

《超级电容器纸》行业标准编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 任务来源

2022 年 4 月，工业和信息化部办公厅印发了 2022 年第一批行业标准制修订和外文版项目计划的通知（工信厅科函〔2022〕94 号）。计划要求对 QB/T 4900—2015《双电层电容器纸》行业标准进行修订，该项目计划编号：2022-0311T-QB，计划应完成时间为 2023 年。

2 主要工作过程

（1）起草阶段

本标准修订计划下达后，全国造纸工业标准化技术委员会组织该标准的起草工作。2022 年 6 月，成立标准起草小组，并制定了标准修订工作计划。

2022 年 7 月，起草小组首先对超级电容器纸的行业现状进行了调研，了解到 QB/T 4900—2015《双电层电容器纸》标准已经实施 7 年，对规范产品质量起到了良好的作用。但是标准适用范围需要扩展，产品规格类别也需要调整，而且下游用户关注的透气性、热稳定性等指标没有规定。除此之外，起草小组还收集了大量的国内外相关技术文献和资料，征集了相关企业的意见和超级电容器纸样品。

2022 年 8 月～2023 年 1 月，起草小组将收集到的技术资料与 2015 年版的标准技术要求、检验方法等进行技术比对，并对征集到的样品开展了试验验证，根据超级电容器纸的特点确定标准规范技术内容，编制工作组讨论稿，经标准起草小组讨论后形成标准征求意见稿。

二、标准编制原则和主要内容的论据，解决的主要问题

1 编制原则

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则：第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。本标准的修订是在相关技术资料、试验数据支撑的基础上，结合当前生产及市场需求，充分考虑产品的特点和应用性能要求

编制而成。符合产业发展的原则，同时标准修订过程中本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则。

2 主要内容的论据

2.1 主要内容

根据超级电容器纸的特性和用户需求，本标准规定了厚度、紧度、抗张强度、纵向吸液高度、透气度、热收缩率、铁微粒子、水抽提液电导率、水溶性氯化物、水抽提液、交货水分等指标，在提升产品质量的同时，保障了下游用户的使用。

2.2 与旧版标准差异

本标准与旧版标准相比，主要变化和论据如下：

1) 将“双电层电容器纸”标准名称更改为“超级电容器纸”。超级电容器是指介于传统电容器和充电电池之间的一种新型储能装置，它既具有电容器快速充放电的特性，同时又具有电池的储能特性。超级电容器按照储能机理分为双电层电容器和法拉第准电容器。虽然二者的储能机理不同，但其对隔膜的要求都是一致的，即起到“通离子，阻电子”的作用。原标准名称针对的对象仅限于双电层电容器，未包括法拉第准电容器，限制了标准的应用领域。

2) 调整了产品分类。随着超级电容器行业的快速发展，对超级电容器纸型号种类需求越来越多，因此本次修订，增加了超级电容器纸的类型。超级电容器纸按生产工艺分为纯纤维素纤维纸和复合纤维纸两种。纯纤维素纤维超级电容器纸按厚度分为 25 μm 、30 μm 和 40 μm 三种类型，复合纤维超级电容器纸按厚度分为 20 μm 、30 μm 和 40 μm 三种类型。本次修订，征集了 15 个超级电容器纸样品，具体情况见表 1：

表 1 样品情况

编号	生产工艺类型	厚度类型
1	纯纤维素纤维纸	25 μm
12	纯纤维素纤维纸	25 μm
13	纯纤维素纤维纸	25 μm
3	纯纤维素纤维纸	30 μm

4	纯纤维素纤维纸	30 μ m
10	纯纤维素纤维纸	30 μ m
5	纯纤维素纤维纸	40 μ m
9	纯纤维素纤维纸	40 μ m
2	复合纤维纸	20 μ m
14	复合纤维纸	20 μ m
15	复合纤维纸	20 μ m
6	复合纤维纸	30 μ m
8	复合纤维纸	30 μ m
11	复合纤维纸	30 μ m
7	复合纤维纸	40 μ m

3) 调整了“厚度”、“紧度”、“抗张强度”、“吸液高度”、“交货水分”指标要求。厚度、紧度和交货水分是超级电容器纸的基础指标,依据超级电容器生产企业的实际生产及性能需求反馈,结合产品实际水平,本次修订对厚度、紧度和交货水分进行了相应调整。纵向抗张强度和纵向吸液高度是超级电容器纸的重要性能指标,随着超级电容器行业的快速发展,对超级电容器纸抗张强度的要求越来越高,且对吸液高度的要求发生了改变,因此本次修订,结合下游超级电容器生产企业及超级电容器纸生产应用实际,对纵向抗张强度和纵向吸液高度也进行了调整。

