

造纸原料堆自燃与气象因子 相关研究和防御对策

李宣平

(安徽贵池市气象局)

提要

本文通过分析安徽省池州造纸厂1970—1989年历次稻麦秸堆自然火灾，找出了自然与气象因子的关系，特别强调和证实了强降水的渗透对自燃的促发作用。根据实测，提出了稻麦秸的实际炭化点温度，并利用自燃指数A方程做出了自然火险预报，在实际应用中有一定的效果。最后，提出了预报自燃的技术措施。

池州造纸厂是安徽省一家中型企业。造纸原料堆自燃火灾（以下简称自燃），一直影响着企业的生产效益的提高。造纸原料主要是稻麦秸，当这些草料不太干燥时，往往发生自燃，每次火灾损失近万元。本文对比分析该厂的火灾资料*和相应的气象资料，找出了自燃与气象因子的关系，再应用自燃指数方程确定了自燃火险指标，最后提出了防止自燃的技术措施，从而为长江流域一带造纸行业的防火工作提供科学的依据。

一、自燃火灾概况和物理机制

据查，1970年1月—1989年12月，该厂共出现火警、火灾9次。从火灾出现的季节看，夏季最多（5次），秋季次之（3次），春季较少（1次），冬季没有。可见，自燃

火灾的年际变化规律与一般火灾不一样。表1给出了有完整记录的5次自燃火灾情况，可以看出，早晨和午后最易产生自燃，最易产生自燃的草料是稻草。

稻、麦草中含有活的植物细胞（微生物），这些微生物在一定的温度条件下，要呼吸繁殖，并产生大量热量。堆放在一起的稻麦草因受挤压，孔隙堵塞，热量散发不出去，会使埋在最深层的稻麦草不断地分解，温度随之升高，以致草料炭化。如果热量仍散发不出去，稻麦草开始氧化分解，又产生更大的热量，久而久之，逐渐达到着火点的温度，而在内部阴燃起来，酿成大火。

二、草堆自燃与气象因子相关研究

1. 降水与自燃的关系

表1

自燃火灾前的气象要素变化

火灾日期	出现时间	草料种类	收购期	收购期雨量 (mm)	同期平均雨量 (mm)	前一日		当日天气 状况	冷空气 活动
						ΔT_{24} (°C)	草料内部 T (°C)		
1970.6.3	15时	稻 草	1969.8	333.1	134.8	-1.9	70	无雨	弱冷空气
1972.4.2	02时	稻 草	1971.9	102.1	101.5	-5.3	69	小雨	中等冷 空气
1974.9.12	08时	稻 草	1973.9	268.5	101.5	-2.4	65	无雨	弱冷空气
1981.10.14	12 ³⁰	稻 草	1980.8	549.3	134.8	-0.7	75	无雨	无明显 冷空气
1989.8.28	04 ³⁰	麦 草	1988.6	245.2	219.1	-2.6	71	无雨	弱冷空气

*本文承蒙池州造纸厂原料科程贵生同志协作，安徽安庆市气象局高级工程师李厚植同志指导和审稿，致谢。

从自然的物理过程可知，草料的潮湿程度与自然关系密切。当潮湿的草料堆放在一起时，草堆内部微生物分解加速，温度剧增。而草料的潮湿程度主要受降水的影响。降水的影响主要表现在两个方面，一是草料收购期降水量的多少，一是草料入库成堆后，降水天气的影响。

(1) 草料收购期降水量与自然的关系

长江流域麦秸收购期主要集中在6月份，稻草收购期主要在8月下旬—9月下旬。麦秸收购期正是梅雨季节，阴雨寡照，常有强降水发生。稻草收购期虽然已出梅，但午后强雷阵雨天气仍较频繁，另外也常有台风影响，因而也很难保证草料干燥入库。

