

PLDWD电力直流操作电源，独立充电式电力直流电源

产品名称	PLDWD电力直流操作电源，独立充电式电力直流电源
公司名称	洛阳普莱德电气有限公司
价格	.00/套
规格参数	品牌:普莱德 型号:PLDWD-09 额定电流:10--600 (A)
公司地址	中国 河南 洛阳市 高新区丰华路8号
联系电话	086 0379 62897736 13938842660

产品详情

品牌	普莱德	型号	PLDWD-09
额定电流	10--600 (A)	工作电压	48--220 (V)
外形尺寸	800*600*2200 (mm)	适用范围	变电站，发电厂，工矿企业
产品认证	ISO9001		

发电厂和变电站中，为控制、信号、保护和自动装置以及某些执行机构供电的直流电源系统，通常称为直流控制电源。由蓄电池组、充电装置及直流屏等设备构成的直流控制电源广泛应用于各种类型的发电厂和变电站中，是一种在正常和各种事故情况下都要保证可靠供电的电源系统，是保证在电力事故状态下各种保护和自动化装置可靠工作和动作的“最后一道保安电源”。

对于220kv及以下电压等级的变电站，一般装设由一组蓄电池组构成的直流操作电源；但从2002年开始，国家电力公司要求220kv的变电站全部装设两组蓄电池组。这一变化表明，随着大机组、超高压工程的发展，业内更加关注直流操作电源的可靠性，并不惜为此提高工程造价，加大电池组的容量和增加电池组的数量。即便这样，因直流操作电源问题造成的事故停电或停机损失仍时有发生，这就促使我们去思考目前直流操作电源的缺陷及其改进。

1.目前电力直流操作电源存在的缺陷

目前广泛使用的直流控制电源都以原电力工业部于1995年组织设计的gzdw型直流控制电源为原型,只是近二年有少量产品增加了蓄电池端电压巡检装置,该机型曾为我国提高电网直流电源系统的自动化程度做出了重大贡献,但在15年的使用实践中,业内也逐渐发现了它的不足,下面我们对原理图来分析它的缺陷:

1.1充电方式不合理，蓄电池组内各单体蓄电池充电不均衡，造成蓄电池过早失效：

从图一中可以看到，整流模块是对整组蓄电池以浮充方式串联充电的。大家知道，串联充电时，流过每只单体蓄电池的电流都是相同的，而蓄电池由于制造工艺、检验手段和装卸运输诸多因素的影响，整批电池离散性是普遍存在的，每块电池的端电压、内阻及自放电电流均存在一定的差异，每只单体蓄电池的原始容量不可能做到完全相同，即便是同一批出厂的蓄电池其容量偏差也较大，因此在运行中将其作为一个整体用统一的电流长期浮充，势必造成原始容量较小的蓄电池长期过充电，原始容量较大的蓄电池长期欠充电。当阀控式密封铅酸蓄电池过充时，电池的隔板、极板等由于电解氧化而遭到破坏，造成电池板栅腐蚀加速，活性物质松动，而使容量失效。长期过充还会导致热失控，热失控的直接后果是蓄电池的外壳鼓包、漏气，最后失效。当阀控式密封铅酸蓄电池欠充时，负极上的化学反应： $\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ 和正极上的化学反应： $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^-$ 都不充分，在电池的正负极栅板上就有 PbSO_4 存在， PbSO_4 长期存在会失去活性，不能再参与化学反应，这一现象称为活性物质的硫酸化，使得蓄电池内阻增加，容量下降、寿命缩短。不合理的充电方式使蓄电池组内的一些单体电池失水而另一些单体电池极板硫酸化，造成蓄电池过早失效。