4) 增加了“离子色谱法”测定水溶性氯化物,取消“硝酸银电位滴定法”。离子色谱法具有快速、方便、灵敏度高、选择性好等特点,且相比原有测试方法更加健康环保。

5) 增加了“透气度”、“热收缩率”指标要求。透气度是指在 1.00 kPa 测量压差条件下,每分钟通过表面积为 1 cm² 的被测样品的空气体积量(cm³),单位为 1 kPa 压差条件下立方厘米每分平方厘米[cm³/ (min·cm²)],部分标准中将其简写为 CU。热收缩率是指在一定温度条件下和时间内纸张尺寸的变化率,由纸张尺寸变化量除以变化前纸张的尺寸量计算得出,单位为%。经过对超级电容器纸生产企业及超级电容器生产企业的调研,认为透气度和热收缩

率是超级电容器稳定应用的重要基础指标，因此本次修订增加了该两项指标的规定。

6) 调整了“纸面及外观”要求。依据超级电容器纸实际生产及应用情况进行调整，原标准要求中没有对纸面不应有肉眼可见杂质等相关要求，并对卷筒纸的卷筒宽度做了细分要求。

7) 增加了“透气度”、“热收缩率”试验方法。

8) 更改了检验规则。

3 解决的主要问题

该产品标准的修订是在相关技术资料、试验数据支撑的基础上，结合当前生产及市场需求，充分考虑产品的应用性、稳定性、可靠性编制而成。将作为产品交收检验的依据，并对规范超级电容器纸的生产，提升产品质量，促进产业的发展起到积极的推动作用。

三、主要试验（或验证）情况

本次修订，主要对调整和新增指标进行了重点验证，包括厚度偏差、紧度偏差、抗张强度、吸液高度、透气度、热收缩率、水溶性氯化物、交货水分等。

1 厚度偏差

2015 年版的标准中对于厚度偏差的规定为 $(25 \pm 2) \mu\text{m}$ 、 $(30 \pm 2) \mu\text{m}$ 、 $(40 \pm 3) \mu\text{m}$ 、 $(50 \pm 4) \mu\text{m}$ ，考虑到本次修订调整了产品的规格，起草小组对征集的 15 个超级电容器纸样品的厚度进行了试验验证，结果如表 2 所示。

表 2 厚度偏差试验结果

编号	类型	厚度标称值 μm	厚度测试值 μm	厚度偏差 μm
1	纯纤维素纤维纸 $25 \mu\text{m}$	25	26.2	1.2
12	纯纤维素纤维纸 $25 \mu\text{m}$	25	25.7	0.7
13	纯纤维素纤维纸 $25 \mu\text{m}$	25	25.9	0.9
3	纯纤维素纤维纸 $30 \mu\text{m}$	30	28.7	-1.3
4	纯纤维素纤维纸 $30 \mu\text{m}$	30	30.0	0.0
10	纯纤维素纤维纸 $30 \mu\text{m}$	30	34.2	4.2
5	纯纤维素纤维纸 $40 \mu\text{m}$	40	38.2	-0.2
9	纯纤维素纤维纸 $40 \mu\text{m}$	40	39.1	-0.9

2	复合纤维纸 20 μm	20	22.4	2.4
14	复合纤维纸 20 μm	20	20.5	0.5
15	复合纤维纸 20 μm	20	22.5	2.5
6	复合纤维纸 30 μm	30	33.1	3.1
8	复合纤维纸 30 μm	30	30.0	0.0
11	复合纤维纸 30 μm	30	30.6	0.6
7	复合纤维纸 40 μm	40	46.1	6.1

由表 2 可以看出, 15 个样品 (6 种规格) 中, 厚度偏差最大的为 6.1 μm , 最小厚度偏差为 0 μm 。考虑到超级电容器纸实际应用过程中厚度的影响因素、实际生产控制能力、标准的适用性以及不同厚度仪测量产生的测量误差, 参考原标准对厚度的偏差范围要求, 本次修订规定 20 μm 、25 μm 产品厚度偏差规定为 ± 2.0 , 30 μm 产品厚度偏差规定为 ± 2.4 , 40 μm 产品厚度偏差规定为 ± 3.0 。

