远距离为 49.61 公里 (1 号塔与 6 号塔之间), 两塔最近距离为 7.87 公里 (5 号塔与 6 号塔之间)。此区域地势北高南低, 1 号塔所在海拔位置为 170 米, 6 号塔所在海拔位置为 150 米, 可以认为该地区较为平坦, 但该区域的东部为逐渐升高的地势。

2. 研究内容与结果

2.1 WT 软件计算参数设置

本研究采用的地形数据来源于 SRTM 数据库, 分辨率为 90 米。粗糙度根据现场实际考察图片设定为 0.06。由于区域地表属性单一, 所以在该研究项目中计算区域的粗糙度均采用 0.06。计算中心点由 WT 软件^[1] 根据计算范围以及测风塔相对位置自行指定, 计算半径为 55383 米, 如图 1 所示。计算半径之所以如此大, 不仅是考虑到了测风塔之间的距离跨度较大, 同时也是由于在测风塔区域的东部区域, 地势逐渐升高, 为将其地形影响纳入其中, 需要选择较大的计算半径。

作者简介: 寇伟, 男, 1982 年生, 风资源工程师, 86333481@163.com;
崔建生, 男, 1965 年生, 注册电气师、总工程师。

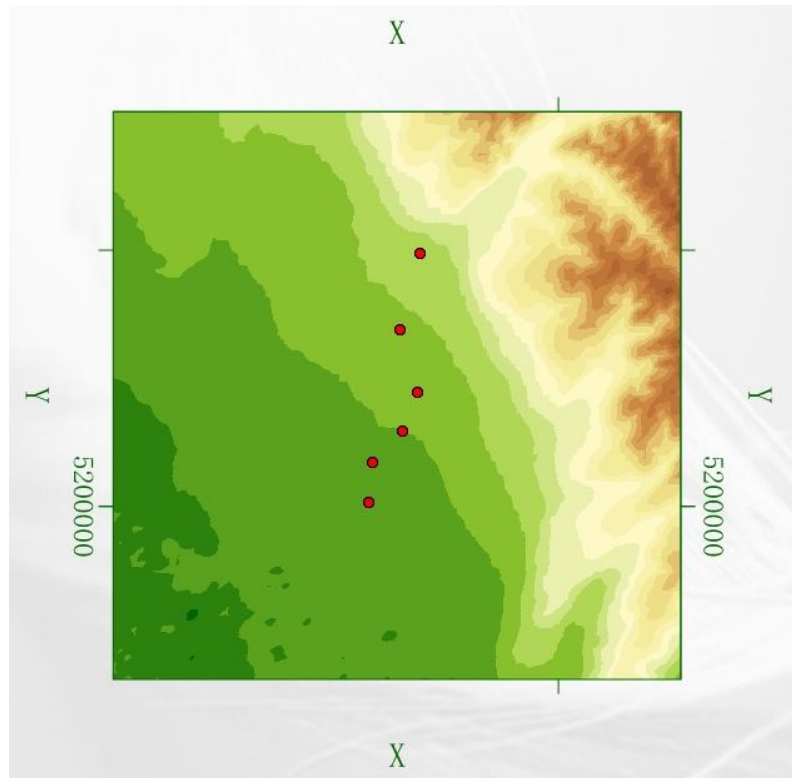


图 1. 测风塔相对位置及区域地形图

该研究项目由于计算区域面积较大，设定的最小水平分辨率为 250 米，垂直分辨率为 4 米，按照每 30 度一个方向扇区进行定向模拟计算。

表 1. 扇区参数表

定向模拟计算扇区	热稳定度	网格数量	收敛率
30	2	3575040	100%
60	2	3572380	100%
90	2	3608150	100%
120	2	3575040	100%
150	2	3572380	100%
180	2	3608150	100%
210	2	3575040	100%
240	2	3572380	100%
270	2	3608150	100%
300	2	3575040	100%
330	2	3572380	100%
360	2	3608150	100%