1.2 将适用于开口铅酸蓄电池的均衡充电概念照搬到阀控式密封铅酸蓄电池，加速了部分阀控密封铅酸蓄电池失水老化：

我国电力直流控制电源使用的蓄电池经历了如下发展历程：老式开口式铅酸蓄电池 > 半开口防酸式铅酸蓄电池 > 阀控式密封铅酸蓄电池，1995年设计gzdw型直流控制电源时阀控式密封铅酸蓄电池刚开始应用，对新电池的了解还不够深入，沿用图2的开口式铅酸蓄电池的充电程序曲线是可以理解的。同样原因，当时将适用于开口铅酸蓄电池的均衡充电概念照搬到阀控式密封铅酸蓄电池也是可以理解的。当时的术语如下：浮充电：在正常运行时，充电装置承担经常负荷，同时向蓄电池组补充充电，以补充蓄电池的自放电，使蓄电池以满容量的状态处于备用。均衡充电：为补偿蓄电池在使用过程中产生的电压不均匀现象，使其恢复到规定的范围内而进行的充电，以及大容量放电后的补充充电，统称为均衡充电。但自2004年电力直流控制电源已广泛采用阀控式密封铅酸蓄电池后，已经有人发现问题了，2009年出版的文献明确指出：阀控式密封铅酸蓄电池的水分损耗虽然较小，但水分损失后却不可能和防酸电池一样再加液，因此，阀控式铅酸蓄电池的浮充电运行寿命有可能大大短于普通防酸式铅酸蓄电池。2010年出版的文献也指出：故障现象，阀控式密封铅酸蓄电池在使用过程中，只需数月或1年，其容量就低于额定值的80%，或整组蓄电池虽然普遍较好，但其中个别蓄电池的性能急剧变差。文献指出了寿命短的现象，没有分析水分损失的原因。我们认为水分损失的原因是目前的电力直流控制电源错误的引用了均衡充电概念；频繁的使用了均充，例如某产品说明书原文：“在长期浮充状态下，为保养蓄电池，系统每隔一定时间自动进行一次均衡充电（时间由用户设定，默认为720小时），以保持电池容量。另外当用户认为必要时亦可通过按键操作随时进行手动均衡充电。”这个错误是严重的，原因如下：

对浮充运行的蓄电池组进行均充，其实质是过充，这种方式对早期的开口式铅酸蓄电池和后来的半开口式防酸铅酸蓄电池是有效的，确实能改善各单体电池的端电压差异，因为开口式及半开口式铅酸蓄电池都可以加液，不怕过充。2004年后电力直流控制电源已广泛采用阀控式密封铅酸蓄电池，而阀控式密封铅酸蓄电池是由单向阀密封的，对充电电压非常敏感，绝对不能过充，过充就意味着失水，意味着容量减小，意味着热失控，意味着早期报废。我们做过试验：第一组10只新阀控铅酸蓄电池用2.35v电压浮充（保持环境温度 25°C ），120天左右就有蓄电池出现热失控，第二组10只新阀控铅酸蓄电池用2.30v电压浮充（ 25°C ），190天左右有蓄电池出现热失控，第三组10只新阀控铅酸蓄电池用2.28v电压浮充（ 25°C ），390天左右有蓄电池出现容量严重下降，可见过充对阀控式密封铅酸蓄电池是致命的。再来看整流模块对阀控铅酸蓄电池组的均充参数：理论上每只单体电池的均充电压为2.35v，这个电压对阀控蓄电池已经是破坏电压了，由于串联充电的不均匀性，我们实测得到的单体最大电压在2.38v左右，这个电压对阀控蓄电池来说是严重过充，毫无疑问将使该只阀控蓄电池失水，整流模块每隔720小时进行一次均充相当于整流模块每隔720小时就对蓄电池组中的某些单体蓄电池进行一次破坏，加速了部分阀控密封铅酸蓄电池失水老化。

