

Executive Summary

Eine Lastbank (Load Bank) ist ein spezielles Testgerät, das elektrische Energie in Wärme (oder andere Energieformen) umwandelt und dissipiert. Sie wird umfassend in Test- und Validierungsszenarien für Generatoren, unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV), Energiespeichersysteme, Frequenzumrichter und Rechenzentrumsinfrastrukturen eingesetzt.

Mit der Beschleunigung der globalen Digitalisierung und der kontinuierlichen Erweiterung von Rechenzentren wird der strategische Wert von Lastbänken bei der Sicherstellung der Zuverlässigkeit kritischer Stromversorgungssysteme immer deutlicher.

Dieses Whitepaper stellt systematisch die Funktionsprinzipien, technischen Klassifikationen, Kernleistungsindikatoren, typische Anwendungsszenarien und Auswahlmethoden von Lastbänken vor. Es soll Technikern, Beschaffungsentscheidern und Fachpersonal ein umfassendes Verständnis für den Wert und die Auswahllogik von Lastbänken vermitteln.

1. Hintergrund und Markttreiber

1.1 Extreme Abhängigkeit kritischer Infrastrukturen von der Stromversorgungszuverlässigkeit

In der Ära der digitalen Wirtschaft erreichen die Anforderungen an die Stromversorgungskontinuität von kritischen Infrastrukturen wie Rechenzentren, Kommunikationsräumen, medizinischen Einrichtungen und Schienenverkehrsnetzen ein nahezu extrem hohes Niveau.

Ein unerwarteter Stromausfall oder eine Leistungsverschlechterung der Stromversorgungsgeräte kann zu Datenverlust, Geschäftsunterbrechungen, Geräteschäden und sogar Sicherheitsunfällen führen, wobei wirtschaftliche Verluste leicht mehrere Millionen Yuan erreichen können.

key Industry Data:

- Durchschnittlicher Verlust pro ungeplantem Rechenzentrumsausfall: **über 1 Mio. USD** (Uptime Institute, 2024)
- Prognostizierter globaler Rechenzentrumsmarkt: **über 600 Mrd. USD** bis 2028, jährliche Wachstumsrate ca. 12%
- Über **70%** der Rechenzentrumsbetreiber geben regelmäßige Lasttests als Kernanforderung für ihren Betriebscompliance an

Vor diesem Hintergrund hat sich die Lastbank als Kernwerkzeug zur Validierung der tatsächlichen Leistung von Stromversorgungsgeräten von einem "optionalen Zubehör" zu einem "unverzichtbaren Gerät" entwickelt.

1.2 Compliance- und Standardtreiber

Mehrere in- und ausländische Industriestandards und Vorschriften verlangen ausdrücklich zyklische Vollast- oder nahezu Vollasttests für kritische Stromversorgungsgeräte wie USV und Generatoren:

Standard	Beschreibung
GB/T 7260 Serie	USV-Teststandard (China)
IEC 62040 Serie	Internationaler USV-Standard
NFPA 110	US-Standard für Notstromversorgungssysteme
ISO/IEC 27001	Informationssicherheit (indirekt: Verfügbarkeitsprüfung)
Uptime Institute Tier	Zertifizierung erfordert regelmäßige Vollast-Validierung

2. Grundprinzipien von Lastbänken

2.1 Funktionsweise

Die Kernfunktion einer Lastbank ist die **Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme und deren sichere Dissipation**, um eine simulierte reale Lastumgebung für Stromversorgungsgeräte bereitzustellen.

Stromversorgungsfluss:

Stromversorgungsgerät (USV / Generator / Batterie) ↓ Ausgangsleistung

↓

Lastbank (Widerstands-/Induktiv-/Kapazitiv-Lastelemente) ↓ Wandelt elektrische Energie in Wärme um

↓

Kühlsystem (Luftkühlung / Wasserkühlung) → Wärmeabfuhr an die Umgebung

Durch die präzise Regelung der Lastleistung über das Steuerungssystem können Testtechniker verschiedene Betriebsbedingungen von Leerlauf bis Vollast simulieren und Spannung, Frequenz, Wellenform, Temperaturerhöhung und andere kritische Parameter der Stromversorgungsgeräte unter verschiedenen Lastbedingungen beobachten, um zu validieren, ob ihre tatsächliche Leistung den Standards entspricht.