由于稻麦草收购时的干燥程度很难测

表2 火灾前后期降水情况

日期	70年5月26日	27	28	29	30	31	6月1日	2	3*	
日雨量			1.6	86.0	18.4	0.0	0.0			
日期	72年3月26日	27	28	29	30	31	4月1日	2*		
日雨量				6.9	25.8	0.8		2.8		
日期	74年9月4日	5	6	7	8	9	10	11	12*	
日雨量									0.0	
日期	81年10月6日	7	8	9	10	11	12	13	14*	
日雨量	6.0	28.9	39.3			0.6	0.0			
日期	89年8月21日	22	23	24	25	26	27	28*		
日雨量	0.4	40.3	0.0	2.0		0.0				

* 为火灾日，雨量单位：mm

热量； Q_2 表示吸收太阳辐射所产生的热量； Q_3 表示由于强降水的渗透使草堆内部微生物加快分解所产生的热量。

为了进一步证实强降水对自然的作用，笔者会同该厂技术人员对不同天气条件下，草垛2m深层温度进行测定，仪器是长铁杆温度表，每次测定5堆，草内温度值取5堆平均值（见表3）。

分析这些观测资料，初步得出：

(1) 在一场强降水后，特别是暴雨后，

定，为了便于分析，用收购期所对应的月降水量来代替。由表1看出，5次自然火灾中，草料收购当月降水量均比历年同期平均值偏多，说明草料入库时含水量较高，利于火灾的发生。

(2) 降水强度与自然的关系

草料入库堆后，受降水的冲刷往往受潮。一般来讲，弱降水只能使草料表面受潮，天晴便风干了。而强降水后，草堆深层易浸水，加速内部微生物的分解繁殖。据分析（见表2），一场日降水量 $\geq 25\text{ mm}$ 的强降水出现后，4—7天内易自燃。

我们用 Q 表示草堆内部总热量，则

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

其中， Q_1 是草堆内部微生物发生分解产生的

草垛内部温度剧增。如1990年7月4日草内温度为 63°C ，比强降水前的6月28日高 9°C （见图1）。

(2) 在无强降水发生时，当前后期天气状况变化不大时，草垛内温度与外界温度变化趋势一致。在前期天气晴好，一场中等强度以下的降水($< 25\text{ mm}$)后，草垛内温度变化也与气温变化不同，即气温下降，而草垛内温度升高，但升温幅度远不如强降水后大（见图2）。

表3 不同天气状况下草堆内部温度记录

观测日期	90年6月28日	7月4日	7月28日	7月30日	7月31日	8月1日	8月2日	8月3日	
气温(℃)	28.4	28.1	31.2	31.5	30.7	—	30.3	30.1	28.8
内部温度(℃)	54	63	56	54	50	—	52	54	53
日雨量(mm)				0.6	9.0		3.7	0.0	3.6
备注	7月1日降雨 53.2mm					无强降水			

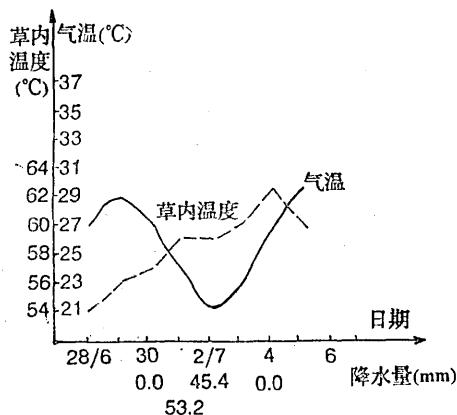


图1 1990年6月28日—7月5日对比观测资料曲线图

2. 环流形势、风对自然的影响

我们反查了自然火灾前期的天气形势，发现春秋季节发生自然火灾前一天，本地处于500hPa槽后东北气流控制下，河套地区有冷空气补充南下，本地有较强的东北风。夏季自然火灾前一天，也有冷空气南下，地面东北风加大，温度下降。例如，1972年4月2日，一场自然大火在凌晨2时爆发，1日，北方强冷空气南下，本站东北风5—6级， $\Delta T_{24} = -5.3^{\circ}\text{C}$ 。冷空气南下，加大了地面东北风，而足够大的风可以穿入草垛内部，起到了助燃作用。