1.3 蓄电池组没有保护回路，最重要的部分最薄弱：

蓄电池组是电源系统的重要组成部分，是系统的核心，是保证在电力事故状态下电站的各种保护和自动

化装置可靠工作和动作的“最后一道防线”，因为一旦蓄电池出现问题，带来的必然是事故停电。这个损失远比电池本身的价值要高得多。从图一中可以看到，整流模块n+1冗余备份，而蓄电池组却是孤立无援的，是单回路的，蓄电池组的容量完全由容量最小的那只决定，即使108只电池中有107只都是200ah，只要有一只的容量是10ah，那么整组的电池容量也只能是10ah，如果有一只电池极板开路或内阻异常增大，那么整组蓄电池的容量就是零或接近于零，只能是形同虚设了。这也是为什么会出现200ah蓄电池组只能工作几分钟这种怪现象的原因了。

1.4 整流模块监控过度，蓄电池组监控缺失：

目前所有电力直流操作电源的后台监控系统都可以获得整流模块的各种运行参数，实施各种控制和操作，实现对整流模块的“四遥”功能。

图一是目前较先进的电力直流操作电源的原理图，它的“电池巡检”也只是具备单体蓄电池的端电压巡检功能，而目前95%以上的直流操作电源却连这一功能也没有。实际上，这唯一的蓄电池监控也是聊胜于无，因为蓄电池浮充时的端电压与蓄电池的容量、内阻、自放电等参数无任何相关，甚至相反；比如阀控蓄电池失水后容量是下降的，但失水后电解液比重增加，它的端电压反而是上升的，也就是说一只容量严重下降，内阻异常增大的蓄电池的浮充端电压却可能是完全正常的。仅仅关注蓄电池端电压是不够的，因为一组端电压完全正常的蓄电池组可能仅放电几分钟就没电了，合格的监控系统应该在蓄电池容量严重下降，蓄电池内阻异常增加，蓄电池内部自放电超标时及时发出警告[7]。

1.5 蓄电池的维护无法操作，左右为难，投鼠忌器：

对目前的电力直流操作电源，一些负责任的技术人员严格按照规定，不辞辛苦，每年对蓄电池组深度放电进行容量检测，通常大多数蓄电池是好的，少数几只蓄电池容量落后，对这些容量落后的蓄电池，他们想尽办法，使用各种仪器进行容量恢复，遗憾的是，多数蓄电池的容量根本无法恢复。尝试更换少数新电池，又会引起组内其他电池更快的恶化，只好对仅仅投运了三年甚至一年的一百多只蓄电池整组更换。

1.6 缺少对蓄电池恶性事故的预防能力，系统可靠性令人担心：

国家电网公司生产部曾对14个省、市2002年至2004年3年时间直流电源系统故障进行一次调查统计，尽管该调查统计只是抽样性质的，难免有一定的片面性和局限性，但反映出的问题却是触目惊心的：期间蓄电池故障5次，占35.7%，充电装置故障9次，占64.3%。在蓄电池5次故障中，蓄电池爆炸起火占2次，另据了解，许多地方在统计时间区段外也曾发生过蓄电池爆炸事故，且多为阀控蓄电池。说明该类故障不但后果严重，而且在蓄电池事故中占较大比例。除了蓄电池自身安全阀质量问题外，充电装置也难逃其责，请问：如果不是充电装置对蓄电池进行了过充电，蓄电池的内部压力能达到爆炸的程度吗？如果充电装置具有自放电电流和单体蓄电池温度监测功能，蓄电池的热失控能发展到起火的程度吗？

2. 电力直流操作电源的改进

我们主要对直流操作电源进行了以下改进：

2.1 彻底抛弃了传统的串联充电方式，改为每只蓄电池独立充电：

阀控铅酸蓄电池对浮充电压要求非常严格，在偏离了正确使用条件下运行将造成严重后果，而目前的充电方式根本无法满足单体蓄电池严格的浮充电压要求，必须改进。从图3中可以看出，蓄电池组的充电方

式已从原来的串联充电改为单体蓄电池独立充电，原来的串联充电方式是总电压固定，每只单体蓄电池的充电电压动态分配，每只单体蓄电池的浮充电压完全不可控。改进后的单体蓄电池独立充电方式使每只单体蓄电池拥有自己独立的蓄电池数字化管理模块，每只单体蓄电池的浮充电压可以精确到0.001v，充电曲线可以严格的按照厂家要求设定，从根本上避免了蓄电池的过充和欠充，可以确保蓄电池的使用寿命。