3 紧度偏差

根据 15 个样品的厚度测定值, 计算产品的紧度和紧度偏差, 具体数据如表 3 所示。

表 3 紧度偏差数据

编号	类型	紧度标称值 g/cm^3	紧度测试值 g/cm^3	紧度偏差 g/cm^3
1	纯纤维素纤维纸 25 μm	0.48	0.48	0.00
12	纯纤维素纤维纸 25 μm	0.48	0.51	0.03
13	纯纤维素纤维纸 25 μm	0.48	0.49	0.01
3	纯纤维素纤维纸 30 μm	0.45	0.50	0.05
4	纯纤维素纤维纸 30 μm	0.45	0.43	-0.02
10	纯纤维素纤维纸 30 μm	0.45	0.49	0.04
5	纯纤维素纤维纸 40 μm	0.48	0.49	0.01
9	纯纤维素纤维纸 40 μm	0.48	0.56	0.08
2	复合纤维纸 20 μm	0.70	0.63	-0.07
14	复合纤维纸 20 μm	0.70	0.68	-0.02

15	复合纤维纸 20 μ m	0.70	0.62	-0.08
6	复合纤维纸 30 μ m	0.65	0.60	-0.05
8	复合纤维纸 30 μ m	0.65	0.67	0.02
11	复合纤维纸 30 μ m	0.65	0.63	-0.02
7	复合纤维纸 40 μ m	0.45	0.43	-0.02

由表 3 可以看出, 15 个不同规格的样品中, 紧度偏差最大为 -0.08 g/cm^3 , 最小偏差为 0.00 g/cm^3 。原标准的紧度偏差为 $\pm 0.03 \text{ g/cm}^3$, 如果按原标准规定值进行判定, 15 个样品中有 6 个超出原标准要求, 不合格率达 40%。此外, 进口产品的规格书规定紧度偏差为 $\pm 0.05 \text{ g/cm}^3$, 因此本次修订对紧度偏差进行了适当放宽, 将所有规格产品紧度偏差调整为 $\pm 0.05 \text{ g/cm}^3$ 。

4 纵向抗张强度和纵向吸液高度

纵向抗张强度和纵向吸液高度是超级电容器纸的重要性能指标, 起草小组对 15 个超级电容器纸样品的纵向抗张强度和纵向吸液高度进行了验证, 试验结果如表 4 所示。

表 4 纵向抗张强度和纵向吸液高度试验结果

编号	类型	抗张强度 (纵向) /(kN/m)	吸液高度 (纵向) /(mm/10min)
1	纯纤维素纤维纸 25 μ m	0.67	34
12	纯纤维素纤维纸 25 μ m	0.80	20
13	纯纤维素纤维纸 25 μ m	0.62	31
3	纯纤维素纤维纸 30 μ m	0.66	33
4	纯纤维素纤维纸 30 μ m	0.66	38
10	纯纤维素纤维纸 30 μ m	0.45	35
5	纯纤维素纤维纸 40 μ m	1.15	40
9	纯纤维素纤维纸 40 μ m	0.55	36
2	复合纤维纸 20 μ m	0.75	28
14	复合纤维纸 20 μ m	0.73	--
15	复合纤维纸 20 μ m	0.84	--
6	复合纤维纸 30 μ m	0.55	21
8	复合纤维纸 30 μ m	0.75	37

11	复合纤维纸 30 μ m	0.97	32
7	复合纤维纸 40 μ m	0.47	38

从上表看出,纯纤维素纤维纸 25 μ m 的抗张强度在 0.62kN/m~0.80kN/m, 30μm 的抗张强度在 0.45kN/m~0.66kN/m, 40 μ m 在 0.55kN/m~1.55kN/m, 除其中一个 30 μ m 产品抗张强度偏低外, 其他均远高于原标准要求, 由于近年来用户对产品强度提出了更高的要求, 结合国外样品技术资料, 本标准将纯纤维素纤维纸各个规格抗张强度均进行了提升。25 μ m 规定大于等于 0.50kN/m, 30 μ m 规定大于等于 0.55kN/m, 40 μ m 规定大于等于 0.65kN/m。而复合纤维纸的测定结果与纯纤维素纤维纸相近, 因此 20 μ m 规定大于等于 0.45kN/m, 30 μ m、40 μ m 产品规定与纯纤维素纤维纸相同, 完全满足下游用户需求。

关于纵向吸液高度, 15 个样品的测试结果在 20mm/10min~40mm/10min, 其中两个样品不符合原标准要求, 而下游用户对吸液高度的要求并不是很高, 国外样品技术资料要求纵向吸液高度大于等于 20mm/10min, 因此本次修订对 25 μ m 的纯纤维素纤维纸、20 μ m 的复合纤维纸纵向吸液高度调整为 20mm/10min, 其他规格产品仍保留 25mm/10min。

