

# 新しい耐振および防爆構造の中国炭坑向け 電気機関車用鉛蓄電池の開発

## Development of Lead-acid Battery with New Vibration-resistant and Explosion-proof Structure for Electric Locomotive Used in Coal Mine of China

中 村 拓 司\* 徳 永 匡 哉\* 石 倉 喜 直\*\*  
榎 本 朋 之\* 長 安 龍 夫\*

Takuji Nakamura Masaya Tokunaga Yoshitsugu Ishikura  
Tomoyuki Enomoto Tatsuo Nagayasu

### Abstract

We have developed lead-acid battery conformable to China's explosion-proof standard for its application to electric locomotive in the domestic coal mine, since China produces coal of most quantity in the world, and its production is increasing every year. This battery was newly designed with vibration-resistant and explosion-proof structure as power source of that special application. The battery's size is conformed to DIN standard generally applied to the field of coal mine in China. Moreover, new battery was confirmed to show equal discharge and cycle life performances with those of highly evaluated lead-acid traction battery based on that same design.

*Key words*: Vibration-resistant and explosion-proof structure; Electric locomotive; China's explosion-proof standard

### 1 まえがき

中国のエネルギー使用量は、急激な経済発展にともない年々増加傾向にあるなか、最も使用量の多い一次エネルギーは石炭であり、全体の約70%を占めている。現在でも石炭への依存度は極めて高く、その生産量は世界一である。

炭坑内では、採掘した石炭や資材、人などを運搬するのに、電気機関車（以下、バッテリーロコという）が多く使用されている。この動力源として鉛蓄電池が使用されており、多くの需要が見込まれている。

今回、中国炭坑向けとして、新しい耐振および防爆性能にすぐれた構造を有する高品質のバッテリーロコ用鉛蓄電池を開発したので、その適用技術の概要を報告する。

\* 産業電池電源事業部 産業電池生産本部  
産業電池技術部

\*\* GS Yuasa Siam Industry Ltd.

## 2 開発電池の特長

電池の外形寸法は、中国の炭坑で多く使用されている電気車用鉛蓄電池の DIN 規格 (Deutsches Institut für Normung) に準じた。電池の構造は、バッテリーロコの深い充放電に耐え、かつ長寿命性能を得るために、長年にわたり市場で高い評価を得てきたバッテリー式フォークリフト用鉛蓄電池の設計を取り入れた<sup>1-3)</sup>。また、炭坑内での走行振動や爆発に対する安全性への配慮として、耐振性能および防爆性能を強化した新規構造とし、中国国家規格である炭坑用防爆特殊形電源装置用鉛蓄電池技術条件 (GB10978.1-89) に適合した電池を開発した。

## 3 開発電池の構成

### 3.1 単電池要項

Fig. 1 に開発電池の外観写真, Fig. 2 にその外形寸法および構造図を示す。また, Table 1 に電池の要項表を示す。

### 3.2 エレメント構成

バッテリーロコの深い充放電に耐え、長寿命性能を得るために、エレメント構成は長年実績あるバッテリー式フォークリフト用鉛蓄電池の設計を取り入れた。正極板は、編組式ガラスチューブを用いたクラッド極板を採用した。ガラスチューブは、欧州の多くの



Fig. 1 Outside view of newly developed lead-acid battery "7DCP980A" for electric locomotive used in coal mine.

バッテリー式フォークリフト用鉛蓄電池で用いられている合成樹脂製のチューブと比べて、特に高温に対する耐久性にすぐれており、活物質を緊密な状態に維持するのに最適である。

また、負極板にはペースト式極板を、セパレータにはポリエチレン製のジグザグ式セパレータを採用した。一般に、電池高さが高く、かつ深い放電が繰り返される用途の電池は、電解液の上下方向における比重差、いわゆる電解液の成層化を生じやすい。このジグザグ式セパレータはリーフ式のものと同くく、充電中に電池内で発生するガスによる電解液の攪拌効果にすぐれており、成層化防止に有効である<sup>3)</sup>。

Table 1 Specifications of newly developed lead-acid battery for electric locomotive used in coal mine.