2.2 允许随时更换单只蓄电池，方便维护：

传统的直流操作电源由于充电方式决定，它要求一组蓄电池必须容量匹配，不允许新旧蓄电池混用，也不允许更换单只蓄电池，必须整组更换，维护成本惊人。改进后的独立充电方式使每只单体蓄电池拥有自己独立的数字化充电管理模块，各单体蓄电池之间不会相互影响，不必内阻匹配，不必容量匹配，允许新旧蓄电池混用，允许随时更换单只或多只蓄电池，简化了维护程序，降低了维护成本。

2.3 为每只蓄电池设置了备用通路，故障蓄电池被自动旁路：

蓄电池组是电力直流操作电源的最重要部件，当交流停电时，整个电站的操作重任完全由蓄电池组承担，这时蓄电池组的可靠性至关重要，传统的直流操作电源要求100多只蓄电池必须只只完好，任何一只都不能出一点问题，否则就是严重事故，因为它的蓄电池组是单回路串联的，没有备用通路，任何一只蓄电池的问题就是整组蓄电池的问题，这对蓄电池的要求太高了，蓄电池也是一个内部结构复杂的电气部件，谁能保证它100%的不出问题呢？所以从2002年开始，国家电力公司要求220kv及以上的变电站全部装设两组蓄电池组，这也是被传统直流操作电源逼出来的无奈之举。我们的蓄电池管理模块为每只蓄电池设置了备用通路，故障蓄电池可以被自动旁路，问题蓄电池自动退出而不影响整组蓄电池的工作。我们用改进后的直流操作电源在某变电站做过试验：停掉交流电源，蓄电池组放电几小时后，开始有容量较小的蓄电池因内阻增大，端电压严重下降而被自动旁路，当陆续有8只蓄电池被自动旁路后，变电站的电磁合闸等所有操作仍能正常进行。可见改进后的直流操作电源完全打开了蓄电池组可靠性这一瓶颈。

2.4 加强了蓄电池监控，及时发现蓄电池的各种问题：

采用备用电源的场所都是十分重要的部门，电池组容量下降到一定程度就起不到备份电源的作用，一旦主电源发生故障，就可能造成系统停机，导致巨大损失，加强对蓄电池的监控，及时发现蓄电池的容量下降是非常重要的。传统的直流操作电源加装蓄电池巡检装置后也只能监测到蓄电池的单体电压，受充电方式的限制，想监测蓄电池的其他参数非常困难。改进后的直流操作电源依托数字化蓄电池管理模块中先进单片机的强大运算及检测能力，除了可以监测蓄电池的端电压，还可以监测每只蓄电池的容量、内阻、自放电和温度等参数，可以及时发现蓄电池的各种问题，做到对每只蓄电池的性能和预计寿命心中有数，根据问题的轻重缓急制定维护计划，从容不迫的对系统进行维护。

2.5 增加了蓄电池活化功能，保障蓄电池的最佳性能：

过充对阀控铅酸蓄电池的损害是最严重的，而轻微欠充则很容易恢复，定期进行一下活化即可，有经验的用户通常会坚持宁愿稍微欠充也不过充的原则，他们会略微调低蓄电池的浮充电压，为满足他们的需要，管理模块具有蓄电池活化功能，可由用户设定是人工活化还是定期自动活化。

2.6 减少了蓄电池接线数量，消除了潜在故障点：

传统的直流操作电源在加装蓄电池巡检装置时，要在每只蓄电池上加装2根检测导线，100多只蓄电池就要加装200多根导线，不但施工麻烦，而且每加一根导线就是增加了一个潜在故障点。改进后的直流操作电源增加了蓄电池的备用通路，增加了蓄电池的监测参数，却没有增加蓄电池的接线，由于蓄电池管理模块是串联的，充电检测导线共用，蓄电池的每只端头上只需接一根导线。