3. 关于稻麦草炭化点温度的讨论

据有关文献，麦草的炭化点温度为100℃，稻草为80—90℃。但据我们与该厂科技

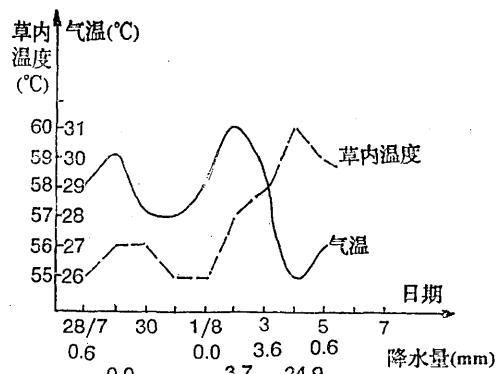


图2 1990年7月28日—8月5日对比观测资料曲线

人员多次测试，当麦秸垛内2m深处温度为75—80℃，稻草65—70℃时，插杆温度表铁头部赤热，见水冒烟，带出的草料手碰成灰。说明草内温度已达炭化点温度。可见，实际炭化点温度比文献的值要偏低些。

自燃火灾与其他气象要素的关系，例如与气温、空气湿度等的关系，我们也都作了分析，结果表明，与其他火灾不同，自燃火灾与这些要素虽然也有关，但不如与降水因子关系密切。

三、自燃指数方程及自燃防御对策

为了做好自燃的火险预报，根据以上分析，设立了自燃指数公式：

$$A = \frac{m}{100} (T + R/\bar{R} - \Delta T_{24}) \quad (1)$$

式中T为草内温度；R为草料收购期所对应月的降水量； \bar{R} 为对应月的历年平均降水量；m是天气状况系数； ΔT_{24} 是24小时变温值，表示冷空气强弱。

计算时，m值确定原则：日降水量 $\geq 25\text{ mm}$ 的降水后1周内，每天m值规定为1；无雨或日降水量 $\leq 0.1\text{ mm}$ ，规定为0.1；其他情况下 $m = R/25$ ，其中R为日降水量。

表4给出了计算分析得出的自燃指标及火险指标临界值。我们对该厂1980—1989年
(下转第7页)

(上接第50页)

表4 自燃火险指标及检验表

火险等级	指 标 值	回 报 准 确 率
自然指标 [#]	$A \geq 0.7$	$3/5 = 0.6$
火险指标	$0.6 \leq A < 0.7$	$7/10 = 0.7$
安全指标	$A < 0.6$	0.89

* 自燃指见草堆冒烟或大火；火险指从草堆深层取出草见风成炭灰。

的逐日资料进行反查，得自然指标和火险指标的回报准确率分别为60%和70%，且10年里3次自然火灾均概括在内。可见，利用自燃指数方程确定有无火险与实况较接近。在实际服务中，只要测量一下草堆内部温度值和前期气象资料，代入A方程，便得出A值，当A值达到0.6时，可发火险警报。

A指数法只是定量做出火险预报，为防御自燃提供了信息。从定性角度分析，要降低自燃火险指数，可采取三点切实可行的防

御措施(2)。

(1) 草料应尽量收购麦草、芦苇、芒秆，少收稻草。收购时，要把好草料湿度关。要乘晴收购，草料成堆前要晾2—3天，以降低草料湿度。

(2) 科学堆放。为了便于通风，草料堆的长轴方向应与料厂盛行风向一致，垒堆成梯形（即上小下大），便于雨流；最好在草堆中放几根打通关节的毛竹，起到排除内部热量的作用。

(3) 注意收集气象信息，采取防雨措施。当气象预报有雨，特别是强降水时，应及时加盖雨布，以防雨水渗透。另外，做好强降水后的草堆内部温度的监测工作。一旦有险情，可采取拆堆散热法，消除隐患。还有一点须注意，该厂处在长江河谷和皖南山区交界地带，春夏雷暴频繁，防雷屯起火工作不可忽视。