Model	Unit	7DCP980A	8DCS1240A
Nominal voltage	/ V	2	2
Rated capacity	/ Ah	980	1240
Dimensions	/ mm		
Length		137	155
Width		198	198
Height		685	720
Total height		740	775
Mass	/ kg (Approx.)	60	70
Terminal type		Double pole	Double pole

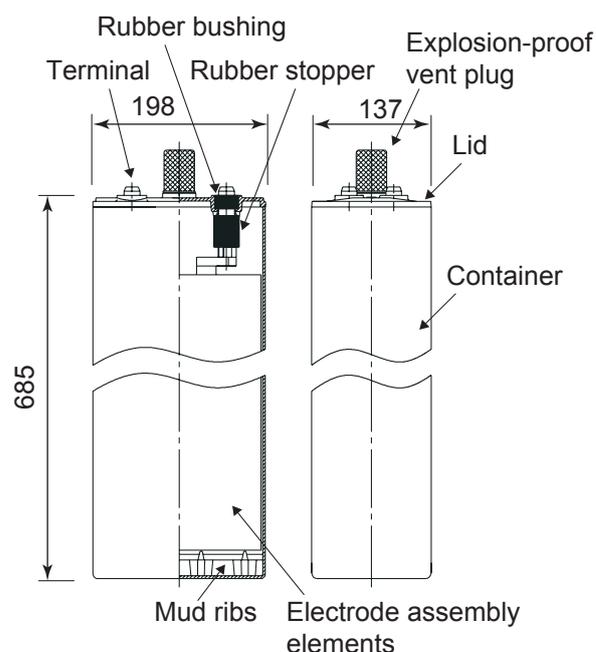


Fig. 2 Dimensions and internal structure of newly developed lead-acid battery "7DCP980A" for electric locomotive used in coal mine.

### 3.3 蓋および端子ポールの形状

蓋は、蓋上に溢液した電解液によるリーク対策として効果的な JIS 規格電池で主流である山形形状とした。この形状は、バッテリーロコの走行振動により、電解液が溢液した場合でも蓋上に電解液が滞留しにくい利点がある。

端子は、走行振動時にかかる荷重を軽減させ、耐振性能を向上させるダブルポールタイプとした。端子はエレメントの支柱であり、走行振動により大きな荷重がかかる。この形状は、シングルポールタイプとくらべて、端子にかかる荷重を半減させることができ、端子破損などに起因する爆発の危険性を回避できる利点がある。また端子の接続方式は、電池間を鉛合金製の接続かんて溶接する方法と、接続線でボルトにより固定する方法があるが、走行振動によるボルトの緩みなどが懸念されるため、今回は前者を採用した。

蓋および端子は、いずれもバッテリーロコの走行振動に対する安全性に配慮した構造としている。その外観写真および側面図をそれぞれ Fig. 3 および 4 に示す。

### 3.4 エレメント耐振構造

バッテリーロコの走行振動によるエレメントの変動により、活物質が脱落し、電池の容量低下をひきおこすことが考えられるため、その変動抑制構造が必要である。エレメントを固定し、かつその支柱である端子ポールにかかる応力を吸収できる効果的な耐振構造として、今回新規に開発したゴム材質のストッパーを端子ポールに取り付ける。その端子部の外観写真および断面図をそれぞれ Fig. 5 および 6 に示す。図のように、蓋と端子ポールに設けたリブとの間に、ゴムストッ

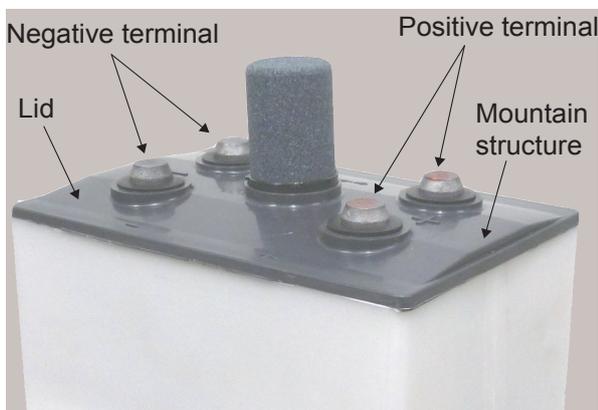


Fig. 3 Outside view of lid and terminal for newly developed lead-acid battery "7DCP980A".

パーを圧縮させた状態で取り付けることにより、エレメントを容易に固定することができる。また、端子ポールとゴムストッパーの接触部に隙間を設けた。この新しい構造により、振動時に端子部にかかる応力をゴムストッパーが変形することで吸収できる。

このように、端子ポールへの取り付けが容易であり、他部位への影響もない小さな部材を使用することで、すぐれた耐振性能を有する構造とすることができた。

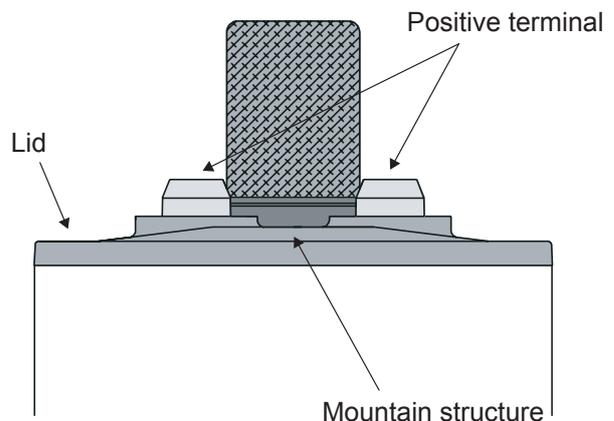


Fig. 4 Structure of lid and terminal for newly developed lead-acid battery "7DCP980A".