5 透气度

透气度可体现纸张的孔结构, 而超级电容器纸的孔结构直接影响超级电容器的电化学性能, 过大的透气度会导致超级电容器的漏电流过大, 因此有必要对产品的透气度指标进行规定。浙江制造团体标准 T/ZZB 0316-2018《超级电容器纸》中也对超级电容器纸的透气度进行了规定, 因此本次修订增加了透气度指标。起草小组对 15 个超级电容器纸样品的透气度进行了测试, 得到的结果如表 5 所示:

表 5 透气度试验结果

编号	类型	透气度 /[cm ³ /(min · cm ²)]	透气度规定值 /[cm ³ /(min · cm ²)] ≤
1	纯纤维素纤维纸 25 μ m	222	300
12	纯纤维素纤维纸 25 μ m	97	300
13	纯纤维素纤维纸 25 μ m	226	300

3	纯纤维素纤维纸 30 μ m	179	300
4	纯纤维素纤维纸 30 μ m	179	300
10	纯纤维素纤维纸 30 μ m	369	300
5	纯纤维素纤维纸 40 μ m	195	300
9	纯纤维素纤维纸 40 μ m	189	300
2	复合纤维纸 20 μ m	183	250
14	复合纤维纸 20 μ m	111	250
15	复合纤维纸 20 μ m	183	250
6	复合纤维纸 30 μ m	104	250
8	复合纤维纸 30 μ m	145	250
11	复合纤维纸 30 μ m	92	250
7	复合纤维纸 40 μ m	219	250

从上表看出，纯纤维素纤维纸的透气度在 $97\sim 369\text{cm}^3/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$ ，除一个最大值 369 外，其余均在 300 以下，复合纤维纸的透气度在 $92\sim 219\text{cm}^3/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$ ，相对于纯纤维素纤维纸偏低一些。根据浙江制造标准，结合用户需求，本标准规定纯纤维素纤维纸透气度小于等于 $300\text{cm}^3/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$ ，复合纤维素纤维纸透气度小于等于 $250\text{cm}^3/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$ ，符合目前行业需求。

6 热收缩率

热收缩率是超级电容器纸比较重要的指标，为本次新增指标，起草小组选取 8 个样品进行了热收缩率测试，试验结果如表 6 所示：

表 6 热收缩率试验结果

编号	热收缩率（纵/横向）
1	0.25%/0.75%
2	0.67%/1.00%
3	1.00%/0.50%
4	1.00%/1.00%
5	1.00%/0
6	0.33%/1.00%
7	1.00%/0.67%
8	0.67%/0.67%

热收缩率按 GB/T 20629.2-2013 测定,测试温度为 140℃,测试时间为 12h,试验条件根据实际应用情况确定。根据试验数据,结合企业的意见及用户需求,本标准规定纵横向热收缩率均 $\leq 1.5\%$ 。

7 水溶性氯化物

原标准采用硝酸汞法和硝酸银法测定水溶性氯化物,其中硝酸汞法水溶性氯化物含量规定 $\leq 10 \text{ mg/kg}$,硝酸银电位滴定法水溶性氯化物含量规定 $\leq 2.0 \text{ mg/kg}$ 。考虑到测试的可操作性、安全性和准确性,本次修订保留硝酸汞法,并新增离子色谱法。由于离子色谱法为新增方法,起草小组选取 5 个代表性样品使用离子色谱法进行了验证,试验结果如表 7 所示。

表 7 离子色谱法测试结果

编号	水溶性氯化物/(mg/kg)
1	55
2	4
3	2
4	3
5	5

从上表看出,5 个样品的水溶性氯化物含量在 $2\text{mg/kg} \sim 55\text{mg/kg}$,除一个样品偏离较大外,其余均在 5mg/kg 以下。结合企业意见和用户需求,本标准规定离子色谱法测得的水溶性氯化物含量规定 $\leq 8\text{mg/kg}$,硝酸汞法测得的水溶性氯化物含量仍保留 $\leq 10\text{mg/kg}$ 。

8 交货水分

2015 年版的标准规定交货水分要求为 $\leq 7.0\%$ 。然而,在实际交货过程中,因为超级电容器纸的吸湿性较强,且超级电容器生产企业在使用超级电容器纸的过程中都会进行干燥预处理,因此水分指标对产品性能影响相对较小,考虑到标准的适用性,本次修订调整为 $\leq 8.0\%$ 。起草小组对 10 个超级电容器纸样品的交货水分进行了测试,验证结果如表 8 所示:

表 8 交货水分测试结果

编号	交货水分/%
1	7.9

2	6.4
3	7.7
4	6.4
5	7.4
6	7.2
7	4.8
8	5.2
9	6.6
10	7.5

由表 8 可以看出，按照原标准 $\leq 7.0\%$ 的要求，10 个超级电容器纸样品的交货水分合格率为 50%，而按照修订标准 $\leq 8.0\%$ 的要求，10 个样品的交货水分合格率为 100%。

9 铁微粒子

2015 年版的标准对面积为 $0.08\text{mm}^2 \sim 0.1\text{mm}^2$ 的铁微粒子要求为 ≤ 1 个/ 1800cm^2 。企业反映原标准值过于严格，另外在进口产品规格书中，对这一尺寸的铁微粒子一般规定为 0~5 个，且下游用户对铁微粒子数的限度要求并不是很高，对于该尺寸的铁微粒子， ≤ 3 个/ 1800cm^2 完全能够满足使用要求。因此，本次修订将该指标调整为 ≤ 3 个/ 1800cm^2 。

四、标准中涉及专利的情况

本标准起草过程中未发现涉及专利的情况。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

超级电容器纸放置在超级电容器正负极材料之间，是超级电容器的关键材料，直接关系到超级电容器的使用性能。近年来，随着超级电容器行业的快速发展，对于超级电容器纸的品类及技术要求已发生了非常大的变化。本标准的修订，可以满足该产品近年来的新产品、新技术与新需求，也通过对物理与化学指标的调整，提升该产品的质量水平。该标准的修订，对指导企业生产，促进我国超级电容器纸行业发展起到积极的促进作用。

六、与国际、国外对比情况

本标准没有采用国际标准。

本标准修订过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准修订过程中参考了进口产品的规格书，本标准技术要求与进口产品规格书对比如表 9 所示。

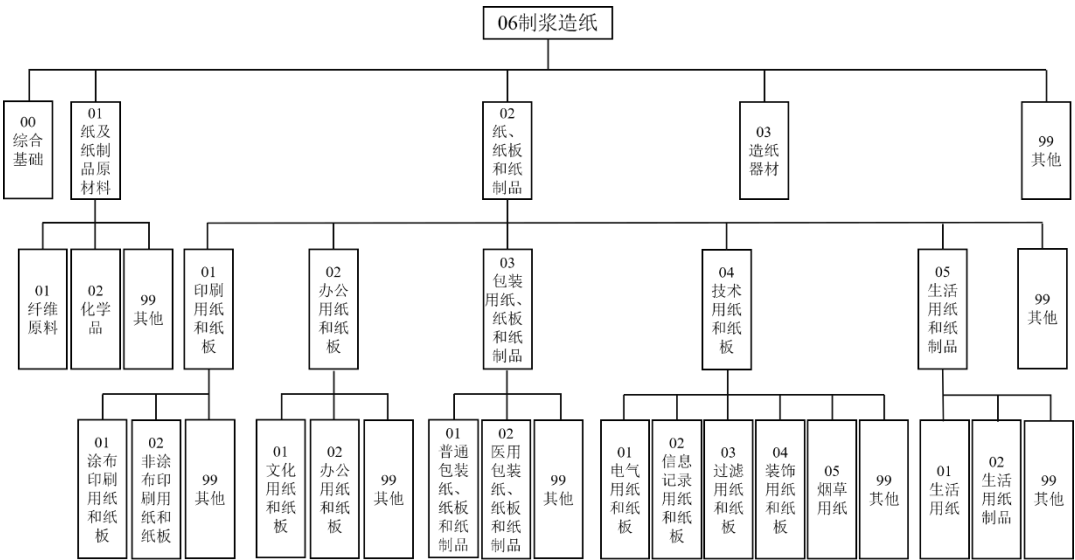
表 9 技术指标对比表

指标名称	要求	
	30 μm	
	本标准	进口产品规格书
厚度/μm	30±2.4	30±2.4
紧度/(g/cm³)	0.45±0.05	0.400±0.05
抗张强度（纵向）/(kN/m) ≥	0.55	0.52
吸液高度（纵向）/(mm/10min)≥	25	20

总体来看，本标准要求高于进口产品规格书要求。

本标准水平为国内领先水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性



本标准属于制浆造纸标准体系中纸、纸板和纸制品大类，技术用纸和纸板中类，电气用纸和纸板小类。

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性行业标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

该标准代替 QB/T 4900—2015《双电层电容器纸》，标准实施后建议废止 QB/T 4900—2015《双电层电容器纸》。

十二、其他应予说明的事项

无

标准起草小组

2023 年 2 月