在该项目中，由于测风塔之间距离较远，为了避免近地表因素对测风塔低层高度测风数据的影响，研究中均根据每个测风塔最高层测风时间序列的数据进行综合计算。本研究共进行 6 次综合计算，以比较不同测风塔外推的效果。

在美迪 WT 软件中，综合计算时采用了湍流校正，即根据实际风流数据的测量情况对计算外推湍流进行校正，校正原理及方法如下所示：

在结果点处定向湍流强度的校正结果 $I_{corp}(dir)$ 是根据下式计算得到的：

$$DELTA_I(dir) = I_{mes}(dir) - I_{calcm}(dir)$$

$$I_{corp}(dir) = I_{calcp}(dir) + DELTA_I(dir) * C_m(dir) / C_p(dir)$$

- $I_{mes}(dir)$ 是测风塔处实际测量的定向湍流强度。
- $I_{calcm}(dir)$ 是测风塔处计算得到的定向湍流强度。
- $I_{calcp}(dir)$ 是结果点处计算得到的定向湍流强度。
- $C_m(dir)$ 是测风塔处计算得到的定向风加速因数。
- $C_p(dir)$ 是结果点处计算得到的定向风加速因数。

表 2. 测风塔间距

	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5
LD1	0 km				
LD2	15.27km	0 km			
LD3	26.99km	12.62km	0 km		
LD4	34.87km	19.88km	8.11km	0 km	
LD5	41.53km	26.38km	16.11km	8.29km	0 km
LD6	49.61km	34.25km	23.39km	15.23km	7.87km

2.2 研究结果

表 3. 模拟计算值与实测值对比表

应用 LD1 测风塔处（90 米）风流数据外推其他测风塔综合计算比较						
	LD1 外推风 速计算值	实际风速测 量值	风速差值 (m/s)	外推湍流 计算值	实际湍流 测量值	湍流差 值
LD2（90 米）	6.83	6.876	-0.046	0.056	0.054	0.002
LD3（70 米）	6.57	6.563	0.007	0.059	0.055	0.004
LD4（70 米）	6.58	6.751	-0.171	0.059	0.055	0.004
LD5（70 米）	6.59	6.698	-0.108	0.059	0.055	0.004
LD6（90 米）	6.87	7.119	-0.249	0.056	0.052	0.004
应用 LD2 测风塔处（90 米）风流数据外推其他测风塔综合计算比较						
	LD2 外推风 速计算值	实际风速测 量值	风速差值 (m/s)	外推湍流 计算值	实际湍流 测量值	湍流差 值
LD1（90 米）	6.83	6.899	-0.069	0.053	0.056	-0.003
LD3（70 米）	6.58	6.563	0.017	0.056	0.055	0.001
LD4（70 米）	6.59	6.751	-0.161	0.057	0.055	0.002
LD5（70 米）	6.61	6.698	-0.088	0.057	0.055	0.002
LD6（90 米）	6.88	7.119	0.239	0.054	0.052	0.002
应用 LD3 测风塔处（70 米）风流数据外推其他测风塔综合计算比较						
	LD3 外推风 速计算值	实际风速测 量值	风速差值 (m/s)	外推湍流 计算值	实际湍流 测量值	湍流差 值

LD1 (90 米)	6.79	6.899	-0.109	0.052	0.056	-0.004
LD2 (90 米)	6.78	6.876	-0.096	0.053	0.054	-0.001
LD4 (70 米)	6.52	6.751	-0.231	0.055	0.055	0
LD5 (70 米)	6.54	6.698	-0.158	0.056	0.055	0.001
LD6 (90 米)	6.81	7.119	-0.309	0.053	0.052	0.001