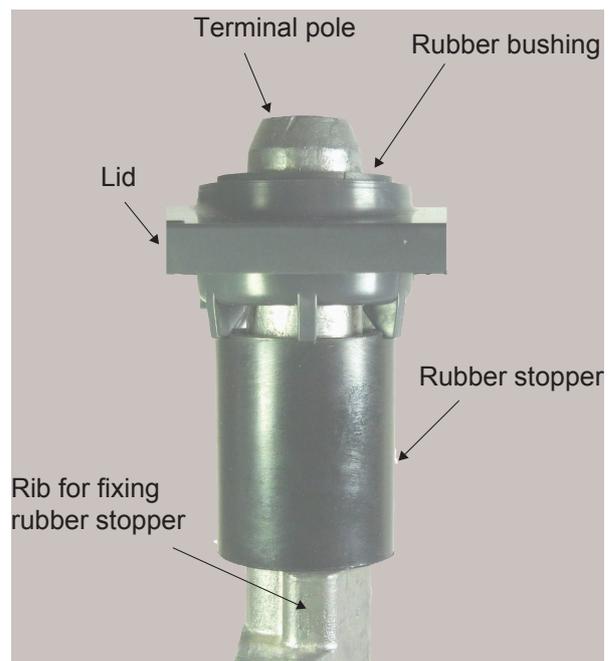


Fig. 5 Outside view of terminal part for newly developed lead-acid battery "7DCP980A".

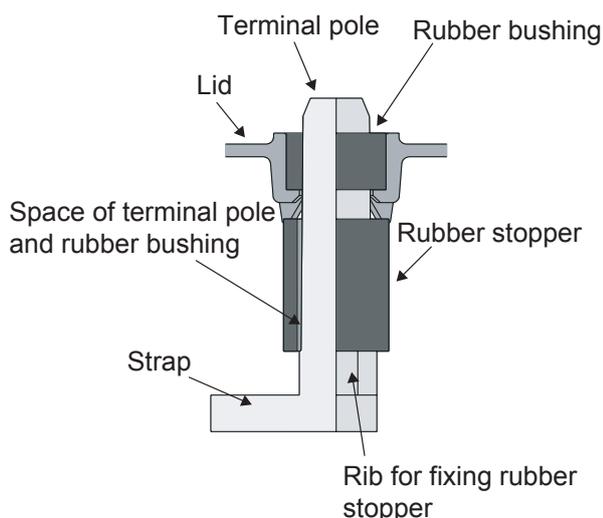


Fig. 6 Structure of terminal for newly developed lead-acid battery "7DCP980A".

### 3.5 防爆液口栓

炭坑内で、粉塵爆発が発生すると重大な人身事故になる場合がある。そこで、粉塵爆発の原因になり得る電池の爆発を回避するため、実績のある、自動車用や産業用鉛蓄電池で防爆性に効果的なアルミナ（酸化アルミニウム）焼結体を使用した防爆液口栓を、バッテリーロコ用として、はじめて採用した。その外観写真および断面図を Fig. 7 および 8 にそれぞれ示す。

一般的に、鉛蓄電池内には放電中、充電中、または放置中のいずれの状態においても、酸素と水素を主成分とする混合ガスが存在しており、液口栓を通じて外部へ放出される。この放出されたガスが電池外部に存在する着火エネルギーとなる火点により引火した場合、液口栓をとおって電池内部のガス滞留空間でガスの小爆発をひきおこす。今回採用したアルミナ焼結体は不燃物であり、かつ屈折した狭隙を有するため、外部で引火したガスが液口栓を通過する際に、着火エネルギーを消滅させる効果があり、小爆発にいたらない。

また、低温時に懸念されるアルミナ焼結体の氷結による目詰まりについても、問題ないことを確認している。

このような液口栓を使用することで、すぐれた防爆性能を有することができ、また中国国家規格である炭坑用防爆特殊形電源装置用鉛蓄電池技術条件（GB10978.1-89）に適合した電池を開発することができた。



Fig. 7 Outside view of explosion-proof vent plug for newly developed lead-acid battery.

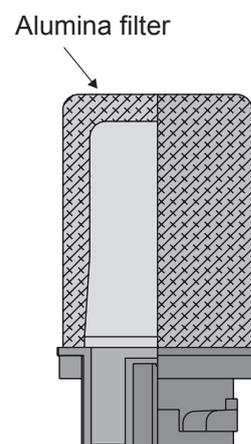


Fig. 8 Structure of explosion-proof vent plug for newly developed lead-acid battery.