2.2 Wichtige elektrische Konzepte

Konzept	Erläuterung
Wirkleistung (P, Einheit: kW)	Tatsächlich verbrauchte Leistung, entspricht der Leistung, die der Lastbank Wärme erzeugt
Blindleistung (Q, Einheit: kvar)	Erzeugt durch induktive oder kapazitive Lasten, verrichtet keine Arbeit, beeinflusst aber den Leistungsfaktor des Systems
Scheinleistung (S, Einheit: kVA)	Vektorielle Summe aus Wirk- und Blindleistung, bestimmt die Kapazitätskonfiguration der Stromversorgungsgeräte
Leistungsfaktor (PF)	P/S , reflektiert den Wirkungsgrad der Stromversorgungsgeräte unter Last; rein resistiver Last $PF=1$
Oberwellendistortion (THD)	Oberwellengehalt, eingeführt durch nichtlineare Lasten, beeinflusst die Stromqualität

3. Technische Klassifikation von Lastbänken

3.1 Klassifikation nach Lasttyp

3.1.1 Resistive Lastbank (Resistive Load Bank)

Funktionsprinzip: Verwendet Widerstandsdraht, Widerstandsgitter oder Edelstahlwiderstandselemente als Last, Leistungsfaktor nahe 1,0, gibt reine Wirkleistung aus.

Merkmale:

- Einfache Struktur, relativ niedrige Kosten
- Geringe Wellenformverzerrung, intuitive Testergebnisse
- Geeignet für grundlegende Vollastvalidierung von Stromversorgungsgeräten

Typische Anwendungen: Werksabnahmetests für Generatoren, grundlegende Leistungsvalidierung von USV, regelmäßige Wartungstests in Rechenzentren

3.1.2 Induktive Lastbank (Inductive Load Bank)

Funktionsprinzip: Verwendet Induktionsspulen als Lastelemente, erzeugt nacheilenden Strom, gibt induktive Blindleistung aus, Leistungsfaktor typischerweise 0,8 (nacheilend).

Merkmale:

- Simuliert die echten Lastmerkmale von induktiven Geräten wie Motoren und Transformatoren
- Wird oft in Kombination mit resistiven Lastbänken verwendet, um umfassende Leistungsfaktortests zu realisieren

3.1.3 Kapazitive Lastbank (Capacitive Load Bank)

Funktionsprinzip: Verwendet Kondensatorbänke als Last, erzeugt voreilenden Strom, gibt kapazitive Blindleistung aus, Leistungsfaktor typischerweise 0,8 (voreilend).

Merkmale:

- Simuliert Lasten von großen LED-Beleuchtungssystemen, Frequenzumrichtern und anderen kapazitiven Geräten
- Kann mit resistiven und induktiven Lastbänken kombiniert werden, um beliebige Leistungsfaktortests zu realisieren

3.1.4 Elektronische Lastbank (Electronic Load Bank)

Funktionsprinzip: Verwendet Leistungshalbleiterbauelemente wie IGBT und MOSFET, um den Laststromwellenform und -amplitude programmgesteuert präzise zu regeln und beliebige Lastmerkmale zu simulieren.