应用 LD4 测风塔处 (70 米) 风流数据外推其他测风塔综合计算比较

	LD4 外推风速计算值	实际风速测量值	风速差值 (m/s)	外推湍流计算值	实际湍流测量值	湍流差值
LD1 (90 米)	7.01	6.899	0.111	0.053	0.056	-0.003
LD2 (90 米)	6.98	6.876	0.104	0.053	0.054	-0.001
LD3 (70 米)	6.7	6.563	0.137	0.056	0.055	0.001
LD5 (70 米)	6.71	6.698	0.012	0.056	0.055	0.001
LD6 (90 米)	6.98	7.119	-0.139	0.053	0.052	0.001

应用 LD5 测风塔处 (70 米) 风流数据外推其他测风塔综合计算比较

	LD5 外推风速计算值	实际风速测量值	风速差值 (m/s)	外推湍流计算值	实际湍流测量值	湍流差值
LD1 (90 米)	6.88	6.899	-0.019	0.053	0.056	-0.003
LD2 (90 米)	6.88	6.876	0.004	0.053	0.054	-0.001
LD3 (70 米)	6.62	6.563	0.057	0.056	0.055	0.001
LD4 (70 米)	6.63	6.751	-0.121	0.056	0.055	0.001
LD6 (90 米)	6.92	7.119	-0.199	0.054	0.052	0.002

应用 LD6 测风塔处 (90 米) 风流数据外推其他测风塔综合计算比较

	LD6 外推风速计算值	实际风速测量值	风速差值 (m/s)	外推湍流计算值	实际湍流测量值	湍流差值
LD1 (90 米)	7.07	6.899	0.171	0.052	0.056	-0.004
LD2 (90 米)	7.05	6.876	0.174	0.053	0.054	-0.001
LD3 (70 米)	6.77	6.563	0.207	0.055	0.055	0
LD4 (70 米)	6.78	6.751	0.029	0.055	0.055	0
LD5 (70 米)	6.79	6.698	0.092	0.055	0.055	0

表 4. 风速误差表

参考塔 \ 目标塔	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6
LD1		1.00%	1.58%	1.61%	0.28%	2.48%
LD2	0.67%		1.40%	1.51%	0.06%	2.53%
LD3	0.11%	0.26%		2.09%	0.87%	3.15%
LD4	2.53%	2.38%	3.42%		1.79%	0.43%
LD5	1.61%	1.31%	2.36%	0.18%		1.37%
LD6	3.50%	3.36%	4.34%	1.95%	2.80%	