## 4 基本性能

### 4.1 放電性能

Fig. 9 に、開発したバッテリーロコ用鉛蓄電池の 30℃における代表的な各率放電特性を示す。放電率が 0.2 CA から 1 CA の範囲で、良好な性能を示すことがわかる。

### 4.2 サイクル寿命性能

Fig. 10 に、放電深さ 75% の条件でサイクル寿命試験をおこなったときの放電容量の推移を示す。ここでは、初期容量に対する割合で示した。図より、放電容量は 1500 サイクルを超えても初期容量の 80% を維持しており、良好な性能を示すことがわかる。

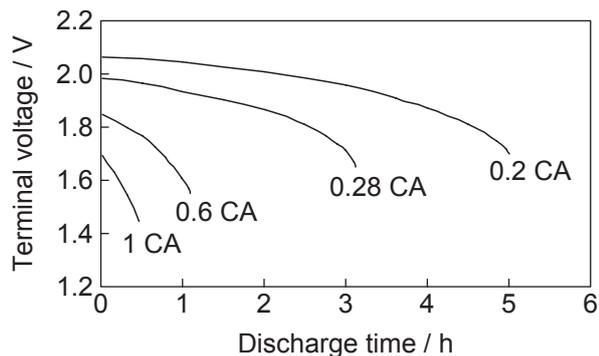


Fig. 9 Representative discharge characteristics of newly developed lead-acid battery for electric locomotive used in coal mine.

#### 4.3 耐振性能

中国国家規格である炭坑用防爆特殊形電源装置用鉛蓄電池技術条件 (GB10978.1-89) に従い、試験を実施した。以下に振動試験条件を示す。

自然落下：高さ 10 mm

回数：70 回 / 分

振動時間：3 時間

上記振動試験後の容量は、試験前のものとくらべて、同等の容量を維持しており、電槽や蓋、またエレメントへの損傷や電池外への漏液などもなく、良好な耐振性能を示すことがわかった。

#### 4.4 防爆液口栓性能

中国国家規格である炭坑用防爆特殊形電源装置用鉛蓄電池技術条件 (GB10978.1-89) に従い、試験を実施した。防爆液口栓の通気試験条件およびその規格値を以下に示す。

試験条件：防爆液口栓が乾燥および湿潤状態で、1.2 ml/Ah の流量で排気栓内に空気を送ったときの通気圧力を測定する。なお、湿潤状態とは、液栓を測定前に硫酸（比重 1.215）に浸漬後、10 分放置することを行う。

規格値：乾燥状態で 0.049 kPa 以下、湿潤状態で 0.147 kPa 以下であること。

試験の結果、乾燥および湿潤状態いずれも規格値の 1/10 以下の通気性能を有しており、炭坑防爆規格を十分に満足することがわかった。

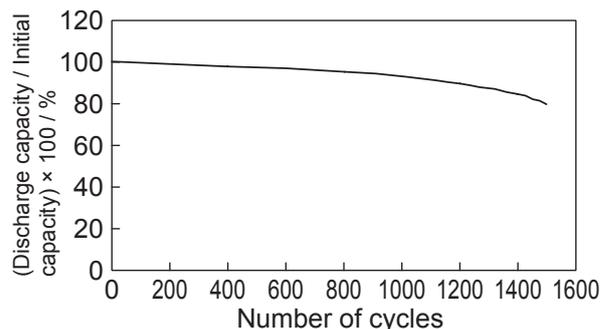


Fig. 10 Representative cycle life performance of newly developed lead-acid battery for electric locomotive used in coal mine.

Cycling condition

Discharge : 0.25 CA to DOD 75%.

Charge : 0.18 CA up to the amount of electricity corresponding to 120% of discharge capacity.

Temperature : 33 - 45 °C.

## 5 まとめ

今回、多くの需要が見込まれる中国の炭坑向けとして、中国国家規格である炭坑用防爆規格に適合したバッテリー用鉛蓄電池を開発した。この電池は、炭坑内での安全性に配慮した新規構造を取り入れることにより、すぐれた耐振性能および防爆性能を有する構造にすることができた。また、放電性能およびサイクル寿命性能においても良好な結果であることを確認している。

今後も顧客の要求にあう製品を開発し、品種の一層の充実をはかり、顧客満足度の高い高品質の電池を開発していく予定である。

## 文献

- 1) 石倉喜直, 榎本朋之, 長安龍夫, *GS Yuasa Technical Report*, **5** (1), 16, (2008).
- 2) 榎本朋之, 足立淳一, 田中秀基, *GS Yuasa Technical Report*, **1** (1), 16, (2004).
- 3) 榎本朋之, 西田一美, 田中昌文, *GS News Technical Report*, **49** (2), 26, (1990).