2.7 增加了gprs手机报警功能，使维护更及时：

现在的变电站多数都是无人值守站，对于监测到的严重问题，gprs报警模块自动向维护人员的手机发送短信及时提醒，使维护更及时。

2.8每只数字化充电管理模块都带有通讯接口，可实现直流操作电源的集散化管理：

改进后的独立充电方式使每只单体蓄电池拥有自己独立的带有通讯功能的数字化充电管理模块，符合今后直流操作电源向集散化管理发展的技术方向以及数字化变电站的设计要求。

3.改进带来的新疑问探讨

任何变革都可能带来人们新的疑问，探讨是必要的。

3.1 模块数量增加了，是否会加大直流操作电源的体积？

传统的直流操作电源只要3至6只整流模块即可，改进后却需要有108只蓄电池管理模块，大家可能会想象体积超大。实际上原来的模块是高电压(255v)大电流输出的大功率模块，每只功率在1.5kw至5.5kw之间，大功率模块的开关频率很难超过20khz，相对体积较大。改进后是低电压（2.25v）的小功率模块，每只功率在0.1kw左右，低电压小功率模块的开关频率可达800khz以上，体积可以很小，我们样机使用的输出电流达60a的蓄电池管理模块的体积只有100*51*15mm,我们将蓄电池管理模块串联成条状，安装在蓄电池柜的剩余空间内（每层蓄电池对应一条管理模块），不但没有增加体积，还省出了原来整流模块的空间。

3.2 蓄电池管理模块的输出电压只有2.2v，是否转换效率很低？

大家知道，对于开关电源，在次级必然要有一个整流输出的过程。

作为整流电路的主要元件，通常用的是整流二极管，其导通压降较高，快恢复二极管（frd）或超快恢复二极管（srd）可达1.0~1.2v，即使采用低压降的肖特基二极管（sbd），也会产生大约0.6v的压降。这个压降完全是做的无用功：如有一个管子压降为0.7v，其整流为12v时它的前端要等效12.7v电压，损耗占0.7/12.7 5.5%。而当其为2.25v整流时，损耗为0.7/2.95（2.25+0.7） 23.7%。可见此类器件在低压大电流的工作环境下损耗惊人。我们的蓄电池管理模块的输出电压正是2.25v左右，大家怀疑我们的模块效率低是可以理解的。

我们采用同步整流技术和通态电阻极低的专用功率mosfet解决了这个问题。

功率mosfet属于电压控制型器件，它在导通时的伏安特性呈线性关系。因为用功率mosfet做整流器时，要求栅极电压必须与被整流电压的相位保持同步才能完成整流功能，故称之为同步整流。这种复杂的控制要求得到的回报就是极小的电流损耗。

在我们的实际应用中，采用了通态电阻仅为0.003欧的功率mosfet，在为200ah蓄电池充电时的峰值电流为20a，则其压降损耗仅为 $20 \times 0.003 = 0.06v$ ，损耗比例为 $0.06 / 2.31 (0.06 + 2.25) = 2.59\%$ 。

3.3 蓄电池管理模块是否也需要n+1冗余备份？

传统直流操作电源的整流模块为什么要n+1冗余备份？因为它的整流模块实际上是一个需要提供较高的充电电压和较大的输出容量的大功率开关电源，它对器件和技术以及工艺要求都很高，大家都知道igbt的开关频率是很难超过20khz的，而高耐压mos-fet如果用于大电流回路中结压降又很大，发热量很大，散热困难，所以限于器件及工艺原因单体高频开关电源（>20khz）目前输出容量超过6kw是很困难的，可靠性不能保证，所以大多采用小模块并联均流的运行方式，但模块数量和复杂程度的增加也就带来了可靠性的降低，为此又提出了n+1冗余备份的概念，这实际上是陷入了一个技术上恶性循环的结果。而我们的蓄电池管理模块是低电压小功率开关电源，它对器件和技术的要求很低，可以选用功率和频率裕度都很大的器件，而且发热量很小，连冷却风扇都不需要，整体可靠性可以高出传统整流模块的10倍，所以从理论上说，蓄电池