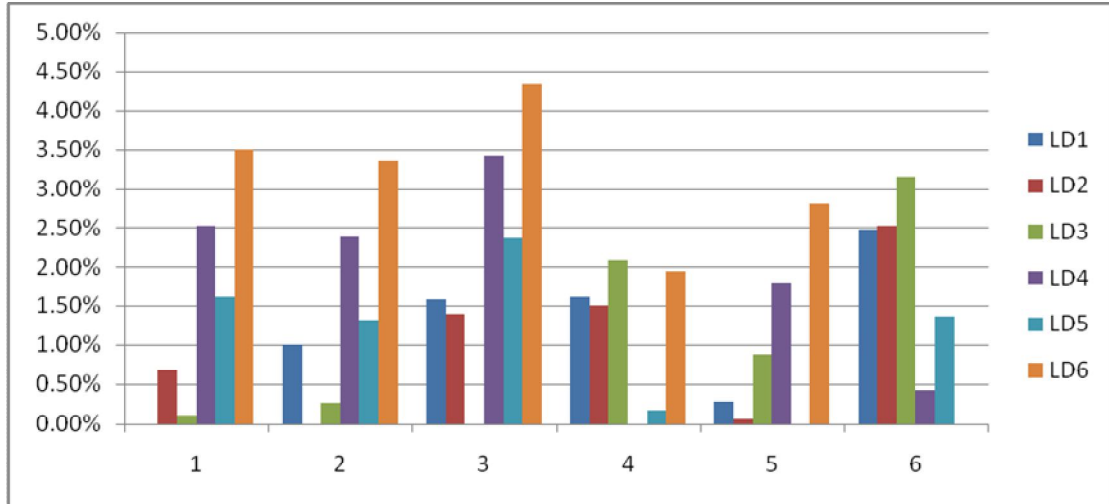


图 2.风速误差

综上所述，此项目的风流外推结果是可靠的，风速外推最大误差为 4.34%，即从 LD3 塔的风流数据外推到 LD6 塔的数据。

表 5. 湍流误差表

参考塔 \ 目标塔	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6
LD1		5.36%	7.14%	5.36%	5.36%	7.14%
LD2	3.70%		1.85%	1.85%	1.85%	1.85%
LD3	7.27%	1.82%		1.82%	1.82%	0%
LD4	7.27%	3.64%	0%		1.82%	0%
LD5	7.27%	3.64%	1.82%	1.82%		0%
LD6	7.69%	3.85%	1.92%	1.92%	3.85%	

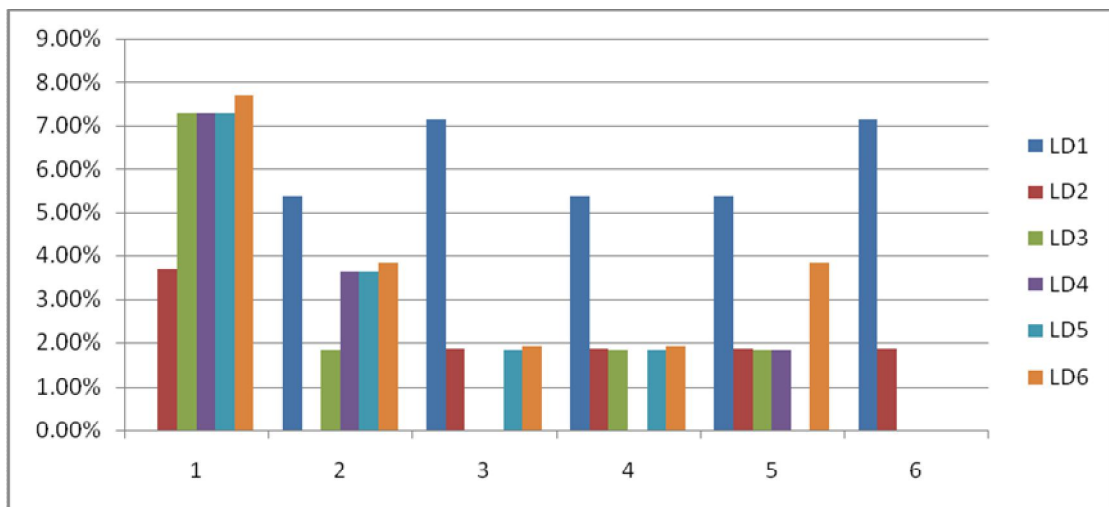


图 3. 湍流误差

上述计算结果表明，由于整个区域实际湍流强度较低，最大误差仅为 7.69%（即计算值与实际测量湍流强度差 0.004，见表 3），即从 LD1 塔的湍流强度外推到 LD6 的湍流强度，两塔之间的距离约为 50 公里，整个项目的湍流外推结果是可靠的。

3. 结论

该项目位于东北地区，地势相对平坦，测风塔测风数据质量较好，均有同期完整年数据可供比较分析。本文通过 Meteodyn_WT 软件的模拟计算，得到较好的风流外推结果，对美迪 WT 软件在大范围内进行风流外推的适用性进行了很好地确认，为今后在该地区或同等地形条件下的风资源项目评估奠定了技术基础，并具有工程应用意义。在未来工程的开发与实施中，本研究将会结合具体实际情况对项目进行更加完整而详尽的分析。

参考文献：

[1] <http://www.meteodyn.com/en/software/meteodyn-wt.html>

[2] STRM