Merkmale:

- Hohe Präzision, schnelle Reaktionsgeschwindigkeit (μs -Ebene)
- Kann komplexe dynamische Lasten simulieren, wie Server-Sprunglasten, Ladeimpulsen für Ladestationen
- Kompakte Größe, geeignet für Labor- und Präzisionstestszenarien
- Höhere Kosten

Typische Anwendungen: Präzisionstests für Batterien, Tests von Ladesystemen für neue Energiefahrzeuge, Bewertung der Energiespeichersystemleistung

3.2 Klassifikation nach Kühlmethode

Kühlmethode	Prinzip	Vorteile	Anwendungsszenario
Luftgekühlt	Erzwungene Konvektionskühlung	Einfache Struktur, flexible Installation	Klein- bis Mittelleistung,

Kühlungsmethode	Prinzip	Vorteile	Anwendungsszenario
	durch Lüfter		innen/außen
Wassergekühlt	Zirkulierendes Kühlwasser führt Wärme ab	Hoher Kühleffizienz, geringes Geräusch	Hohe Leistung, rausch sensitive Innenbereiche
Flüssigkeitsgekühlt	Tauch- oder Plattenkühlung leitet Wärme ab	Extrem hohe Kühlleistungsdichte, sehr leise	Szenarien mit extrem hoher Leistungsdichte

4. Anwendungsszenarien in Rechenzentren (Schwerpunkt)

Rechenzentren sind das wichtigste und wertvollste Anwendungsfeld für Lastbänke. Im Folgenden werden die wichtigsten Knotenpunkte im Lebenszyklus von Rechenzentren vorgestellt.

4.1 Abnahmetests für neu erstellte Rechenzentren (Commissioning Test)

Hintergrund: Vor der Inbetriebnahme eines neu erstellten Rechenzentrums müssen vollständige Abnahmetests für die Stromversorgungs- und Verteilungssysteme durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die verschiedenen Systeme unter der Nennkapazität stabil laufen.

Testinhalte:

- **USV-Volllasttest:** Belastet die USV bis zur Nennleistung (100% Last), mindestens 4 Stunden Dauerbetrieb, Validierung von Temperaturerhöhung, Wirkungsgrad, Ausgangswellenformstabilität
- **Generatorstart- und Belastungstest:** Simuliert Stromausfallszenario, validiert die Zeit vom Kaltstart des Generators bis zur Lastaufnahme (typischerweise ≤ 10 Sekunden) und die Laststabilität
- **Batterieentladungstest:** Simuliert IT-Gerätelast durch Lastbank, validiert die tatsächliche Entladekapazität der Batteriegruppe innerhalb der designeten Backup-Zeit (z.B. 15 Minuten, 30 Minuten)
- **Umschalttest:** Validierung der Umschaltzeit des ATS (Automatic Transfer Switch) bei Netzstromunterbrechung und der Lastkontinuität während des Umschaltvorgangs

4.2 Regelmäßige präventive Wartungstests (Preventive Maintenance Test)

Wichtigkeit: Studien zeigen, dass die Ausfallrate von USV- und Generatorsystemen ohne regelmäßige Lasttests bei echten Notfallereignissen **das 3- bis 5-fache** von Systemen mit regelmäßigen Tests beträgt. Die meisten Standards verlangen vierteljährliche oder halbjährliche Volllasttests.

Typischer Testplan:

Monatliche Überprüfung:

- USV-Batterie-Floatspannungsprüfung
- Generator-Leerlaufstarttest (15 Minuten)

Vierteljährlicher Test:

- USV 50% Lastbetriebtest (1 Stunde)
- Schnellvalidierung der Batterieentladekapazität

Jährlicher umfassender Test:

- USV 100% Volllasttest (4 Stunden)
- Generator-Vollast-Dauerbetriebtest (2 Stunden)
- Vollständige Batterieentladung bis zur designeten Abschaltspannung
- Simulierter Netzstromausfall - vollständiger Umschaltablauf

5. Flüssigkeitsgekühlte Lastbänke: Technische Vorteile und Marktaussichten

5.1 Definition und Klassifikation flüssigkeitsgekühlter Lastbänke

Flüssigkeitsgekühlte Lastbänke beziehen sich auf Lastbankprodukte, die Flüssigkeiten (Wasser, Ethylenglykol-Wasserlösung oder dielektrische Flüssigkeiten) als Hauptkühlmedium verwenden, im Gegensatz zu herkömmlichen luftgekühlten Lastbänken, die auf Luftkonvektionskühlung angewiesen sind. Basierend auf der Flüssigkeitskühlmethode können sie in drei Kategorien unterteilt werden:

① Indirekte Flüssigkeitskühlung (Plattenwärmetauschertyp)

- Widerstandsheizelemente sind über Wärmeleitplatten eng mit Flüssigkeitsströmungskanälen verbunden, Wärme wird an zirkulierendes Kühlwasser geleitet
- Externer Anschluss an Kühltürme oder Wasserkühlaggregate, Kühlflüssigkeit zirkuliert in einem geschlossenen Kreislauf
- Ausgereifte Struktur, einfache Wartung, derzeit dominierende Flüssigkeitskühlungslösung auf dem Markt

② Direkte Flüssigkeitskühlung (Tauchtyp)

- Taucht Widerstandselemente oder Leistungshalbleiterbauelemente direkt in dielektrische Kühlflüssigkeit ein
- Höchste Kühlleistungseffizienz, unterstützt extrem hohe Leistungsdichten ($> 100 \text{ kW/m}^3$)
- Höhere Kosten, geeignet für Szenarien mit extrem hoher Leistungsdichte

③ Sprühflüssigkeitskühlung (Spray Cooling)

- Kühlflüssigkeit wird durch Düsen direkt auf die Oberfläche der Heizelemente gesprüht
- Extrem hohe Phasenwechsel-Kühleffizienz, aber hohe Systemkomplexität, derzeit meist in der Forschungsphase

5.2 Kerntechnische Vorteile flüssigkeitsgekühlter Lastbänke

Vorteil	Beschreibung	Auswirkung
Kühlleistungsdichte	Flüssigkeit hat das ~ 3500 -fache der spezifischen Wärmekapazität von Luft	Kann unterstützen: Luftkühlung $20-50 \text{ kW/m}^3$, Flüssigkühlung $100-300 \text{ kW/m}^3$, Tauchkühlung $300-800 \text{ kW/m}^3$
Geräuschreduzierung	Beseitigt große Kühlventilatoren, Betriebsgeräusch kann auf $45-55 \text{ dB(A)}$ reduziert werden	Geeignet für rausch sensitive Innenraumtestszenarien
Testkontinuität	Große Wärmekapazität des Flüssigkeitssystems, geringe Auswirkung von Umgebungstemperaturschwankungen	Stellt Konsistenz der Testbedingungen über mehrere Stunden Dauerlasttests sicher
Synergie mit RZ-Infrastruktur	Kann direkt an die Kaltwassereinschleifenschleife des RZ angeschlossen werden	Reduziert Bereitstellungskosten und Vor-Ort-Baukomplexität erheblich

6. Markttrends und technische Entwicklung

6.1 Intelligent und digital

Moderne Lastbänke entwickeln sich schnell in Richtung Intelligent:

- **IoT-Zugang:** Unterstützung der Fernüberwachung über die Cloud, Testdaten werden in Echtzeit auf das Betriebsmanagementplattform hochgeladen
- **KI-gestützte Analyse:** Aufbau eines Gesundheitsmodells für die Stromversorgungsgeräte durch historische Testdaten, Vorhersage potenzieller Fehler
- **Automatisierter Testprozess:** Voreingestellte Testskripte, Fertigstellung des gesamten Testprozesses ohne manuelle Intervention und Generierung von Compliance-Berichten

6.2 Grün und energieeffizient

- **Energierückspeisende Lastbank:** Speist die während des Testprozesses verbrauchte elektrische Energie in das Stromnetz zurück, kann über 90% der Teststromkosten wiedergewinnen, reduziert signifikant Testkosten und Kohlenstoffemissionen
- **Niedriger GWP-Kältemittel:** Verwendung neuer Kältemittel zur Substitution von Substanzen mit hohem GWP, Erfüllung von Umweltschutzvorschriften wie F-Gas

6.3 Ultrahoch-Leistungsdichte

Mit der Erhöhung der Leistung pro Rack im Rechenzentrum von 5kW auf 30kW und darüber hinaus entwickeln sich auch Lastbänke weiter zu höheren Leistungsdichten, um den Testanforderungen neuer Infrastrukturen wie flüssigkeitsgekühlten Rechenzentren und KI-Rechenclustern gerecht zu werden.