管理模块完全不需要n+1冗余备份。但为了消除大家的担心，我们的蓄电池管理模块内部仍然采取了3个20a电路并联均流的设计，也就是模块内部已经是n+1冗余了，不再需要多模块的外部n+1冗余。另外，所有充电模块及电池采用热插拔可抽出式结构，对模块及蓄电池的更换和检修将不会影响系统的运行。备用通路的存在允许蓄电池组中的个别蓄电池及模块出现故障，即使不及时维修也不影响系统正常运行（只是系统的总电压会略微降低一些，在允许范围内），更换检修模块和电池时也不会影响系统的正常运行，因此本系统不需要额外的冗余备份。

3.4 蓄电池管理模块的热量是否会影响蓄电池寿命？

开口式铅酸电池在充电时，除了活性物质再生外，还有硫酸电解质中的水逐步电解生成氢气和氧气。当气体从电池盖出气孔通向大气时，每18克水分解产生11.7千卡的热。而对于阀控式铅酸电池来说，充电时内部产生的氧气流向负极，氧气在负极板处使活性物质海绵状铅氧化，并有效低补充了电解而失去的水。由于氧循环抑制了氢气的析出，而且氧气参与反应又生成水。这样虽然消除了爆炸性的气体混合物的排出问题，但是这种密封式使热扩散减少了一种重要途径，而只能通过电池壳壁的热传导作为放热的唯一途径。因此，阀控铅酸蓄电池对热源是敏感的，电池安装时良好的通风和较低的室温是很重要的条件，过高的环境温度会影响阀控铅酸蓄电池的寿命。我们将蓄电池管理模块安装在蓄电池柜内，如果不采取措施的话，会使柜内的温度升高，我们的办法是用隔热板将蓄电池柜隔离成两个空间，模块散热器和蓄电池分别在各自的空间内，消除了模块发热对蓄电池的影响。

3.5 蓄电池管理模块的抗故障性能如何？安全性是否有保障？

当蓄电池管理模块的外部连接出现直接短路时，管理模块不应该严重发热，更不能烧毁，否则会引起安全事故。我们的蓄电池管理模块允许外部长时间短路，短路时的模块温度不高于正常工作温度，当短路故障排除后，管理模块自动回复正常工作，不需要人工重启。

3.6 蓄电池管理模块的旁路功能可靠吗？过电流能力如何？

蓄电池管理模块为蓄电池准备了备用通路，当某只蓄电池出现问题失去容量时，管理模块自动将该蓄电池旁路，保障其他蓄电池的正常工作。旁路功能是精心设计的，不受模块是否通电的影响，即使模块充电功能及其内部单片机都损坏了，也不会影响旁路功能。备用通路的过流能力很强，20a管理模块允许通过160a的旁路电流，40a模块允许通过320a的旁路电流，以满足电磁操作机构可能需要的短时大电流。

4. 样机的实测数据：

我们委托电力工业电力系统自动化设备质量检验检测中心对样机（配备200ah蓄电池108只）进行了测试，各项数据全部合格，现简单列举如下：

防护等级：ip20 噪声：50db_A—19

10. 限流限压性能：正常

11. 连续供电性能：正常

12. 监控功能：正常

13. 模块输出短路试验：短路20分钟无异常发热，短路排除后，各项功能正常。

14. 模块旁路电流检测：旁路电流80a持续一小时，模块无异常发热，功能正常。旁路电流160a持续一分钟，模块无异常发热，功能正常。

15. 四遥功能试验：正常

16.不同容量新旧蓄电池混用试验：功能正常，更换蓄电池时不必容量匹配。

17.蓄电池容量检测功能：蓄电池容量减小至设定值以下时，管理模块能将其检出。

18.蓄电池定期活化功能：正常

19.绝缘性能：合格

20.介质强度：合格