7. Fazit und Empfehlungen

7.1 Kernfazit

1. **Lastbänke sind die letzte Validierungslinie** für die Zuverlässigkeit der Stromversorgung kritischer Infrastrukturen und haben einen unersetzlichen Wert in Szenarien mit hoher Verfügbarkeit wie Rechenzentren, Kommunikation, Medizin und Industrie.
2. **Rechenzentren sind derzeit der größte Anwendungsmarkt für Lastbänke**, wobei Abnahmetests, präventive Wartung und Erweiterungsvalidierung drei Arten von Nachfragen bilden, die einen kontinuierlichen und stabilen Marktraum schaffen.
3. **Die technische Auswahl sollte von den Merkmalen der getesteten Geräte ausgehen**, unter umfassender Berücksichtigung von Leistungsskala, Leistungsfaktoranforderungen,

Kühlungsmethode, Automatisierungsniveau und Compliance-Zertifizierung, um Überkonfiguration oder Unterkonfiguration zu vermeiden.

4. **Energierückspeisende Lastbänke bieten bei Szenarien mit hoher Leistung bereits erhebliche wirtschaftliche Vorteile** und sind wichtige Werkzeuge für Rechenzentrumsbetreiber, um grünen Betrieb zu erreichen.

7.2 Handlungsempfehlungen

Für Rechenzentrumsbetreiber:

- Errichtung standardisierter Lasttestverfahren, Integration von Lasttests in die jährliche Compliance-Prüfung
- Für mittelgroße bis große Rechenzentren sollte vorrangig der Erwerb mobiler modularer Lastbänke evaluiert werden, um eine Wiederverwendung von Assets über Standorte hinweg zu erreichen
- Beachtung energierückspeisender Geräte, um Testkosten und Kohlenstoffemissionen im langfristigen Betrieb zu senken

Für Beschaffungsentscheider:

- Beachtung der TCO (Total Cost of Ownership) der gesamten Lebensdauer, nicht nur des Vergleichs der Anschaffungspreise
- Anforderung vollständiger Zertifizierungsqualifikationen (CE/CCC/UL/CB etc.) und Verpflichtungen zur lokalisierten Serviceunterstützung vom Lieferanten
- Klare Festlegung der technischen Parameterschwellen (Leistungsregelungsgenauigkeit, THD, Kommunikationsprotokoll etc.) in Ausschreibungsdokumenten

Anhänge

Anhang A: Liste der allgemeinen Fachbegriffe und Abkürzungen

Abkürzung	Vollständiger Name	Chinesische Beschreibung
UPS	Uninterruptible Power Supply	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
PF	Power Factor	Leistungsfaktor
THD	Total Harmonic Distortion	Gesamtoberwellenverzerrung

Abkürzung	Vollständiger Name	Chinesische Beschreibung
ATS	Automatic Transfer Switch	Automatische Umschalteinrichtung
PUE	Power Usage Effectiveness	Stromverbrauchseffizienz
DCIM	Data Center Infrastructure Management	Rechenzentrumsinfrastruktur-Management

Für weitere Informationen können Sie uns gerne [kontaktieren](#).

Dieses Whitepaper dient technischen Referenzzwecken. Bei spezifischen Produktauswahlen und technischen Lösungen beziehen Sie bitte die tatsächliche Anwendungsumgebung und Empfehlungen qualifizierter Ingenieure.

© 2026 Alle Rechte vorbehalten | Beim Reproduzieren bitte Quelle angeben